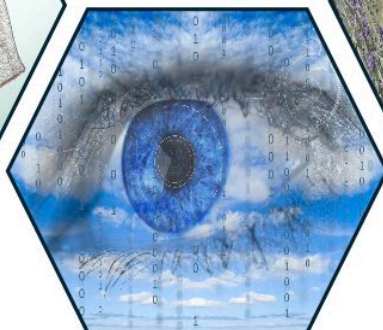
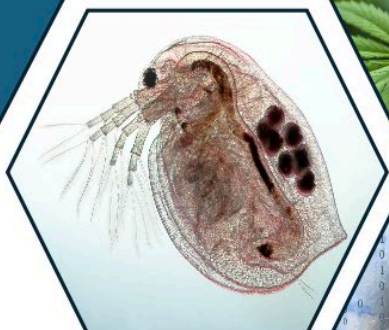


L'innovazione per la transizione giusta

A cura di
Vito Felice Uricchio
Silvia Paparella
Marco Falconi

con le Prefazioni
del Ministro Gilberto Pichetto Fratin
del Viceministro Vannia Gava
del Gen. Giuseppe Vadalà



 **edizioni**
Consiglio Nazionale delle Ricerche

L'innovazione per la transizione giusta

RemTech Expo 2024
Libro degli abstract

Comitato scientifico

Valeria Ancona, Daniele Baldi, Anna Barra Caracciolo, Annamaria Basile, Eleonora Beccaloni, Vincenzo Belgiorno, Alessandro Bratti, Vito Bruno, Vera Corbelli, Marco Falconi, Francesco Petracchini, Cesare Ferone, Antonello Fiore, Massimo Clemente, Massimiliano Lega, Michele Macaluso, Silvia Paparella, Fabio Pascarella, Cinzia Pasquale, Aldo Papotto, Marco Petrangeli Papini, Francesco Pirozzi, Andrea Sconocchia, Gianluca Selicato, Stefano Sorvino, Maria Cristina Tullio, Vito Felice Uricchio, Giuseppe Vadalà, Igor Villani, Gianluca Farinola

Direttore scientifico

Vito Felice Uricchio

Curatori

Vito Felice Uricchio, Silvia Paparella, Marco Falconi



Consiglio Nazionale delle Ricerche

© Cnr Edizioni, 2024

Piazzale Aldo Moro, 7 - 00185 Roma

ISBN 978-88-8080-662-2 (edizione stampa)

ISBN 978-88-8080-663-9 (edizione elettronica)

@ Grafica di copertina: [Vito Felice Uricchio]

Finito di stampare nel mese di settembre 2024

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e a norma delle convenzioni internazionali

Prefazioni

L'edizione 2024 di RemTech giunge in un momento particolarmente complesso e delicato sul fronte internazionale. Le guerre che fanno temere escalation preoccupanti e destabilizzano gli assetti globali, innescando anche turbolenze sui mercati, le minacce recessive in economia, gli effetti dei cambiamenti climatici sempre più aggressivi in tutto il mondo, richiedono un impegno particolare e chiarezza di obiettivi.

Sono sempre stato un fermo fautore del ruolo della scienza e della tecnologia nel guidare le scelte dei decisori politici e, oggi più che mai, in questo periodo di incertezza, c'è bisogno di un sostegno forte della ricerca e una importante assunzione di responsabilità del sistema imprenditoriale per individuare le soluzioni migliori che aiutino l'Italia ad uscire più forte da questa fase storica di tensioni e di cambiamento.

Credo sia necessario un approccio complessivo per puntare a una transizione ecologica che sia giusta ed inclusiva, che ponga al centro le esigenze della collettività, coniugando l'impegno contro la povertà energetica e gli ostacoli all'accesso all'energia per tutti agli importanti target di decarbonizzazione e alle esigenze di sicurezza energetica.

In tale direzione, in continuità con gli impegni assunti con la "Presidenza G7 italiana su Ambiente, Clima ed Energia", una particolare attenzione è dedicata al continente africano con il Piano Mattei.

La transizione è giusta solo se è in grado di cogliere le criticità ed adeguare gli sforzi ai mutamenti del contesto internazionale, guardando ai Paesi in via di sviluppo che patiscono in maniera più pesante gli effetti dei cambiamenti climatici e richiedono una collaborazione con le economie occidentali che non sia predatoria come spesso accaduto in passato.

L'attenzione allo sviluppo sostenibile del continente africano impatta sicuramente anche sui flussi migratori, creando condizioni di crescita socioeconomica e opportunità di realizzazione ed evoluzione per le comunità e per i singoli e sollecita collaborazioni con gli altri attori rilevanti dello scacchiere mondiale.

Sappiamo bene che le grandi economie libere del Pianeta continuano a esercitare una rilevante forza di attrazione ma anche d'influenza, in un

mondo multipolare, e per tali motivazioni abbiamo la necessità di dare il buon esempio con buone pratiche facilmente replicabili che possano dar vita a schemi alternativi e vincenti.

Anche in questo senso RemTech rappresenta una straordinaria occasione di condivisione di tecnologie innovative in grado di attuare concretamente i principi della transizione giusta, esportandoli in ambito internazionale.

Sono tecnologie che si giovano delle proficue sinergie tra il mondo industriale e della ricerca, per favorire favorevoli equilibri sui temi della transizione ecologica, guardando in particolare agli snodi delle bonifiche, dell'economia circolare, della generazione di energie rinnovabili ed efficienti, dello sviluppo di una catena di approvvigionamento di minerali critici, sostenibile e responsabile, della finanza climatica, per tradurre l'impegno finanziario in piani di investimento concreti e attuabili. E valuto molto positivamente che RemTech 2024 dedichi particolare attenzione a questi temi con sezioni dedicate, con approfondimenti e confronti di grande interesse.

La concretezza è una delle mie priorità, sempre.

E' una esigenza improrogabile anche perché viviamo in un contesto particolarmente fluido e ricco di variabili, segnato da rincari delle materie prime e dei costi energetici con il conseguente ritorno dell'inflazione, effetti della guerre in corso. Non possiamo permetterci ideologismi e dogmatismi.

Siamo in un periodo contraddistinto da più transizioni, anche legate ai risultati della ricerca scientifica, come l'intelligenza artificiale; il compito della Politica è indirizzare il sistema nazionale verso una transizione equa, che non lasci indietro nessuno: una transizione che sia a misura del nostro paese, delle nostre specificità e delle nostre eccellenze.

Per il Governo è cruciale gestire la trasformazione del nostro sistema produttivo insieme alle imprese e ai lavoratori, rendendo l'industria sempre più sostenibile ed economicamente vantaggiosa e mantenendo o incrementando i livelli occupazionali: una sfida che riguarda il futuro puntando sul protagonismo, la creatività e le passioni delle giovani generazioni; un protagonismo che metta al centro la corretta informazione,

quella basata sulla scienza, che incrementi le consapevolezze e la partecipazione responsabile.

E questo volume, con le giornate di RemTech, ogni anno ci aiutano a promuovere i percorsi più virtuosi per la nostra Italia.

*Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
Gilberto Pichetto Fratin*

La sfida nel ricercare il giusto equilibrio tra il livello di ambizione di un Paese come l'Italia e una transizione che sia equa, giusta ed inclusiva, basata su un approccio di neutralità tecnologica che tenga conto di tutte le più valide e moderne innovazioni, trova nel concetto di "transizione giusta" un perfetto elemento di sintesi che accomuna, unisce, avvicina e ci rende comunità. Uno spirito che coincide con i valori di Remtech, realtà da sempre impegnata nella costruzione di ponti di dialogo e di luoghi di libero dibattito dove l'esposizione delle idee e delle nuove progettualità si coniuga all'approfondimento e allo scambio costruttivo, creando opportunità inedite per le imprese. Obiettivo comune è, infatti, garantire la crescita della competitività della nostra industria, agendo sul versante della semplificazione normativa e agevolando, al contempo, percorsi virtuosi che tutelino l'ambiente e impattino positivamente sull'economia. Una duplice sfida che il MASE mira a trasferire anche in ambito europeo ed internazionale, mettendo a valore quanto di migliore e più maturo la ricerca scientifica ci propone oggi per governare i fenomeni di cambiamento e per promuovere una transizione dove i benefici e le opportunità di progresso e di crescita siano appannaggio di ciascun cittadino e di ogni territorio. Ricercare, sperimentare nuove idee, promuovere l'elaborazione e l'attuazione di approcci differenti, significa essere promotori e protagonisti di un presente che è già futuro, capaci di intercettare le opportunità economiche e di generare occasioni di crescita competitiva per tutti. Integrare le conoscenze, superando il sapere frazionato, specie nel settore ambientale, diviene pertanto fondamentale. Ed è proprio questa la mission che muove Remtech. Ogni argomento affrontato in questo volume, infatti, è attraversato da un comune filo rosso che vede nell'interazione una leva formidabile ed indispensabile per la ricerca scientifica, sia per le sue declinazioni ambientali che per i risvolti economico-sociali. Tra i temi principali, approfonditi con conoscenza e competenza, vi è l'economia circolare, a cui il MASE sta dedicando particolare attenzione e rispetto a cui l'Italia è leader in ambito europeo, ma anche l'attenzione alle risorse naturali ed al loro risanamento laddove vi è compromissione, avendo sempre ben presente la valorizzazione del capitale umano, la maggiore inclusione dei giovani e dei talenti, l'importanza di dotarsi di indicatori misurabili che evidenzino l'efficacia delle scelte intraprese, alla luce di una concezione di sostenibilità che deve essere intesa come reale strumento competitivo. La fotografia restituita è quella di un Paese fatto di imprese

autenticamente partecipi del cambiamento, attente all'etica, alla sostenibilità, alla coesione sociale, immerse in un percorso sfidante che vede il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica concretamente al loro fianco.

Nell'esprimere, in conclusione, il mio apprezzamento per l'attività svolta da questa grande comunità che è Remtech, desidero esortare a proseguire sulla strada di una intensa e proficua collaborazione istituzionale nella consapevolezza che il triplice obiettivo di una transizione ambientale, economica e sociale può essere centrato solo se ciascuno di noi, nessuno escluso, è impegnato nel fare la propria parte. E' questo lo straordinario volano di crescita per un'Italia che ha l'ambizione di guardare lontano.

Viceministro al MASE
On. Vannia Gava

Un testo prezioso come quello che ogni anno RemTech di Ferrara Expo e il CNR propongono e che riflette sui piani e studi di azione di innovazione in tema di sostenibilità non può non occuparsi di Green Deal e del nuovo corso Europeo che tanto sta influenzando le politiche nazionali ma anche quelle mondiali.

Due esempi, due informazioni su tutti sono esemplificativi per delineare come l'innovazione in questo settore sia essenziale per definire i nuovi indirizzi in campo ambientale ma anche sociale ed economico del Pianeta.

1. Prima notizia - L'Europa più verde: il solare sorpassa il carbone come testimoniato dai dati proposti da Eurostat.

Per la prima volta l'energia solare supera il carbone fossile nella produzione di elettricità in Europa, una svolta storica raggiunta dall'Unione Europea nel 2022, ancora più storica se si pensa che il Green Deal varato ad inizio 2020 è stato influenzato anche dalla guerra fra Russia e l'Ucraina con la relativa crisi e con le conseguenti tensioni prodotte sulle forniture di gas all'Europa. La certificazione del sorpasso è stata comunicata dall'autorevolissima fonte di Eurostat che nelle scorse settimane ha fornito i dati sui consumi europei del 2022.

Da evidenziare che il solare da solo ha superato il carbone, non la somma di tutte le rinnovabili (solare, eolico, idroelettrico, geotermico e biomasse). Quindi i pannelli fotovoltaici superano da soli il carbone.

Nel 2022 il fotovoltaico ha fornito una quota pari a 210.249 GWh nella produzione totale di energia europea mentre il carbone fossile ha prodotto 205.693 GWh.

Da notare comunque che sempre in termini di importazione di energia, il petrolio ed il gas naturale hanno numeri, ovviamente, ancora più elevati.

Il carbone ad oggi è ai minimi storici di utilizzo in Europa con una diminuzione del 22% rispetto al 2021 e del 37% rispetto al 2022.

2. Seconda notizia - Nichel, litio, cobalto, terre rare: la supremazia nel settore della Cina è sempre più marcata.

Ormai da tempo esiste un profondo legame che unisce materie prime, transizione ecologica e geopolitica. Si tratta di risorse minerarie centrali e preziose nella filiera tecnologica legata alla transizione che sono, oltre il litio anche il nichel, il cobalto, il rame.

In quasi tutti questi settori è presente la Cina, sia per risorse minerarie presenti sul territorio, sia per vastità del territorio, che per condizioni socio politiche più favorevoli all'estrazione di questi minerali.

La Cina, in una visione di lungo periodo di investimenti sulle tecnologie verdi è presente quindi nel settore del fotovoltaico e nei prodotti delle batterie da accumulo, in quelli delle auto elettriche, nelle colonnine di ricarica.

La stessa inoltre ha portato a termine un importante accordo geopolitico con l'Indonesia, il maggior produttore mondiale di nichel. Infatti negli anni scorsi ha investito sul territorio indonesiano oltre 30 miliardi di dollari in tecnologie di raffinazione, e l'Indonesia oltre aver fatto un balzo di produzione (oggi mette sul mercato il 65% dell'offerta globale, contro il 5% che offriva nel 2015) è in accordo con la Cina che acquista con favorevoli condizioni il 90% del nichel indonesiano.

Sul litio invece sempre la Cina da tempo detiene il primato con la filiera che è quasi tutta presente sul proprio territorio.

Ho voluto riportare questi due esempi e notizie differenti fra loro, forniti dal giornalista -analista Lorenzo Lombardi che collabora già da tempo con l'Ufficio del Commissario Unico di Governo per la bonifica delle discariche e che per questo ringrazio, per evidenziare che nei momenti di svolta industriale, energetica e in questo caso anche climatica, come successo sempre nel passato, la parola d'ordine è competizione attraverso l'innovazione e quindi attraverso la ricerca applicata.

Il New Green Deal e il Just Transition Found stanno dando in questi anni il giusto propellente per una ricerca innovativa con applicazioni in Europa per una minore produzione di CO₂ e quindi per contribuire a un Pianeta più pulito.

Accanto a questo, non possiamo non evidenziare come un maggiore contributo, che non facciamo fatica a definire etico, debba essere fornito da una più oculata gestione delle nostre risorse, dei consumi di energia e di acqua, dal recupero e riciclo dei rifiuti, dal recupero e riutilizzo del territorio attraverso le bonifiche, la lotta allo spreco del cibo, la rigenerazione dei centri urbani, dalla tutela delle risorse di biodiversità del Pianeta, dalle misure per contrastare la siccità e mitigare le conseguenze prodotte dai cambiamenti climatici.

In questo, il Dicastero per lo Sviluppo Umano integrale che muove le proprie azioni ecumeniche sulla base dell'Enciclica papale del 2015, ci indica una strada parallela su cui riflettere e sulla quale impostare le nostre azioni.

Questa pubblicazione ormai consueta e attesa ogni anno che raccoglie numerosissime e interessantissime ricerche di innovazione votate alla sostenibilità del Globo e che è oggetto di disseminazione e divulgazione in occasione di questa XVIII Edizione – 2024, di RemTech Ferrara Expo, è un impegno indefettibile del lavoro e dello studio dei Suoi due ispiratori, la Dott.ssa Silvia Paparella e il Prof. Vito Uricchio, con la quale i curatori dell'opera offrono un contributo autorevolissimo finalizzato a evidenziare il ruolo di leadership che l'Italia svolge in termini di innovazione per il futuro del Pianeta Terra.

Ho piacere quindi di esprimere un profondo ringraziamento ai due amici e professionisti, per questo impegno continuo di condivisione con l'ampia Comunità scientifica, imprenditoriale e istituzionale che ha, in occasione di RemTech, un momento significativo di incontro, costruzione e propulsione comune nelle politiche di innovazione.

Con un monito, una riflessione, una evidenza, finali: tecnica e etica non possono essere disgiunte, entrambe sono alla base sino a divenire indispensabili per le attività di ricerca e di produzione giuste per il nostro Pianeta e per i Suoi abitanti.

*Giuseppe Vadalà
Gen. B. CC – Commissario Unico per
la bonifica delle discariche*

Premesse

La transizione giusta rappresenta l'unica via che porta vantaggi a tutti, senza perdenti e sfruttamenti, sia a livello locale, ma anche a livello globale, privilegiando le attenzioni ai valori culturali e identitari che sorreggono i cambiamenti in atto. Per tale motivazione nel presente volume abbiamo voluto sottolineare gli aspetti della transizione giusta che comprende elementi e scelte ai vari livelli, modelli sociali, formule di lavoro, strumenti di cui avvalersi, prospettive, affrontando in modo complessivo i nuovi fenomeni: dai mutamenti del clima, alle principali criticità ambientali, alle possibili pandemie, alle evoluzioni connesse con l'intelligenza artificiale.

La transizione giusta ha bisogno della corretta informazione, scientificamente basata ed anche del diritto a essere informati sulle dinamiche effettive che si originano da scelte strategiche condotte in ambito nazionale ed internazionale. In tale dimensione l'informazione corretta costituisce il principale anticorpo contro le adulterazioni della realtà.

La transizione giusta è un percorso fortemente motivazionale, un cantiere aperto al confronto per uno sforzo collettivo che possa cambiare profondamente volto e prospettive al nostro futuro, rendendolo principalmente più equo, più sano ed armonioso per tutti.

La scienza può cambiare il mondo e questo postulato è confermato da numerosissime prove nel corso della vita sul nostro Pianeta, nei tanti passaggi decisivi che hanno modificato le abitudini e gli stili di vita, sino alle più recenti rivoluzioni industriali, generate sempre da spinte all'innovazione. Innovazione e tecnologia sono due elementi che guidano prepotentemente questa fase delle nostre vite e se adeguatamente governati sulla base di un confronto democratico e di una visione di prospettiva, potranno fungere da moltiplicatori di conoscenza e da volano di crescita.

La scienza contemporanea è fortemente sollecitata da questioni come la digitalizzazione e l'intelligenza artificiale, con importanti vantaggi in termini di rapidità nel conseguimento dei risultati.

Una innovazione che ricerca soluzioni sostenibili e giuste, che incida positivamente sulla vita delle comunità, in ogni ambito nazionale ed internazionale, che porti benessere e tuteli la salute delle popolazioni e dell'ambiente con azioni dinamiche, intelligenti ed equilibrate.

La spinta all'innovazione determinata dalla ricerca scientifica nel settore pubblico e privato, se ispirata ai criteri della transizione giusta, può esprimere al meglio gli effetti positivi offrendo alle nostre imprese occasione di crescita e di consolidamento competitivo e diffondendo vantaggi positivi per la collettività.

La Comunità RemTech interpreta appieno questi valori e rappresenta un partenariato strategico, campo di collaborazione e di crescita tecnico-scientifica in materia ambientale, di ricerca e di dialogo interculturale.

Lo scambio di saperi e di idee è da 18 anni nel cuore della Comunità RemTech e questa esperienza rappresenta una testimonianza concreta delle ambiziose sfide che si stanno affrontando assieme, con lo sguardo rivolto al futuro.

La condivisione di conoscenze e di tecniche che avviene all'interno della comunità RemTech, fra mondo della ricerca, amministrazioni pubbliche e imprese, costituisce infatti la piattaforma più sicura per promuovere uno sviluppo armonioso e sostenibile nelle nostre società.

Le conoscenze specialistiche, da sole, non sono tuttavia sufficienti a soccorrere le gestioni delle complesse problematiche ambientali che interessano i nostri tempi. Infatti, per governare le tecniche, per coglierne l'impatto sulle società e sull'ambiente in coerenza con, i principi del DNSH, per accrescerne le ricadute positive in termini di progresso, è infatti necessario un approccio che coniughi saperi scientifici e con quadri di visione che anticipino i possibili impatti positivi e negativi delle innovazioni.

I numerosi contributi che compongono con efficace sintesi il presente volume danno un senso ed uno spessore ai principi della tutela ambientale nell'ottica della transizione giusta, favorendo la coesione dei popoli.

Si tratta di uno spirito prezioso, poichè la condivisione intorno ai valori supremi della tutela del nostro Pianeta, quale elemento di garanzia per la

vita delle future generazioni, rappresenta il collante irrinunciabile della nostra comunità internazionale.

Nel ringraziare tutti gli autori e lettori, per la dedizione passione profusa nel quotidiano lavoro, frutto di una preparazione e di una selezione non comuni, e nel sollecitarVi a proseguire nel costante approfondimento tecnico-scientifico che la materia ambientale richiede, formulo a tutti Voi i miei migliori auguri di buona lettura e di buon lavoro.

Vito Felice Uricchio

RemTech Expo è da diciotto anni una preziosa comunità tecnica, tecnologica e scientifica, pubblico privata riconosciuta ed apprezzata a livello internazionale e punto di riferimento sui temi delle grandi opere, il risanamento, la rigenerazione e lo sviluppo sostenibile dei territori ma anche un hub tecnologico ambientale, luogo di condivisione e di cooperazione sulle policy dell'agenda politica, in cui esperti, decision maker, imprenditori e professionisti del settore si confrontano sulle sfide del terzo millennio ed un importante evento emerito, a cui il presidente della Repubblica ha conferito la medaglia, un riconoscimento che viene attribuito dal Capo dello Stato ad iniziative ritenute di particolare interesse culturale e scientifico.

Tanti, trasversali ed attuali i temi, intorno ai quali si è ispirato il ricco programma di appuntamenti e conferenze a partire dagli Stati Generali del Risanamento, Rigenerazione e Sviluppo sostenibile dei territori, L'innovazione per la Transizione Giusta e gli Stati Generali del Mondo del lavoro; gli Smart Ports e le Autorità di Sistema portuale quali hub di innovazione; la Progettazione e gestione delle Infrastrutture; la Gestione della risorsa idrica; il Codice della Ricostruzione ed ancora gli Stati Generali sull'osservazione della Terra dallo Spazio e gli Stati Generali del pronto intervento, manutenzione e monitoraggio (prima edizione), gli Stati Generali delle Discariche e, per il primo anno, gli Stati Generali delle Miniere.

RemTech, già parte del programma parallelo di COP28 a Dubai e della Planet Week del G7 Ambiente di Torino, celebra così a Ferrara i Suoi diciotto anni attraverso un costante ed ambizioso lavoro di sviluppo di idee e proposte nell'ambito di un'intensa attività tecnologica e narrativa, networking, sessioni congressuali, workshop, corsi, laboratori, con oltre duemila tra "ambassadors" e relatori presenti ai tavoli, con iniziative speciali rivolte particolarmente ai Giovani Eroi del Pianeta, per i quali sono state pensate esperienze immersive di coinvolgimento e di apprendimento e laboratori guidati da esperti civili e militari e naturalmente durante le serate presso le sedi storiche della città e nel magnifico Castello Estense, patrimonio dell'Umanità, momenti destinati a restare nella memoria delle numerose delegazioni intervenute, cornici giuste, incantevoli ed ispiratrici di

pace, di preziosa convivialità e di future cooperazioni a supporto dello sviluppo del Pianeta nel Terzo Millennio.

Silvia Paparella

Dear Colleagues and Environmental Innovators,

Welcome to the Book of Abstracts for Remtech, a landmark event that continues to be a beacon of innovation and collaboration in the field of environmental remediation and sustainable technology. As the Scientific Coordinator of Remtech Europe, I am excited to present this year's compilation of groundbreaking research and cutting-edge solutions, brought together by a diverse group of experts, scientists, and professionals from around the globe.

Remtech Europe is not just a conference; it is a catalyst for change, where the exchange of knowledge and experience drives the evolution of our field. This year, we are proud to feature contributions from over 41 countries, reflecting the truly global nature of the environmental challenges we face. The abstracts within this book offer a snapshot of the latest developments, emerging trends, and practical solutions that will shape the future of environmental protection and sustainability.

A significant focus of this year's discussions will be the Soil Monitoring Law—a critical legislative initiative that aims to ensure the sustainable management of soil resources, which are fundamental to food security, biodiversity, and climate resilience. As we gather to explore this and other pressing issues, I encourage you to consider the broader implications of our work and the vital role that informed, science-based policies play in safeguarding our environment.

What sets Remtech Europe apart is our unwavering commitment to inclusivity and the democratization of knowledge. By offering free registration and open access to all conference materials, including this Book of Abstracts, we strive to make the latest advancements in environmental technology accessible to everyone, regardless of geographic or economic barriers. This approach not only enriches our discussions but also ensures that innovative solutions reach those who need them most, particularly in regions where resources are limited.

In this book, you will find a rich tapestry of insights, from pioneering research on emerging contaminants like PFAS to innovative approaches for managing vapor intrusion and other persistent environmental challenges. Each abstract represents a piece of the larger puzzle we are collectively

working to solve, and I am confident that the ideas and solutions presented here will inspire new collaborations and breakthroughs in our field.

I would like to extend my heartfelt thanks to all the contributors, participants, chairs and organizers who have made Remtech Europe 2024 possible. Your dedication and passion for environmental stewardship are what make this conference a success. I encourage you to engage fully with the content and discussions, and to take this opportunity to connect with like-minded professionals who share our commitment to a sustainable future.

Thank you for being part of this journey. I wish you an inspiring and productive conference experience.

Warm regards,

Marco Falconi

Scientific Coordinator, Remtech Europe

Indice

PREFAZIONI.....	6
PREMESSE	14
INDICE.....	21
I. METODOLOGIE E TECNOLOGIE PER LA CARATTERIZZAZIONE, MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DI SITI INQUINATI.....	32
APPLICAZIONI DI PHYTOSCREENING IN AREE URBANE I CASI STUDIO DI PESARO E PESCARA	33
L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA STRAORDINARIO DISCARICHE NELLA PROVINCIA DI TARANTO: UNA BUONA PRATICA PER LA TUTELA DEL TERRITORIO	35
RECUPERO DI SITI CONTAMINATI E PRODUZIONE DI ELETTRICITÀ ATTRAVERSO LE PLANT MICROBIAL FUEL CELLS	37
LA BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI NELL'OTTICA DELL'ACCERTAMENTO DEL DANNO AMBIENTALE	39
SCREENING UAV BASED SU AREA VASTA PER L'INDIVIDUAZIONE SPEDITIVA DI AREE EMISSIVE..	41
DEFINIZIONE DI UN PROTOCOLLO OPERATIVO PER IL BIOMONITORAGGIO DI MATRICI CONTAMINATE DA COMPOSTI ORGANOCLORURATI FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE MICROBIOLOGICA DI AREE SIN/SIL IN ITALIA	43
CENTRO UNICO BONIFICHE AD ALTA INTENSITÀ TECNOLOGICA PER IL MONITORAGGIO DELLE AREE CONTAMINATE ED OGGETTO DI INTERVENTI DI RISANAMENTO NEL SIN DI TARANTO	46
UTILIZZO DEI SISTEMI UAS (UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM) PER LA CARATTERIZZAZIONE E IL MONITORAGGIO AMBIENTALE NEI PROCEDIMENTI DI BONIFICA; L'ATTIVITÀ DI ARPA PUGLIA NEL TERRITORIO DELL'AREA DI CRISI AMBIENTALE DI TARANTO.	49
I RISULTATI DELLE INDAGINI AMBIENTALI ESEGUITE IN 10 ANNI SUI TERRENI AGRICOLI IN CAMPANIA, AI SENSI DELLA LEGGE N°6/2014 (COSIDDETTA TERRA DEI FUOCHI)	51
NUOVE FRONTIERE DELLA CONSAPEVOLEZZA SITUAZIONALE AMBIENTALE: BIO-TRACKING REMOTO E PROSSIMALE PER MONITORARE I SITI CONTAMINATI.....	53
EVOLUTION OF IN SITU REDUCTIVE TECHNOLOGIES FOR TREATMENT OF CHLORINATED ORGANIC AND METAL CONTAMINATION	55
APPLICAZIONE AD AMPIA SCALA DI UNA TECNOLOGIA COMBINATA A BASE DI PERSOLFATO ATTIVATO PER IL TRATTAMENTO ISCO E EAB DI UN ACQUIFERO CONTAMINATO DA MONOCLOROBENZENE, CLOROFORMIO E BTEX IN VENETO.....	57
IN SITU REDUCTIVE TECHNOLOGIES FOR TREATMENT OF CHLORINATED ORGANICS	59
LA MAPPATURA DELLE TECNOLOGIE AMBIENTALI INNOVATIVE E DELLE STARTUP ATTIVE IN CAMPO AMBIENTALE. IL NUOVO STRUMENTO DI KNOWLEDGE MANAGEMENT DI SU SOLUZIONI EFFICACI PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE.....	63
VANTAGGI NEL COMBINARE ISCR, ERD E ISS PER UN TRATTAMENTO POTENZIATO DEI SOLVENTI CLORURATI.....	65

BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA IN TERRA DEI FUOCHI: UNA STORIA DI COLLABORAZIONE E SUCCESSO.....	67
APPLICAZIONE DI DIVERSE TECNOLOGIE PER LA BONIFICA DEI COV IN CONDIZIONI DIFFICILI, SOTTO UNA FABBRICA DI COMPONENTI ELETTRONICI	69
ANALISI LCA PER IL MIGLIORAMENTO DI UN INTERVENTO DI BONIFICA IN OTTICA SOSTENIBILE	71
MICROBIOLOGIA PER IL RISANAMENTO AMBIENTALE: UN CASO DI STRATEGIA INTEGRATA	73
BONIFICHE E TABELLE DI MARCIA STRINGENTI: STRATEGIE PER LA RIMOZIONE ACCELERATA DI SURNATANTE E IDROCARBURI PETROLIFERI DA ACQUE SOTTERRANEE.....	75
INTERVENTI DI BONIFICA E CAMBIAMENTO CLIMATICO: UNA DIFFICILE COESISTENZA?.....	79
INDAGINI AD ALTA RISOLUZIONE: LA FOTOGRAFIA DEL SOTTOSUOLO PER IL DIMENSIONAMENTO EFFICACE DELLA BONIFICA	81
IL CAMPIONAMENTO DEGLI AGGREGATI RICICLATI AI SENSI DELLE NOVITÀ NORMATIVE.....	83
DALLO STUDIO DEI VALORI DI FONDO ALLO “STUDIO DI COMPATIBILITÀ”, ALLA LUCE DELLE MODIFICHE INTRODOTTE DALLA LEGGE N. 108 DEL 29 LUGLIO 2021	86
SIMULAZIONE DEL RILASCIO E DISPERSIONE DI SOSTANZE PERICOLOSE IN SEGUITO AD UN INCIDENTE INDUSTRIALE	88
OTTIMIZZAZIONE RECUPERO LNAPL CON TECNOLOGIA DUAL PUMP IN ACQUIFERO A PERMEABILITÀ MISTA. STUDIO IDROGEOLOGICO E RISULTATI TEST PILOTA	90
APPLICABILITÀ DELLA TECNOLOGIA IN-SITU CHEMICAL OXIDATION (ISCO) PER LA BONIFICA DI UN SITO CONTAMINATO DA SOLVENTI CLORURATI, IDROCARBURI ED ETERI	93
RIHABITAT: PROGETTO DI RIQUALIFICA AMBIENTALE E DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI	96
GESTIONE DI TERRE CON VALORI DI FONDO NATURALE IN CANTIERI DI OPERE STRATEGICHE DI GRANDI DIMENSIONI.....	98
FATTORI CRITICI E OTTIMIZZAZIONE DI BONIFICHE PLURIENNALI: UN APPROCCIO IDROGEOLOGICO E MICROBIOLOGICO IN AMBIENTI COMPLESSI	102
AMMENDANTI TERMOGENICI PER FAVORIRE IL RECUPERO DI TERRENI BIORISANATI COME TERRE DA COLTIVO	105
CHIEDI DI PIÙ AI TUOI DATI DI SEQUENZIAMENTO: APPROCCI INNOVATIVI DI BIOLOGIA MOLECOLARE NEL BIORISANAMENTO	108
UN MODELLO INTERDISCIPLINARE E PARTECIPATO PER IL RECUPERO DI UN EX-SIN CONTAMINATO.....	111
SVILUPPO DI BIOCHAR MICROBIOLOGICAMENTE ATTIVATO IN PROCESSI DI BIORISANAMENTO	115
INTEGRAZIONE DI DATI MULTI-SORGENTE PER LA BONIFICA DI UN SITO STORICAMENTE INQUINATO DA SOLVENTI CLORURATI: UN APPROCCIO GEOSPAZIALE IN 3D	118
SITUAZIONI DI CRITICITÀ AMBIENTALE SU SITI DI DISCARICA: ASPETTI TECNICI E NORMATIVI...	120
PRODOTTI COMMERCIALI PER IL BIORISANAMENTO DI TERRENI CONTAMINATI DA IDROCARBURI: CARATTERISTICHE ED EFFICACIA.....	122
PROGETTAZIONE SOSTENIBILE DI UN INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DI UNA DISCARICA	126
APPROCCIO BASATO SU EVIDENZE MULTIPLE PER LA DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DI UN SITO DI DISCARICA.....	129
METODOLOGIA PER LA DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO PER LO SCENARIO ATTUALE E POST-INTERVENTO AI SENSI DEL DM 269/2021: UN CASO STUDIO.....	132

DIMOSTRAZIONE DELL'EFFICACIA DEL CARBONIO COLLOIDALE INTRAPLEX® PER L'IMMOBILIZZAZIONE IN SITU DEI PFAS IN SITI AEROPORTUALI.....	134
PROGETTAZIONE E CONDUZIONE DI BONIFICA DA IDROCARBURI MEDIANTE BIOREMEDIATION CON FAUNA BATTERICA AUTOCTONA	135
METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO NATECH DI CONDOTTE PER IL TRASPORTO DI FLUIDI IDROCARBURICI.....	137
FITOESTRAZIONE DI NICHEL MEDIANTE <i>HELIANTHUS ANNUUS</i>	139
HYDRO FERN – EXPLOITING PTERIS VITTATA HYPERACCUMULATOR FEATURES TO REMOVE AS FROM CONTAMINATED WATER.....	141
II. LA GESTIONE EFFICIENTE DELLE RISORSE IDRICHE	143
I CONSUMI IDRICI NELLE RAFFINERIE E LE POTENZIALITÀ DEL WATER REUSE PER FRONTEGGIARE LA CRISI IDRICA ALLA SCALA NAZIONALE	144
I DATI DELLA LEGGE 464/84 COME SUPPORTO ALLA GESTIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE.	146
MONITORAGGIO AD ALTA RISOLUZIONE DEI RESIDUI DI PESTICIDI NELLE MATRICI ACQUOSE... ..	149
WATER QUALITY MONITORING IN THE APULIAN REGION: DATA PROCESSING PRELIMINARY RESULTS FROM PESTICIDE RESIDUES PROGRAM IN THE SURFACE WATER BODIES.	151
PIANO D'AZIONE NITRATI: ELEMENTO CHIAVE NELLA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE.....	ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.	
NUOVO SISTEMA DI VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DELLA GESTIONE DELLE ACQUE NELLE INSTALLAZIONI INDUSTRIALI ATTRAVERSO I PARADIGMI ESG.....	153
L'APPLICAZIONE DELLA SPETTROSCOPIA INFRAROSSA A TRASFORMATA DI FOURIER (FTIR) PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE MICROPLASTICHE (5 – 2 MM).....	156
BIORECUPERO DI RAME DA ACQUE INDUSTRIALI MEDIANTE BIOFILM MICROBICI.....	158
TRATTAMENTO INNOVATIVO DI 18 MILIONI DI LITRI DI ACQUE DI FALDA CONTAMINATE DA PFAS CON UN IMPATTO AMBIENTALE INFERIORE DEL 98%.....	160
CONSTANCE: CONTROLLO INTELLIGENTE E GESTIONE AUTOMATIZZATA PER IL TRATTAMENTO DI ACQUE REFLUE	162
III. LE OPPORTUNITÀ DELL'ECONOMIA CIRCOLARE ED I NUOVI PARADIGMI DI SVILUPPO	164
EMAS AND CIRCULAR ECONOMY: GOOD PRACTICES.....	165
STAKEHOLDER ENGAGEMENT IN PROMISCES: UN CO-WORKSHOP PER IDENTIFICARE E VALUTARE BARRIERE E SOLUZIONI PER UN'ADEGUATA GESTIONE DEL PERCOLATO DI DISCARICA CARATTERIZZATO DALLA PRESENZA DI PFAS.....	167
INCUBATORI E ECONOMIA CIRCOLARE: UN NUOVO PARADIGMA DI SVILUPPO PER LE IMPRESE DEL FUTURO.....	170
LE OPPORTUNITÀ DELL'ECONOMIA CIRCOLARE ED I NUOVI PARADIGMI DI SVILUPPO	172
IL PARERE DEL COMITATO EUROPEO DELLE REGIONI SUL “RUOLO DEGLI ENTI LOCALI E REGIONALI NELLA TRANSIZIONE VERSO UN'ECONOMIA CIRCOLARE”	174
IL RIEQUILIBRIO TERRITORIALE TRA LE SFIDE DEL PNRR: ZES UNICA PER IL RILANCIO DEL MEZZOGIORNO D'ITALIA.....	177
IL RUOLO DEI TRIBUTI LOCALI AMBIENTALI VERSO LA TRANSIZIONE ECOLOGICA NEL PRISMA DELL'AUTONOMIA DIFFERENZIATA	180

AGRICOLTURA SOSTENIBILE E COSTITUZIONALIZZAZIONE DELL'APPROCCIO ONEEARTH-ONE HEALTH	182
EMAS ED ECONOMIA CIRCOLARE: IL CASO STUDIO DEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI.....	184
NECTAR BIOFUELS: BORN TO BE RESILIENT	186
VI. ECOTOSSICOLOGIA E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	189
APPLICAZIONI DI TEST ECOTOSSICOLOGICI PER VALUTARE L'EFFICACIA DI <i>NATURE-BASED SOLUTIONS</i>	190
UN'ESPERIENZA DI DE-TOXING	192
LA QUALITÀ DEI GAMETI IN <i>MYTILUS GALLOPROVINCIALIS</i> : UN NUOVO ENDPOINT PER VALUTARE LA TOSSICITÀ DELLE MICROPLASTICHE AMBIENTALI SULLA SALUTE RIPRODUTTIVA DEGLI INVERTEBRATI MARINI	194
UTILIZZO DELLE DIATOMEI COME INDICATORI BIOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DEL FIUME OFANTO.....	196
ECOTOXIC SUBSTANCES INVOLVED IN INDUSTRIAL ACCIDENTS: NATIONAL SITUATION AND OPERATIONAL EXPERIENCE	198
ENVIRONMENTAL REMEDIATION OF POLLUTED SITES: STATE OF THE ART AND FUTURE PERSPECTIVES IN THE LIGHT OF THE NEW PROPOSALS FOR A EUROPEAN SOIL DIRECTIVE	200
OTTIMIZZAZIONE DELLE BATTERIE PER I SAGGI ECOTOSSICOLOGICI IN RELAZIONE ALLE CARATTERISTICHE SITO-SPECIFICHE: IL CASO DEL PORTO DI RAVENNA	202
V. INTELLIGENCE E LEGISLAZIONE AMBIENTALE.....	205
L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER LA GESTIONE TEMPESTIVA E PROATTIVA DELLE CRITICITÀ AMBIENTALI	208
LA GARANZIA COSTITUZIONALE DELL'APPROCCIO INTEGRATO TRA ESIGENZE AMBIENTALI E MODELLI DI SVILUPPO	210
INTELLIGENT EYES: CONTRASTO AI CRIMINI AMBIENTALI E PREDATORI NELLE AREE RURALI	212
TECNOLOGIE INTELLIGENTI PER L'AMBIENTE: L'IMPATTO DI IA E IOT SULLA SOSTENIBILITÀ ...	215
LA TASSAZIONE OTTIMALE NELLA TRANSIZIONE GIUSTA	217
VI. RISCHI E RIGENERAZIONE DEI TERRITORI.....	220
LA PIATTAFORMA RENDIS E LA SUA INTEGRAZIONE CON I SISTEMI INFORMATIVI NAZIONALI DEGLI INTERVENTI DI DIFESA DEL SUOLO.....	221
UN CASO DI STUDIO PER LA RAPPRESENTAZIONE DI DISSESTI FRANOSI ATTRAVERSO IL SISTEMA RASTEM.....	223
SCELTE PROGETTUALI PER NUOVI SVILUPPI INDUSTRIALI: L'OPPORTUNITÀ DI ANTICIPARE LE RICHIESTE DEGLI ENTI PROPONENDO INTERVENTI DI VALORE.....	225
L'USO DI OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO FRANA IN ITALIA: STATISTICHE DAL DATABASE RENDIS DI ISPRA	227
MISURA E MODELLAZIONE DELLE ONDE DI LUNGO PERIODO IN UN PORTO TURISTICO – IL CASO DI VENTIMIGLIA	230
LA RISPOSTA DEGLI EDIFICI DI CULTO DELLA MEDIA VALLE DEL TEVERE A SEGUITO DEL SISMA DI UMBERTIDE DEL 9 MARZO 2023	232

SUPPORTO CONSULTIVO ALL'ISOLA DI ISCHIA PER LA RICOSTRUZIONE POST-CATASTROFE E LA RESILIENZA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI - SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	234
LE POTENZIALITÀ DEL DIGITALE A SERVIZIO DELLA RICOSTRUZIONE PER PROCESSI PIÙ EFFICACI, EFFICIENTI E TRASPARENTI	236
LINEE GUIDA PER INTERVENTI DI RIGENERAZIONE URBANA E TERRITORIALE NEI COMUNI DEL CRATERE SISMICO 2009	239
GLI EDIFICI VINCOLATI RICADENTI NEGLI AGGREGATI EDILIZI INTERESSATI DALLA RICOSTRUZIONE POST-SISMA 2009: NORMATIVA, PROCEDURE, RACCOLTA DATI E CASI STUDIO	243
CONFRONTO DELLA NORMATIVA SISMA 2009 E 2016 E DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE E DI RICOSTRUZIONE PRIVATA NEI CENTRI STORICI DEI COMUNI DEL DOPIO CRATERE DELL'AREA OMOGENEA N. 3	245
IL CAMMINO GRANDE DI CELESTINO: ANALISI DEL CONTESTO NORMATIVO, TERRITORIALE E LE BEST PRACTICE PER LA PROGETTAZIONE	247
MUSEI DI PUGLIA FRA INNOVAZIONE DEI PROCESSI E OPPORTUNITÀ TECNOLOGICHE PER LO SVILUPPO DEI TERRITORI	250
VERDE URBANO E DIALOGO UOMO-PIANTA: TECNOLOGIE INNOVATIVE PER UN FUTURO SOSTENIBILE NELLE CITTÀ.	252
VII. REMTECH EUROPE.....	254
HARMONY AND HAZARD ON THE PLATE: UNRAVELING ENDOCRINE DISRUPTORS IN GLOBAL DIETS.....	255
NOT ALL IS AS IT SEEMS - REINVESTIGATING A PERSISTENT BENZENE PLUME USING HRSC	256
STATISTICAL ANALYSIS, BIOACCESSIBILITY AND SOIL AMENDMENT - ADDRESSING SOIL LEAD CONTAMINATION FROM MINING AND SMELTING SOURCES.....	258
IEG-GCW® AND C-MIX SYNERGY: A PIONEERING APPROACH.....	261
OCCURRENCE, BIOAUGMENTATION-POTENTIAL AND qPCR-DETECTION OF AEROBIC METABOLIC TCE-DEGRADATION	263
FROM THE ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF HYDROCARBON-OXIDIZING BACTERIAL STRAINS TO THE ASSESSMENT OF THEIR CAPABILITIES FOR BIOREMEDIATION	265
THE "FOREVER POLLUTION" DATABASE (LE MONDE): THE PRESENCE OF PERFLUOROALKYL SUBSTANCES (PFAS) IN ITALIAN GROUNDWATER AND SURFACE WATER AND THE USE OF CONCENTRATION RATIOS AS TRACERS OF THEIR ORIGIN.	267
BIOREMEDIATION: TRENDS IN SCIENTIFIC TOPICS (2013-2023).....	269
COLLECTION OF HIGH-DEFINITION SCREENING DATA TO STREAMLINE THE EVALUATION OF SUBSLAB CONDITIONS AT VAPOR INTRUSION SITES – A CASE STUDY	271
DECISION SUPPORT TOOL FOR CONTAMINATED LAND REMEDIATION OPTION APPRAISAL WITHIN THE EiCLAR PROJECT	273
COMBINED REPROTOXIC EFFECTS OF POLYSTYRENE MICROPLASTICS AND BISPHENOL A IN THE SEA URCHIN <i>PARACENTROTUS LIVIDUS</i>	275
MAPPING AND INVESTIGATION OF PFAS SUSPECTED SITES IN FLANDERS	277
MODIFIED NATURAL ZEOLITES: INNOVATIVE SOLUTIONS FOR THE REMOVAL OF HEXAVALENT CHROMIUM FROM CONTAMINATED WATERS.....	279
LABORATORY DEGRADATION TESTS AS FIRST STEP FOR THE DESIGN OF A BIOREMEDIATION STRATEGY	281

PHYTOREMEDIATION: A GREEN AND SUSTAINABLE TECHNOLOGY FOR THE REMEDIATION OF URBAN BROWNFIELDS CONTAMINATED WITH ORGANIC COMPOUNDS.....	283
PYROLYSIS TEMPERATURE EFFECTS ON WOOD-DERIVED BIOCHAR AND ITS POTENTIAL FOR ORGANIC POLLUTANT REMOVAL FROM WATER	285
PERMEABLE CONTAMINANT FILTERS FOR INTERRUPTING POLLUTANT PATHWAYS IN SEDIMENTS AND SOILS	287
PORTABLE X-RAY FLUORESCENCE ANALYZERS TO CHARACTERIZE HEAVY METALS IN SOIL:	
PERSISTENT ARSENIC FROM HISTORICAL SODIUM ARSENITE APPLICATION AS HERBICIDE.....	289
THE INFLUENCE OF LOW MOLECULAR WEIGHT ORGANIC ACIDS ON THE UPTAKE AND TRANSLOCATION OF HEAVY METALS IN PLANTS	291
ASSESSMENT OF THE POTENTIAL APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE AND COMPOST DERIVED FROM SEWAGE SLUDGE AS ORGANIC SOIL AMENDMENTS.....	293
SOIL BIOREMEDIATION EFFICIENCY: THE IMPACT OF BIOAUGMENTATION AND MINERAL OR GREEN COMPOST ADDITIVE IN PAHS AND TPH CONTAMINATED SOIL	294
EVALUATION OF SOURCES AND SINKS OF HEXACHLOROCYCLOHEXANE (HCH) ISOMERS WITHIN A CONTAMINATED AQUIFER USING COMPOUND-SPECIFIC STABLE CARBON ISOTOPE ANALYSIS (CSIA)	296
ASSESSMENT OF PESTICIDES RESIDUES IN EUROPEAN AGRICULTURAL SOILS	298
SOIL POLLUTION IN THE EUROPEAN UNION.....	300
IDENTIFICATION OF SOILS EXCEEDING HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN EUROPE BY USING THE LIMIT VALUES FROM SEWAGE SLUDGE DIRECTIVE	302
ASSESSMENT OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SOILS OF EUROPE DUE TO DIFFUSE POLLUTION	304
MICROBIAL ELECTROCHEMICAL SNORKELS TO BOOST ANAEROBIC OXIDATION OF PETROLEUM HYDROCARBONS	306
POTENTIAL APPLICATION OF PHOSPHOGYPSUM FOR SEDIMENT REMEDIATION	308
ENHANCEMENT OF THE PROPERTIES OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE FOR SUSTAINABLE UTILIZATION.....	310
MICROBIAL DEFLUORINATION OF TFA, PFOA, AND HFPO-DA BY A NATIVE MICROBIAL CONSORTIUM UNDER ANOXIC CONDITIONS.....	312
EXTENDED-RELEASE OXYGEN SOURCE TO TREAT PETROLEUM HYDROCARBON CONTAMINATION	313
A EUROPEAN APPROACH FOR HEALTHY SOILS - A REFLECTION FROM GERMANY.....	315
APPLICATION OF MULTIYEAR MISCANTHUS PHYTOTECNOLOGY SUPPORTED BY SOIL AMENDMENTS TO THE POST-MILITARY/POST-MINING LAND: CASE OF CHOMUTOV, CZECH REPUBLIC	318
PFAS SOURCE DIFFERENTIATION AT AIRPORTS	320
CONVERTING IRON ORE TAILINGS INTO SOIL LIKE GROWTH MEDIUM FOR ECOLOGICAL REHABILITATION	322
SIMULTANEOUS REMOVAL OF Cd(II) AND As(V) BY FERRIHYDRITE-BIOCHAR COMPOSITE: ENHANCED EFFECTS OF As(V) ON Cd(II) ADSORPTION	324
REGENERATING ION EXCHANGE RESINS TO REDUCE THE LIFE CYCLE COST OF PFAS WATER TREATMENT.....	325
APPLICATION OF ASH AS A SOIL AMENDMENT IN PHYTOREMEDIATION.....	326

THERMAL PRE-PROCESSING TECHNIQUES FOR REACTIVE ALUMINUM ALLOY WASTE POWDERS	328
PFAS REMOVAL BY ACTIVATED CARBON: ADSORPTION AND THERMAL REACTIVATION.....	330
DIRECT SPECTROFLUORIMETRIC METHOD FOR ANALYSIS OF PHENOTHRIN AND PERMETHRIN INSECTICIDES IN SENEGALESE SURFACE AND GROUNDWATER	332
CONTROLLING RISKS DURING INDUSTRIAL CONSTRUCTION WORKS THROUGH SUSTAINABLE AND DATA-DRIVEN GROUNDWATER MANAGEMENT USING REAL-TIME MONITORING OF GROUNDWATER FLOWS	334
USE OF SMART WELLS IN THE EXECUTION OF DPE AND P&T REMEDIATION PILOT TESTS	336
MOBILIZATION OF PFAS FROM HETEROGENEOUS SOILS: DESORPTION BY ALCOHOL/BIO- POLYMER MIXTURE	338
COMPARATIVE ANALYSIS OF LIGNIN PEROXIDASE AND LACCASE ACTIVITIES IN THE PRESENCE OF GRAPHENE-RELATED NANOMATERIALS	340
DEVELOPMENT OF A QGIS TOOLBOX FOR THE ASSESSMENT OF EMISSIONS OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) FROM THE SUBSOIL	341
APPLICATION OF BACTERIAL REMEDIATION PRODUCTS IN AN OIL-WATER INTERCEPTOR AT A MOTORWAY DEPOT IN THE UK.....	344
FUNGAL-ASSISTED BIOREMEDIATION FOR THE TREATMENT OF TPH CONTAMINATED SOIL - A CASE STUDY.....	346
AIMING AT PRECISION BIOREMEDIATION: MODELING TPH REMOVAL IN SOIL VIA FUNGAL BIOAUGMENTATION.....	348
ENHANCED REMEDIATION OF LNAPL-CONTAMINATED SOIL USING POLYMER-ALCOHOL EMULSION	350
SURFACTANT FOAM INJECTION FOR ENHANCED IN-SITU REMEDIATION OF HYDROCARBON POLLUTED SOIL.....	352
PFAS SOURCE ZONE STABILIZATION: A ZERO-WASTE SOLUTION TO A GLOBAL PROBLEM	355
WE CAN'T STOP BREATHING – WHY ASSESSING VAPOR INTRUSION IS SO IMPORTANT	357
BEYOND SUSTAINABLE BUSINESS MODELS: REALISTIC FUTURE FOR ENTERPRISES.....	358
ENHANCING SUSTAINABLE GROWTH THROUGH ENERGY MANAGEMENT IN THE MUNICIPALITY OF QUEZON, BUKIDNON, PHILIPPINES	361
THERMAL CONDUCTION HEATING CASE STUDIES: REDUCING HEAT LOSSES, GROUNDWATER MANAGEMENT, AND LESSONS LEARNED	366
ENVIRONMENTAL LESSONS LEARNED FROM AN OIL SPILL.....	367
SUBMARINE CABLES IN THE ENERGY TRANSITION: ISPRA'S ROLE FOCUSING ON THE MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION	369
OPTIMIZING WASTE WATER TREATMENT: A NUMERICAL CASE STUDY ON INNOVATIVE BIOREACTOR DESIGN WITH INTEGRATED KNITTED FABRICS	371
ADDRESSING KEY UNCERTAINTIES IN RISK ASSESSMENT THROUGH THE LATEST SAMPLING AND ANALYTICAL METHODS FOR SITES IMPACTED BY PFAS CONTAMINATION	373
SUSTAINABLE REMEDIATION STRATEGIES AND COMMUNITY ENGAGEMENTS IN NIGER DELTA OIL SPILL SITES: A PATH TO RESOLVING ENVIRONMENTAL AND SOCIOECONOMIC CHALLENGES	375
SUSTAINABLE REMEDIATION OF ALUMINIUM SMELTER WASTE – A CASE STUDY OF HYDRO ALUMINIUM KURRI KURRI SMELTER.....	377

ENGINEERING CONTAMINATED SOILS FOR RE-USE	379
IN-SITU THERMAL AND BIOREMEDIATION OF A CVOC SOURCE ZONE IN SOUTH AMERICA: CHALLENGES AND FINDINGS.....	381
SAFEGUARDING COASTAL CRITICAL INFRASTRUCTURES THROUGH INTEGRATED SMART SOLUTIONS	383
GROUNDWATER AND MASS FLUX FOR BETTER GROUNDWATER MANAGEMENT AND TACKLING EMERGING CONTAMINANTS	385
REAL-TIME GROUNDWATER SENSOR NETWORKS FOR SUSTAINABLE LAND AND WATER USE IN CHANGING CONDIFIONS	387
RE-PURPOSING LEGACY LAGOONS AS AN ENGINEERED WETLAND SYSTEM	389
THREE-DIMENSIONAL CONTAMINANT MODELING IN THERMAL REMEDIATION FOR PERFORMANCE ASSESSMENT	390
MASS OF CHLOROBENZENES REMOVED IN IN SITU THERMAL REMEDIATION	392
OPTIMIZING DATA PROCESSING DURING THERMAL REMEDIATION USING A POWER BI DASHBOARD	394
ESG LAW & POLICY IN 2024: CLIMATE CONSIDERATIONS FOR CONTAMINATION MANAGEMENT & SUSTAINABLE REMEDIATION.....	396
MICROPLASTICS ASSOCIATED WITH SHORELINE MARINE ORGANISMS AT THE EASTERN CAPE IN SOUTH AFRICA	398
EVALUATION OF POLLUTANT BIODEGRADATION AND ITS STIMULATION AT A LARGE-SCALE INDUSTRIAL SITE BASED ON THE COMBINATION OF INNOVATIVE MONITORING METHODS	400
VAPOR INTRUSION ASSESSMENT: UTILIZING SUBSLAB TOOLS, VAPOR PIN SAMPLING DEVICES, HYBRIDSS TUBES & BOTTLE VACS	402
SOIL WASHING CASE STUDIES WITHIN THE REMEDIATION SECTOR.....	404
THREE DIMENSIONAL SITE CONCEPTUAL MODELS (3D CSM)	406
MICROBIOMES FOR THE DEPLETION OF HEXACHLOROCYCLOHEXANE IN CONTAMINATED ENVIRONMENTS: THE POWER OF BIODIVERSITY	408
PRE-REMEDIATION CHARACTERIZATION OF PETROLEUM FRACTIONS AND ECOTOXICITY AT THE HEATING PLANT SITE.....	410
BIOLOGICAL ASPECTS OF PFAS CONTAMINATION AND REMEDIATION	413
ELECTRO-NANOBIOREMEDIATION TECHNOLOGY FOR IN-SITU DEGRADATION FROM LOW PERMEABLE AQUIFER	415
IN-SITU ELECTROCHEMICALLY ENHANCED NANOREMEDIATION FOR PFAS - SUCCESSFUL SITE TRIAL	417
AB ISCO REMEDIATION CASE IN THE MOUNTAINS OF COLOMBIA.....	419
COMPUTATIONAL SIMULATION OF IN SITU THERMAL CONDUCTIVE HEATING FOR SOIL REMEDIATION TO PREDICT PROCESS PERFORMANCE: PRELIMINARY RESULTS	421
GREEN GUTTER AS A NATURAL BASED SOLUTION FOR MITIGATION AND ADAPTATION STRATEGY IN URBAN ENVIRONMENTS	423
REAL-TIME ISCO SCALING USING HRSC.....	425
COMPOUND-SPECIFIC ISOTOPE ANALYSIS (CSIA) TO ASSESS BIOREMEDIATION AND SOURCE FORENSICS OF CHLORINATED SOLVENTS IN GROUNDWATER: APPLICATIONS AND FIELD CASE STUDIES.....	427

LARGE SCALE RISK ASSESSMENT METHODOLOGIES FOR POTENTIALLY CONTAMINATED SITES AND DIFFUSE CONTAMINATION	429
ENVIRONMENTAL MODELLING AND SIMULATION FOR DECISION-MAKING IN HEALTH RISK MITIGATION: A CASE STUDY ON DENGUE	431
HIGH CHAIN HYDROCARBON SOIL REMEDIATION WITH ADVANCED OXIDATION T.E.S.T TECHNOLOGY CASE STUDY	433
INTECH4WATER: CONTAMINANT REMOVAL USING MICROALGAE TOWARDS AN INTEGRATED WASTEWATER TREATMENT APPROACH	434
LNAPL INFILTRATION AND REDISTRIBUTION IN HETEROGENEOUS POROUS MEDIA UNDER WATER TABLE FLUCTUATIONS	437
SUSTAINABILITY OF PFAS-REMEDICATION: COMPARISON OF IN SITU BARRIERS AND PUMP&TREAT	439
EXPLORING THE POTENTIAL OF REDUCED GRAPHENE OXIDE (RGO) TO MITIGATE COPPER AND NICKEL STRESS IN LEMNA MINOR PLANTS	442
SYNERGISM OF ENDOPHYTIC MICROBIOTA AND PLANTS PROMOTES THE REMOVAL OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS FROM THE ALFALFA RHIZOSPHERE	444
PHOTOELECTROCATALYTIC ADVANCED OXIDATION OF PFAS IN GROUNDWATER AND LIQUID WASTE	446
HIGH CONCENTRATION OF ODOR WASTE GAS WAS IMPORTANT FOR THE MAINTENANCE OF A DEODORANT MICROBIAL COMMUNITY OF BIOLOGICAL TRICKLING DEODORANT TOWER	448
SMART4ENV PROJECT: ENHANCING THE SCIENTIFIC CAPACITY OF TUBITAK MAM IN THE FIELD OF SMART ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES FOR CLIMATE CHANGE CHALLENGES	450
APPLICATION OF BIOSORPTION TECHNOLOGY FOR PFAS REMOVAL IN WATER	452
CIRCULAR ECONOMY: CHALLENGING LESSONS	454
STUDY AND OPTIMIZATION OF CONTINUOUS REGENERATION OF THE CATALYST CR-401 FOR CATALYTIC REFORMING	455
COMBINED STRATEGIES FOR TRICHLOROETHYLENE-CONTAMINATED GROUNDWATER: BIOLOGICAL REDUCTIVE DECHLORINATION COUPLED WITH ADSORPTION ON BIOCHAR AND SUPPORTED BY ALTERNATIVE MATERIALS FROM ORGANIC WASTES	456
PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF NATIVE SPECIES IN OIL-CONTAMINATED SOILS OF KHUZESTAN PROVINCE, IRAN	458
MICROBIAL CHARACTERIZATION OF MULTICONTAMINATED MARINE SEDIMENTS IN MAR PICCOLO SITE (TARANTO, ITALY) AND SELECTION OF AEROBIC AND ANAEROBIC HYDROCARBON- DEGRADING BACTERIA	460
FROM THE ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF HYDROCARBON-OXIDIZING BACTERIAL STRAINS TO THE ASSESSMENT OF THEIR CAPABILITIES FOR BIOREMEDIATION	463
UNDERSTANDING THE SYNERGIES BETWEEN PORT RECEIVING FACILITIES AND CONTAMINATED LAND REMEDIATION	466
PILOT TEST OF INJECTION: DESIGN AND MISTAKES	468
ASSESSING THE GENETIC POTENTIAL FOR LONG-TERM BIOREMEDIATION IN EAST PALESTINE, OHIO	469
APPLICATION OF ASH AS A SOIL AMENDMENT IN PHYTOREMEDIATION	471
NEW INTEGRATED BIOGEOCHEMICAL/ELECTROCHEMICAL METHOD FOR REMEDIATION OF CONTAMINATED GROUNDWATER	473

ENHANCING SUSTAINABILITY: SOLAR ENERGY MANAGEMENT VIA SOIL STORAGE FOR ZERO-CARBON SOLUTIONS.....	475
THERMAL DESORPTION OF MERCURY: STEPS TO FULL SCALE	477
SUSTAINABLE REMEDIATION OF CHLORINATED SOLVENT PLUMES: A HYDROGEOPHYSICAL-CHEMICAL APPROACH	479
UPDATE IN THE MANAGEMENT AND SECURING OF MERCURY-POLLUTED SITES	481
SPIDER CHART FOR CHLORINATED SOLVENTS REMEDIATION PERFORMANCE ASSESSMENT	483
ENHANCED PFAS MASS REMOVAL FROM SOIL AND GROUNDWATER VIA NOVEL SURFACTANT FLUSHING COLUMN STUDY	485
AFFF FIRE SUPPRESSION SYSTEMS EQUIPMENT PFAS DECONTAMINATION VIA HEATED PRESSURIZED SURFACTANT FLUSHING DECONTAMINATION	487
SUSTAINABLE SURFACTANT ENHANCED HYDROCARBON, CHLORINATED SOLVENT, AND PFAS REMEDIATION RESOLVING HYDRO-GEO-CHEMICAL LIMITATIONS	489
PFAS SOIL TREATMENT PROCESSES – A REVIEW OF OPERATING RANGES AND CONSTRAINTS (CONCAWE REPORT No.8/24)	491
IN SITU CONDUCTIVE HEATING TO ENHANCE LONG-CHAIN LNAPL RECOVERY	493
MICROALGAE BIOREFINERY FOR A GREENER ECONOMY	495
NAVIGATING NEW FRONTIERS: THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN ENVIRONMENTAL INNOVATION.....	498
REMEDICATION APPROACHES FOR DEGRADED MILITARY-POLLUTED LANDS: CASE OF UKRAINE	500
LIFE NARMENA: NATURE BASED REMEDIATION TECHNIQUES FOR HEAVY METALS IN SEDIMENT - CONSTRUCTED WETLANDS – MONITORING POST WORKS OF THE WINTERBEEK SITE	502
A CIRCULAR ECONOMY CASE HISTORY FOR A QUARRY RESTORATION	504
THE CHARACTERISTICS OF SOIL CONTAMINATION IN INDUSTRIAL COMPLEX IN KOREA	506
GROUND WATER SPATIOTEMPORAL DATA ANALYSIS TOOL	507
STIMULATION OF ELECTRO-ACTIVE BACTERIA TO DEGRADE PETROLEUM HYDROCARBONS	510
PROPERLY ASSESSING PFAS RISK: THE SGS PFASAFE®2.0 APPROACH	512
A HOLISTIC NATURE BASED SOLUTION FOR PFAS POLLUTION IN SOIL AND GROUNDWATER...	514
BIOPLASTIC-DEGRADING MICROBIOME ASSOCIATED TO THE MARINE ZOOPLANKTON: CASE STUDY OF THE DEGRADATION OF A POLYESTER BIOPLASTIC	516
CATALYTIC REHABILITATION OF PFAS CONTAMINATED GROUNDWATER	519
A GLOBAL ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE EDUCATION AND EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT	521
INNOVATIVE FOAM FRACTIONATION TECHNOLOGY FOR THE TREATMENT OF PER- AND POLYFLUOROALKYL SUBSTANCES (PFAS) IN CONTAMINATED WATER USING BIODEGRADABLE AMENDMENTS	524
UVOST® TECHNOLOGY AND LABORATORY ANALYSIS, A COMBINED APPROACH FOR A RELIABLE ENVIRONMENTAL INVESTIGATION	526
MIP-OMS EXPERIENCES AFTER ONE YEAR OF DEPLOYMENT: ON-SITE MASS SPECTROMETRY BASED HIGH-RESOLUTION CHARACTERIZATION TECHNOLOGY WITH CONTINUOUS MONITORING OF INDIVIDUAL CONTAMINANT SPECIES.....	528
MICROPLASTICS AS VECTORS FOR METALS IN POLLUTED SOILS: INTERACTIONS WITHIN COMPLEX MIXTURES OF POLLUTANTS.....	530

ENHANCED PHYTOREMEDIATION OF POLLUTED SOILS IN MINING AREAS USING NANOSCALE ZERO-VALENT IRON	532
A NATURE-BASED APPROACH TO ENHANCE THE RECOVERY POTENTIAL OF A SPONTANEOUS ECOSYSTEM DEVELOPED ON AN URBAN CONTAMINATED SITE.....	533
PROTECTION OF THE GROUNDWATER RESOURCE BY REUSING WATER COLLECTED IN THE HYDRAULIC BARRIER DURING THE INDUSTRIAL PRODUCTION CYCLE AND CHEESE WHEY INJECTION INTERVENTIONS. CASE STUDY	536
TOWARDS A EU SOIL MONITORING LAW AND COMPREHENSIVELY MANAGING CONTAMINATED LAND	538
THE AUSTRIAN PROGRAM FOR HISTORICALLY CONTAMINATED SITES – NEW LEGAL INCENTIVES AND A PARADIGM SHIFT	540
MANAGING PFAS CONTAMINATED SITES – STRATEGIC APPROACH IN AUSTRIA.....	541

I. Metodologie e tecnologie per la
caratterizzazione, messa in sicurezza e
bonifica di siti inquinati

Applicazioni di phytoscreening in aree urbane i casi studio di Pesaro e Pescara

Antonio Diligenti^{1,2}, Gianluca Marinelli¹

¹ ARTA Abruzzo, *Ufficio Siti Contaminati Materiali da Scavo e Discariche - Distretto di Chieti* ²

Abstract

Nell'ambito dei procedimenti ambientali ai sensi della parte quarta Titolo quinto del D.Lgs 152/06 che interessano aree urbane è possibile riscontrare contaminazioni da solventi clorurati nelle acque sotterranee non direttamente riconducibili al contesto sito-specifico del caso in studio anche in assenza di situazioni di inquinamento diffuso formalmente individuate. In tal caso è fondamentale la ricostruzione della geometria del plume della contaminazione al fine di risalire ad eventuali responsabilità e/o alla sorgente puntuale, per la gestione del procedimento di bonifica. Ciò comporta tuttavia la necessità di disporre di punti di controllo/monitoraggio esterni al sito.

Il Distretto di Chieti di ARTA Abruzzo, ha applicato indagini di phytoscreening ai siti contaminati tra i quali il Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Bussi sul Tirino rilevando una buona risposta di numerose essenze vegetali all'assorbimento di solventi clorurati nel tronco e nei vapori circolanti all'interno della pianta ed ha messo a punto protocolli per il campionamento dei tronchi d'albero e l'analisi in vivo mediante fiale colorimetriche dei solventi clorurati.

La tecnica è stata pertanto applicata anche in aree urbane al fine di individuare l'origine e l'andamento della contaminazione da solventi clorurati presente nell'acquifero di due aree localizzate nel comune di Pesaro (Regione Marche) e di Pescara (Regione Abruzzo), entrambe densamente popolate ed interessate da attività commerciali di vario genere tra cui punti vendita carburanti e lavanderie.

Nel caso di Pesaro, le indagini eseguite sugli alberi non hanno permesso di individuare una sorgente puntuale di contaminazione, sebbene abbiano contribuito ad ampliare il l'estensione dell'area impattata da solventi.

Nel caso di Pescara, le indagini sono state eseguite perimetralmente ad un punto vendita carburanti attivo, nel quale, in base alle agli esiti delle attività di caratterizzazione e ai successivi monitoraggi è stata riscontrata la

presenza di solventi clorurati nelle sole acque sotterranee. Al fine di confermare l'origine interna al sito dei solventi clorurati, sebbene non direttamente riconducibili alle attività di commercializzazione carburanti, è stata eseguita un'indagine mediante phytoscreening selezionando cinque esemplari di Tiglio ad alto fusto, perimetrali al sito, ubicati in direzione delle possibili eventuali sorgenti esterne ipotizzate. Le analisi in vivo mediante fiale colorimetriche e le determinazioni di laboratorio sui campioni di tronco d'albero prelevati, non hanno restituito concentrazioni apprezzabili di solventi nonostante l'attività si stata eseguita nel pieno della fase vegetativa. Ciò ha permesso di confermare l'assenza di sorgenti esterne. In entrambe le circostanze il metodo ha presentato il vantaggio di tempi rapidi di esecuzione, bassi costi, e basso impatto ambientale. In conclusione l'applicazione dei phytoscreening in entrambi i casi in studio ha confermato la sua applicabilità nelle aree vaste contaminate, sebbene solo in un caso sia stato possibile individuare la sorgente della contaminazione in falda.

Keywords: (Phytoscreening, bonifiche, contaminazione, solventi clorurati)

Contatti: a.diligenti@artaabruzzo.it , g.marinelli@artaabruzzo.it

L'attuazione del Programma Straordinario Discariche nella provincia di Taranto: una buona pratica per la tutela del territorio

***Ciro Galeone¹, Brunella Favia¹, Anna Maria Semeraro¹, Noemi La Sorsa¹,
Fernando Giusti¹, Giuseppe D'Aiuto¹, Caterina Bianco¹, Francesco
Busseti², Mario Manna¹, Mina Lacarbonara², Vittorio Esposito¹, Vincenzo
Campanaro³***

*¹Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente (ARPA)
Puglia – DAP di Taranto, Taranto (TA)*

*²Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente (ARPA)
Puglia – UOC Acqua e Suolo, Bari (BA)*

*³Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente (ARPA)
Puglia – Direzione Scientifica, Bari (BA)*

Le Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (ARPA) svolgono sin dalla loro costituzione, avvenuta con Legge n.61/1994, attività di vigilanza e controllo sul territorio; compiti ordinari ribaditi con la Legge n.132/2016 di istituzione del Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente che non risultano pretermessi da eventuali discipline speciali vigenti in taluni siti. A tal riguardo ARPA Puglia ha inserito tra gli obiettivi operativi del proprio Piano Performance il Programma Straordinario Discariche (PSD), consistente in attività di controllo da esperire su discariche non attive e-in assenza di gestione e post-gestione e, pertanto, non oggetto di ispezioni ordinarie ma sovente interessate da procedimenti penali. Le attività sono state avviate nel 2021 su tutto il territorio regionale e sono proseguite negli anni per concludere alcuni interventi ed investigare ulteriori impianti con evidenti criticità. Il DAP di Taranto nello specifico ha svolto le proprie attività su n. 6 siti per il 2021, cui se ne è aggiunto uno nel 2022 ed uno dal 2023. All'uopo sono state effettuate *in primis* verifiche documentali seguite da sopralluoghi e, laddove possibile, da campionamenti delle matrici ambientali interessate, per individuare potenziali contaminazioni. Sin dalla fase di verifica documentale sono emerse diverse problematiche, diretta conseguenza dell'avvicendamento dei Gestori degli impianti, della normativa vigente al momento dell'autorizzazione degli stessi e del mancato adeguamento a quella subentrata. Ad esempio, le attività di

acquisizione documentale hanno permesso di appurare per uno dei siti individuati, classificato inizialmente come cava dismessa, che in realtà sullo stesso vigeva già un atto autorizzativo per la realizzazione di una discarica di rifiuti speciali. I controlli sono stati esperiti anche su n. 2 discariche autorizzate ma attualmente in stato di abbandono; le criticità riscontrate sono state comunicate alle Autorità Competenti (AA.CC.). Per altri n. 4 siti soggetti a interventi di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) è stato verificato lo stato dell'arte; ciò ha consentito in un caso di rimodulare il progetto iniziale e di avviare campagne di monitoraggio in contraddittorio. Le sinergie instaurate con le AA.CC. hanno permesso di prendere atto dello stato dei luoghi e, in taluni casi, di avviare dei procedimenti ex art. 244 del D.lgs. 152/06 per l'individuazione del responsabile della contaminazione rilevata. Un sito ispezionato è in fase di chiusura temporanea, in attesa che venga realizzata la copertura definitiva e approvata la fase di post gestione. Attualmente sono in corso: n. 1 indagini preliminari ex art. 242 del D.lgs. 152/2006; e n. 1 attività di rimodellamento del corpo di discarica a seguito di diffida provinciale consequenziale a sentenze del TAR e del Consiglio di Stato; n. 2 siti abbandonati sono stati attenzionati alle AA.CC.; relativamente ai siti oggetto di MISP l'Agenzia continua ad esercitare le proprie funzioni di verifica e controllo delle progettualità e dei monitoraggi ambientali. Pertanto, le attività di cui al PSD si sono rivelate una buona pratica che ha messo in evidenza criticità ambientali e posto all'attenzione degli organi competenti potenziali rischi per le matrici ambientali e la popolazione. Le indagini ambientali, avviate a seguito delle verifiche esperite e/o in corso di realizzazione, costituiscono fase propedeutica alla messa in sicurezza dei siti investigati e ad eventuali interventi di bonifica.

Keywords: discariche, criticità ambientali, potenziale contaminazione, messa in sicurezza, monitoraggio ambientale.

Email: c.galeone@arpa.puglia.it , m.lacarbonare@arpa.puglia.it

Recupero di siti contaminati e produzione di elettricità attraverso le Plant Microbial Fuel Cells

Cristina Cavone¹, Anna Barra Caracciolo², Domenico Borello³, Paola Grenni², Gabriele Gagliardi³, Carlotta cosentini³, Valeria Ancona¹

¹ *Water Research Institute, National Research Council, Bari, Italy*

² *Water Research Institute, National Research Council, Rome, Italy*

³ *Sapienza University of Rome, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Rome, Italy*

Abstract

In un mondo sempre più industrializzato, sovrappopolato e con l'uso dell'agricoltura intensiva, diventa fondamentale e urgente sviluppare strategie efficaci e sostenibili per ripristinare i suoli inquinati soprattutto da metalli pesanti e inquinanti organici persistenti (POP).

Riqualificare i siti contaminati risulta importante per recuperare la biodiversità e i servizi ecosistemici, al fine, inoltre, del raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Agenda 2030) e per mettere in atto azioni concrete per la transizione ecologica promossa dal GREEN DEAL europeo.

Per raggiungere questi obiettivi, sono state sviluppate fito-tecnologie (Bioremediation e Phytoremediation, Plant-Assisted Bioremediation), nonché strategie di bonifica innovative ed ecocompatibili attraverso l'impiego di piante e microrganismi.

Nella rizosfera, le piante e le comunità microbiche interagiscono tra loro sinergicamente, promuovendo la rimozione e la degradazione dei contaminanti. I microrganismi sono in grado di adattarsi prontamente alla presenza di inquinanti grazie alla plasticità del loro metabolismo e di utilizzare gli inquinanti organici come fonte di nutrimento ed energia. Le piante favoriscono le comunità microbiche creando un ambiente favorevole alla loro crescita e alla loro attività degradativa e, inoltre, in alcuni casi le specie vegetali accumulano nei loro tessuti le sostanze inquinanti, riportandone la concentrazione entro i limiti di legge. Recentemente, nell'ambito delle *green technologies*, hanno trovato grande interesse e sviluppo le celle a combustibile microbiche vegetali (*Plant Microbial Fuel Cells* - PMFCs), dei sistemi bioelettrochimici in grado di utilizzare la materia

organica e convertire l'energia solare in bioelettricità con il supporto delle piante e delle popolazioni microbiche della rizosfera.

Nella configurazione di un sistema PMFC, l'elettrolita è rappresentato dall'acqua o dal sedimento/suolo, la specie vegetale rilascia essudati radicali, che rappresentano un substrato carbonioso favorendo la crescita dei batteri elettroattivi (EAB). Questi microrganismi sono naturalmente in grado di generare elettricità attraverso vari processi metabolici; sviluppano un biofilm sull'anodo in condizioni anaerobiche e ossidano la sostanza organica e vari inquinanti, rilasciando protoni (H^+), elettroni (e^-) e anidride carbonica (CO_2). Pertanto, un inquinante organico viene trasformato in elettricità tramite reazioni elettrochimiche operate dai microrganismi. Gli elettroni prodotti vengono trasferiti all'anodo e poi attraverso un circuito esterno al catodo esposto all'aria, dove l'ossigeno agisce come accettore di elettroni formando acqua come prodotto finale. I protoni prodotti, invece, fluiscono al catodo attraverso l'elettrolita.

Utilizzare questa tecnologia, sfruttando le forti interazioni tra piante e comunità microbiche e le capacità dei batteri elettroattivi di generare elettricità, risulta essere un approccio innovativo e promettente per recuperare siti contaminanti e produrre simultaneamente elettricità.

Keywords: riqualificazione ambientale, PMFCs, EAB, energia, inquinamento
Contatti: valeria.ancona@cnr.it

La bonifica dei siti contaminati nell'ottica dell'accertamento del danno ambientale

Paolo L. M. Rinaldi¹

¹ Istituto Superiore per Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Roma

Abstract

Nella parte IV del Dlgs 152/06 sono descritte le procedure di bonifica dei siti contaminati. Anche il set analitico di caratterizzazione delle matrici ambientali analizzate (suolo, sottosuolo e acque sotterranee) è ormai consolidato. Dal confronto con diversi stakeholder del settore bonifiche è emerso che raramente il procedimento di bonifica valuta gli effetti della eventuale “contaminazione” in merito al danno ambientale. Come noto, la Parte VI del TUA recepisce la Direttiva 2004/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale che si applica anche a risorse naturali ulteriori rispetto a quelle oggetto delle procedure di bonifica. In particolare, rientrano nell’ambito di applicazione del danno ambientale anche le acque superficiali, le acque marino-costiere, le specie e gli habitat protetti, le aree protette. Già di per sé questo aspetto dovrebbe indurre a valutare gli effetti di una potenziale contaminazione del suolo o delle acque sotterranee anche in relazione alle altre risorse sottoposte a tutela del TUA e potenziali bersagli sito specifici.

Tale scenario consiglia, ove ritenuto opportuno, di implementare anche il set analitico contenuto nelle tabelle dell’allegato 5 alla Parte IV del Dlgs 152/06 ossia quello delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione in quanto l’accertamento del danno ambientale può riguardare sostanze ulteriori che comportano lo scadimento o il peggioramento di uno o più elementi o parametri che concorrono a determinare lo stato chimico e/o quantitativo delle acque sotterranee, quali definiti dalla Direttiva 2000/60/CE (Parte terza del Dlgs 152/2006). Una ampia trattazione di tali aspetti è contenuta nelle Linee Guida SNPA 33/2021 - “Metodologie e criteri di riferimento per la valutazione del danno ambientale ex parte sesta del Dlgs 152/2006”.

Per quanto riguarda le acque, le specie e gli habitat, la Parte VI prevede anche forme di risarcimento per il così detto “danno temporaneo” ossia destinate a compensare la perdita temporanea di risorse e/o servizi naturali dalla data del verificarsi del danno fino a quando la riparazione primaria non

abbia prodotto un effetto completo. In sostanza, contrariamente a quanto di norma avviene nel procedimento di bonifica, i tempi della riparazione assumono una spiccata rilevanza e possono incidere considerevolmente nella stima dell'entità delle azioni di risarcimento.

Questo scenario dovrebbe indurre a riflettere sulla opportunità di estendere la consueta ottica di indagine del sito nell'ambito del procedimento di bonifica ad un'ottica più ampia che comprenda anche ulteriori parametri ed ulteriori risorse naturali. In sostanza si consiglia un approccio innovativo che tenga conto non solo delle matrici direttamente impattate ma anche delle risorse naturali da esse dipendenti o con esse correlate.

In ultimo si evidenzia un altro aspetto spesso sottovalutato o addirittura ignorato in merito agli obiettivi di ripristino. Secondo quanto previsto al Punto 2 dell'allegato 3 alla parte VI, il responsabile di un danno ambientale è tenuto alla riparazione del terreno in considerazione dell'uso attuale del sito o di quello approvato per il futuro al momento del danno. Pertanto, l'obiettivo del ripristino è determinato e fissato e non è prevista alcuna variazione ai fini della definizione dello stato ex-ante da ripristinare.

Keywords: danno ambientale, siti contaminati, bonifica.

Contatti: paolo.rinaldi@isprambiente.it

Screening UAV based su area vasta per l'individuazione speditiva di aree emmissive

**Bruno Notarnicola¹, Pietro Alexander Renzulli¹, Maurizio De Molfetta¹,
Donatello Fosco¹**

Laboratorio TALSEF Dipartimento Jonico Università degli Studi di Bari Aldo Moro

La matrice contaminante di taluni siti può provocare, tra i vari effetti correlati, la presenza di emissioni allo stato di vapore presso l'interfaccia suolo, atmosfera, inquadrabili come soil gas. A seconda della tipologia di sostanza per cui si attiva il percorso di volatilizzazione e tenendo in conto delle dinamiche emmissive e delle caratteristiche dei suoli, queste emissioni possono arrivare a rappresentare non più solo un danno in termini ambientali ma anche un rischio specifico per le forme di vita occupanti una determinata area. Risulta quindi di preminente importanza, rilevare eventuali punti di emissione o aree di accumulo nei pressi del layer suolo atmosfera. Le misurazioni di vapori vengono di norma effettuate in situazioni di analisi preliminare o caratterizzazione del sito, in ambito di analisi di rischio o a verifica dell'efficacia di interventi di bonifica o messa in sicurezza. Le metodiche indicate da norme tecniche in materia (es. Linee Guida SNPA 15 -2018) contemplano l'utilizzo di camere di flusso statiche o dinamiche e specifici punti di campionamento. Il presente lavoro propone l'utilizzo di metodica UAV based, basata sull'impiego di sensori elettrochimici e PID dedicati alla misurazione delle concentrazioni di Idrogeno Solforato, Biossido di Zolfo e Composti Organici Volatili, con tubo di presa che consente l'aspirazione di aria a quota piano campagna (distanza punto di presa – suolo inferiore a 40 cm). La metodica viene proposta in qualità di screening panoramico e speditivo da effettuare su aree vaste. Lo scopo è di acquisire dati misurati che possano fornire indicazioni sulla presenza di plume emmissivi, utili ad una prima zonizzazione dell'area ed al supporto all'individuazione dei punti di campionamento su cui intervenire con camere di flusso. Tale metodica, presuppone che durante il primo approccio al sito, non vi debba necessariamente essere l'intervento localizzato dell'uomo, migliorando così anche il livello di sicurezza delle attività di caratterizzazione preliminare. L'output di

misurazione effettuata mediante metodologia UAV based viene espresso in punti di misurazione della concentrazione (espressa in ppm o ppb) corredati di coordinate spaziali acquisite mediante sistema RTK, in modo da poter riscontrare l'area in cui si è verificata la presenza di vapori, con massima precisione. L'acquisizione di parametri meteo tramite sonda multiparametrica consentirà di analizzare direzione ed intensità del vento, tanto da poter risalire all'esatto punto di emissione del plume misurato. I dati meteo acquisiti in campo tramite sistema dedicato garantiranno anche di poter relazionare il fenomeno emissivo con parametri ambientali che possono caratterizzarne la dinamica come pressione atmosferica, umidità e temperatura. La predisposizione di un preciso workflow di elaborazione dei dati, automatizzabile ed utilizzabile già in fase di campo, consente di poter proseguire, subito dopo aver effettuato lo screening via UAV, agli step di approfondimento successivi, come ad esempio il monitoraggio con camera di flusso. Tale sistema vuol quindi configurarsi come supporto alla caratterizzazione preliminare di un sito contaminato, fornendo al contempo uno strumento per migliorare sia la rapidità di intervento per le successive fasi che il profilo di sicurezza degli operatori. L'ampia flessibilità dei sistemi adoperati, consente anche l'elaborazione dei dataset in ambiente indoor per successive attività di tipo geostatistico e spaziale- relazionale.

Keywords: UAV, COV, soil, gas, caratterizzazione

Contatti: maurizio.demolfetta@uniba.it

Definizione di un protocollo operativo per il biomonitoraggio di matrici contaminate da composti organoclorurati finalizzato alla caratterizzazione microbiologica di aree SIN/SIL in Italia

Bruna Maturro^{*1,2}, Simona Rossetti¹, Alessia Arelli³, Federico Araneo³, Vincenzo Fiano³, Chiara Fiori³, Luigi Marangio³, Giovanni Reina³, Michela Serafini³, Federico Silvestri³, Francesco Zampetti³, Enrico Alberico⁴, Massimo Mazzola⁵, Giacomo Zaccanti⁶, Marcello Mangone⁷, Valentina Sammartino Calabrese⁸

¹Istituto di Ricerca Sulle Acque-Consiglio Nazionale delle Ricerche, IRSA-CNR (**speaker*); ²National Biodiversity Future Center-NBFC;

³Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA;

⁴L'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia,

ARPA; ⁵Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del

Veneto, ARPAV; ⁶Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente Energia Emilia-

Romagna, ARPAAE; ⁷Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della

Sardegna, ARPAS

⁸Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania, ARPAC

Abstract

Il biorisanamento sfrutta le proprietà metaboliche di microorganismi specializzati nella biodegradazione di composti inquinanti. Individuare e quantificare specifici biomarcatori (microorganismi, geni funzionali) coinvolti in tali processi è fondamentale per valutare le potenzialità di biorisanamento del sito. Tali indagini, nell'ambito del procedimento di bonifica, possono essere pianificate sia durante la fase conoscitiva di caratterizzazione del sito, che in fase di individuazione delle strategie/tecnologie da adottare per la bonifica, fino al monitoraggio dell'intervento stesso con l'obiettivo di valutare l'andamento dei processi biodegradativi in corso.

In Italia, gli interventi di bonifica di matrici contaminate (suolo e acque sotterranee) più applicati, prevedono trattamenti di tipo chimico-fisici *in situ* o *ex situ*, mentre gli interventi che sfruttano strategie basate su un approccio biologico rappresentano ancora una parte minoritaria.

Laddove le condizioni ambientali, tecniche e amministrative del sito lo consentano sarebbe, invece, utile prevedere l'utilizzo di trattamenti biologici *in situ* mediante sviluppo di nuove tecnologie, ecosostenibili e *bio-based*, che garantiscano alte prestazioni (anche in termini di tempo) e che auspicabilmente siano in grado di adattarsi ai modelli di economia circolare. A tal fine, appare, quindi, utile individuare biomarcatori di interesse, nonché la composizione dei microbiomi ambientali autoctoni, al fine di valutarne le potenzialità di biorisanamento.

L'insieme delle attività volte a definire le potenzialità di biorisanamento di un sito contaminato, così come definito dalla normativa vigente (Parte IV Titolo V del D. Lgs 152/2006), si riassumono nel biomonitoraggio, ossia nell'identificazione e quantificazione di specifici biomarcatori su matrice ambientale contaminata.

Per la pianificazione di tali attività si dovrà necessariamente tener conto della ricostruzione del modello concettuale del sito, in particolare della distribuzione dei contaminanti nelle matrici ambientali. Tale ricostruzione richiede specifiche competenze tecnico-scientifiche e conoscenze territoriali che necessitano di un approccio multidisciplinare.

Sulla base di queste premesse, IRSA-CNR e ISPRA, in collaborazione con diverse ARPA, hanno avviato una collaborazione tecnico-scientifica, con sviluppo di diversi casi studio, finalizzata alla redazione e successiva pubblicazione di un protocollo operativo per il biomonitoraggio delle matrici ambientali contaminate da composti organoclorurati all'interno di aree incluse nei c.d. Siti di Interesse Nazionale (SIN) / Siti di Interesse Locale (SIL), per valutare la presenza e quantificare specifici biomarcatori dei processi di rimozione biologica di contaminanti organoclorurati, mediante metodiche biomolecolari già sviluppate ed ottimizzate da CNR-IRSA.

Il protocollo operativo di biomonitoraggio potrà rappresentare un riferimento tecnico-scientifico a livello nazionale per i vari Soggetti coinvolti nel processo di bonifica, tra cui progettisti, gestori, laboratori, enti di controllo, sistema agenziale e altri, con risvolti importanti sulla valutazione delle potenzialità di biorisanamento dei siti oggetto di studio e più in generale a supporto della sostenibilità ambientale degli interventi di bonifica dei siti contaminati, con riferimento sia a fenomeni di attenuazione naturale che all'efficacia di altre strategie di bonifica biologica *in situ*.

Keywords: biomonitoraggio, biomarcatori, microbioma ambientale, SIN, SIL, modello concettuale, protocollo operativo

Contatti: bruna.matturro@irsa.cnr.it; alessia.arelli@isprambiente.it

Centro Unico Bonifiche ad alta intensità tecnologica per il monitoraggio delle aree contaminate ed oggetto di interventi di risanamento nel SIN di Taranto

Vito Felice Uricchio¹, Vito Bruno²

¹Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, Taranto

² Direttore Generale ARPA Puglia, Bari

Abstract

La creazione di un Centro unico Bonifiche è orientata a svolgere attività cooperative di monitoraggio, di analisi di dati e di gestione dei progetti di caratterizzazione, messa in sicurezza e bonifica, utilizzando tecnologie evolute e funzionali al lavoro congiunto ed interistituzionale sull'articolato tema delle bonifiche nell'area tarantina. Il progetto, promosso dal Commissario Straordinario per gli interventi urgenti di Bonifica di Taranto e da ARPA Puglia, punta al coinvolgimento di tutti gli attori istituzionali che intervengono nel settore delle bonifiche, attraverso l'implementazione di un complesso sistema di monitoraggio integrato in cui gestire dati in tempo reale, provenienti da sensori puntuali ed areali opportunamente installati e resi disponibili in continuo in un centro di controllo con la finalità di coniugare la transizione digitale con quella ecologica, supportando l'analisi delle complessità ambientali e l'assunzione delle decisioni pianificatorie ed in particolare riferite al comparto della bonifica.

La quantità e la qualità dei dati, in un periodo ad intensa digitalizzazione e la velocità con cui possono essere elementi posti al servizio della conoscenza ambientale, consente di ottenere un quadro conoscitivo in grado di superare le incertezze ed agevolare il lavoro comune. Ulteriore elemento di valore consiste nella possibilità di coinvolgimento della comunità scientifica che potrà beneficiare di informazioni aggiornate approfondendo le complesse dinamiche ambientali che interessano i variegati habitat del territorio, anche alla luce del variare delle condizioni naturali (es. cambiamenti climatici) ed antropiche (modifica dei fattori di pressione e delle contaminazioni anche nel corso degli interventi di bonifica). Oltre a traguardi di carattere scientifico, assumono rilevanza anche gli aspetti formativi che potranno consentire alle giovani ed ai giovani universitari di misurarsi con la complessità di quei fenomeni complessi che

richiedono competenze adeguate. In aggiunta, la condivisione dei dati, opportunamente validati, consente l'attuazione di percorsi di partecipazione informata, già avviati nella comunità tarantina.

L'importanza del monitoraggio integrato e dell'impiego dei sistemi di intelligenza artificiale consente di valutare gli effetti sinergici di numerose variabili fisiche, chimiche, biologiche che possono influenzare i processi e le evoluzioni in atto e che possono essere registrate a scala micro e macro.

Infatti, ogni fattore non agisce individualmente, ma il suo effetto può essere potenziato o accelerato dalla compresenza di altri fattori. Pertanto, la valutazione dell'impatto complessivo sull'ambiente e sugli organismi che lo popolano, va valutato in modo cumulativo e con idonei sistemi in grado di cogliere la complessità.

L'analisi delle complessità ambientali, presenti anche nel territorio tarantino, oggi può beneficiare di importanti tecniche innovative che saranno opportunamente utilizzate e sperimentate nel Centro Unico Bonifica in stretta sinergia con il CNR, le Università, il MASE, ISPRA, ISS, GdF, Carabinieri, Marina Militare/Capitaneria di Porto, Aeronautica, etc. A titolo di esempio le tecniche potranno comprendere utilizzo di sensori avanzati e biosensori (come aptameri per metalli pesanti o combinati con nanoibridi basati sul grafene per sostanze organiche, biosensori di tossicità con celle a combustibile microbica (MFC), etc.), tecnologie biomolecolari e sequenziamento ad alta risoluzione, idrofoni e tecniche di scattering acustico (per zooplancton), dati acustici ad alta risoluzione con Marina Militare; citometria a flusso, impiego di algoritmi di intelligenza artificiale anche per l'analisi di dati satellitari tra cui Copernicus e Cosmo Skymed, e poi utilizzo di *droni box*, aquiloni fotovoltaici, applicazioni di ecoinformatica, etc.

Infatti, sul versante sensoristico, sono in atto importantissime evoluzioni che puntano ad un uso sempre più diffuso di *sensori innovativi biobased*, di *sensori passivi di nuova generazione*, dell'*utilizzo delle fibre ottiche*, *sensori intrinseci* come dispositivi per l'interrogazione dei sensori, etc. In aggiunta i "*sensori di impatto*" introducono un nuovo approccio al monitoraggio ambientale ed invece di misurare separatamente determinati parametri ambientali, sono progettati per riprodurre, in modo molto semplificato, il meccanismo responsabile delle alterazioni osservate negli ambienti considerati. Tipicamente, sono indicatori passivi basati su materiali sacrificali che reagiscono in modo simile agli oggetti da rilevare e subiscono alcuni cambiamenti quantificabili in seguito all'esposizione all'ambiente.

Nel Centro Unico Bonifiche si ricorrerà a *strumenti di allerta precoce* per avvisare tempestivamente su situazioni di rischio, offrendo utilità

importanti per il monitoraggio ambientale su larga scala. Lo *sviluppo delle banche dati ecologiche* e l'applicazione dell'approccio *ecoinformatico* consentirà di cogliere la struttura intrinseca dell'informazione ecologica, incrementando la comprensione di dati complessi. L'*ecoinformatica* che fonde la gestione dei dati con l'analisi e la modellazione dei dati e comprende la sintesi ecologica, la simulazione, la previsione, la visualizzazione e l'analisi dei modelli ecologici potrà beneficiare anche dell'*apprendimento automatico* e dell'*intelligenza artificiale* e può prevedere la gestione automatizzata dei dati.

In tale direzione il territorio di Taranto con i numerosi dati acquisiti nell'ambito di campagne di monitoraggio, di caratterizzazioni, di approfondimenti di varia natura, di controlli, di procedimenti amministrativi, etc., rappresenta un contesto elettivo e favorevole in cui sperimentare approcci di monitoraggio innovativo con il supporto del mondo scientifico offrendo ulteriori occasioni di ricerca e di sviluppo di soluzioni innovative.

Infatti, occorre sottolineare che a Taranto le *esigenze di monitoraggio ambientale* sono particolarmente sentite e derivano dai numerosi e complessi problemi associati alla *multicontaminazione diffusa*, alla presenza di *diversi fattori di pressione attivi* ed alla complessità naturale. Il monitoraggio è una componente essenziale della scienza e della politica ambientale e, come noto i grandi programmi di monitoraggio creano grandi volumi di dati complessi, che devono essere opportunamente gestiti ed interpretati attraverso i sistemi di *intelligenza artificiale* per poi essere riprodotti sinteticamente in grafici e cartografie tematiche semplificate che supportano l'assunzione di decisioni per la ottimale definizione delle scelte d'intervento.

Keywords: sensori innovativi, Intelligenza Artificiale, monitoraggio ambientale, ecoinformatica.

Contatti: v.uricchio@governo.it, dg@arpa.puglia.it

Utilizzo dei sistemi UAS (Unmanned Aircraft System) per la caratterizzazione e il monitoraggio ambientale nei procedimenti di bonifica; l'attività di ARPA Puglia nel territorio dell'area di crisi ambientale di Taranto.

Roberto Greco¹, Ciro Galeone², Elvira Armenio², Brunella Favia², Noemi La Sorsa², Fernando Giusti², Mario Manna², Vittorio Esposito², Nicola Ungaro³, Vincenzo Campanaro³

¹ Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente (ARPA) Puglia – UOC Ambienti Naturali, Bari (BA)

² Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente (ARPA) Puglia – DAP di Taranto, Taranto (TA)

³ Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente (ARPA) Puglia – Direzione Scientifica, Bari (BA)

L'utilizzo dei sistemi UAS (c.d. droni) costituisce ambito con interessanti margini di sviluppo, in particolare per Enti e/o istituzioni che operano sul territorio nell'ambito di attività che richiedono il supporto di dati telerilevati aggiornati e ad alta risoluzione. Negli ultimi anni le applicazioni in campo ambientale hanno avuto un importante incremento, soprattutto in relazione alla disponibilità di sensori in grado di acquisire dati relativi alle diverse componenti delle matrici ambientali, oltre al sostanziale miglioramento dell'efficienza degli aeromobili. In tale contesto anche il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) ha avviato una serie di attività rivolte al coordinamento e all'aggiornamento dei gruppi operativi delle varie Agenzie regionali, con l'obiettivo di uniformare le procedure operative e le metodologie di elaborazione dati. L'impiego dei droni nell'ambito delle attività di caratterizzazione e di monitoraggio ambientale consente di disporre, con tempi di elaborazione relativamente contenuti, di strati informativi ad alta risoluzione, a supporto delle attività di verifica e controllo del SNPA. Nelle fasi preliminari, la disponibilità di immagini ad alta risoluzione, soprattutto per aree difficilmente raggiungibili o con caratteristiche topografiche complesse, costituisce una base conoscitiva essenziale per pianificare al meglio le indagini successive, valutando le criticità per gli operatori coinvolti sul campo. I sistemi UAS, se

equipaggiati con appositi sensori, consentono di ottenere informazioni sull'eventuale estensione di contaminazioni superficiali, la tipologia di copertura del suolo, la presenza e le dimensioni di manufatti o di cumuli, con potenzialità applicative per il monitoraggio dei movimenti terra e, dove possibile, per l'identificazione degli affioramenti della falda superficiale negli scavi. ARPA Puglia ha recentemente introdotto l'impiego dei droni a supporto delle attività di vigilanza e controllo, nell'ambito di specifici procedimenti relativi all'area di crisi ambientale di Taranto. Le applicazioni hanno riguardato, in particolare, il supporto in procedimenti di caratterizzazione riguardanti discariche, siti di stoccaggio di rifiuti industriali ed ex cave. I dati acquisiti con drone sono stati utilizzati per ottenere strati informativi riguardanti i principali aspetti morfologici, nonché ai fini della valutazione dei processi erosivi in atto e per le stime volumetriche dei cumuli presenti. Le applicazioni hanno anche riguardato i contesti marino costieri, utilizzando i droni per l'identificazione dei limiti superiori delle praterie di *Posidonia*. A breve saranno sperimentate ulteriori applicazioni, sfruttando al massimo le potenzialità dei sensori fotogrammetrici e multispettrali in disponibilità dell'Agenzia, nonché possibili utilizzi dei droni nell'ambito delle attività di gestione delle emergenze ambientali. Un esempio si riferisce alle potenzialità delle immagini nell'infrarosso termico, utilizzabili per l'identificazione di fuoriuscite di percolato e biogas da discariche di rifiuti solidi urbani, per il monitoraggio della presenza di acqua nei corpi di frana e per l'individuazione di scarichi abusivi nei corpi idrici. Pertanto, i sistemi UAS rappresentano una promettente soluzione per l'*Earth observation* che si colloca in maniera complementare tra le piattaforme tradizionali di telerilevamento e gli strumenti di rilevamento a terra.

Keywords: UAS, caratterizzazione del sito, alta risoluzione, criticità ambientali, monitoraggio.

Email: r.greco@arpa.puglia.it, c.galeone@arpa.puglia.it

I risultati delle indagini ambientali eseguite in 10 anni sui terreni agricoli in Campania, ai sensi della Legge n°6/2014 (cosiddetta Terra dei Fuochi)

Claudio Marro¹

¹ *Direttore Tecnico di ARPA Campania*

Abstract

A distanza di dieci anni dall'emanazione della Legge n° 6/2014, nota anche come "Terra dei Fuochi", si può fare un bilancio delle indagini ambientali svolte dal Gruppo di Lavoro Nazionale, coordinato dai Carabinieri Forestali e costituito da numerosi Enti ed Istituzioni, nazionali e regionali, quali ISPRA, ISS, CRA, ARPAC, Regione Campania, IZS e IZSMe, UniNA, AGEA, INGV. Com'è certamente noto, tali indagini hanno riguardato terreni agricoli ricadenti in 90 comuni compresi nelle provincie di Napoli e Caserta e sono state precedute da un'attività di mappatura mettendo a sistema le informazioni ambientali già disponibili tra i vari Enti o Istituzioni. A seguito di questa attività di mappatura che ha riguardato quei terreni eventualmente interessati da effetti contaminanti a causa di sversamenti e smaltimenti abusivi di rifiuti anche mediante combustione, sono stati individuati quasi 1900 siti agricoli, ovvero quasi 20.000 particelle catastali per un totale di circa 2.000 ettari, sui quali si sta procedendo, da un decennio, ad effettuare le indagini con l'obiettivo di determinare quali terreni agricoli dovessero essere interdetti, totalmente o parzialmente, alla coltivazione delle produzioni di beni agroalimentari, al fine di tutelare la salute dei consumatori. Uno dei vantaggi connessi con l'esecuzione delle indagini in questione è stata l'accelerazione dell'emanazione di uno specifico Regolamento, già previsto a suo tempo dall'art. 241 del testo unico ambientale del 2006 e fino ad allora mai emanato. Infatti, l'approccio utilizzato del Gruppo di Lavoro Nazionale "Terra dei Fuochi" per la definizione dei criteri di valutazione dei terreni agricoli, confluiti in un cosiddetto "modello scientifico di riferimento" ha rappresentato il fulcro del D.M. 46/2019, che come è noto agli addetti ai lavori consiste nel "Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152". Dopo 2 lustri, quindi, è interessante

conoscere i risultati di un'intensa attività di indagine che hanno riguardato diverse matrici (suolo, acque sotterranee, prodotti agricoli) ed in particolare quali e quanti terreni agricoli sono stati effettivamente interdetti alle coltivazioni, la tipologia di inquinanti maggiormente riscontrati e le aree più critiche, la tipologia di indagini condotte e l'approccio di valutazione precursore del DM 46/2019. Allo stesso tempo, può essere interessante sapere quali sono le problematiche ancora da risolvere e quali metodologie innovative possono essere adottate per accelerare le osservazioni, così come recuperare i siti inquinati o comunque interdetti alle coltivazioni, al fine di restituirli ad un uso economicamente e ambientalmente sostenibile.

Keywords: mappatura, terreni, agricoli, interdizioni, vegetali.

Contatti: c.marro@arpacampania.it

Nuove Frontiere della Consapevolezza Situazionale Ambientale: Bio-tracking Remoto e Prossimale per Monitorare i Siti Contaminati

Massimiliano Lega¹, Mohammed Ajaoud¹, Cristiano Ciccarelli¹

¹ Università degli Studi di Napoli Parthenope

Negli ultimi decenni, la crescente consapevolezza globale ha sottolineato l'importanza cruciale di preservare un ambiente sano per garantire il benessere umano e promuovere uno sviluppo sostenibile. Questo ha rafforzato il ruolo fondamentale delle valutazioni di impatto ambientale nei progetti e nelle iniziative legate alla sostenibilità.

La consapevolezza situazionale ambientale è diventata essenziale, poiché consente di comprendere meglio le dinamiche complesse dei fenomeni inquinanti e di intervenire in modo mirato per mitigarli. La comunità scientifica sta sviluppando strategie per caratterizzare, monitorare e modellare le risorse di suolo e acqua contaminate, richiedendo un approccio interdisciplinare che integri diverse procedure e tecnologie per ottimizzare i flussi informativi.

In risposta a queste esigenze, il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato un approccio innovativo che unisce percezione sensoriale e comprensione razionale per definire una completa "consapevolezza situazionale". Questo metodo integra tecniche avanzate di remote/proximal e in-situ sensing con studi recenti sulla bio- indicazione. Monitorando la risposta naturale dell'ambiente agli impatti umani, possiamo superare i limiti della sensoristica attuale. La natura diventa sensore e la sua risposta si traduce in caratteristiche osservabili anche a distanza. Pattern dei bloom di cianobatteri in acqua o le firme spettrali di piantagioni vicine a discariche sono alcuni esempi studiati nelle nostre ricerche. Questi esempi dimostrano come tecniche avanzate possano migliorare la nostra capacità di comprendere lo stato attuale e prevedere eventi futuri, contribuendo a una maggiore consapevolezza e rispetto collettivo.

In definitiva, l'approccio qui presentato mira a migliorare la caratterizzazione dei siti contaminati e ottimizzare i processi di bonifica, favorendo una gestione più efficace ed eco-sostenibile delle risorse ambientali.

Ringraziamenti: Parte degli autori ha condotto le attività descritte qui all'interno del programma di dottorato internazionale e della Cattedra UNESCO "Ambiente, Risorse e Sviluppo Sostenibile", grazie anche a un contributo specifico del Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA). Le attività degli autori sono state inoltre supportate dal progetto "STOPP - Strumenti e Tecniche di Osservazione della Terra in Prossimità e Persistenza", gestito dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e che coinvolge diverse università, istituzioni e centri di ricerca italiani.

Contatti: massimiliano.lega@uniparthenope.it

Evolution of In Situ Reductive Technologies for Treatment of Chlorinated Organic and Metal Contamination

Brant Smith¹, Alberto Leombruni²

¹ *Dan Leigh, and Alan Seech –Evonik, USA*

² *Evonik, Italy*

In situ reductive technologies have been applied for treatment of chlorinated organics and metals for over three decades. The earliest reductive technologies were typically applied to enhance biotic degradation processes by distribution of fermentable organic compounds or using abiotic treatment via reduced metals such as zero valent iron (ZVI). It was later shown that the combined application of these reagents changed the ambient aquifer conditions so that a third biogeochemical pathway could be created with the addition of a sulfur source. This was accomplished by the reduction of sulfate to sulfide which would then precipitate to form a reductive iron-sulfide mineral. The production of the iron sulfide minerals also acts to precipitate toxic metals such as arsenic as metals sulfides (Fe,As, S) or as sulfides such as galena (PbS). These processes provide a synergistic combination of biological processes that substantially increase the effectiveness of in situ reagents and provide a mechanism for simultaneously removing toxic metals from groundwater. Each treatment process alone had benefits and limitations. For instance, reductive biological processes require the presence of specific dechlorinating bacteria, such as *Dehalococcoides* sp but tended to lower the groundwater pH whereas the application of ZVI required very aggressive application techniques such as trenching or high-pressure injection and often resulted in a substantial increase in groundwater pH. It was quickly realized that the combination of biological and abiotic processes had a synergistic effect that enhanced both degradation pathways. Key points of this presentation will include:

- Chemistries and mechanisms behind each of the primary reductive technologies (abiotic reduction with ZVI, bioremediation with an organic electron donor, and biogeochemical treatment with iron-sulfides).
- When and where each of these technologies are best suited
- How these technologies can be applied

- Synergies between each of these technologies and how they can be combined to treat complex sites.

This presentation will describe the primary biological degradation processes for reductive dechlorination and the abiotic degradation pathway. It will describe the benefits of each of these processes. In addition, the presentation will describe the synergistic properties of these reactions that enhance both degradation processes. Also, the presentation will describe the ways in which each of these reagents together or separately can produce a third, natural biogeochemical degradation process that substantially enhances the reactivity of both of the biotic and abiotic degradation pathways. The presentation will describe how these reagents are selected and applied for in situ treatment of chlorinated organics and metals.

Applicazione ad ampia scala di una tecnologia combinata a base di persolfato attivato per il trattamento ISCO e EAB di un acquifero contaminato da monoclorobenzene, cloroformio e BTEX in Veneto

Alberto Leombruni¹, Brant Smith²

¹ *Evonik Operations GmbH (speaker),* ² *Evonik Active Oxygens, USA*

Abstract

La famiglia di reagenti Klozur® rappresenta una serie di prodotti chimici, a base di persolfato ad elevata purezza, utilizzati in applicazioni ambientali per il trattamento, mediante Ossidazione Chimica In Situ, di una vasta gamma di contaminanti organici presenti in terreni e acquiferi. In particolare, ad esempio, il persolfato attivato alcalinamente produce specie radicaliche ossidanti, riducenti e nucleofile che generano un attacco multi-radicalico in grado di trattare rapidamente gli eteni clorurati, il 1,4-diossano, MTBE, TBA, gli idrocarburi leggeri e pesanti, i pesticidi ed i composti più recalcitranti, compresi gli IPA, i metani clorurati, come il tetracloruro di carbonio, e gli etani clorurati, tra cui il 1,1,1-tricloroetano.

Il reagente Klozur® CR, una tecnologia di trattamento combinato per ISCO e EAB in falda, è costituito da una speciale miscela dei prodotti Klozur® SP e PermeOx® Ultra. Infatti, Klozur CR è una formulazione unica, tutto in un solo prodotto, che risulta prontamente applicabile in falda sia nelle zone sorgenti che in quelle del pennacchio, anche in presenza di contaminazioni di tipo misto. Klozur CR favorisce la distruzione dei contaminanti presenti nell'acquifero ed adesi ai terreni saturi attraverso tre diverse modalità di attacco: l'ossidazione chimica ISCO dovuta al persolfato Klozur attivato alcalinamente, il biorisanamento aerobico potenziato dovuto al lento rilascio di ossigeno molecolare grazie a PermeOx® Ultra e quello anaerobico potenziato attraverso i processi indotti di "ossidazione anaerobica".

Il prodotto Klozur® KP si basa sulla molecola del persolfato di potassio (KP) che, una volta in soluzione, si dissocia in catione potassio (K+) e anione persolfato. Klozur® KP differisce da Klozur® SP in quanto presenta, nella sua struttura, la molecola di potassio al posto di quella di sodio (Na+) e, quindi, mostra una solubilità relativamente bassa alle temperature tipiche di un acquifero.

Una miscela sinergica di Klozur® CR e Klozur® KP è stata applicata con successo presso un'area industriale manifatturiera dismessa in Italia, la cui falda risultava storicamente contaminata in modo diffuso da monoclorobenzene, cloroformio e BTEX, presentando anche zone con prodotto in fase separata. Sono state eseguite due distinte campagne iniettive di miscele di Klozur® in falda ogni circa 12 mesi e, in meno di 24 mesi, le concentrazioni dei contaminanti risultavano aver raggiunto i valori obiettivo di bonifica in tutti i principali piezometri di monitoraggio presenti nell'area, evidenziando anche l'instaurazione di evidenti e potenziate condizioni ISCO e di biorisanamento aerobico potenziato.

Keywords: (Aquifer, Organic Compounds, Sodium Persulfate, Calcium Peroxide, Micronutrients)

Contatti: alberto.leombruni@evonik.com , brant.smith@evonik.com

In Situ Reductive Technologies for Treatment of Chlorinated Organics

Brant Smith¹, Alberto Leombruni²

¹ *Evonik Active Oxygens, USA (speaker)*, ² *Evonik Operations GmbH*

Abstract

Background / Objectives

In situ reductive technologies have been applied for treatment of chlorinated organics and metals for over three decades. The earliest reductive technologies were typically applied to enhance biotic degradation processes by distribution of fermentable organic compounds or using abiotic treatment via reduced metals such as zero valent iron (ZVI). A third technology based on abiotic reduction of compounds by iron sulfides started to evolve in the early 2000's and increased in popularity as it was determined the iron sulfides could be formed in situ by reducing sulfate to sulfide in the presence of excess iron (II). This third process became known as biogeochemical treatment. In addition to abiotically reducing chlorinated organic compounds, the formation of sulfides in situ also allowed for the removal of several hazardous metals via sulfide precipitation. The objective of this presentation is to introduce these three reductive treatment technologies and discuss the merits, demerits, when and how they can be combined to the synergistic benefit of treatment at a site.

Approach / Activities

The three treatment technologies will be considered including abiotic reduction using ZVI, biotic reduction based on the fermentation of an organic substance, and the creation of iron sulfides in situ by a biogeochemical process. Basic treatment and distribution mechanisms will be presented as well as when and where each treatment technology should be used will be presented. Bench and field application data will be used to illustrate key points.

Results / Lessons Learned

This presentation will describe the primary biological degradation processes for reductive dechlorination (hydrogenolysis and dihaloelimination) and the abiotic degradation pathway (β elimination). It will describe the benefits of each of these processes. In addition, the presentation will describe the synergistic properties of these reactions that enhance both degradation processes. Also, the presentation will describe the ways in which each of these reagents together or separately can produce a third, natural biogeochemical degradation process that substantially enhances the reactivity of both of the biotic and abiotic degradation pathways. The presentation will describe how Evonik's reagents are selected and applied for in situ treatment of chlorinated organics and metals.

Keywords: (Aquifer, Chlorinated Compounds, Metals, Dichlorination, Biogeochemical Process)

Contatti: brant.smith@evonik.com, alberto.leombruni@evonik.com

Extended-Release Oxygen Source to treat Petroleum Hydrocarbon Contamination

Brant Smith¹, Alberto Leombruni²

¹ *Evonik Active Oxygens, USA (speaker)*, ² *Evonik Operations GmbH*

Abstract

Introduction and Objectives

Aerobic bioremediation is a proven remediation technology often used to treat low levels of oxidizable contamination such as petroleum hydrocarbons from Petrol stations or former Manufactured Gas Plants (MGP) and even oxidizable chlorinated compounds such as chlorobenzene or vinyl chloride. Maintaining the dissolved oxygen concentrations over an extended the extended timeframe necessary to allow for diffusion of low contaminant concentrations can be problematic. PermeOx[®] Ultra is a specially engineered extended oxygen release reagent that is designed to be applied as a solid slurry into the subsurface and release oxygen over a period of up to a year. The continuous release of oxygen can be used as an electron receptor for aerobic bioremediation treating BTEX, PAH's and petroleum hydrocarbons. The extended release over months and up to a year creates conditions that allows for treatment well suited to low levels of contamination. This presentation will present the science and mechanisms of oxygen released from calcium peroxide, key design considerations, and application methods will be highlighted by case studies of successful PermeOx[®] Ultra case studies.

Approach / Activities

This presentation will present fundamental chemistry behind oxygen release from a calcium peroxide, discuss how these compounds are combined with other reagents such as sodium persulfate to form Klozur[®] CR, key design considerations and application methods and goals. How these considerations are applied in the field will be illustrated using full scale case studies.

Results and Lessons Learned

Calcium peroxide is an established remediation technology with over 20 years of history. Petroleum hydrocarbons are often reduced by several orders of magnitude such as benzene being reduced from an average of 1,400 ug/L to 1.8 ug/L in a contaminant plume after a solid slurry application of PermeOx® Ultra. Groundwater volume, velocity and alkalinity can be key parameters in designing a proper dose and understanding the persistence of the calcium peroxide product.

Keywords: (Aquifer, Organic Compounds, Calcium Peroxide, Micronutrients, Aerobic Bioremediation)

Contatti: brant.smith@evonik.com , alberto.leombruni@evonik.com

La mappatura delle tecnologie ambientali innovative e delle startup attive in campo ambientale. Il nuovo strumento di knowledge management di su soluzioni efficaci per la protezione dell'ambiente

Betti¹, Scopece¹

¹*Sogesid*

Il Green Deal europeo indica gli investimenti nel campo della protezione dell'ambiente come una delle leve fondamentali per l'attuazione delle politiche dell'UE in materia di clima ed ambiente.

Eurostat stima che nel 2023 i Paesi dell'UE abbiano investito circa 67 miliardi di euro in attività essenziali per fornire servizi di protezione ambientale. Questi servizi includevano impianti di trattamento delle acque reflue, veicoli per il trasporto dei rifiuti, acquisizioni di terreni per creare una riserva naturale o tecnologie più pulite per la produzione. Circa 40 miliardi di euro (60% del totale degli investimenti per la protezione dell'ambiente) secondo le stime di Eurostat, sono stati spesi dalle imprese, sia specializzate in servizi di protezione ambientale, sia dalle imprese che hanno sviluppato tecnologie e/o metodologie per ridurre le pressioni ambientali.

Lo scenario futuro vedrà la presenza incalzante delle tecnologie associate all'intelligenza artificiale in quanto strumento le cui potenzialità, rispetto alla tutela dell'ambiente e dell'uomo nell'ottica della prevenzione e adattamento ai cambiamenti climatici.

La Sogesid S.p.A. e Ferrara Expo S.r.l., in forza dell'Accordo quadro siglato dalle parti il 14 novembre 2023, intendono promuovere a livello nazionale la mappatura e la messa a sistema delle tecnologie ambientali più innovative attraverso uno specifico processo di acquisizione delle informazioni tecniche che vede il coinvolgimento delle aziende e delle startup che hanno concepito soluzioni tecniche efficacemente impiegabili nella protezione dell'ambiente. Tutte le informazioni tecniche acquisite, confluiranno in una nuova Piattaforma di condivisione delle conoscenze (knowledge management) che sarà sviluppata da Sogesid S.p.A.

I fini sono molteplici: promuovere la conoscenza delle tecnologie ambientali più innovative e favorirne l'impiego da parte di soggetti pubblici e privati chiamati ad innovare i settori di riferimento; consentire l'immediata

individuazione, sia alle committenze pubbliche che private, delle eccellenze tecnologiche presenti sul territorio nazionale rispetto ad un determinato settore e ad una determinata esigenza; portare tali soluzioni all'attenzione degli investitori pubblici e privati.

Tutto ciò avverrà attraverso il nuovo strumento di condivisione delle conoscenze (knowledge management) che sarà sviluppato da Sogesid S.p.A. per raccogliere, capitalizzare e condividere soluzioni tecniche vincenti nel campo della tutela dell'ambiente e nella lotta ai cambiamenti climatici.

Contatti: s.betti@sogesid.it , g.scopece@sogesid.it

Vantaggi nel combinare ISCR, ERD e ISS per un trattamento potenziato dei solventi clorurati

M. Donati¹, P. Gorla¹, M. Carboni¹

¹REGENESIS (Italia)

Al giorno d'oggi sussiste un'ottima comprensione di molte tecnologie in situ per il trattamento dei composti clorurati, che hanno dimostrato di essere efficaci su un'ampia gamma di contaminanti, condizioni geologiche e livelli di concentrazione. Le principali tecnologie in situ includono la dechlorurazione riduttiva potenziata (Enhanced Reductive Dechlorination, ERD), la riduzione chimica in situ (In Situ Chemical Reduction, ISCR) e l'adsorbimento in situ (In Situ Sorption, ISS).

Quando occorre bonificare plume di solventi clorurati nelle acque sotterranee, vi è in genere la necessità di avere un trattamento rapido, il raggiungimento di valori obiettivo stringenti e la certezza dei risultati a lungo termine. Ciò è particolarmente vero quando è necessario proteggere recettori sensibili a valle, eliminare la responsabilità ambientale o conformarsi alla legislazione vigente. In tali scenari, l'uso di un approccio combinato delle 3 diverse tecnologie in situ può sfruttare i vantaggi rilevanti di ciascun approccio: utilizzate in sinergia, le tecnologie combinate consentono il raggiungimento di obiettivi che altrimenti sarebbero considerati difficili per ciascuna opzione di bonifica se utilizzata da sola.

L'ISS eseguita attraverso l'iniezione di carbone attivo colloidale in falda fornisce una rapida riduzione delle concentrazioni in fase disciolta fino al raggiungimento di valori molto bassi. Allo stesso tempo l'ISS crea una matrice che supporta i percorsi di distruzione biologica e abiotica. La sua efficienza dipende dall'affinità all'adsorbimento dei singoli contaminanti, tipicamente più elevata con i composti genitore come PCE e TCE. ISCR ed ERD, se utilizzati in combinazione con il carbone attivo colloidale, forniscono due percorsi di distruzione complementari per i contaminanti adsorbiti al carbone attivo. La distruzione della massa di contaminante adsorbita permette la rigenerazione degli spazi di adsorbimento sul carbone attivo consentendo l'adsorbimento e la degradazione di ulteriore contaminazione. In questo modo una singola iniezione combinata è sufficiente per un'efficace gestione a lungo termine dei plume.

L'ISCR attraverso l'iniezione di ferro zerovalente fornisce una rapida distruzione dei composti clorurati, e riduce inoltre al minimo la produzione

di sottoprodotti di degradazione. L'ERD utilizza elettrodonatori a rilascio prolungato per stimolare la biodegradazione ed è molto efficace nel trattare tutti i composti cloroeteni, compresi i sottoprodotti a basso stato di clorurazione.

L'uso combinato delle tre tecnologie fornisce quindi una soluzione unica in grado di procurare una rapida diminuzione della contaminazione in fase disciolta fino a concentrazioni dell'ordine o inferiori al $\mu\text{g/L}$ (tipico dell'ISS) con una rapida distruzione di massa dei contaminanti adsorbiti (ISCR), mentre allo stesso tempo l'ERD degrada/mineralizza per via biodegradativa qualsiasi composto genitore o sottoprodotto residuo.

Il dipartimento di Ricerca & Sviluppo di Regenesi ha lavorato a lungo per ottenere la piena compatibilità tra i substrati che forniscono ISS, ISCR ed ERD. Tali sforzi hanno ora portato alla capacità di miscelare insieme i diversi prodotti per un'iniezione simultanea, con maggiore facilità d'uso e vantaggi economici. Allo stesso tempo, mantenere i reagenti come prodotti separati consente di personalizzare i rispettivi dosaggi in base alla contaminazione, alla geologia, all'idrogeologia e agli obiettivi previsti. Questa presentazione discute le opzioni e i vantaggi della combinazione di queste tecnologie di bonifica, concentrandosi in particolare sull'uso di barriere permeabili reattive iniettabili, tipicamente utilizzate per il trattamento di plume. La presentazione sarà supportata da diversi casi di studio, i cui risultati mostrano che l'approccio integrato è più rapido ed efficiente, con una ridotta creazione di sottoprodotti e una degradazione più rapida.

Verrà discusso più nel dettaglio un caso di studio specifico, in cui in un impianto manifatturiero dismesso nel Centro Italia, un plume di PCE è stato gestito utilizzando questa strategia di trattamento ai confini di proprietà, al fine di consentire una riqualificazione ad uso residenziale in tempi brevi. L'approccio combinato ha consentito di raggiungere obiettivi stringenti in pochi mesi. Il plume mostrava la presenza pre-applicazione di tutti gli eteni clorurati, a causa dei processi di attenuazione naturale in corso. Il sito costituisce un utile esempio di come le diverse componenti del trattamento combinato lavorano in sinergia per fornire una riduzione e distruzione complessiva dei contaminanti.

Contatti: mdonati@regenesi.com, pgoria@regenesi.com,
mcarboni@regenesi.com

Bonifica delle acque di falda in terra dei fuochi: una storia di collaborazione e successo

¹Marialuisa Cremonesi, ¹Tommaso Brinati, ¹Manfredi Scozzi

¹Jacobs

Introduzione e obiettivi di studio

Il presente studio riassume la globalità delle attività ambientali eseguite presso uno stabilimento industriale dismesso in terra dei fuochi (Campania), nell'ambito di un procedimento di bonifica delle acque di falda da solventi clorurati in un contesto idrogeologico complesso. A settembre 2023 è stato rilasciato dagli Enti il Certificato di Avvenuta Bonifica dell'area, confermando il successo dell'intervento. Le peculiarità di questo progetto possono riassumersi in due grandi aspetti: (i) la definizione di un progetto per fasi (ii) e la necessaria stretta collaborazione tecnica con gli enti preposti (molto competenti), per la comprensione e condivisione di un progetto complesso e per fasi.

Metodologia

Nel 2014 è stata approvata l'Analisi di Rischio sito specifica, a cui è seguita l'approvazione del Progetto Operativo di Bonifica nel 2015 ed un Report sullo studio dei valori di fondo antropico nel 2018.

A partire dal 2015 sono state avviate le attività di bonifica.

IL POB includeva (a.) una caratterizzazione integrativa mirata ad acquisire dati altamente sito-specifici a supporto delle fasi successive di dettaglio di progettazione b) l'identificazione di un treatment train che ha coinvolto più tecnologie c) un piano di monitoraggio e valutazione dei valori di fondo antropico e del contributo di sito.

In particolare, sono state eseguite le seguenti attività:

- Identificazione spaziale precisa del plume con l'utilizzo di tecnologia MIP
- Barriera di Air sparging (combinato all'esistente Sistema di SVE)
- In Situ Chemical Reduction ed Enhanced Dechlorination (step consequenziali di intervento)
- Sistema di biofiltrazione per il controllo ed il trattamento dei sottoprodotti di degradazione e metano

A gennaio 2022 è stato eseguito il collaudo della bonifica con successo, confermato dal successivo periodo di post operam.

Risultati e conclusioni

Gli obiettivi di bonifica del sito sono stati raggiunti per tutti i composti di interesse nei punti di controllo all'interno del sito e nei punti di conformità (POC) a valle dell'idrogeologia a cinque anni dall'inizio dell'intervento di bonifica. Il Progetto è stato condotto, in accordo con gli Enti, in fasi temporali successive, intervallate da momenti di aggiornamento della caratterizzazione: ciò ha portato ad una generale contrazione sia dei tempi che dei costi complessivi dell'intervento, con un significativo risparmio rispetto alla riserva iniziale.

Contatti: marialuisa.cremonesi@jacobs.com,
tommaso.brinati@jacobs.com,
manfredi.scozzi@jacobs.com

Applicazione di diverse tecnologie per la bonifica dei COV in condizioni difficili, sotto una fabbrica di componenti elettronici

Andrea Bianchini¹, Rogier de Waele¹, Martin Slooijer¹

¹ Gruppo GreenSoil

Il suolo e le acque sotterranee al di sotto di una fabbrica di componenti elettronici hanno subito un impatto da COV a causa delle attività storiche del sito. Sono state identificate tre aree contaminate principali: A, B e C. Le zone A e C sono situate principalmente all'esterno degli attuali edifici di produzione, mentre la zona B si trova sotto un edificio in cui è presente un'area di produzione molto sensibile (camera bianca).

A causa delle complesse condizioni del sito, al cliente (precedente proprietario e gestore) è stato detto che la bonifica poteva essere condotta solo quando gli edifici sarebbero stati demoliti. Ciò avrebbe lasciato al cliente una responsabilità incontrollata a lungo termine. Trattandosi di un sito orfano per il cliente, è stato chiesto a Greensoil di sviluppare un piano per completare questa impegnativa bonifica da cVOC in tempi ragionevoli, nonostante le difficili condizioni logistiche. La strategia proposta prevedeva diverse tecniche, con l'obiettivo generale di utilizzare principalmente tecnologie biologiche.

Metodologia

La strategia scelta dal cliente è stata quella di "attacco alla sorgente". Per affrontare questo concetto, GreenSoil ha proposto un approccio graduale:

1.Zona A: scavo dell'area sorgente poco profonda e sistema di biorisanamento in situ per stimolare la degradazione biologica anaerobica (ERD) dei composti clorurati utilizzando una combinazione di spinta diretta e circolazione delle acque sotterranee con dosaggio del donatore di elettroni Dehalo-GS.

2.Zona B: installazione di una biobarriera per impedire un'ulteriore migrazione al di fuori del sito;
delimitazione della sorgente all'interno dell'edificio.

Sulla base dei risultati di queste indagini, è stata progettata una strategia di risanamento su larga scala:

3. estrazione multifase (MPE) fino a 4 m-gl e stimolazione dell'ERD fino a 10 m-bgl all'interno dell'edificio operativo.

4. Installazione di 2 pozzi profondi collegati a 3 drenaggi orizzontali segmentati posti a diverse profondità per stimolare la biodegradazione anaerobica mediante ERD.

GreenSoil ha installato l'intero sistema di bonifica in situ sotto l'edificio, rispettando i requisiti del cliente (ambiente privo di polveri e vibrazioni).

5. Zona C: dopo l'esecuzione di ulteriori indagini, sono stati eseguiti lo scavo e l'ERD in situ.

Sintesi dei risultati

Durante la bonifica, la qualità delle acque sotterranee viene monitorata attentamente attraverso il campionamento dei pozzi di monitoraggio in loco. Nell'arco di 2 anni, la bonifica delle aree A e C ha raggiunto i valori target e sono in fase di monitoraggio post-bonifica. Sono state segnalate ulteriori tendenze alla diminuzione senza rimbalzi. La biobarriera al confine del sito è stata utilizzata con un'elevata efficienza (> 95%) fino ad oggi.

La prima fase del risanamento delle sorgenti dell'Area B mediante MPE è stata gestita per 1 anno e ha ridotto i livelli iniziali di concentrazione di COV nel suolo da >2.100 mg/kg a <2mg/kg in media (efficienza di rimozione 99,5%). La seconda fase dell'Area B con il biorisanamento è attualmente operativa e verranno mostrati i risultati più recenti.

Conclusione

Il progetto mostra l'efficacia del biorisanamento in combinazione con altre tecniche per trattare un'ampia contaminazione da COV nel suolo e nelle acque sotterranee. Due delle aree sono quasi completate, mentre l'ultima è ancora in corso ma sta dando ottimi risultati. Questa bonifica é stata storicamente valutata come impossibile da effettuare a causa delle condizioni logistiche e della complessità.

Significato / contributi dello studio

Questo progetto dimostra la flessibilità e le potenzialità delle tecnologie biologiche e che la bonifica in situ può essere una strategia di successo da applicare in condizioni difficili senza disturbare le operazioni del sito.

Contatti: m.decamillis@greensoilgroup.com

Analisi LCA per il miglioramento di un intervento di bonifica in ottica sostenibile

Ilaria Carnesecchi¹, Maria Vittoria Selmi¹, David Giraldi¹

¹ *ambiente S.p.A.*

Introduzione e obiettivi di studio

Le attività di bonifica, per loro natura, consentono di contribuire attivamente allo sviluppo sostenibile, in quanto prevedono la realizzazione di interventi che permettono di ridurre le contaminazioni ambientali e contestualmente limitino gli impatti sulla salute umana. L'applicazione della metodologia LCA (Life Cycle Assessment) ad un intervento di bonifica rappresenta un'importante strategia per il perseguimento dello sviluppo sostenibile. Essa è, infatti, uno strumento standardizzato ed accettato a livello internazionale per la valutazione ambientale di un certo prodotto o processo (tra cui può identificarsi una specifica attività di bonifica). Infatti, in relazione agli interventi di risanamento da applicare, uno studio LCA permette di identificare la tecnologia di bonifica migliore, sia in termini di minori impatti ambientali sia di impatti sulla salute umana. Per questo motivo, sviluppare uno studio LCA, secondo norme internazionalmente riconosciute dei processi di bonifica, al fine di individuare e valutare le soluzioni che comportano i minori costi complessivi almeno per l'ambiente, è oggi un supporto imprescindibile.

Si è scelto di sviluppare, applicando le ISO 14040 e 14044, uno studio LCA, i cui risultati sono stati esplicitati secondo quanto richiesto dalla norma UNI EN 15978, per un progetto di bonifica per cui era stata precedentemente identificata la tecnica di bonifica da implementare. Tale analisi ha comportato la valutazione di alcune "migliorie progettuali" proposte, permettendo di identificare e selezionarne le scelte progettuali capaci di ridurre gli impatti ambientali. Uno studio LCA permetterebbe di valutare tutte le attività che costituiscono le diverse fasi di un processo di bonifica, come l'estrazione e la lavorazione delle materie prime, la produzione e il consumo di materiali, i processi, l'attività nel sito e la manutenzione, la gestione del fine vita, compreso il riciclo e lo smaltimento dei rifiuti, al fine di individuare le fasi specifiche in cui si concentrano le maggiori criticità ambientali. Nel caso oggetto di studio, dovendo identificare l'alternativa tecnologica con minori impatti ambientali, la valutazione non è stata svolta

sull'intero ciclo di vita del progetto, ma, si è concentrato esclusivamente sull'analisi delle migliorie progettuali proposte.

Risultati e conclusioni

L'analisi LCA è stata eseguita mediante le seguenti accortezze ed assunzioni: il modello di calcolo è stato costruito con particolare riferimento ed approfondimento circa le fasi di produzione dei materiali proposti ed analizzati, considerate quelle maggiormente rilevanti in termini di impatto per il ciclo di vita, mentre le fasi di "manutenzione" e "fine vita", sono state valutate come meno incidenti, in quanto non si evidenziano particolari differenze, e, pertanto escluse.

Di seguito si riportano le proposte migliorative valutate per migliorare le prestazioni ambientali ritenute significative nell'ottica del ciclo di vita, di cui è stato approfondito il calcolo del LCA.

	Elemento a base progettuale	Miglioria proposta
STRUTTURE INDUSTRIALI	Calcestruzzo per fondazioni profonde	Calcestruzzo per fondazioni profonde classe C35/45 con 5% aggregati riciclati
	Calcestruzzo per fondazioni superficiali	Calcestruzzo per fondazioni superficiali classe C35/45 con 5% aggregati riciclati
	Acciaio per armature B450C	Acciaio per armature B450C a basso impatto ambientale
CAPPING	Conglomerato bituminoso per strato di binder	Conglomerato bituminoso per strato di binder a resistenza migliorata con bitume tal quale, e rigenerante
PALANCOLE	Palancole in acciaio	Palancole in acciaio 100% riciclato

Contatti: sostenibilita@ambientesc.it

Microbiologia per il risanamento ambientale: un caso di strategia integrata

Baric M.¹, Stella T.¹, Espinoza A. 1, Formicola F.^{1,2}, Leoci S.^{1,2}, Rivelli V.¹

¹ M3R-Monitoring and Management of Microbial Resources Srl, Milano, Italy,

² University of Milano-Bicocca, Milano, Italy

Introduzione e obiettivi di studio

La gestione dei siti contaminati in Europa continua a rappresentare una problematica di difficile risoluzione. Allo stato attuale in Europa sono stati identificati circa 3 milioni di siti tra contaminati e potenzialmente contaminati, di cui solo l'8,3% è stato bonificato. (Progress in the management of contaminated sites, EEA, 16 aprile 2024). Ancora oggi la maggioranza degli interventi è basata su scavo e smaltimento (Dig and Dump) e trattamenti chimico-fisici, con associati elevati consumi di risorse e di energia.

Il biorisanamento ex-situ tramite biopile è ormai considerato una tecnica di bonifica efficace, economicamente vantaggiosa e meno distruttiva per i terreni contaminati da composti organici derivati dal petrolio, rispetto alle tecnologie tradizionali (Mohn e Stewart, 2000).

Si basa sulla stimolazione dell'attività di microrganismi aerobi o aerobi facoltativi responsabili della biodegradazione dei contaminanti nel suolo. La biodegradazione è solitamente compiuta da microrganismi indigeni; talvolta può essere necessaria l'aggiunta di microrganismi specifici. Può essere necessario aggiungere agenti strutturanti, come trucioli di legno, e ammendanti del terreno per migliorare la circolazione di aria attraverso la biopila e promuovere i processi di biodegradazione.

Le biopile possono essere definite come un sistema ingegnerizzato fuori terra per la biodegradazione aerobica dei contaminati organici. Per questo le biopile necessitano di una fase approfondita progettuale e di una attenta gestione in operam per fornire e garantire le condizioni ottimali di processo, come tenore di ossigeno nel cumulo, temperatura, umidità, aerazione e presenza del giusto apporto di nutrienti (e.g. azoto e fosforo) al fine di per promuovere la biodegradazione dei contaminanti target. Nel caso che uno o più di questi parametri non sia mantenuto nel range ottimale di trattamento, la biopila potrebbe risultare inefficace nel garantire il raggiungimento dei target di trattamento nei tempi prefissati, a favore di altri approcci di trattamento.

Aumentare l'efficienza di processo renderà quindi il trattamento di suoli e sedimenti in biopila più competitivo rispetto ad approcci tradizionali, sia in termini economici che di risultato.

Risultati e conclusioni

È stato dimostrato come la semplice aggiunta di compost possa condurre ad un significativo aumento delle velocità di rimozione, incrementando l'efficacia del trattamento. La scelta della strategia di trattamento è stata però guidata da una approfondita caratterizzazione della matrice contaminata, affiancando tecniche di analisi tradizionali ad approcci microbiologici innovativi, che ha consentito di valutare, selezionare ed ottimizzare i parametri di processo.

Bibliografia

[1] Progress in the management of contaminated sites, European Environmental Agency (EEA), published 16 April 2024

[2] William W. Mohn, Gordon R. Stewart, Limiting factors for hydrocarbon biodegradation at low temperature in Arctic soils, Soil Biology and Biochemistry, Volume 32, Issues 8–9, 2000, Pages 161-1172, ISSN 0038-0717,

Riconoscimenti

Questo lavoro è stato svolto in collaborazione con la società Eni S.p.A e la società HPC Italia S.r.l.

Contatti: massimiliano.baric@m3r.it

Bonifiche e tabelle di marcia stringenti: strategie per la rimozione accelerata di surnatante e idrocarburi petroliferi da acque sotterranee

Damiano Feraud¹, Ernst Bartsch², Marcel Alesi², Eduard J. Alesi², Marco Petrangeli Papini¹

¹Università di Roma La Sapienza, ²IEG Technologie GmbH

Introduzione e obiettivi di studio

Il sito in questione è all'interno di una raffineria di petrolio dismessa ubicata a Kaohsiung, Taiwan. Il terreno dove sorgeva la raffineria, ormai completamente demolita, è stato acquistato da un'altra società, ed è richiesto il raggiungimento degli obiettivi di bonifica entro la fine del 2026. Nello specifico la zona nella quale si effettua la bonifica in oggetto sono due bacini di contenimento dei serbatoi, P-05 e P-06 da 50.000 m³ cadauno, ormai demoliti, adibiti allo stoccaggio di olio combustibile, per un'estensione areale di circa 20000 m². I suoli su cui alloggiavano i serbatoi sono prevalentemente limi argillosi mentre l'acquifero sottostante si trova a circa 6-7 m da P.C. ed è costituito principalmente da sabbia limosa e sabbia argillosa. Il risanamento della zona in questione è stato richiesto nel 2023 in quanto nei piezometri di monitoraggio preesistenti sono state rilevate elevate concentrazioni di contaminanti in falda: TPH fino a 306 mg/L di cui 282 mg/L TPHG e 24.2 mg/L di TPHD con una consistente frazione aromatica 269 mg/L di xilene, 81.6 mg/L di etilbenzene e 0.22 mg/L di benzene. Gli obiettivi di bonifica sono i seguenti: TPH 10 mg/L, xilene 100 mg/L, etilbenzene 7 mg/L e benzene 50 µg/L.

Questi dati, seppure parte di una campagna di monitoraggio preliminare, delineano chiaramente una situazione ad elevata complessità: alte concentrazioni di contaminanti (potenzialmente compatibili con presenza significativa di LNAPL), presenza di suoli poco permeabili e con elevate capacità di adsorbimento di contaminanti e tempi per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica molto ristretti.

Metodologia

Il primo passo per la progettazione dell'intervento è stato quello di effettuare indagini integrative per comprendere meglio le dinamiche di contaminazione in falda. Sono stati realizzate quindi misure MIP e OIP,

queste hanno confermato elevate concentrazioni di TPH e presenza di LNAPL localizzato esclusivamente nella porzione sud-est della zona P-05 ovvero al confine con P-04 nel quale venivano stoccati aromatici. Successivamente sono stati perforati altri 5 piezometri di monitoraggio tradizionali e 6 piezometri multilivello per monitorare con maggior accuratezza l'intervento.

Vista la possibilità di estrarre quantità enormi di fase separata pura, con spessori fino a 1.89 m in alcuni piezometri, la priorità operativa della bonifica è stata quella di rimuovere il surnatante in maniera selettiva. A partire da fine 2023, sono stati gradualmente scavati 30 pozzi da 4" nella zona maggiormente impattata da LNAPL con lo scopo di massimizzare il recupero del surnatante. Per rimuovere fase separata pura sono stati implementati skimmer attivi con galleggianti tarati appositamente sul surnatante in questione. In parallelo all'attività di recupero si è installata una barriera fisica di palancole per evitare nuovo ingresso di surnatante da est all'interno della nostra area di competenza.

Vista la presenza molto diffusa di materiale fine nella falda è molto probabile che vi sarà una frazione molto elevata di contaminante fortemente adsorbito su quest'ultima [1]. Il principale sistema scelto per la bonifica del sito sono gli IEG-GCW® (Groundwater Circulation Wells), noti in Italia come pozzi di ricircolo. I pozzi di ricircolo sono sistemi che lavorano emungendo acque di falda contaminate e reimmettendo acqua trattata simultaneamente da due o più sezioni idraulicamente separate tra di loro. Operando nel suddetto modo si va a generare un gradiente di pressione verticale, significativamente maggiore rispetto al naturale gradiente presente in falda, che provoca la formazione di celle di ricircolo ellissoidiche in grado di produrre a loro volta un moto avvertivo anche all'interno delle zone a più ridotta permeabilità accelerando significativamente la mobilizzazione di contaminante [2]. L'acqua estratta, prima della reiniezione, viene trattata mediante strippaggio in un impianto fuori terra, l'aria contaminata viene poi fatta transitare su filtri a carbone attivo e scaricata in atmosfera. Sono stati installati un totale di 15 GCW, concentrati nelle zone maggiormente contaminate.

Per accelerare ulteriormente il procedimento di bonifica, nella zona più contaminata (P-05) è stato predisposto anche un impianto di trattamento aria collegato a 10 IEG-CGC® (Coaxial Groundwater Circulation). Gli IEG-CGC® sono sistemi che prevedono un pozzo di sparging tramite il quale viene iniettata aria compressa con lo scopo di strappare l'acqua contaminata direttamente nel dreno del pozzo, l'aria contaminata viene intercettata da un filtro a doppia camicia (in depressione) posizionato sul pozzo stesso a

cavallo della tavola d'acqua. L'aria contaminata viene poi fatta transitare su filtri a carbone attivo e scaricata in atmosfera.

Infine, sempre per massimizzare la velocità di rimozione del contaminante sono stati predisposti 15 MIW (Multi-Injection Wells), pozzi di iniezione multilivello ubicati principalmente nelle zone maggiormente impattate da contaminazione (P-05). In un primo momento, successivo alla minimizzazione di surnatante, questi verranno utilizzati per l'implementazione di un ISCO ad ora in fase di progettazione, e successivamente alla riduzione del contaminante anche in fase disciolta verranno usati per iniettare ammendanti per la stimolazione di attività biodegradative. Le iniezioni vengono effettuate "a caduta" nei pozzi in quanto si sfruttano i GCW come sistemi di miscelazione e distribuzione omogenea in-situ essendo tutti gli MIW collocati all'interno del raggio d'influenza di questi ultimi [3].

Risultati e conclusioni

L'attività di rimozione del LNAPL è iniziata a novembre 2023 con 5 sistemi di skimming spostati al bisogno su 12 pozzi di recupero, progressivamente per accelerare il recupero e seguire il surnatante si è arrivati a 9 pompe per la gestione di 30 pozzi di recupero. Nell'arco di sette mesi sono stati rimossi circa 23 m3 di fase separata pura contribuendo ad abbassare il livello medio di surnatante nella zona impattata da 85 cm a 26 cm.

A partire da aprile 2024 sono stati avviati alcuni GCW (quelli che non presentavano presenza significativa di LNAPL) lavorando con una portata di progetto di 0.5 m3/h l'uno. Le concentrazioni medie in ingresso impianto sono: TPH fino a 46.5 mg/L di cui 45.7 mg/L TPHG e 0.81 mg/L TPHD, per quanto riguarda gli aromatici ci sono 19.2 mg/L di xilene, 5.2 mg/L di etilbenzene e 3.8 mg/L di benzene. Gli impianti di strippaggio lavorano con un'efficienza del 100% su tutti i contaminanti tranne i TPHD che si attestano sul 45.7% che tuttavia influiscono scarsamente sui TPH che si attestano sul 98.9%. Sempre nel mese di aprile 2024 è stato attivato il CGC in modalità SVE (senza sparging) in quanto vi è ancora presenza di surnatante nell'area, con lo scopo di accelerare ulteriormente la rimozione di contaminante nell'area maggiormente impattata.

Tra le prospettive future c'è l'implementazione di ulteriori skimmer per accelerare ulteriormente la velocità di rimozione del LNAPL, seguita quindi dall'attivazione di tutti i pozzi GCW e CGC. Si sta progettando l'ISCO, da attivare non appena il surnatante sarà minimizzando sfruttando i GCW per la distribuzione omogenea dei reagenti e si prevede l'aggiunta di

ammendanti per l'attività biologica nella fase conclusiva per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

Contatti: damiano.feriaud@uniroma1.it

Interventi di bonifica e cambiamento climatico: una difficile coesistenza?

Vinicio Gragnanini¹, Elena Bunone¹, Pina Volpicelli¹, Mariangela Donati²

¹Sogin S.p.A., ²Regenesis

Introduzione e obiettivi di studio

In un sito produttivo in fase di smantellamento nel Nord Italia è stato individuato un plume di solventi clorurati nelle acque di falda, con preponderanza di percloroetilene (PCE) riscontrato a concentrazioni di centinaia di µg/L. La matrice geologica costituita prevalentemente da sabbie e ghiaie è sede di un acquifero a media permeabilità nel quale si è individuato un plume abbastanza esteso.

La falda si trova ad una notevole profondità, con soggiacenza oltre i 20 metri da p.c., fattore che rende qualsiasi tipologia di intervento particolarmente costosa.

Essendoci uno scenario di superamenti delle CSC ai confini del sito, sussiste l'obbligo di procedere con un intervento di bonifica o messa in sicurezza operativa della falda finalizzato all'interruzione del percorso di migrazione in corrispondenza dei confini di valle e alla protezione dei soggetti recettori a valle.

Si è optato per una soluzione completamente passiva mediante l'iniezione in situ di prodotti in grado di formare una barriera permeabile reattiva con il fine di catturare e ridurre il flusso di massa dei contaminanti. Rispetto ad un intervento di contenimento idraulico mediante emungimento e trattamento (Pump & Treat), tale soluzione consente una maggiore sostenibilità ambientale ed economica.

L'intervento è consistito nell'applicazione congiunta di adsorbimento in situ (ISS) e riduzione chimica in situ (ISCR) mediante l'utilizzo di due reagenti colloidali: un prodotto a base di carbone attivo colloidale, co-iniettato con ferro zero-valente colloidale solforato. La combinazione dei due prodotti consente l'adsorbimento dei contaminanti inizialmente presenti in fase disciolta e la loro successiva distruzione mediante riduzione chimica in situ (ISCR), processo che minimizza la formazione di sottoprodotti di degradazione del PCE.

Risultati e conclusioni

L'implementazione della prova pilota, che è consistita nella realizzazione di una porzione della futura barriera full scale, ha consentito di verificare il raggiungimento rapido di ottime efficienze di rimozione. La persistenza di un lungo periodo siccitoso, seguito da fenomeni meteorici estremamente intensi, che tipicamente si dovrebbero verificare con un tempo di ritorno molto prolungato, ha comportato il repentino innalzamento del livello di falda di circa 12 metri, provocando un contatto diretto delle acque sotterranee con livelli non oggetto di trattamento, e il conseguente innalzamento delle concentrazioni dei solventi clorurati.

La presentazione illustra nel dettaglio l'intervento eseguito e i risultati ottenuti, con particolare attenzione alla correlazione tra i dati meteorici, del livello di falda e delle concentrazioni; saranno illustrate inoltre le strategie in corso di valutazione per mitigare nell'implementazione dell'intervento full scale tali effetti correlabili al cambiamento climatico.

Contatti: gragnanini@soqin.it

Indagini ad alta risoluzione: la fotografia del sottosuolo per il dimensionamento efficace della bonifica

Marta Ciccodicola¹, Stella Lucifora¹, Elisa Rainaldi¹, Claudio Carusi¹, Eugen Martac²

¹Mares S.r.l., ²Fugro Germany Land G.M.B.H.

Introduzione e obiettivi di studio

Uno degli elementi fondamentali che determina la riuscita di un intervento di bonifica è la corretta ricostruzione del modello concettuale di un sito contaminato. Le indagini ad alta risoluzione (HRSC) permettono di realizzare una “fotografia” in tempo reale del sottosuolo, indispensabile per una mappatura esaustiva della distribuzione areale e verticale della contaminazione. Le informazioni ottenute mediante questa tipologia di indagini permettono di realizzare un corretto dimensionamento degli interventi di bonifica che, di conseguenza, risultano estremamente più efficaci.

La Mares S.r.l. dal 2017 è partner esclusivo italiano di Fugro Germany Land G.M.B.H. per l'utilizzo nel settore petrolifero delle tecnologie di caratterizzazione in alta risoluzione come, ad esempio, la tecnologia UVOST® (Ultra Violet Optical Screening Tool). Tale tecnologia è stata applicata su un deposito di Jet fuel con la finalità di mappare con dettaglio la distribuzione e lo spessore del prodotto in fase separata nel sottosuolo. Sul sito è in corso un procedimento ambientale che, allo stato attuale, prevede la presentazione di un'Analisi di Rischio sito-specifica; preliminarmente è necessaria la rimozione del prodotto in fase separata, presente nei piezometri installati in sito, mediante un intervento di push&pull con l'immissione di biosurfattanti. Il sito era stato precedentemente caratterizzato con indagini tradizionali e l'indagine mediante tecnologia UVOST® ha avuto l'obiettivo di determinare il reale spessore del prodotto presente nel sottosuolo per il corretto dimensionamento dell'intervento di bonifica e del contestuale barrieramento idraulico.

Metodologia

L'indagine con sonda UVOST® è basata sulla tecnica LIF (Laser Induced Fluorescence): una sonda, infissa a velocità costante nel sottosuolo mediante direct push, emette luce ad una lunghezza d'onda caratteristica; i contaminanti, eccitati da quest'onda, emettono per fluorescenza una radiazione a lunghezza d'onda differente, caratteristica della tipologia di contaminante.

La tecnologia UVOST® è in grado di discriminare contaminazioni riconducibili a idrocarburi derivati dal petrolio (come jet fuel, diesel e benzina) grazie alla misura dell'intensità e al decadimento nel tempo di quattro specifiche lunghezze d'onda di emissione (350 nm, 400 nm, 450 nm e 500 nm), che differiscono per ciascuna tipologia di prodotto petrolifero, permettendo quindi di riconoscere la tipologia di olio di origine tramite confronto con il rispettivo standard.

Risultati e conclusioni

Sul sito sono state realizzate 54 verticali di indagine a maglia regolare mediante tecnologia UVOST®, al fine di ottenere la ricostruzione della distribuzione del prodotto in fase separata sull'intero deposito. L'indagine ha confermato la distribuzione areale della contaminazione emersa dalle precedenti fasi di caratterizzazione, ma ha permesso di ottenere informazioni aggiuntive ed essenziali riguardo i volumi di sottosuolo contaminati da prodotto in fase separata e la relativa distribuzione degli spessori reali sia nel terreno saturo che insaturo.

Lo spessore della fase surnatante misurato nei piezometri, infatti, è uno spessore apparente, ovvero non rispecchia la situazione reale del suolo saturo ed insaturo, poiché è influenzato da vari fattori come, ad esempio, le caratteristiche dell'acquifero. L'indagine ad alta risoluzione mediante tecnologia UVOST® ha permesso di ottenere informazioni sullo spessore reale del prodotto presente nel sottosuolo, fondamentale per il corretto dimensionamento dell'intervento di rimozione prodotto con tecnica push&pull. Sono state inoltre fornite informazioni sulla quantità prevista di prodotto disciolto dall'immissione dei biosurfattanti, essenziali per il corretto dimensionamento del barrieramento idraulico, necessario a contenere la contaminazione all'interno dei confini del sito durante tutte le attività.

Contatti: martaciccodicola@maresiatalia.it, E.Martac@fugro.com

Il campionamento degli aggregati riciclati ai sensi delle novità normative

Luigi Righini¹ – Corrado Crippa² – Umberto Lorenzi²

¹*Ordine Interprovinciale dei Chimici e dei Fisici di Parma e Piacenza -*

²*Roncelli Costruzioni S.r.l.*

Introduzione e obiettivi di studio

Già nel 1985 il quaderno IRSA n.64 definiva “il campionamento costituisce la prima operazione di ogni determinazione analitica, pertanto, esso condiziona il significato e l'affidabilità dei risultati analitici medesimi. Tale operazione deve quindi essere effettuata sotto la direzione di chi ha la responsabilità dell'intero procedimento analitico e delle conclusioni che si possono dedurre dai dati. Difatti i risultati finali si riferiscono allo stato e alle condizioni in cui il materiale si trova al momento del prelievo e deve essere cura dell'analista di evitare o minimizzare le possibili evoluzioni chimiche, fisiche e biologiche del campione, durante e dopo il prelievo stesso”.

Inoltre, sottolineava come il campionamento di più aliquote debba essere condotto in modo tale che “il campione medio risultante dal loro mescolamento, possa essere ritenuto, con sufficiente approssimazione, come rappresentativo della composizione media dell'interna massa del lotto campionato”.

Metodologia

Il presente caso studio si riferisce ai materiali a matrice inerte che hanno cessato la qualifica di rifiuto ai sensi dell'art. 184 ter, D.lgs. 152/2006, appartenenti alle filiere di recupero di rifiuti da costruzione e demolizione, rifiuti da processi siderurgici e rifiuti da combustione.

È importante inoltre precisare che il materiale da campionare alla fine di una attività di recupero è ancora sottoposto alla disciplina dei rifiuti in quanto la cessazione della qualifica inizia con l'emissione della dichiarazione di conformità che segue il campionamento e le relative verifiche tecnico/analitiche.

Pertanto, detta casistica è sottoposta alla normativa relativa al campionamento dei rifiuti ovvero la UNI 10802 e delle altre norme tecniche collegate UNI EN 14899, UNI CEN/TR 15310-1 e UNI EN 15002.

In particolare, si sottolinea che la norma UNI 10802 edizione 2023, recepisce la norma UNI/TR 11682 includendo le schede tecniche in appendice D e appendice F che individuano alcuni criteri applicativi generali utilizzabili direttamente in campo.

L'applicazione delle norme menzionate prevede che l'azienda produttrice dei cosiddetti materiali End of Waste dovrà dotarsi di un piano di campionamento redatto ai sensi delle citate normative. Tra le opzioni proposte si propongono le seguenti scelte metodologiche:

- Popolazione da campionare: si opera secondo il metodo del lotto volumetrico (lotto chiuso) con un volume massimo pari a 3.000 metri cubi.
- Scala di campionamento: nella maggioranza delle casistiche la scala di campionamento sarà riferita ad una granulometria compresa tra 0÷63 mm.
- Dimensione degli incrementi (aliquote): in relazione alla popolazione da campionare ed alla scala di campionamento nella maggior parte delle casiste il numero di minimo di incrementi è compreso nell'intervallo da 10 a 20 in funzione della omogeneità del materiale, mentre la dimensione degli incrementi deve essere calcolata mediante apposite formule in relazione alla curva granulometrica prevista. Solitamente la dimensione dell'incremento è compresa nell'intervallo $\approx 0,7$ kg nel caso di materiali fini e ≈ 15 kg nel caso di materiali grossolani.
- Giacitura del lotto: in cumulo generato da nastro trasportatore o mezzo meccanico.
- Metodo di campionamento: in relazione alla popolazione da campionare, alla scala di campionamento ed alle tipologie di lavorazione (vagliatura/frantumazione e relativa segregazione derivante) l'approccio è probabilistico e la modalità di campionamento è di tipo sistematico-stratificato.

-approccio probabilistico: ovvero "non selettivo" e condotto secondo principi di "distribuzione statistica".

- modalità sistematico-stratificata: ovvero seguendo "geometrie di stratificazione" specifiche della casistica.

Il presente caso di studio chiaramente illustrato nella figura 2 identifica quindi un campionamento in cumulo con approccio probabilistico e modalità sistematico-stratificata.

La casistica descritta è già nota per il campionamento degli aggregati normato dalla UNI EN 932-1 infatti, il materiale granulare derivante da lavorazione meccanica di rifiuti a carattere inerte, prima della dichiarazione di conformità giuridicamente non può ancora essere definito aggregato ma, di fatto presenta i medesimi aspetti tecnici, pertanto, l'ottenimento di un

campione rappresentativo prevede l'attuazione della medesima metodologia.

Ne consegue che nella casistica dei cumuli di materiale granulare derivante da lavorazioni meccaniche, il criterio del campionamento probabilistico, sistematico-stratificato in cumulo previsto dalla UNI 10802 coincide con la metodologia prevista dalla UNI EN 932-1 (vedasi la UNI 10802 scheda F.3.4-prospetto F.8, scheda F.6.1-prospetto F.14, scheda F.7.1-prospetto F.17, scheda F.8.2-prospetto F.21, scheda F.20-prospetto F.36).

Fasi operative

- Tramite l'utilizzo di idonea attrezzatura di campionamento si procede al prelievo degli incrementi;
- Gli incrementi ottenuti vengono omogeneizzati al fine di ottenere un campione composito primario;
- Il campione composito primario viene quartato fino ai volumi previsti per il campione di laboratorio;
- Il campione di laboratorio viene imballato in idoneo contenitore di vetro o di plastica;
- Il tecnico campionatore provvede ad etichettare il contenitore identificando il campione in modalità univoca, compila il verbale e provvede all'invio al laboratorio.

Contatti: luigi.righini@chimici.it, info@roncellicostruzioni.eu

Dallo studio dei valori di fondo allo “studio di compatibilità”, alla luce delle modifiche introdotte dalla legge n. 108 del 29 luglio 2021

Luca Navone¹, Adriana Rossi¹

¹WSP Italia S.r.l.

Per quanto concerne la tematica dello studio dei valori di fondo, il D.L. 77/2021 (decreto Semplificazioni bis), convertito con la Legge n.108 del 29 luglio 2021, ha introdotto importanti novità.

Con l’articolo 37, la Legge n.108/2021 ha modificato gli articoli 242 e 242ter del D. Lgs. 152/2006, definendo un procedimento amministrativo per l’individuazione dei valori di fondo e la procedura da adottare. Nel testo di entrambe le modifiche sopra citate, la Legge indica che “È fatta comunque salva la facoltà dell’ARPA territorialmente competente di esprimersi sulla compatibilità delle CSC rilevate nel sito con le condizioni geologiche, idrogeologiche e antropiche del contesto territoriale in cui esso è inserito. In tale caso le CSC riscontrate nel sito sono ricondotte ai valori di fondo” (n.d.r. A livello terminologico, il testo della norma con il termine “CSC rilevate nel sito” intendeva verosimilmente indicare le “concentrazioni misurate in sito”, in quanto le CSC non sono sito-specifiche, ma valori soglia stabiliti dalla normativa).

Queste poche righe introducono un concetto di grande rilevanza nel quadro dello studio dei valori di fondo, quello di “compatibilità” e la possibilità di “ricondurre le concentrazioni misurate nel sito ai valori di fondo”.

Alcune normative regionali, quali la D.G.R. Lazio n. 03 del 04.01.20241, forniscono ulteriori chiarimenti in merito alla valutazione della compatibilità dei valori riscontrati nella matrice suolo e/o nella matrice acque di falda con le condizioni geologiche, idrogeologiche e antropiche dell’area, ai sensi delle suddette modifiche introdotte dalla Legge n.108/2021.

Il presente lavoro è frutto dell’esperienza di più di trenta studi dei valori di fondo e ha lo scopo di stimolare il dibattito sulla possibilità di identificare un nuovo strumento, qui definito “Studio di compatibilità”, da affiancare a quello già noto dello Studio dei valori di fondo.

Sezioni della procedura di pertinenza dello Studio di Compatibilità

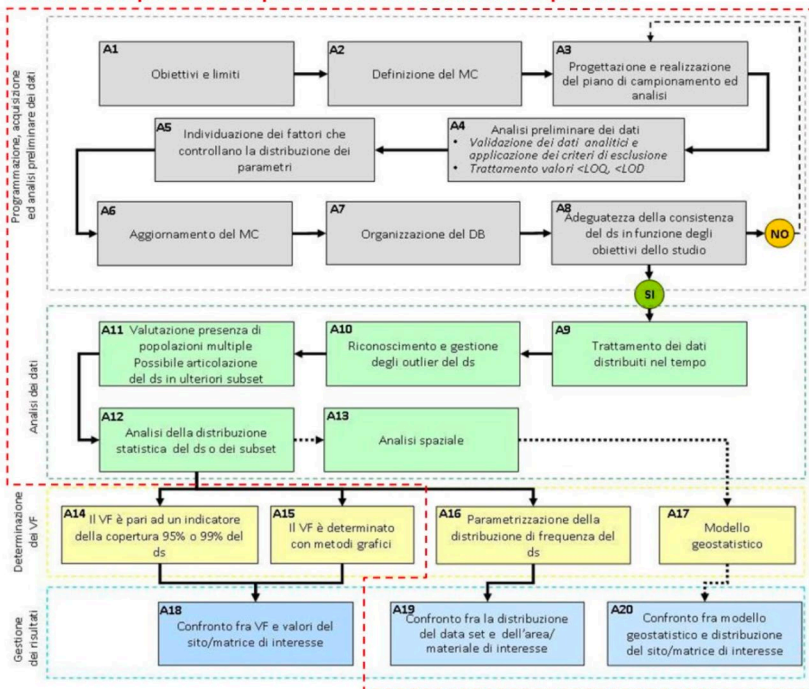


Figura 1 Procedura per la determinazione dei valori di fondo nel contesto di siti contaminati, dell'inquinamento diffuso e delle terre e rocce da scavo (da Documento [1]). VF: valore di fondo, MC: modello concettuale, DB: database, ds: dataset, LOD: limite di rivelabilità, LOQ: limite di quantificazione.

Lo studio ha, inoltre, evidenziato quali siano gli elementi di maggiore rilevanza da tenere in considerazione della redazione di questa tipologia di studi e quale metodologia possa essere impiegata, anche alla luce delle linee guida esistenti in materia.

Contatti: luca.navone@wsp.com

Simulazione del rilascio e dispersione di sostanze pericolose in seguito ad un incidente industriale

Deborah Panepinto¹, Marco Ravina¹, Marta Brignone¹, Federico Urbinati¹, Mariachiara Zanetti¹

¹Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino

Introduzione e obiettivi di studio

I siti industriali, soprattutto se caratterizzati da una lunga attività in passato, quando ancora non esisteva un'adeguata legislazione ambientale, sono stati fonte di impatto sull'ambiente a causa delle emissioni in aria, acqua e suolo. Attualmente, grazie all'applicazione di una rigorosa legislazione ambientale nella comunità europea, le emissioni delle attività industriali sono altamente controllate (ad esempio, tramite la procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale). Tuttavia, sebbene le emissioni rientrino nei limiti imposti dalla normativa, è ancora forte l'esigenza di valutare la qualità ambientale in un contesto industriale complesso, caratterizzato da potenziali impatti sull'ambiente e sulla salute umana dovuti, ad esempio, ai rischi NaTech (Natural-Hazard Triggered Technological Accidents), che si riferiscono ad incidenti industriali innescati da eventi naturali come tempeste, terremoti, inondazioni e fulmini.

Il presente lavoro è stato condotto nell'ambito del progetto RETURN, (Multi-risk science for resilient communities under a changing climate) [1], il cui obiettivo è di armonizzare e integrare le strategie per migliorare la gestione della qualità delle tre principali matrici (aria, suolo e acqua) in contesti industriali complessi potenzialmente interessati da eventi NaTech. In questo studio, gli effetti delle conseguenze di evento NaTech in un impianto industriale sono stati simulati e valutati. Considerando come caso studio un sito industriale localizzato nell'Italia centrale, sono stati simulati gli effetti di un incidente rilevante riguardante il rilascio e l'evaporazione di una sostanza liquida pericolosa. I risultati includono la rappresentazione delle conseguenze in termini di indici di rischio e ambientali, al fine di contribuire allo sviluppo di una possibile metodologia di prevenzione integrata.

Risultati e conclusioni

L'applicazione del modello di rilascio ed evaporazione ha fornito una dinamica dell'evento piuttosto rapida. Il tetraidrofurano impiega 8 ore per uscire completamente dal serbatoio e circa 30 ore per evaporare completamente. In funzione delle condizioni atmosferiche la concentrazione oraria varia significativamente e la sostanza viene dispersa anche oltre le aree di pertinenza dello stabilimento (Figura 2). Le concentrazioni di picco maggiori si verificano in corrispondenza di condizioni atmosferiche stabili (scarsa diluizione). I valori sono comunque inferiori ai valori limite TLV-STEL, ad eccezione, in alcuni momenti, di un'area contenuta pari a circa 2 m attorno alla sorgente.

In conclusione, l'applicazione della metodologia proposta ha permesso di valutare il rischio a breve termine conseguente al verificarsi di un evento accidentale potenzialmente causato da fattori meteorologici estremi e non facilmente prevedibili. I lavori di ricerca futuri potranno essere indirizzati a valutare ulteriori scenari nei quali vengano considerate diverse tipologie di evento e diversi comparti ambientali, al fine di contribuire allo sviluppo di una possibile metodologia di prevenzione integrata.

Contatti: deborah.panepinto@polito.it

Ottimizzazione recupero LNAPL con tecnologia dual pump in acquifero a permeabilità mista. Studio idrogeologico e risultati test pilota

*Devis Ferrarato¹, Sabrina Filia², Vincenzo Giandinoto¹, Andrea Messina¹,
Luca Piccapietra¹*

¹Stantec S.p.a., ²Eni Rewind S.p.a.

Introduzione e obiettivi di studio

Il presente studio illustra i risultati di un test pilota in campo eseguito in un complesso contesto idrogeologico caratterizzato da un acquifero a permeabilità mista prevalentemente costituito da calcareniti localmente intercalate a sabbie medio fini. L'area di studio ha un'estensione di circa 7.200 m², è ubicata all'interno di un Sito di Interesse Nazionale (SIN) ed è stata storicamente interessata da considerevoli spessori di LNAPL. Attualmente, a fronte di specifici interventi di rimozione di LNAPL che vengono eseguiti nei 13 pozzi di bonifica presenti, si evidenzia nell'area una marcata riduzione degli spessori apparenti e dei tassi di recupero rispetto alle serie storiche. Il test pilota è stato eseguito al fine di valutare l'applicabilità e l'efficacia della tecnologia Dual Pump come ottimizzazione delle attività di rimozione di LNAPL rispetto alla configurazione di "skimming" attualmente implementata.

Metodologia

Lo studio è stato strutturato in due fasi. Nella prima fase sono state eseguite alcune valutazioni finalizzate a comprendere il quadro idrogeologico dell'area, sono state raccolte, organizzate e analizzate le serie storiche di dati disponibili per gli ultimi 20 anni derivanti dai monitoraggi periodici eseguiti in sito (livelli di soggiacenza dell'interfaccia idrocarburo-aria (DTP) ed idrocarburo-acqua di falda (DTW), volumi di LNAPL recuperati nel tempo dai sistemi via via implementati) e sono stati eseguiti Bail-down test e prove idrauliche (prove a gradini e prove di pompaggio a portata costante).

Nella seconda fase è stato eseguito il test pilota di campo per il quale sono stati attrezzati in configurazione Dual Pump 4 dei 13 pozzi di bonifica presenti nell'area (piezometri A, B, C, M). Nell'area sono state inoltre realizzate una linea di alimentazione aria compressa da compressore esistente alle 4 pompe di nuova installazione e una linea di

interconnessione acqua emunta dai pozzi agli impianti di trattamento acque di sito. Il test è stato articolato in due step con differenti configurazioni dei sistemi per una durata complessiva di circa due mesi e mezzo, durante i quali, mediante specifici monitoraggi, è stato possibile valutare l'andamento dei tassi di recupero nelle differenti configurazioni e in relazione ai quantitativi di acque emunte. Per lo Step I di prova, i singoli sistemi di emungimento sono stati avviati progressivamente (1 sistema ogni 24 ore) con una portata finalizzata a raggiungere in ogni punto il target di abbassamento della falda di 0,5 m. La durata del primo Step è stata di un mese e mezzo, al termine del quale sono stati analizzati i dati fino a quel momento raccolti e sono state definite le modalità di prosecuzione della prova (Step II). Lo Step II di prova è stato eseguito incrementando le portate di emungimento sui due piezometri con maggiore afflusso di LNAPL (A e C), al fine di raggiungere un target di abbassamento della falda di 1 m rispetto al livello pre-test. Sui restanti due piezometri attrezzati la prova è proseguita mantenendo le portate dello Step I. La durata del secondo Step di prova è stata di circa 1 mese. Durante l'esecuzione delle due fasi di test sono stati integrati i consolidati monitoraggi gestionali legati all'esercizio delle attività di recupero del LNAPL, incrementando le frequenze delle attività giornaliere di misurazione dei livelli DTP-DTW sia in corrispondenza dei serbatoi di accumulo sia in corrispondenza di tutti i piezometri presenti nell'area. Parallelamente sono stati misurati quotidianamente i contaltri delle acque emunte dai pozzi attrezzati con sistema Dual Pump e rilevate le frequenze di attivazione delle pompe di rimozione LNAPL in termini di cicli al minuto. Al termine delle fasi di test sono state eseguite delle prove a gradini di portata finalizzate a valutare l'efficienza in emungimento dei piezometri presenti nell'area che non sono stati oggetto del test pilota.

Risultati e conclusioni

I dati ottenuti nella prima fase di studio hanno consentito di valutare le locali condizioni idrogeologiche e definire i parametri utili al dimensionamento del test pilota. Attraverso l'analisi di mappe tematiche e grafici appositamente predisposti è stato infatti possibile valutare l'evoluzione della distribuzione del LNAPL e dei tassi di recupero prodotto nei punti monitorati, mentre dall'interpretazione dei bail-down test e delle prove idrauliche eseguite (prove a gradini e prove di pompaggio a portata costante) è stato possibile stimare la trasmissività del prodotto e valutare il comportamento del LNAPL sia in condizioni statiche sia in fase di emungimento nell'intorno dei piezometri oggetto di prova. Nella successiva fase (test pilota di campo), a partire dalle misure effettuate sia durante le

attività propedeutiche sia in fase di esercizio durante il test, è stato possibile approfondire ulteriormente le conoscenze idrogeologiche dell'area, valutare l'andamento della falda e degli spessori apparenti di prodotto nel tempo, ricavare i quantitativi di LNAPL recuperato giornalmente e i quantitativi di acqua emunta.

Nel complesso contesto sitospecifico idrogeologico e inquinologico, la tecnologia Dual Pump si è quindi dimostrata efficace in termini di incremento ed ottimizzazione delle attività di rimozione di LNAPL rispetto alla configurazione di "skimming" senza emungimento acqua, la quale consentendo nel tempo una consistente riduzione degli spessori di LNAPL presenti nell'area, è risultata raggiungere progressivamente un valore asintotico in termini di efficienza e rate di recupero. Il test ha consentito inoltre di approfondire le conoscenze idrogeologiche dell'area e ricavare i dati tecnici necessari alla progettazione e successiva implementazione full scale dei sistemi Dual Pump.

Applicabilità della tecnologia in-situ chemical oxidation (ISCO) per la bonifica di un sito contaminato da solventi clorurati, idrocarburi ed eteri

Mara Dal Santo¹, Devis Ferrarato¹, Sabrina Fila², Daniele D’Emilio², Vera Federica Rizzi², Andrea Messina¹, Luca Piccapietra¹

¹Stantec S.p.a.,² Eni Rewind S.p.a,

Introduzione e obiettivi di studio

Il presente studio illustra i risultati delle attività di sperimentazione della tecnologia In-Situ Chemical Oxidation (ISCO) sviluppate nell’ambito di un articolato progetto di bonifica di una falda contaminata da solventi clorurati, idrocarburi ed eteri in un Sito di Interesse Nazionale (SIN). L’acquifero è costituito da sabbie e ghiaie con intercalati livelli calcarenitici fratturati e ha come base le argille grigio-azzurre plioceniche situate a profondità variabili tra 4 e 8 m da p.c.. Localmente nell’area è stata inoltre rilevata la presenza di DNAPL, principalmente costituito da esaclorobutadiene, oggetto di specifiche attività di rimozione.

La sperimentazione è stata condotta in laboratorio su matrici ambientali campionate in sito (terreni saturi e acque sotterranee), testando quattro tipologie di prodotti commerciali ISCO: percarbonato di sodio, persolfato di sodio, permanganato di potassio e una formulazione con perossido di idrogeno e microparticelle di Fe-zeoliti.

Lo studio è stato eseguito con l’obiettivo di individuare le interazioni tra i prodotti e le matrici ambientali, valutare l’efficacia di ciascuna tipologia di prodotto nella rimozione dei contaminanti, identificare eventuali sottoprodotti di reazione/mobilizzazione e determinare i migliori dosaggi di reagente per la successiva applicazione in sito. Successivamente alla fase di laboratorio sono stati infine progettati specifici test pilota in sito.

Risultati e conclusioni

Le caratterizzazioni eseguite sulle acque di falda campionate hanno evidenziato la presenza di superamenti di alcuni ordini di grandezza (fino a circa 10.000 volte) dei valori limite normativi per diversi composti, principalmente clorurati come 1,2-dicloroetano, cloruro di vinile, tetracloroetilene, tricloroetilene, esaclorobutadiene e 1,2-dicloroetilene e secondariamente altri composti clorurati, idrocarburi totali come n-esano,

clorobenzeni e DCIPE (Bis(2-cloro-1-metiletil)etere). Inoltre, sono stati rilevati superamenti per alcuni metalli come arsenico, ferro, manganese, alluminio e nichel e per il parametro Boro. Le analisi dei terreni saturi prelevati in sito hanno evidenziato che il composto 1,2 dicloroetano presente nelle acque sotterranee in concentrazioni significative si ritrova poco rappresentato nella matrice solida, mentre risultano maggiormente rappresentati l'esaclorobutadiene, l'esacloroetano, l'esaclorobenzene, il tetracloroetilene e il tricloroetilene.

Con riferimento alla trattabilità dei composti di interesse, i test eseguiti hanno evidenziato che il persolfato di sodio è stato il reagente più efficace, con percentuali di abbattimento dei contaminanti che hanno superato il 90% per tutti i composti di interesse fino a oltre il 99%. Il reagente a base di perossido di idrogeno e Fe-zeoliti ha mostrato un'efficacia simile, con percentuali di abbattimento che variano dal 87% a oltre il 99%, fatta eccezione per i parametri esaclorobutadiene ed esaclorobenzene. Il reagente a base di permanganato di potassio ha dimostrato performance inferiori con abbattimenti variabili tra il 2% per il cloroformio fino al 60% per gli altri composti, mentre il reagente a base di percarbonato di sodio ha raggiunto una media del 39% di abbattimento per i composti testati ed è risultato non in grado di degradare 1,2,4,5-tetraclorobenzene, esaclorobenzene, pentaclorobenzene, esaclorobutadiene e idrocarburi totali.

Con riferimento alla possibilità di formazione di prodotti di reazione indesiderati, si è osservato durante i test un incremento delle concentrazioni di alcuni metalli in acqua (in particolare Cromo totale e Cromo VI), effetto noto dalla letteratura. Si ritiene tuttavia che il passaggio in soluzione di questi metalli, a scala di sito, possa essere ridotto sia selezionando il corretto dosaggio dei reagenti che tenendo in considerazione l'instaurarsi, come noto in letteratura, di un effetto tampone del sistema acquifero. Si prevede inoltre che tale passaggio in soluzione sia solo temporaneo e risolvibile in tempi brevi, non appena il reagente abbia concluso la sua efficacia e si ripristinino i valori iniziali di pH ed Eh. Si è osservata inoltre una modesta formazione di vapori per la tipologia di reazione esotermica derivante dal trattamento con perossido di idrogeno e Fe-zeoliti.

In merito ai dosaggi utilizzati, aumentando il quantitativo di reagente applicato ai vari campioni non si verifica un miglioramento significativo delle prestazioni dello stesso, ovvero l'effetto di abbattimento delle concentrazioni rilevate, al di sopra di una certa soglia, è risultato essere indipendente dal dosaggio utilizzato. Per quanto riguarda gli effetti di

mobilizzazione dei metalli sopra citati, al contrario si nota un aumento della mobilizzazione all'aumento del dosaggio.

I test di laboratorio eseguiti hanno quindi consentito di verificare l'efficacia di alcuni prodotti ISCO in termini di abbattimento della contaminazione sito-specifica, caratterizzata dalla presenza di composti con caratteristiche chimico-fisiche molto differenti tra di loro, di individuare eventuali interazioni con le matrici del sito, individuare i potenziali sottoprodotti di reazione/mobilizzazione e di effettuare una determinazione preliminare relativa ai dosaggi ottimali di reagente chimico per la successiva applicazione in sito. Per le due tipologie di reagenti più performanti saranno eseguiti dei test pilota in campo che sono stati progettati sulla base dei test di laboratorio, che consentiranno di confermare l'applicabilità della tecnologia ISCO in sito e definire i parametri necessari per dimensionare un eventuale futuro intervento full-scale.

RIHABITAT: progetto di riqualifica ambientale e discarica per rifiuti non pericolosi

Michele Bellandi¹

¹*Riccoboni Spa*

Introduzione e obiettivi di studio

Lo studio ha previsto una prima fase, finalizzata alla scelta del sito idoneo per la realizzazione dell'impianto di smaltimento per rifiuti non pericolosi, ed una seconda fase di progettazione dei criteri costruttivi dell'impianto, nell'ottica del rispetto della normativa vigente e della massima salvaguardia ambientale e del territorio.

Metodologia

La scelta dell'insediamento dell'impianto si è attivata considerando le indicazioni contenute nel Programma Provinciale di gestione dei rifiuti urbani della Provincia di Alessandria, che segnala i potenziali siti idonei. Dopo un'attenta analisi dei siti presenti nella zona, è stata scelta Cascina Borio, in quanto si presentava come un sito caratterizzato da un assetto morfologico già alterato per la presenza di una cava in via di esaurimento.

È stata scelta un'area degradata e non più riutilizzabile, rappresentata da una cava dismessa, per la realizzazione di un sito idoneo allo smaltimento di rifiuti non pericolosi, non usufruendo di suolo vergine.

A conclusione dell'attività di coltivazione della discarica, il progetto di ripristino ambientale prevede il ripristino dell'assetto morfologico originario, la posa di un nuovo mantello vegetale composto da 18.000 piante, per la completa integrazione con il territorio circostante e la realizzazione di aree a servizio e riqualificazione del territorio, come piste ciclabili, aree verdi attrezzate, ecc.

La seconda fase di studio è consistita nella progettazione dei criteri costruttivi dell'impianto, nella quale sono state approfondite le disposizioni del D.Lgs n.36/03, "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti", e del più recente D.Lgs n. 121/2020 "Attuazione direttiva 2018/850/Ue (Pacchetto economia circolare) - Norme in materia di discariche per rifiuti", che modifica ed integra il D.Lgs n.36/03.

L'impianto di discarica è stato suddiviso in n. 4 Lotti e, ciascun Lotto è suddiviso in n. 2 Settori di coltivazione, per una superficie complessiva di coltivazione di 122.500 mq e un volume di rifiuti abbancabile di 965.975 mc.

Risultati e conclusioni

Lo studio e la progettazione condotti sono stati finalizzati al raggiungimento del duplice obiettivo di riqualificazione ambientale e realizzazione di impianto di rilevanza per l'economia circolare caratterizzato da elevati standard ambientali.

Una volta terminati gli interventi di completamento della sommità dell'area, in coincidenza con l'esaurimento dopo 10 anni della capacità di ricezione dell'impianto, verrà avviata la configurazione finale che riproporrà l'assetto morfologico precedente le attività di estrazione, recuperando l'integrità paesaggistica e ambientale dell'area, rispetto al territorio circostante, mediante un piano di ripristino comprendente interventi completi di rinaturalizzazione.

Le modalità costruttive scelte per la realizzazione del sito di discarica Rihabitat testimoniano l'alto livello di affidabilità dell'impianto di smaltimento dei rifiuti. La protezione dell'invaso sul piano di fondo scavo è affidata ad una stratificazione di materiali naturali e artificiali, scelti per le loro proprietà di impermeabilità e stabilità nel tempo. I presidi ambientali presenti e i monitoraggi delle matrici ambientali garantiscono un'elevata affidabilità e sicurezza ambientale.

Contatti: michele.bellandi@riccoboniholding.com

Gestione di terre con valori di fondo naturale in cantieri di opere strategiche di grandi dimensioni

Elisa Nava¹, Andrea Monti¹, Valeria Spirolazzi¹

¹ARPA Lombardia

Introduzione e obiettivi di studio

In Lombardia è nota la presenza di aree caratterizzate da terre contenenti elevati livelli di elementi inquinanti, quali l'Arsenico. Entro tali aree, la realizzazione di diverse opere di dimensioni rilevanti ha generato problematiche ingenti in merito alla gestione delle terre e rocce da scavo. Nell'ottica della minimizzazione della produzione dei rifiuti, è ragionevole tenere presente la possibilità di ricorrere al riutilizzo del materiale da scavo sia in situ che fuori dal sito, come disciplinato dal DPR 120/2017, applicando lo strumento dell'individuazione dei Valori di Fondo Naturale.

Tale approccio raramente viene considerato in fase progettuale da parte dei proponenti, mentre è opportuno che il proponente sia sensibilizzato fin dalle prime fasi di progettazione e della Valutazione Ambientale (VIA, PAUR, Verifica di assoggettabilità a VIA).

Il presente lavoro mostra come la gestione delle terre e rocce da scavo è stata trattata in occasione della realizzazione di alcune opere, sviluppando alcune prassi operative che si sono rivelate efficaci per una gestione delle terre con elevati valori di fondo naturale speditiva e coerente con la normativa.

Metodologia e Risultati

Per opere che generano volumetrie rilevanti è indispensabile individuare eventuali anomalie chimiche che, se gestite in fase di lavorazioni già avviate, potrebbero portare all'impossibilità di proseguire l'attività di scavo con probabile cessazione temporanea delle lavorazioni e conseguente ritardo nel cronoprogramma prestabilito. Una buona caratterizzazione preliminare delle terre, sebbene talvolta di difficile attuazione, risulta quindi essere un'attività dalla quale non conviene esimersi. Tale aspetto risulta ancor più rilevante in quegli ambiti entro cui è nota un'elevata presenza naturale di determinati elementi o composti.

Di seguito si riportano 4 casi differenti, esemplificativi della tipologia di situazione più ricorrenti tra le numerose che vengono gestite, riferiti a progetti di opere strategiche sottoposte a Valutazioni Ambientali.

1. In occasione della realizzazione di un elettrodotto, in corrispondenza dello scavo per l'installazione di un traliccio, è stata riscontrata in fase di lavorazioni una condizione con supero normativo del parametro Zinco (1383 mg/kg) sia di Colonna A (D.Lgs 152/2006) che del limite previsto per aree agricole (DM 46/2019), contesto in cui era inserito. L'anomalia, circoscritta ad un volume di circa 8.000 mc, è stata gestita dal proponente avviando una procedura di bonifica e conferendo il materiale in regime di rifiuti.

2. Un'opera lineare in ambito montano realizzata per la quasi totalità in galleria (9,5 km), con produzione di circa 2.000.000 mc di terre e rocce da scavo, ha riscontrato in fase di scavo valori di idrocarburi pesanti superiori anche a 100 mg/kg (valore massimo 289 mg/kg), al di sopra quindi di limite di 50 mg/kg della Colonna A (D.Lgs 152/2006). La volumetria del materiale così caratterizzato è stata stimata in un primo momento nell'ordine di 150.000 mc circa. Tale condizione, non emersa in fase di progettazione, ha determinato la cessazione temporanea delle lavorazioni per diversi mesi, in attesa di analisi e confronti con ARPA e l'autorità competente che ha permesso di accertare l'origine naturale dell'anomalia riscontrata e di individuare le modalità di gestione di tali volumetrie. Scartate le possibilità di conferimento previste dal Piano di Utilizzo approvato, in grado di accettare solo terre con valori al di sotto delle CSC di Colonna A (D.Lgs 152/2006), il materiale prodotto dallo scavo della galleria è stato utilizzato per la realizzazione del rilevato di una seconda infrastruttura lineare posta a 100 km circa di distanza, rientrante tra le aree in Colonna B (D.Lgs 152/2006).

3. Un'opera lineare in ambito collinare (8 km), con produzione di circa 800.000 mc di terre e rocce da scavo per la realizzazione di trincee, gallerie artificiali e gallerie naturali, ha riscontrato in fase di lavorazioni avviate concentrazioni elevate di Arsenico, parametro di cui già era nota una cospicua presenza di origine naturale. La problematica ha portato alla cessazione temporanea del cantiere, periodo di tempo durante il quale è stata condotta un'analisi territoriale nell'intorno dell'opera che ha permesso di individuare due siti di rimodellamento morfologico (cave di ripristino) che presentavano valori comparabili del medesimo parametro.

Le terre prodotte sono state quindi conferite presso tali siti, sottoposti ad un fitto monitoraggio delle acque sotterranee finalizzato ad escludere eventuali fenomeni di lisciviazione e rilascio in falda di inquinanti.

4. In occasione di un'opera areale in ambito montano (23 ha), per la quale viene movimentato un volume di circa 200.000 mc di terre e rocce da scavo, il monitoraggio Ante Operam della matrice suolo ha rilevato una presenza di Arsenico distribuita in modo eterogeneo (valore minimo 11 mg/kg; valore massimo 337 mg/kg). Il territorio comunale era stato precedentemente analizzato da ARPA Lombardia ai fini della determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN), individuato pari a 56 mg/kg. La constatazione di terre con concentrazioni superiori ai VFN, avvenuta prima dell'avvio dei lavori, ha permesso di affrontare la gestione dei volumi di terra in una fase antecedente alle lavorazioni, concordando con ARPA Lombardia l'avvio delle lavorazioni per lotti (dove non riscontrato Arsenico al di sopra del VFN comunale), l'esecuzione di ulteriori campionamenti, la determinazione di un VFN sitespecifico. Attualmente tali attività sono in corso di realizzazione e quindi le modalità di gestione delle terre dove è stato riscontrato valori superiori al VFN comunale saranno vagliate successivamente.

Conclusioni

Anticipando i piani di sviluppo infrastrutturali delle opere di interesse strategico, negli ultimi anni ARPA Lombardia sta conducendo diverse campagne di analisi territoriali in accordo con gli enti locali, in modo tale da determinare il VFN comunale in via preliminare. Questa attività, fondamentale per facilitare la gestione delle terre, non esaurisce tuttavia la necessità di un'attenta progettazione della gestione terre contestuale alle Valutazioni Ambientali (VIA, PAUR, Verifica di assoggettabilità a VIA), ma deve essere intesa come un indicatore di attenzione soprattutto per quei cantieri che si estendono su superfici elevate e che potrebbero riscontrare locali hot spot superiori al VFN già determinato. Inoltre, proprio per cantieri che generano volumetrie rilevanti, trovarsi in un'area già caratterizzata da un VFN superiore alle CSC aiuta la gestione delle terre, a condizione però di trovare siti di destino all'interno del medesimo contesto territoriale capace di accogliere volumetrie significative. In questi casi gli esempi rappresentati costituiscono ancora un utile riferimento per risolvere le criticità residuali che si potrebbero comunque verificare.

In considerazione della rilevanza che generalmente opere di tali dimensioni hanno sul territorio, sull'influenza che possono avere sulla viabilità ordinaria nel caso di trasporto di terre al di fuori del cantiere, sugli impatti

ambientali sociali ed economici che la fase di cantiere può determinare, risulta pertanto di primaria importanza affrontare la gestione delle terre con una programmazione anticipata. Una buona organizzazione delle fasi di indagine preliminari, di condivisione con gli enti preposti di eventuali anomalie e delle modalità di gestione delle stesse, possono rendere quel che frequentemente è stata una criticità problematica in una condizione gestibile.

Contatti: e.nava@arpalombardia.it

Fattori critici e ottimizzazione di bonifiche pluriennali: un approccio idrogeologico e microbiologico in ambienti complessi

*Christian Nielsen¹, Laura Ledda¹, Laura Ferrari¹, Giacinto Carnevale¹,
Fabio De Palma¹, Camilla Valli², Sarah Zecchin², Lucia Cavalca²*

¹Tauw Italia Srl, P.za L. Da Vinci 7, 20133 Milano, ²Agricultural and Environmental Microbiology (AgEM-Lab) Dept. of Food, Environmental and Nutritional Sciences (DeFENS) University of Milan (UNIMI)

Introduzione e obiettivi di studio

In Europa ci sono circa 650.000 siti contaminati che necessitano di interventi di bonifica, di cui 2.600 solo in Italia (European Commission (2018) - JRC Technical Reports, Status of local soil contamination in Europe). Tra i diversi contaminanti, gli idrocarburi alifatici clorurati sono presenti nel 10% delle acque contaminate e nell'8% dei suoli contaminati. I processi di biorisanamento si fondano sulla stimolazione di batteri anaerobi, quali Dehalococcoides e Dehalogenimonas che declorurano più efficacemente composti alto clorurati (tetracloroetilene, PCE, e tricloroetilene, TCE) attraverso declorurazione riduttiva, e di batteri aerobi che mineralizzano composti basso clorurati quali cis-1,2-dicloroetilene (cis-1,2-DCE) e cloruro di vinile (CVM) ad anidride carbonica ed acqua. La consequenzialità dei due trattamenti è fondamentale per traguardare i parametri, specialmente in siti fortemente contaminati. La disponibilità di potere riducente, la presenza di batteri decloruranti e le condizioni di contorno (assetto idrogeologico e livelli di contaminazione) sono fattori limitanti per l'attività di declorurazione. Obiettivo del presente lavoro è evidenziare i fattori critici che ostacolano l'ottimizzazione delle bonifiche pluriennali in ambienti complessi, considerando i fattori idrogeologici e microbiologici.

Contesto di progetto

L'intervento qui presentato si colloca nell'ambito di un progetto di bonifica di un'area fortemente compromessa dal punto di vista ambientale dalla presenza di un abbancamento di residui derivanti da processi petrolchimici di svariata natura (sorgente di contaminazione). Nell'area, di estensione complessiva di circa 33 ettari, si è verificata una significativa contaminazione delle acque di falda dovuta alla presenza prevalente di TCE,

PCE, DCE e CVM con valori dell'ordine delle centinaia di migliaia di microgrammi litro. I primi interventi di messa in sicurezza del sito sono iniziati circa 20 anni or sono con l'installazione di una barriera idraulica di pozzi finalizzata a evitare fenomeni di off-site migration e l'installazione e l'avviamento di un impianto di trattamento delle acque estratte dalla barriera. Da allora sono seguite diverse fasi di interventi di bonifica orientate al progressivo spegnimento dei pozzi della barriera, basate sull'effetto combinato di una barriera di pozzi anaerobica, mirata alla stimolazione dei processi microbici di dechlorurazione riduttiva, e con una barriera di pozzi aerobica, finalizzata all'abbattimento di cloruro di vinile. Le Fasi 1 e 2, completate, hanno previsto la realizzazione, l'avviamento e l'ottimizzazione delle barriere anaerobica e aerobica. La Fase 3, tuttora in corso, prevede il potenziamento di entrambe le barriere e la realizzazione di una barriera anaerobica integrativa. Si evidenzia che nel corso delle diverse fasi si è proceduto allo spegnimento progressivo della barriera idraulica con una previsione di spegnimento completa entro il 2029.

Analisi microbiologiche

Negli anni, monitoraggi microbiologici attraverso sequenziamento Illumina del gene per l'rRNA 16S nei piezometri di discarica (Pz22 e Pz25) e nei corrispondenti piezometri di barriera anaerobica (Pz13, Pz16), hanno dimostrato la presenza di microrganismi con capacità di dechlorurazione riduttiva anaerobica. I batteri dealogenanti sono più abbondanti nei piezometri ove avviene iniezione di substrato riducente, evidenziando una stimolazione continua dei generi che dechlorurano PCE e TCE. Nel piezometro Pz13, i generi *Desulfitobacterium*, *Desulfuromonas* e *Dehalogenimonas* sono presenti rispettivamente al 35.8%, 5.2% e 2.9%, significativamente maggiori rispetto ad altri piezometri sia di barriera sia di discarica e direttamente correlati al livello di contaminazione degli stessi, indicando che i microrganismi dechloruranti trovano condizioni nutrizionali favorevoli al loro sviluppo. Analisi GC-MS condotte in microcosmi anaerobici in condizione di attenuazione naturale costituiti con acque dei piezometri PZ13, PZ16, PZ22, PZ25 e loro miscele, hanno dimostrato che le velocità di degradazione di PCE, TCE, cis-1,2-DCE e CVM sono correlate significativamente con le concentrazioni iniziali di CVM, cis-1,2-DCE, 1,1-DCE e con la sommatoria dei composti organoalogenati (Fig. 6). Analisi di Real Time q-PCR hanno evidenziato che a partire dai pozzi di discarica, i biomarcatori per dealogenasi e per *Dehalococcoides* sono presenti in concentrazioni superiori nei piezometri più contaminati e nei

piezometri iniettati di substrato riducente, dove è maggiore la concentrazione di CVM.

Conclusioni

Nel corso dei primi 10 anni di trattamento, l'aggiunta di substrati riducenti si è dimostrata valida per potenziare la dechlorurazione di PCE e TCE. A seguito di ciò, l'accumulo puntuale di elevate concentrazioni di CVM farebbe ritenere opportuno proseguire con questi interventi direttamente in discarica, e potenziare a valle trattamenti che migliorino la degradazione del CVM. Sono allo studio nuove modalità di attivazione delle reazioni di dechlorurazione riduttiva mediante iniezioni di idrogeno gassoso e test di bioaugmentation sito-specifica per accelerare la mineralizzazione aerobica del CVM.

Contatti: lucia.cavalca@unimi.it

Ammendanti termogenici per favorire il recupero di terreni biorisanati come terre da coltivo

Davide Rossi¹, Andrea Franzetti¹, Giancarlo Renella², Luigi Righini³

¹Università Milano Bicocca, Piazza della Scienza 1, Milano (MI), ²Università degli Studi di Padova – DAFNAE, Viale dell'Università, 16, Legnaro (PD)

³Ordine Interprovinciale dei Chimici e dei Fisici di Parma e Piacenza

Introduzione e obiettivi di studio

Stando ai più recenti rapporti di ISPRA, i rifiuti derivati dalle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati) costituiscono quasi il 50% dei rifiuti speciali prodotti in Italia ogni anno; le sole terre e rocce (non pericolose) prodotte tra il 2020 e 2021 superano le diciassette milioni di tonnellate.

In questo contesto, il biorisanamento rappresenta un'avanguardia per il recupero dei terreni contaminati. Le tecniche di risanamento biologico sono meno costose ed invasive delle chimico-fisiche e si basano sullo sfruttamento delle capacità degradative di organismi quali piante, funghi e batteri per ridurre la concentrazione di contaminati organici, come gli idrocarburi. In relazione alle tecniche di biorisanamento che si basano sulla stimolazione di processi di degradazione mediati dai microorganismi, esistono alcuni fattori limitanti: come la disponibilità di nutrienti, la concentrazione di ossigeno e l'abbondanza dei microorganismi stessi.

Le tecniche di risanamento biologico hanno anche l'ulteriore vantaggio di mantenere e, in alcuni casi, migliorare le caratteristiche biologiche e agronomiche del terreno trattato. Queste caratteristiche, quando il trattamento biologico è condotto in modalità *ex situ*, aumentano la fertilità del materiale rendendolo particolarmente adatto per un riutilizzo come terreno da coltivo per ripristini ed opere di ingegneria naturalistica. Una problematica non trascurabile per questo tipo di riutilizzo è la presenza di semi di piante infestanti presenti nel materiale di partenza o che si accumulano nel terreno durante il trattamento. L'alta densità di semi e l'incremento di fertilità del terreno bio-risanato porta alla repentina crescita di piante infestanti dopo la messa in opera del terreno, limitando tale riutilizzo per problemi di tipo fitosanitario. Obiettivi di questo studio sono l'individuazione di ammendanti organici termogenici da utilizzare in un processo di co-compostaggio con il terreno da bio-risanato mediante biopila dinamica al fine di aumentare la fase termofila del cumulo in termini

di temperatura massima e durata, per inattivare i semi delle piante infestanti e incrementare la degradazione di inquinanti organici allo stesso tempo. Nei tradizionali processi di compostaggio è possibile identificare almeno tre fasi principali; una fase iniziale di latenza, la fase termofila (in cui l'attività di degradazione è al suo apice e si raggiunge il picco di temperatura) e la fase mesofila o matura (lenta diminuzione che tende ad un plateau) (Barthod et al 2018). Applicando un processo di co-compostaggio di ammendanti organici e terreno contaminato ci si pone l'obiettivo di prolungare la fase termofila portando la temperatura a circa 50°C per almeno 14 giorni per garantire una parziale inattivazione dei semi di piante infestanti. Una fase termofila più prolungata può inoltre mantenere per più tempo la massima attività degradativa dei batteri; quindi, potrebbe diminuire il tempo necessario per la bonifica e ridurre la eventuale presenza di batteri patogeni (Mattei et al 2017).

Metodologia

Sono stati allestiti quattro mesocosmi riempiendo con terreno contaminato da idrocarburi quattro cassette di polipropilene espanso (61 litri, 60 x 40 cm). L'ossigenazione è stata garantita grazie ad insufflazione di aria. La temperatura è stata misurata in continuo tramite l'inserimento di una sonda e l'umidità è stata periodicamente rilevata così da mantenere un valore attorno al 15-20%. Oltre ai mesocosmi è stata allestita una biopila dinamica a scala pilota (circa 10 t) con lo stesso terreno di partenza, che replicasse una delle condizioni testate a scala più piccola, in modo da replicare le caratteristiche di inerzia termica di una biopila a scala industriale. Nella biopila pilota sono state condotte analisi dell'ossigeno (O₂) per determinare la frequenza di rivoltamento della biopila. In questo modo si sono massimizzati i livelli di temperatura e al contempo si è mantenuto il processo biodegradativo aerobico. In aggiunta ai parametri descritti, per ciascuna prova, sono state valutate le caratteristiche chimico-fisiche, biologiche ed ecotossicologiche proprie del terreno prima, durante e alla fine dell'esperimento.

Risultati e conclusioni

Nei mesocosmi solo l'utilizzo congiunto di lecitina di soia e biochar ha permesso di ottenere le temperature auspiccate, mostrando un rapido aumento di temperatura fino al picco di 50°C. Questa fase si è esaurita in due settimane, portando i valori di temperatura a livelli paragonabili al controllo. Inoltre, è interessante notare che il secondo picco (generatosi in seguito ad un rivoltamento manuale) ha toccato, seppur per breve tempo inferiore i 55°C.

Un altro aspetto significativo evidenziato da questi test è la rilevante differenza tra la scala pilota e quella di mesocosmo, nonostante i mesocosmi siano stati allestiti in un contenitore ad elevato isolamento termico. Se si prende in esame il mesocosmo A, in cui abbiamo testato la stessa condizione scelta per la biopila di dimensioni maggiori è evidente come non si sia ottenuta una temperatura del terreno adeguata agli obiettivi. Per la biopila pilota, invece, le temperature registrate si sono mantenute tra i 40-50°C per più di un mese consecutivo, toccando un picco di 53°C.

Al termine di questa prima fase di sperimentazione, è prevista una prova di falsa semina in cui si testerà l'efficacia dell'inibizione della germinazione dei semi invasivi presenti nel terreno trattato a seguito del trattamento tramite i processi considerati.

Contatti: d.rossi39@campus.unimib.it

Chiedi di più ai tuoi dati di sequenziamento: approcci innovativi di biologia molecolare nel biorisanamento

*Francesca Formicola^{1,2}, Silvia Leoci^{1,2}, Tatiana Stella¹, Valentina Rivelli¹,
Massimiliano Baric¹, Andrea Franzetti^{1,2}*

¹M3R S.r.l.; ²Università di Milano-Bicocca, DISAT

Introduzione e obiettivi di studio

Il biorisanamento si basa sulla naturale capacità dei microrganismi di trasformare i contaminanti ambientali utilizzandoli come substrato di crescita e fonte di energia. Per la sua applicazione è quindi necessario determinare il potenziale biodegradativo della comunità autoctona della matrice contaminata, valutando la presenza di specifiche capacità metaboliche legate alla rimozione degli inquinanti. Questo è fondamentale in fase di caratterizzazione per la scelta della tecnica di bonifica sito-specifica più idonea e, durante il monitoraggio, per analizzare l'evoluzione delle condizioni microbiologiche del sito, nel tempo, valutando l'efficacia dell'intervento selezionato.

A tale scopo, l'approccio biomolecolare risulta il più efficace; tramite l'utilizzo di tecniche di biologia molecolare, infatti, è possibile descrivere la struttura della comunità microbica e le sue specifiche funzioni metaboliche. Ad oggi, le tecniche maggiormente utilizzate sono in grado di fornire informazioni quantitative o qualitative, che risultano complementari e richiedono, quindi, un'integrazione dei dati ottenuti.

In particolare, la PCR quantitativa (qPCR) consente la quantificazione assoluta di specifici geni tassonomici e catabolici che vengono utilizzati come biomarcatori di determinati gruppi microbici e/o metabolici. Parallelamente, tramite il sequenziamento ad alta processività (Next-Generation Sequencing - NGS) dei marcatori tassonomici è possibile individuare e classificare i gruppi microbici presenti nel campione ambientale. Il sequenziamento NGS ha la grande potenzialità di descrivere nel dettaglio la presenza di popolazioni microbiche, ma ne stima unicamente l'abbondanza relativa e non quella assoluta nel campione.

In quest'ottica, risulta di interesse implementare e ottimizzare tali strategie analitiche al fine di ottenere un'informazione completa in un'unica metodologia, riducendo, in questo modo, tempi e costi dell'analisi.

Metodologia

Le analisi microbiologiche-molecolari prevedono il prelievo dei campioni ambientali dal sito e l'estrazione del DNA genomico da essi. Per l'analisi della comunità batterica, il DNA genomico è amplificato con una coppia di primer specifica per il frammento genico corrispondente alle regioni ipervariabili V5-V6 del gene 16S rRNA batterico. Il sequenziamento è effettuato mediante piattaforma Illumina MiSeq. Le sequenze ottenute (.fastQ) sono elaborate per definire le unità tassonomiche operative (OTU) e la loro abbondanza in ciascun campione. Successivamente, le OTU sono classificate tassonomicamente utilizzando il database RDP (Ribosomal Database Project).

Partendo dall'analisi di sequenziamento, sono state sviluppate due metodiche analitiche innovative:

- Analisi funzionale dei dati di sequenziamento;
- Quantum sequencing (q-SEQ).

Tramite l'analisi funzionale è possibile attribuire ai generi batterici individuati una o più capacità metaboliche di biodegradazione di inquinanti organici sulla base della presenza dei determinanti genetici di queste capacità nei genomi depositati nelle banche dati. Questo permette di stimare l'abbondanza relativa dei batteri degradatori di specifici contaminanti nei campioni.

Il q-SEQ è, invece, un'evoluzione del sequenziamento NGS che consente di ottenere in una sola analisi sia il dato qualitativo, e quindi la classificazione tassonomica, che il dato quantitativo assoluto di abbondanza microbica. Questo consente di combinare in un'unica analisi le informazioni del sequenziamento NGS e della qPCR e, conseguentemente, di ridurre i tempi necessari e aumentare la risoluzione e la sensibilità delle analisi. Il metodo si basa sull'utilizzo di sonde geniche aggiunte a quantità note come standard interni (ISG) prima del sequenziamento. È possibile sviluppare questa metodica su diversi geni sia metabolici che catabolici, consentendo l'adattabilità di tale metodo alle diverse esigenze sito-specifiche.

Risultati e conclusioni

La determinazione del potenziale biodegradativo della comunità autoctona della matrice contaminata risulta fondamentale nelle varie fasi del processo di bonifica ed è quindi cruciale sviluppare nuovi strumenti per spingersi sempre più a fondo nella sua comprensione.

L'analisi funzionale e il q-SEQ rappresentano due strumenti innovativi e promettenti per il miglioramento dell'interpretazione dei dati di sequenziamento, migliorando sensibilità e risoluzione dell'analisi, specialmente per apprezzare le differenze tra campioni e tra tempi di campionamento diversi, monitorando l'evoluzione della comunità microbica nel tempo.

Contatti: francesca.formicola@m3r.it, silvia.leoci@m3r.it

Un modello interdisciplinare e partecipato per il recupero di un ex-SIN contaminato

*Gianluca Rapaccini¹, Stefano Zoli¹, Laura Passatore², Paolo Sconocchia²,
Tatiana Stella³*

1Terrapreta Srl

*2Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri, Consiglio Nazionale delle
Ricerca ³M3R-Monitoring and Management of Microbial Resources S.r.l.*

Introduzione e obiettivi di studio

Caso studio: Foresta della Goccia, Milano (180.000 mq)

Strategia applicativa in corso: Bosco di bonifica

Il presente studio descrive le modalità con cui l'Osservatorio La Goccia sta sviluppando il progetto per il biorisanamento e la graduale fruizione pubblica della foresta cresciuta sui terreni comunali contaminati delle Grandi Officine del Gas della Bovisa (ex-SIN).

L'Osservatorio coinvolge istituzioni, università, enti di ricerca, associazioni e start-up, mirando alla definizione di un modello integrato per lo sviluppo di Nature-based Solutions (NbS) e di policy tecnico-amministrative per il recupero sostenibile dei siti industriali contaminati in ambito urbano.

L'intenzione è quella di mettere in luce l'approccio interdisciplinare con cui l'Osservatorio sta affrontando le complessità di un grande sito industriale, che ospita terreni sigillati e multi-contaminati, e dovendo fare i conti con l'espansione del Campus del Politecnico di Milano a sud della foresta.

Integrando la ricerca scientifica con la progettazione del paesaggio e permettendo l'interazione tra numerose discipline, tra cui ingegneria, fitorimediazione, microbiologia, pedologia, botanica e zoologia, l'Osservatorio intende far coesistere, sul lungo periodo, un procedimento di biorisanamento con una graduale e limitata fruizione pubblica. Tale strategia basata sulla natura si può definire "bosco di bonifica" e si pone i seguenti obiettivi:

- conoscere e preservare il valore della biodiversità spontanea presente nel sito contaminato,
- instaurare un laboratorio a cielo aperto per la ricerca e l'implementazione di NbS;
- attuare una strategia graduale e non invasiva, finalizzata a una parziale fruizione pubblica, a partire dalle aree fuori dal rischio e tramite sentieri in sicurezza;

- accrescere le conoscenze in materia di biorisanamento e in merito alle potenzialità del sistema piante-suolo-microrganismi nella degradazione dei singoli contaminanti;
- attuare un procedimento di biorisanamento in-situ e on site;
- definire un modello di governance e di sostenibilità economica, capace di includere la comunità locale, oltre ai partner tecnici ed istituzionali, nella futura gestione del sito;
- realizzare un caso studio su scala nazionale per l'attuazione di procedimenti di fitorisanamento in ambito urbano.

Metodologia

La ricerca è iniziata nel giugno 2021, attraverso un'attività di citizen science finalizzata all'esecuzione di un'analisi preliminare dei Servizi Ecosistemici (SE) forniti dalla foresta su 24 ha, includendo alcuni lotti di proprietà del Politecnico di Milano al tempo boscati.

Una volta elaborati i dati tramite il software iTree, che ha stimato le quantità di SE forniti da circa 16 mila alberi, è stata avviata un'interlocuzione con la pubblica amministrazione, al fine di proporre, insieme a un primo gruppo di partner, l'avvio di uno studio finalizzato alla valutazione di strategie per l'applicazione del biorisanamento nella foresta La Goccia.

A seguito una serie di incontri tra assessorati, uffici e partner tecnici si è arrivati, a fine agosto 2022, alla sottoscrizione di un Patto di collaborazione della durata triennale tra Comune di Milano, Terrapreta Aps, CNR-Iret, Museo di Storia Naturale di Milano, Italia Nostra e Progetto Natura Onlus, a cui si sono da subito aggiunti Università di Milano-Bicocca e M3R S.r.l..

Attraverso lo strumento normativo del Patto di collaborazione, per la prima volta dopo un decennio di conflitto tra amministrazione pubblica e cittadinanza riguardo il destino della foresta, viene riconosciuto il valore dell'ecosistema della Bovisa al punto di volerlo rendere parco pubblico.

Circa un anno dopo, in seguito allo studio preliminare della biodiversità e con l'arrivo dei fondi ministeriali del Decreto Aiuti "Foresta Urbana", è stata avviata la caratterizzazione integrativa del sito, propedeutica allo sviluppo del progetto di bonifica naturale e di futura fruizione pubblica.

La fase di caratterizzazione integrativa include i rilievi tridimensionali dell'intera foresta, il censimento arboreo con la ricostruzione delle successioni ecologiche, gli studi preliminari sul recupero degli edifici, il ridisegno completo dei residui industriali, la mappatura delle sigillature, lo studio della biodiversità, la caratterizzazione chimica e l'analisi della fertilità dei suoli. All'interno delle attività di ricerca, sono state integrate alcune

giornate di citizen science, come in occasione del censimento forestale, a cui hanno partecipato abitanti del quartiere, studenti e ricercatori.

Tale metodologia intende relazionarsi con diverse tipologie di analisi, dalla scala del microcosmo alla scala del bosco, al fine di costruire letture multi-livello, favorire la precisione dei monitoraggi e supportare le scelte nel corso del progetto.

Parallelamente al comparto di analisi integrative sono stati elaborati i primi scenari di paesaggio per la bonifica naturale del bosco, anche in relazione al progetto complessivo sviluppato dallo studio RPBW per il Politecnico di Milano. Considerati i tempi lunghi del biorisanamento e l'obiettivo di avere presto un parco pubblico, è stato necessario adottare un approccio graduale e in fasi, al fine di armonizzare le future interazioni tra campus universitario, fruizione pubblica e vincoli derivanti dal procedimento di bonifica. Tale approccio sperimentale, che porta a considerare il progetto di bonifica in simbiosi con il progetto del paesaggio, si concretizza per esempio nella realizzazione di barriere naturali per delimitare i sentieri o di camminamenti rialzati dal suolo, non interferenti con i processi di biorisanamento, o ancora attraverso la delimitazione di aree di interesse naturalistico al fine di preservarli dagli sfalci propedeutici alle campagne di monitoraggio dei soil gas.

Il procedimento di biorisanamento dovrà dunque attraversare una strada poco battuta e altamente sperimentale, ragione per cui riuscire a mantenere un approccio interdisciplinare, procedendo per fasi e contenendo gli impatti sull'ecosistema, diventa un requisito fondamentale per la riuscita del progetto.

Risultati e conclusioni

Il percorso dell'Osservatorio è ancora in corso e ha dovuto interfacciarsi con diversi ostacoli dovuti alla vastità dell'operazione complessiva di rigenerazione urbana. Tuttavia, si può affermare che la proposta progettuale dell'Osservatorio abbia trovato gradualmente spazio, allargando la dimensione sperimentale alla concreta possibilità di applicare il biorisanamento su larga scala in ambito urbano.

Le analisi integrative hanno finora riportato importanti dati riguardo la biodiversità dell'ecosistema, che vanta specie rare per il contesto milanese, come le orchidee (*Cephalanthera longifolia*) o alcuni licheni (*Bacidina adastrata*), e la presenza stabile di animali selvatici, come il gheppio, la ghiandaia, la volpe e la poiana. Inoltre, sono stati completati il censimento forestale (circa 14 mila piante stimate) e la prima mappatura delle sigillature; è in corso il piano integrativo di caratterizzazione dei suoli.

Considerando il contesto, la complessità della bonifica e la necessità di trovare soluzioni sperimentali ed innovative nel corso del progetto, la dimensione sociale e partecipativa acquisisce un peso importante e dovrà essere implementata al fine di includere attivamente la cittadinanza nella futura gestione sostenibile del bosco. Al contempo, sarà di rilevante importanza mettere in campo tutte le possibili condizioni di rendita economica per finanziare il monitoraggio e la gestione degli spazi e delle attività sul lungo periodo.

Contatti: gianluca.rapaccini@terrapreta.it , laura.passatore@cnr.it,
tatiana.stella@m3r.it

Sviluppo di Biochar microbiologicamente attivato in processi di biorisanamento

Asia Rosatelli¹, Francesca Formicola F.^{1,2}, Tatiana Stella², Carlo Santoro³, Niccolò Lamanna², Luca Serbolisca⁴, Franzetti A.¹

¹ *Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano – Bicocca*

² *M3R S.r.l. Viale Ortles 22/4, 20139, Milano*

³ *Dipartimento di Scienze dei Materiali, Università degli Studi di Milano – Bicocca*

⁴ *Eni S.p.A. - Research & Technological Innovation Environmental and Biological Laboratories*

Introduzione e obiettivi di studio

Il Biorisanamento è una tecnologia efficace, economica e sostenibile per la bonifica di suoli contaminati da idrocarburi. Questa strategia si avvale della capacità metabolica delle comunità microbiche autoctone del suolo di degradare i contaminanti. La Bioaugmentation è una strategia di biorisanamento utilizzata per aumentare la diversità genetica attraverso l'inoculo di ceppi o consorzi microbici specifici nella matrice contaminata, nel caso si osserva una carenza di microrganismi autoctoni capaci di mineralizzare i contaminanti. Questa strategia, tuttavia, ha dei limiti; infatti, i microrganismi inoculati devono necessariamente trovare una nicchia all'interno della comunità microbica già presente dove stabilirsi, crescere e riprodursi. Infatti, i microrganismi inoculati non solo devono competere con le comunità autoctone del suolo, ma devono anche superare gli stress abiotici che incontrano nel nuovo ambiente per sopravvivere e moltiplicarsi. Questo limite potrebbe essere risolto tramite l'utilizzo di un substrato carrier sul quale immobilizzare i microrganismi da inoculare che dovrebbe essere eco-compatibile, stabile nel tempo e la sua produzione economica e sostenibile in più dovrebbe essere caratterizzato da abbastanza area superficiale per poter ospitare i microrganismi in modo da migliorare la loro interazione con i contaminanti. In questa prospettiva, il Biochar, un solido carbonioso e stabile prodotto dalla pirolisi delle biomasse, potrebbe rappresentare un substrato valido per l'immobilizzazione microbica; infatti, data la sua struttura porosa, potrebbe offrire uno spazio protettivo ai microrganismi nel quale crescere e riprodursi. In più, in un'ottica di economia circolare la sua produzione

permette il riciclo di scarti agricoli e forestali, attribuendogli un valore economico aggiunto. Data la sua capacità di adsorbimento, può accumulare e concentrare sia gli idrocarburi, sia i nutrienti favorendo il catabolismo dei contaminanti da parte dei microrganismi idrocarburoclastici. In aggiunta, il Biochar, tramite il suo impiego, sottrae CO₂ dall'atmosfera e migliora la qualità del suolo se usato come ammendante agricolo. Le caratteristiche chimico-fisiche del Biochar, come il pH, la sua area superficiale, il contenuto di nutrienti e di gruppi funzionali sulla sua superficie, dipendono dal tipo di biomassa di partenza e dalle condizioni a cui viene condotta la sua pirolisi come la temperatura e il tempo impiegati per portare a termine il processo. Queste caratteristiche possono influire sul suo utilizzo come carrier. Infatti, la superficie stessa dei microrganismi è caratterizzata da gruppi funzionali specifici che determinano l'idrofobia o, al contrario, l'idrofilia di un ceppo batterico e quindi la sua interazione con il substrato. L'obiettivo di questo lavoro è la produzione di un Biochar Microbiologicamente attivato (Microbial activated Biochar, MaB) da utilizzare in interventi di Biorisanamento e Fitorisanamento tramite la progettazione e validazione di un workflow con un approccio sequenziale.

Risultati e conclusioni

Sono stati isolati 24 ceppi batterici che, insieme a 10 ceppi appartenenti a una ceppoteca proprietà, sono stati identificati tramite Sequenziamento NGS del gene che codifica per la subunità 16S dell'RNA Ribosomiale e sono stati caratterizzati attraverso dei test fenotipici per le loro capacità di degradazione degli idrocarburi e di promozione della crescita vegetale. I risultati della caratterizzazione degli 8 ceppi più promettenti sono riportati in Tabella 1. Questi 8 ceppi sono stati poi caratterizzati genotipicamente attraverso il Sequenziamento WGS del loro intero genoma (Whole Genome Sequencing), in modo da ricercare i geni coinvolti nel catabolismo degli idrocarburi e nei pathway di promozione della crescita vegetale.

Per investigare le proprietà superficiali dei microrganismi selezionati è stato utilizzato il test Microbial Adhesion to Hydrocarbon test (MATH test) ideato da Rosemberg nel 1984 che valuta l'affinità dei batteri per una fase organica costituita da un idrocarburo modello. Dai risultati ottenuti in questo test (non riportati), sono stati scelti due ceppi modello dalla collezione dei ceppi più performanti, un ceppo con caratteristiche superficiali idrofobiche, *Gordonia amicalis* (Biochar_1) e un ceppo con caratteristiche superficiali idrofiliche, *Pseudomonas stutzeri* (Biochar_8). L'adesione dei due ceppi al biochar è stata investigata nei confronti di 24 diversi Biochar differenti per i feedstock di partenza (*Ricinus communis*, *Camelina sativa*, *Brassica juncea*

e Gusci di anacardo); ii) temperatura di pirolisi (400°C e 600°C); e iii) granulometria (0.5-1 mm, 1-2 mm, 2-4 mm). L'adesione dei ceppi ai Biochar è stata valutata tramite un protocollo che segue i principi del test MATH. Dall'analisi statistica effettuata sui dati ottenuti si evince che l'unico parametro significativo che spiega la variabilità dell'entità di adesione dei due ceppi al Biochar è la biomassa da cui deriva lo stesso. I risultati dell'adesione dei due ceppi ai Biochar prodotti a partire dalle diverse biomasse sono riportati in Figura 2.

Contatti: andrea.franzetti@unimib.it

Integrazione di dati multi-sorgente per la bonifica di un sito storicamente inquinato da solventi clorurati: un approccio geospaziale in 3D

Paolo Ciampi¹, Giulia Felli¹, Damiano Feraud², Marco Petrangeli Papini²

¹Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Roma “La Sapienza”,

²Dipartimento di Chimica – Università di Roma “La Sapienza”

Introduzione e obiettivi di studio

L'identificazione e la delimitazione della sorgente e del pennacchio di contaminazione nel contesto idrogeologico locale sono elementi chiave per interpretare le dinamiche di inquinamento e implementare strategie di bonifica mirate, adattate alle caratteristiche idrogeochimiche e fisiche specifiche del sito. Questo studio presenta un progetto di bonifica per un sito storicamente contaminato da solventi clorurati, concentrandosi sull'identificazione della sorgente di contaminazione, sulla ricostruzione del modello concettuale del sito (MCS) e sulla progettazione della strategia di bonifica. La ricerca integra diverse fonti di dati, tra cui sondaggi geologici, analisi chimiche e investigazioni con tecnologia direct push (MIP), per la ricostruzione e il raffinamento graduale di un MCS multi-sorgente. Questo approccio svela i meccanismi di migrazione dei contaminanti nelle acque sotterranee e guida l'implementazione di una strategia di bonifica in linea con i principi della geologia della bonifica.

Metodologia

Un geodatabase raccoglie informazioni provenienti da 113 sondaggi geologici e 184 punti di monitoraggio delle acque sotterranee, raccolte tra il 2005 e il 2023. Questi dati includono informazioni sui contatti stratigrafici, misurazioni piezometriche e analisi chimiche. Prove idrogeologiche sono state condotte per ottenere i parametri idraulici dell'acquifero. Le indagini con tecnologia MIP hanno fornito profili verticali ad alta risoluzione dei livelli di contaminazione del sottosuolo. Le operazioni di geomodellazione, guidate dal geodatabase, mirano a generare un modello idrogeofisico 3D capace di delineare la sorgente di contaminazione nel contesto stratigrafico, definire i pattern di flusso delle acque sotterranee e i percorsi preferenziali di trasporto influenzati dal gradiente idraulico e dalle discontinuità stratigrafiche del sottosuolo. La modellazione basata sui dati orienta la progettazione di un intervento di barrieramento idraulico virtuale

con pozzi di circolazione delle acque sotterranee (GCW) per intercettare e trattare il pennacchio. Il modello multi-sorgente 3D rappresenta sia il volume della sorgente che l'estensione del pennacchio di contaminazione nello spazio georiferito, con geometrie fortemente influenzate dall'idrogeologia del sito e dalle caratteristiche fisico-chimiche dei contaminanti. La configurazione della barriera virtuale riflette la necessità di impattare il pennacchio di contaminazione originato dalla sorgente identificata tramite la ricostruzione del MCS.

Risultati e conclusioni

Il monitoraggio idrochimico tradizionale, accoppiato con campionamenti multilivello, evidenzia l'intercettazione del pennacchio di contaminazione da parte della barriera di ricircolazione delle acque sotterranee. Lo studio dimostra l'efficacia di questo approccio multi-sorgente nel concettualizzare la distribuzione e la migrazione dei plume di contaminazione originati da sorgenti secondarie nel contesto geologico. I risultati enfatizzano anche il potenziale dei GCW, in una configurazione a barriera, nell'intercettare il pennacchio di contaminazione, mobilitare i contaminanti adsorbiti sulla matrice solida dell'acquifero e decontaminare le acque sotterranee. I risultati contribuiscono a definire un approccio strategico di bonifica sostenibile e basato sui dati per siti contaminati.

Situazioni di criticità ambientale su siti di discarica: aspetti tecnici e normativi

*Elisa Nardi, Francesco Andreotti, Cosimo Palmisano, Enrico Scalchi,
Claudio Numa*

ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione

Introduzione

Il D.lgs. 152/06, ampliando l'azione amministrativa dello Stato alla fase preventiva dei danni ambientali con l'introduzione dell'art. 304, ha dato nuovo vigore alle azioni di prevenzione e controllo sul territorio ad opera del Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente (SNPA) che, anche in applicazione del principio di precauzione stabilito dall'art. 301 del decreto, predispone interventi operativi dello Stato e valutazioni tecnico scientifiche da parte dell'ISPRA, in collaborazione con SNPA, per la prevenzione dei rischi e dei danni ambientali in presenza di situazioni criticità ambientale o di vere e proprie crisi ed emergenze ambientali. In questo contesto, l'ISPRA assicura il supporto tecnico-scientifico al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), al fine di individuare misure di prevenzione e/o mitigazione dei rischi ambientali.

Le richieste, da parte del Ministero, di intervento su situazioni di criticità ambientale legate a discariche di rifiuti speciali non pericolosi (in particolare, le ex discariche di Rifiuti Solidi Urbani - RSU) rappresentano una tra le fattispecie di maggiore rilievo sulla quale si vuole porre l'attenzione nell'intervento proposto.

Metodologia

In Italia, le discariche attive di rifiuti speciali non pericolosi (ex discariche di RSU) sono 117. Tuttavia, non si hanno dati certi sul numero delle discariche amministrativamente chiuse e in gestione post-operativa, né su quelle per le quali è in corso una procedura di bonifica. Le criticità ambientali riscontrate nelle discariche attive e in fase di post-gestione, anche se non sono incardinate in una procedura di bonifica ex parte quarta del D.lgs. 152/06 o non rappresentano situazioni di danno ambientale ai sensi della parte sesta del D.lgs. 152/06, richiedono particolare attenzione per garantire una maggiore efficacia nella prevenzione dei rischi ambientali. Talvolta, queste situazioni costituiscono gravi criticità ambientali che spingono il Ministero a intervenire per valutare il rischio per l'ambiente,

individuare eventuali misure di messa in sicurezza di urgenza, o di prevenzione e/o mitigazione urgenti, e valutare l'insorgenza di una minaccia imminente di danno ambientale e/o danno ambientale ex parte sesta del D.lgs. 152/06. Negli ultimi anni, le criticità ambientali di maggior rilievo, per le quali il Ministero ha dato seguito alle segnalazioni ricevute, sono principalmente riconducibili a fuoriuscite di percolato dall'invaso di discarica attraverso rotture o fessurazioni della barriera impermeabile, fuoriuscite incontrollate di biogas, deterioramento dei teli di copertura e cedimenti strutturali. Le cause di queste criticità ambientali possono variare in gravità ed essere causate da problematiche strutturali, una gestione inadeguata (anche nella fase post operativa), o eventi accidentali. In tali situazioni, l'ISPRA, operando per conto del MASE e in coordinamento con il SNPA, supporta le Autorità competenti territoriali e altri Enti di controllo. Attraverso una crescente sinergia nella scelta delle azioni più efficaci da attuare per superare queste criticità ambientali, l'ISPRA fornisce una valutazione tecnica, basata sugli esiti dell'istruttoria del SNPA, che il Ministero utilizza per avviare o rafforzare l'esecuzione degli interventi di competenza nelle situazioni di maggiore criticità, favorendo il necessario coordinamento tra tutte le autorità coinvolte, per realizzare interventi coerenti e condivisi.

Risultati e conclusioni

Saranno esaminati alcuni casi studio, con l'obiettivo di rappresentare le principali criticità ambientali per le quali il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha attivato l'ISPRA in collaborazione con SNPA.

Una particolare attenzione sarà dedicata agli aspetti relativi alla comunicazione dei gestori dovuta nelle diverse circostanze: al verificarsi di un evento che sia potenzialmente in grado di contaminare il sito oppure all'atto dell'individuazione di contaminazioni storiche che possano ancora comportare rischi di aggravamento della situazione di contaminazione (ex art. 242 D.lgs. 152/06); quando un danno ambientale non si è ancora verificato, ma esiste una minaccia imminente che si verifichi (ex art. 304 D.lgs. 152/06) o quando si è verificato un danno ambientale (ex art. 304 D.lgs. 152/06); in caso di incidenti o imprevisti (art. 29-undecies D.lgs. 52/06).

Prodotti commerciali per il biorisanamento di terreni contaminati da idrocarburi: caratteristiche ed efficacia

Alessandra Suagher¹, Asia Rosatelli¹, Meriam Cheffi¹, Tatiana Stella², Anna Espinoza², Massimiliano Baric³, Ilaria Pietrini³, Luca Serbolisca³, Fiora Bagnato⁴, Federico Villani⁴, Guido Bonfedi⁴, Andrea Franzetti¹

¹Università Milano Bicocca; ²M3R srl; ³Eni DEPLAB/B; ⁴Eni Rewind

Introduzione e obiettivi di studio

Il biorisanamento di terreni contaminati da idrocarburi è una tecnologia efficace ed economica, che sfrutta le capacità metaboliche dei microrganismi di trasformare, degradare, ridurre la tossicità/mobilità dei contaminanti presenti nelle matrici ambientali, offrendo vantaggi significativi rispetto alle tradizionali metodologie chimico-fisiche o allo smaltimento, che comportano spesso l'uso massiccio di reagenti chimici e la produzione di rifiuti pericolosi. Nonostante ciò, le cinetiche di biodegradazione degli idrocarburi possono essere rallentate da tre principali fattori: i) la scarsità di nutrienti; ii) la poca disponibilità del contaminante; e iii) la ridotta presenza di microrganismi autoctoni capaci di mineralizzare gli idrocarburi. Recentemente è aumentata sul mercato la disponibilità di prodotti progettati per superare questi fattori limitanti. Tali prodotti possono essere raggruppati in tre categorie: la prima categoria include sostanze inorganiche e organiche come carbonio, azoto, fosforo e potassio e altri biostimolanti, utilizzate come nutrienti per promuovere la crescita batterica. La seconda categoria si concentra sulla biodisponibilità degli idrocarburi, con prodotti contenenti tensioattivi, sia di origine chimica che biologica, per ridurre la tensione interfacciale ed aumentare la biodisponibilità dei contaminanti. La terza categoria comprende inoculi microbici selezionati per le loro capacità di biodegradazione degli idrocarburi. Alcuni prodotti combinano queste categorie per massimizzare l'efficacia del trattamento. Vista l'ampia disponibilità di prodotti sul mercato, l'obiettivo del presente progetto è quello di sviluppare e applicare una metodologia di caratterizzazione dei formulati commerciali, che guidi la scelta dei prodotti per il trattamento di terreni contaminati da miscele di idrocarburi, consentendo di ottimizzare e ridurre i tempi del trattamento biologico.

Metodologia

Sono state indagate le caratteristiche chimico-fisiche, biologiche e di compatibilità ambientale di 20 formulati commerciali, al fine di valutarne il potenziale applicativo. Aspetti quali la composizione elementare (CNP), la struttura delle comunità microbiche, l'interazione con il terreno e i contaminanti (adsorbimento), le capacità tensioattive (concentrazione critica micellare, emulsificazione - che giocano un ruolo cruciale nell'aumentare la biodisponibilità degli idrocarburi) rappresentano alcuni dei criteri di valutazione. Sono stati approfonditi anche parametri come la fitotossicità e la biodegradabilità dei prodotti. Questi dati sono stati integrati con i risultati di test in microcosmo a scala di laboratorio, eseguiti per valutare l'efficienza e l'efficacia dei prodotti nell'aumentare le cinetiche di biodegradazione degli idrocarburi nel terreno oggetto di studio, proveniente da un sito caratterizzato dalla presenza di idrocarburi pesanti ($C > 12$) nell'ordine dei 6000 mg/Kg.

Risultati e conclusioni

Fase 1 - Caratterizzazione chimica, chimico-fisica e biologica

Attività tensioattiva

dati indicano che tutti i prodotti presentano buoni valori di attività tensioattiva, in termini di abbassamento del valore di tensione superficiale rispetto a quello dell'acqua (72 mN/m). Come si evince dai dati di Diluizione Critica Micellare, cioè la diluizione del prodotto alla quale si ottiene la minima concentrazione necessaria per la formazione di micelle (CMC), quasi tutti i prodotti presentano concentrazioni di molecole con attività tensioattiva molto superiori alla CMC; questo indica che i prodotti possono mantenere la loro attività anche ad elevate diluizioni. La capacità emulsionante è stata valutata tramite test di emulsificazione a 24 h con miscela idrocarburica di gasolio. I valori ottenuti mostrano che solo alcuni prodotti hanno buone capacità emulsificanti (>50%) alla concentrazione pari a $1 \times \text{CMC}$. I dati di tensione superficiale dopo adsorbimento al terreno mostrano che solo una minoranza di prodotti mantiene bassi valori di tensione superficiale dell'acqua dopo contatto col terreno: questo suggerisce che, per la maggior parte dei prodotti, le molecole ad attività superficiale presenti nel formulato vengano adsorbite dal terreno.

Biodegradabilità e fitotossicità

Sono stati indagati aspetti quali la biodegradabilità e la fitotossicità dei prodotti contenenti sostanza organica. La biodegradabilità è stata stimata tramite il rapporto tra BOD5 e COD, mentre la fitotossicità è stata misurata tramite test dell'indice di germinazione di *L. sativum* a seguito

dell'applicazione dei prodotti alla diluizione di utilizzo. Si osserva un comportamento differente tra i prodotti indagati, per entrambi i parametri. È importante considerare congiuntamente questi due aspetti, in quanto il perdurare di effetti fitotossici dovuti al prodotto dipende anche dalla persistenza del prodotto stesso nel terreno

Prodotti contenenti inoculi

Nei prodotti contenenti un inoculo biologico sono stati quantificati tramite PCR quantitativa (qPCR) dei biomarkers per la stima dell'abbondanza batterica totale (gene 16S rRNA) e dei batteri idrocarburoclastici (gene *alkB*). Tale tecnica (qPCR) consente di quantificare specifici gruppi e/o metabolismi microbici. I dati mostrano come i prodotti commercializzati contengano elevate cariche batteriche e che la quantità di batteri con specifiche capacità biodegradative possa variare di due ordini di grandezza.

Fase 2 – Test in mesocosmo

Alcuni dei prodotti caratterizzati sono stati testati a scala di laboratorio per verificarne la capacità di accelerare il processo di biodegradazione degli idrocarburi in terreni contaminati. È stato utilizzato un terreno modello, caratterizzato da una contaminazione di gasolio di circa 6000 ppm, e non avente limitazioni nutrizionali (nutrienti C: N: P superiori al valore guida 100:10:1); il terreno inoltre presenta una elevata carica batterica caratterizzata da una presenza significativa di batteri idrocarburo-degradanti. Dai dati relativi alle costanti cinetiche di pseudo-primo ordine relative alla biodegradazione degli idrocarburi nei mesocosmi trattati con il prodotto alla dose consigliata dal produttore, confrontate con la costante ottenuta nell'esperimento di controllo emerge un comportamento eterogeneo. Alcuni prodotti a base di tensioattivi e/o nutrienti portano a una significativa accelerazione dei processi biodegradativi nelle condizioni sperimentate. Altri prodotti, a base di inoculi batterici e/o tensioattivi non hanno mostrato velocità biodegradative significativamente più alte del controllo, probabilmente per un eccessivo aumento della biodisponibilità di contaminante, e quindi della tossicità. I risultati del monitoraggio microbiologico-molecolare eseguito attraverso analisi di sequenziamento (NGS) e analisi di PCR quantitativa (qPCR) hanno mostrato, infine, che tutti i trattamenti sono efficienti in termini di sviluppo di una comunità batterica altamente selezionata e capace di supportare i processi biodegradativi aerobici degli idrocarburi presenti nella matrice trattata.

I risultati di questo studio mostrano una significativa eterogeneità delle caratteristiche dei prodotti per il biorisanamento attualmente in commercio, che differiscono per le loro proprietà chimico-fisiche e di compatibilità ambientale. Alcuni dei prodotti testati risultano essere dei

potenziali candidati per applicazioni a grande scala per il trattamento di terreni contaminati da idrocarburi.

Contatti: a.suagher@campus.unimib.it

Progettazione sostenibile di un intervento di messa in sicurezza di una discarica

Rodolfo Costa¹, Giulia di Vincenzo¹

¹*Arcadis Italia srl*

Sommario

Il lavoro descrive la progettazione di un intervento di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) di una “discarica controllata cessata”, utilizzata per lo smaltimento degli scarti di produzione della fusione secondaria dell’alluminio. Al fine di limitare la produzione di percolato e di impedire la migrazione della contaminazione riscontrata in falda verso valle idrogeologica è stato progettato un intervento di Messa In Sicurezza Permanente (MISP) della discarica tramite la realizzazione di quattro diaframmi plastici perimetrali da immergere allo strato a bassa permeabilità presente al di sotto dell’acquifero e l’integrazione della copertura superficiale della discarica. A supporto della progettazione è stato realizzato un modello numerico di flusso e trasporto dei contaminanti con lo scopo di verificare l’efficienza dell’opera di MISP, l’effetto provocato dai diaframmi sul sistema acquifero e l’impatto dell’installazione di un pozzo in prossimità dell’ex discarica per l’estrazione delle acque sotterranee a supporto della realizzazione dei diaframmi plastici perimetrali.

Introduzione

Il presente lavoro descrive la progettazione di un intervento di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) di una discarica del Nord Italia.

L’area su cui insiste la discarica nasceva come cava per la coltivazione del materiale argilloso-limoso. Tale attività portò alla formazione di depressioni nel terreno che furono utilizzate per lo smaltimento degli scarti di produzione della fusione secondaria dell’alluminio proveniente da una raffineria locale. La discarica fu inquadrata ai sensi della D.I. del 27/07/84 come discarica di II categoria tipo B ed attualmente si configura come una “discarica controllata cessata”.

Come illustrato nella seguente figura, non tutte le aree alla base della discarica risultavano opportunamente telate; infatti, le aree di smaltimento pregresso e di conduzione transitoria non erano dotate del doppio sistema di impermeabilizzazione di cui era dotata l’area telata.

Strategia di intervento

Al fine di isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e garantire un elevato grado di sicurezza per le persone e per l'ambiente, l'unica soluzione praticabile in termini di sostenibilità tecnico-economica è un intervento di Messa In Sicurezza Permanente (MISP) che comprende l'isolamento definitivo delle fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti tramite la realizzazione di quattro diaframmi plastici perimetrali da immorsare allo strato a bassa permeabilità (Unità Villafranchiana) presente al di sotto dell'acquifero e l'integrazione della copertura superficiale della discarica, consentendo la riduzione significativa della produzione di percolato a partire dall'infiltrazione delle acque superficiali.

Il percolato prodotto dalla discarica (sia quello già stoccato in sito, sia quello che sarà prodotto durante le attività di MISP e quello residuo ad opere ultimate), che risulta attualmente radioattivo, verrà cementato in sito e ricollocato sulla superficie della discarica, in opportune aree dedicate. Questa soluzione è risultata la migliore in termini di sostenibilità; infatti, da un lato verranno ridotte le emissioni legate ad un eventuale trasporto e conferimento ad un impianto di trattamento esterno al sito e dall'altro verranno eliminati i rischi legati ad incidenti e avversità che possono verificarsi durante il trasporto di materiale pericoloso.

Il diaframma perimetrale sarà composto da una miscela plastica autoindurente costituita da un contenuto di acqua pari a circa il 60-70% in peso. Vista la significativa quantità di acqua necessaria alla realizzazione del fango plastico impermeabilizzante sono state condotte una serie di valutazioni tecnico-economiche per verificare le possibilità di accesso alle risorse idriche presenti nel territorio comunale al fine di reperire il volume di acqua necessario a soddisfare le esigenze progettuali.

Escludendo l'ipotesi di allaccio alla rete acquedottistica comunale e lo sfruttamento della risorsa idrica superficiale poiché non sostenibili dal punto di vista tecnico-economico a causa di elevati costi e poiché non adeguati a soddisfare il fabbisogno di acqua necessario alla realizzazione del progetto, la migliore soluzione tra le ipotesi possibili, è risultata quella che prevede l'installazione di un pozzo in prossimità dell'ex discarica per l'estrazione delle acque sotterranee.

Modello idrogeologico di flusso e trasporto dei contaminanti

A supporto della progettazione è stato pertanto realizzato un modello numerico di flusso e trasporto dei contaminanti con lo scopo di verificare:

- l'efficienza dell'opera di MISP e l'effetto provocato dai diaframmi sul sistema acquifero;
- l'impatto dell'installazione di un pozzo in prossimità dell'ex discarica per l'estrazione delle acque sotterranee a supporto della realizzazione dei diaframmi plastici perimetrali.

Tali valutazioni hanno permesso di confermare la fattibilità e l'efficacia degli interventi in progetto.

Contatti: Rodolfo.Costa@arcadis.com, Giulia.divincenzo@arcadis.com

Approccio basato su evidenze multiple per la definizione del Modello Concettuale di un sito di discarica

Arianna Veratelli¹, Lorenzo Savigni¹, Valentina Bardaro¹, Antonio Scaglione², Anna Cozzolino², Paolo Calafà², Roberto Gaveglio², Gianpiero Zaccone², Laura Mancini², Vito Bretti²

¹HERAmbiente S.p.A., ²WSP Italia S.r.l.

Introduzione e obiettivi di studio

Lo studio in oggetto è relativo ad un'area impiantistica ubicata nel Comune di Modena ("Sito"), con un'estensione di circa 7 ha e costituita da diversi impianti, suddivisi in lotti funzionali destinati allo smaltimento di rifiuti urbani (RSU) e rifiuti speciali assimilabili agli urbani o di origine industriale (RSI), quali scorie da incenerimento fanghi ceramici inertizzati, ecc. A decorrere dagli anni '50 del XX secolo l'area è stata interessata da diverse attività di trattamento e smaltimento di differenti tipologie di rifiuti. Il Sito è caratterizzato da un'alta complessità morfologica, sia per i diversi invasi che lo compongono, sia per il fatto di essere attraversato dalla linea ferroviaria alta velocità (TAV), e presenta segnali di una potenziale contaminazione delle acque sotterranee. Il Sito è ubicato in un'area caratterizzata anche dalla presenza di altri siti potenzialmente contaminati per la matrice acque sotterranee.

La contaminazione storica nota prima dell'avvio delle attività di caratterizzazione era relativa a superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione ("CSC") nelle acque sotterranee per i parametri boro, arsenico, solfati, ferro e manganese in diversi piezometri di monitoraggio rappresentativi della falda superficiale e profonda sia interni che esterni al Sito. L'obiettivo delle attività di caratterizzazione è stato di individuare la presenza di potenziali sorgenti di contaminazione e definire il loro possibile impatto sulle acque sotterranee superficiali e profonde, sia internamente che esternamente al Sito.

Le attività di caratterizzazione sono state condotte con la finalità di ricostruire il modello concettuale, ricercando diverse linee di evidenza e applicando approcci complementari in relazione all'elevata complessità dell'area. Questo approccio multifattoriale ha consentito di ottenere una dettagliata e accurata visione dell'area e delle dinamiche dei potenziali fenomeni di interferenza tra il Sito e il comparto idrico sotterraneo e, di conseguenza, di delineare il modello concettuale e individuare le necessarie

azioni di intervento da intraprendere. Nel caso in esame sono state svolte indagini geognostiche, prove idrauliche, prove geofisiche, analisi chimiche e isotopiche e, sulla base dei dati ottenuti, è stata sviluppata una modellazione idrodinamica, un modello geologico 3D e la ricostruzione del contesto idrogeochimico del Sito.

Risultati e conclusioni

La perforazione dei gruppi di piezometri cluster ha confermato la presenza di un acquifero superficiale a bassa permeabilità, sovrastante un acquifero confinato. In corrispondenza di tutti i piezometri profondi installati si osservano livelli di torba talvolta con materiale vegetale, alla profondità compresa tra 18 e 20 m da p.c..

I campionamenti delle acque sotterranee, dell'acqua superficiale di uno specchio d'acqua presente in Sito e dei percolati prelevati dall'intera rete di monitoraggio hanno consentito di ricostruire quanto di seguito descritto.

I costituenti chimici conservativi o quasi-conservativi, ossia cloruro, litio e boro, e la maggior parte dei parametri isotopici, vale a dire ossigeno-18, deuterio, trizio, litio-7, boro-11 e zolfo-34, indicano un possibile impatto da percolato RSI delle acque della falda superficiale. I superamenti delle CSC riscontrati in alcuni pozzi di monitoraggio per il boro e per l'arsenico possono, pertanto, essere ricondotti all'impatto da percolato delle due discariche RSI presenti nel lato sud-orientale del Sito.

Le analisi isotopiche hanno consentito di individuare anche l'assenza di impatto da percolati RSU sulla falda superficiale.

I traccianti chimici ed isotopici mostrano che la falda profonda, che presenta superamenti delle CSC, non è impattata da nessun tipo di percolato.

Il modello idraulico di trasporto e dispersione elaborato per la falda superficiale per i parametri Arsenico e Boro è stato pertanto calibrato considerando come sorgente le due discariche RSI, individuate quali potenziali sorgenti di contaminazione dalle analisi isotopiche, e ha messo in luce che i superamenti per tali parametri nelle acque superficiali dei piezometri interni al Sito e limitrofi alle discariche RSI appaiono correlabili effettivamente a tali sorgenti.

La simulazione del pennacchio di contaminazione ha mostrato anche che i superamenti di Arsenico e Boro nella falda superficiale, rilevati esternamente al Sito, in aree distanti dalle discariche RSI, non sono invece correlabili alle sorgenti di contaminazione individuate.

In considerazione della separazione tra falda superficiale e falda profonda e non avendo individuato mediante le analisi isotopiche sorgenti di

contaminazione per falda profonda, per quest'ultima non è stata effettuata una modellazione del trasporto e i superamenti delle CSC riscontrati sono stati ascritti alla presenza di eventuali sorgenti di contaminazione esterne al Sito e/o alla presenza di valori di fondo naturale e/o antropico. Le valutazioni effettuate saranno verificate in seguito all'esecuzione di una seconda campagna isotopica.

Contatti: laura.mancini@wsp.com

Metodologia per la definizione del modello concettuale definitivo per lo scenario attuale e post-intervento ai sensi del dm 269/2021: un caso studio

Tiziana Busà¹, Giulia Bigoni¹, Jean Pierre Davit¹, Alessandro Poltronieri¹, Renato Baciocchi², Iason Verginelli²

¹ WSP Italia S.r.l., ²Università Tor Vergata

Introduzione e obiettivi di studio

Il DM 269/2021 [1] definisce il modello di istanza da compilare per l'approvazione del documento di AdR sanitaria e ambientale sito specifica e dei contenuti minimi della documentazione tecnica da allegare, relativi ad aree ricadenti all'interno dei perimetri di siti di interesse nazionale.

In particolare, l'Allegato 2, che costituisce parte integrante del decreto, indica che al fine di rendere esaustiva e completa l'AdR sito-specifica è necessario prevedere i seguenti scenari:

1. Scenario attuale: nell'ambito di tale scenario si tiene conto della configurazione del sito al momento dell'elaborazione dell'AdR, considerando il corrente assetto in termini di elementi naturali e/o costruiti (assetto impiantistico, edifici, pavimentazioni, sottoservizi, ecc.) presenti.
2. Scenario destinazione d'uso: in tale scenario, come previsto dall'Allegato 1 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/2006, si tiene conto esclusivamente della destinazione urbanistica del sito al momento dell'Analisi di Rischio.
3. Scenario futuro: si considerano le modifiche all'assetto attuale del sito e delle modalità di fruizione delle aree in base ai progetti edilizi, impiantistici o di riqualificazione autorizzati.
4. Scenario post-intervento: tale scenario è applicabile nel caso di interventi che prevedano la modifica delle condizioni sito specifiche alla base del MCD su cui sono stati impostati gli scenari precedenti. In fase di AdR non dovranno essere dettagliate le specifiche progettuali degli interventi, ma dovranno essere descritti gli elementi di base delle soluzioni che si intendono adottare, quali:
 - tipologia di intervento che si intende applicare (es. bonifica parziale, MISO, MISP);
 - modalità con cui si intende agire sugli elementi del MCD: sorgenti, percorsi, recettori (es. esecuzione di impermeabilizzazioni, rimozione

parziale delle sorgenti, limitazione delle emissioni, immobilizzazione della contaminazione, ecc.);

- tecniche proposte (es. fitostabilizzazione, capping, scavo e smaltimento, ecc.).

Alla luce di quanto sopra riportato, il presente contributo si pone come obiettivo quello di definire una metodologia, applicabile a Siti di grandi dimensioni, per l'acquisizione di dati sito specifici per la costruzione del modello concettuale del sito per gli scenari "attuale" e "post intervento", tramite l'esecuzione di apposite attività in campo.

Risultati e conclusioni

Il presente lavoro si è posto come obiettivo quello di definire una metodologia, applicabile a Siti di grandi dimensioni, per l'acquisizione di dati sito specifici per la costruzione del modello concettuale del sito per gli scenari "attuale" e "post intervento", come previsto dal DM 269/2021.

La metodologia proposta ha permesso di definire, con elevato grado di dettaglio, l'estensione e la tipologia di copertura presente, la presenza ed estensione areale di vincoli, nonché le tipologie di intervento ritenute applicabili, tenuto conto sia della tipologia di contaminazione che della presenza e della tipologia dei vincoli individuati.

Contatti: tiziana.busa@wsp.com

Dimostrazione dell'efficacia del carbonio colloidale Intraplex® per l'immobilizzazione in situ dei PFAS in siti aeroportuali

Dr. Julian Bosch¹, Pier Ludovica Bonicelli¹

¹*Intrapore GmbH*

Introduzione e obiettivi di studio

Presso Intrapore, negli ultimi anni, abbiamo dedicato considerevoli sforzi alla generazione di un nuovo carbone attivo colloidale per la bonifica in situ dei PFAS (sostanze perfluoroalchiliche e polifluoroalchiliche) nelle acque sotterranee. Il nuovo materiale Intraplex®, una generazione innovativa di carbonio colloidale specializzato, è stato sintetizzato mediante un processo di attivazione unico e si distingue per la sua area superficiale specifica, distribuzione delle dimensioni dei pori e capacità di adsorbimento dei PFAS. I risultati hanno mostrato un'area superficiale specifica significativamente più alta e una migliore capacità di adsorbimento rispetto al carbone attivo convenzionale.

Metodologia

Il nuovo materiale è stato in seguito testato in campo in falde acquifere contaminate, dimostrando una riduzione rapida significativa delle concentrazioni di PFAS. Le applicazioni di Intraplex® hanno confermato il potenziale del nuovo carbone attivo colloidale per una bonifica in situ efficiente e economica su questa categoria di inquinanti. In particolare, il materiale ha mostrato un'eccellente performance in grandi siti aeroportuali, dove la contaminazione da PFAS nelle aree di addestramento antincendio è di grande preoccupazione.

Risultati e conclusioni

I risultati hanno mostrato un'elevata efficienza di rimozione dei PFAS e una rapida riduzione delle loro concentrazioni al di sotto dei limiti normativi. Ciò suggerisce che il nuovo carbone attivo colloidale è una soluzione promettente per la bonifica delle acque sotterranee contaminate da PFAS in grandi aeroporti, siti industriali, infrastrutture o militari.

Contatti: julian.bosch@intrapore.com; pier.bonicelli@intrapore.com

Progettazione e conduzione di bonifica da idrocarburi mediante bioremediation con fauna batterica autoctona

***Roberto Canalis¹, Mauro Croci², Simona Di Gregorio³, Niccolò Martini⁴ –
Ambientalink Network***

¹Intergeo Srl, ²Materia 3 srl, ³Biodigressioni srl – Università di Pisa, ⁴Materia 3 srl

Introduzione e obiettivi di studio

Il progetto riguarda la bonifica di un sito contaminato da idrocarburi a seguito dello sversamento nel terreno saturo di Olio Combustibile Denso (OCD) da un serbatoio interrato, soggetto alle correnti galvaniche presenti nel terreno, installato prima della regolamentazione tecnica sul tema, senza vasca di contenimento. Il sito è posizionato in un'area densamente popolata e antropizzata, la quale ha reso necessarie misure di intervento tempestive ed efficaci e non invasive. La scelta innovativa di combinare la tecnica di biosparging-bioaugmentation col barrieramento idraulico è stata dettata dalla necessità di una soluzione integrata, mirata al risanamento della fase insatura del sottosuolo. Tale approccio ha portato ad un risparmio economico importante rispetto ad un approccio classico.

Il processo ha integrato diverse tecnologie, tra cui biosparging, bioaugmentation e trattamento acque di falda, al fine di rimuovere efficacemente gli idrocarburi contaminanti. Queste fasi sono sviluppate su una tempistica massima di 24 mesi e sono state guidate da un attento monitoraggio dei parametri fisici, microbiologici e chimici, che ha consentito un'ottimizzazione costante del processo. L'esperienza del progettista si è basata su approfonditi test di laboratorio condotti sulle matrici ambientali specifiche del sito, fornendo prove concrete dell'efficacia della tecnologia proposta.

Gli obiettivi principali del progetto sono: la riduzione della concentrazione di contaminanti alle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) calcolate nell'Analisi di Rischio (AdR); il contenimento della contaminazione: Implementare un sistema di barrieramento idraulico per controllare il flusso delle acque sotterranee e prevenire la migrazione dei contaminanti al di fuori dell'area di intervento; l'ottimizzazione dei costi e dei tempi di bonifica: Integrare tecnologie avanzate per accelerare il processo di bonifica, mantenendo i costi sotto controllo e garantendo un'efficace gestione del progetto; la minimizzazione dell'impatto ambientale:

Assicurare che le operazioni di bonifica siano condotte in modo da minimizzare l'impatto sull'ecosistema locale, preservando la biodiversità e la qualità dell'acqua e dell'aria.

L'approccio integrato proposto, che combina biosparging-bioaugmentation e barriera idraulica, è stato scelto sulla base di esperienze precedenti del team progettuale in progetti simili e sulla base di prove effettuate in laboratorio, che hanno dimostrato la potenziale efficacia di questa strategia. La progettazione e la realizzazione dell'impianto sono state effettuate considerando le specificità del sito, i livelli di contaminazione e le caratteristiche idrogeologiche, garantendo così un intervento mirato e personalizzato. L'intervento è ancora in corso, nello specifico siamo all'ultima fase del processo inerente il monitoraggio degli effetti delle azioni messe in opera.

Risultati e conclusioni

I risultati preliminari mostrano una significativa riduzione della concentrazione dei contaminanti nelle acque sotterranee e l'abbattimento progressivo del prodotto libero surnatante in falda fino all'eliminazione.

L'integrazione del biosparging con il barriera idraulica ha dimostrato un'efficace azione di contenimento e trattamento del sito contaminato. La scelta dell'impianto e delle modalità di applicazione dell'inoculo ha permesso di ottimizzare i tempi e i costi di bonifica, garantendo al contempo un impatto ambientale minimo. In questa fase, i risultati dei monitoraggi confermano che gli obiettivi di bonifica sono già raggiunti. Alla data attuale, da più di sei mesi, non si rilevano superamenti delle CSR e non è più presente uno spessore misurabile di prodotto libero in falda; si prevede, entro fine anno, la chiusura delle attività di bonifica. Infine, non di secondaria importanza, il successo ottenuto da questo progetto ha permesso una riduzione dei costi per le attività di bonifica.

Contatti: *roberto.canalis@intergeoitalia.it, croci@materia3.it,*
simona.digregorio@unipi.it martini@materia3.it

Metodologia per la valutazione del rischio natech di condotte per il trasporto di fluidi idrocarburici

Iacopo Borsi¹, Michele Bonuccelli¹, Maria Giulia Sotgiu¹, Marcello Mancini², Vito Tonetto², Francesca Polla Mattiot², Alessandro Abolafio², Marcello Pianu², Valentina Raffaele², Daniele Lanzarone², Daniele Corritore³, Stefano Caprinuzzi³, Fabrizio Paolacci⁴

¹TEA Sistemi S.p.A.; ²Eni, ³Safeplant S.r.l., ⁴ Università degli Studi Roma Tre

Introduzione e obiettivi di studio

Nel recente passato è stato documentato come gli eventi naturali possano provocare una serie di conseguenze (incendi, esplosioni, esalazioni tossiche o radioattive, sversamenti di sostanze inquinanti, ecc.) a carico delle installazioni o infrastrutture che processano, stoccano o trasportano materiali pericolosi, fra cui i fluidi idrocarburici. Questo tipo di eventi sono denominati NaTech (Natural Hazards triggering Technological Disasters). L'analisi delle informazioni fornite dalle più importanti banche dati sugli incidenti industriali (ad esempio MARS della Commissione Europea, MHIDAS in Gran Bretagna, ARIA in Francia) ha permesso di dimostrare che circa il 3-4 % degli eventi incidentali accaduti in siti industriali sono causati dall'impatto di eventi naturali. Fra questi, negli ultimi anni hanno acquisito una crescente importanza quegli eventi collegati al cambiamento climatico, siano essi di tipo idrologico/idrogeologico (alluvioni, frane) che meteorologico (allagamenti dovuti a piogge intense, fulminazioni, vento forte e tornado).

Questa tendenza implica la necessità, anche per gli operatori del settore energetico, di dotarsi di strumenti di analisi come valido strumento di supporto alla redazione di piani di emergenza adeguati ad affrontare eventi naturali di questo tipo, con lo scopo sia di salvaguardare il personale l'ambiente e la salute delle persone residenti nelle aree esterne agli impianti stessi.

Seguendo questo approccio, a partire dal 2019, Eni S.p.A. si è posta come obiettivo quello di sottoporre molti dei suoi siti e impianti a studi di analisi di rischio NaTech, contesto nel quale si colloca il presente studio, che riguarda la definizione di una metodologia per l'analisi quantitativa del rischio NaTech di condotte per il trasporto di fluidi idrocarburici.

Risultati e conclusioni

Il presente studio propone specifiche linee guida per l'analisi rischio NaTech per ognuno dei due livelli prima richiamati, con riferimento ai seguenti eventi naturali: sisma, alluvioni e frane, considerando anche la diversa casistica di posizionamento della condotta (interrata o non interrata). A corredo di questo, sono stati riassunti in quadro sinottico i metodi e i software utili per condurre le analisi, dandone anche una classificazione in base al livello di accuratezza fornita e alla tipologia dei dati input richiesti. Entrambi i livelli di analisi sono stati applicati a casi studio significativi.

La metodologia di Livello 1 è stata applicata efficacemente a due oleodotti di Eni, con la quale sono state identificate le tratte di condotta più significative rispetto agli eventi NaTech, e con particolare riferimento al pericolo frane.

La metodologia di Livello 2 è invece stata applicata ad un caso pilota, che utilizza dati realistici che non sono tuttavia relativi un caso specifico di condotta. Nonostante ciò, l'esercizio ha permesso di validare la metodologia e di identificare il tipo di dati, le informazioni e le risorse necessarie per l'applicazione della metodologia proposta.

Riconoscimenti

Lo studio qui presentato è stato interamente finanziato da Eni S.p.A.

Contatti: iacopo.borsi@tea-group.com

Fitoestrazione di Nichel mediante *Helianthus annuus*

Ada Cristina Ranieri^{1,2}, Gianfranco D'Onghia^{3,8}, José Alberto Herrera-Melián⁴, Francesca Ranieri⁵, Luigi Lopopolo³, Sarah Gregorio³, Antonio Uricchio^{6,7} and Ezio Ranieri^{3,*}

¹Politecnico di Bari, Dipartimento Interateneo di Fisica, Bari, Italy; ²Università Internazionale Telematica Uninettuno, Roma, Italy; ³Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie ed Ambiente, Bari, Italy; ⁴ University Institute of Environmental Studies and Natural Resources (i-UNAT), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, Spain; ⁵Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Economia, Management e Territorio; ⁶ANVUR, Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca, Roma, Italy; ⁷Università degli Studi di Bari, Dipartimento Jonico in "Sistemi Giuridici ed Economici del Mediterraneo: società, ambiente, culture. Taranto, Italy; ⁸Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare Co-NISMa, Italy (Dlgs 152/2006).

La contaminazione ambientale dovuta ai metalli pesanti presenta rischi significativi per gli ecosistemi e la salute umana. Il fitorisanamento offre una soluzione promettente. Questo studio valuta il potenziale di *Helianthus annuus* per la fitoestrazione del nichel e la sua tolleranza. Il Nichel rilasciato dalle attività umane viene emesso sotto forma di ossidi, solfuri, composti solubili e, in misura minore, come nichel metallico. La maggiore presenza di composti di Nichel nell'aria deriva dalla combustione di combustibili fossili. La contaminazione da Nichel comporta rischi sostanziali sia per l'ambiente che per la salute umana. Il Nichel può accumularsi nel suolo e nell'acqua, con effetti negativi sugli ecosistemi e sulla biodiversità. Nelle piante, concentrazioni eccessive di Ni causano clorosi e necrosi, a causa dell'interruzione dell'assorbimento e del metabolismo del Ni. La tossicità del Ni nelle piante interferisce con la crescita attraverso l'inibizione delle radici e l'interruzione di processi essenziali come la fotosintesi e l'assorbimento dei nutrienti. Altera la struttura del cloroplasto, compromette le attività enzimatiche e induce stress ossidativo, riducendo

la resa delle colture. Il trasporto dell'acqua viene compromesso, aggravando la disidratazione. L'impatto del Ni sulla salute e sulla produttività delle piante richiede urgenti strategie di mitigazione. Gli esperimenti di laboratorio condotti hanno valutato la crescita, la tolleranza, l'assorbimento e la distribuzione del nichel nell'*Helianthus annuus* in condizioni controllate. Lo studio dimostra che l'*Helianthus Annuus* mostra diversi gradi di tolleranza a diverse concentrazioni di Ni, con implicazioni per il suo potenziale come agente di fitorimediazione. I risultati indicano che all'aumentare delle concentrazioni di Ni nell'ambiente, aumentano anche l'assorbimento e l'accumulo di Ni nei tessuti vegetali, in particolare nelle radici. Nei test di tolleranza, c'è una correlazione più robusta tra la concentrazione di Ni e gli effetti osservati solo alla concentrazione di 150 mg/kg, suggerendo la presenza di una soglia di tolleranza tra 150 e 75 mgNi/kg di Ni. Tuttavia, la capacità della pianta di traslocare e accumulare Ni diminuisce a concentrazioni più elevate, suggerendo una limitazione nella sua capacità di fitorisanamento. I fattori di traslocazione per 75 mgNi/kg e 150 mgNi/kg di concentrazione nella portata sono stati calcolati come 0,69 e 0,58 rispettivamente. Nel frattempo, i fattori di bioconcentrazione per le stesse concentrazioni sono risultati rispettivamente pari a 1,39 e 1,32. Il confronto con studi precedenti evidenzia la variabilità dei fattori di traslocazione e bioconcentrazione del Ni, indicando l'influenza delle condizioni sperimentali e dei fattori ambientali sulle risposte delle piante. Sebbene il nostro studio mostri risultati promettenti per la capacità di *Helianthus annuus* di tollerare e accumulare Ni, sono necessarie ulteriori ricerche per elucidare i meccanismi sottostanti e ottimizzare il suo uso nelle strategie di fitorisanamento. Identificando i limiti e il potenziale dell'*Helianthus annuus* nel mitigare la contaminazione da Nichel, questo studio informa gli sforzi futuri per affrontare l'inquinamento ambientale e proteggere gli ecosistemi e la salute umana.

Keywords: Inquinamento; Suolo; Bioconcentrazione; Traslocazione; Tolleranza.

Emails: cristinaranieri4@gmail.com; gianfranco.donghia@uniba.it; francesca.ranieri@unifg.it; luigi.lopopolo@uniba.it; presidente@anvur.it; ezio.ranieri@uniba.it;

Hydro Fern – exploiting *Pteris vittata* hyperaccumulator features to remove As from contaminated water

Davide Marzi¹, Maria Luisa Antenzio¹, Laura Passatore¹, Leonardo Latilla¹, Andrea Conte², Patrizia Brunetti¹

¹ *Istituto degli Ecosistemi Terrestri – Consiglio Nazionale delle Ricerche (IRET-CNR), Monterotondo Scalo (Rome), Italy*

² *FUTURECOLOGIES srl, Climate Art Project and Andreco Studio, Rome, Italy*

Background

Climate change is threatening global freshwater availability and increasing the risk of heavy metal (HMs) contamination. Due to the high costs and by-products linked to chemical/physical filtration, sustainable and cost-effective approaches are needed. Phytoremediation is Nature Based Solutions (NBS) used for the removal of contaminants from soils and groundwater. The fern *Pteris vittata* has been exploited for arsenic (As) remediation in soils, but remediation of water has been underestimated. Monitoring of As accumulation in plants is a limiting step for phytoremediation, since main detection protocols include plant tissue destruction. We developed a non-invasive microXRF-based technology, enabling a fast tracking of As content in vivo over time. In parallel, we identified Candidate Marker Genes (CMGs) expressed during As uptake, allowing the prediction of As accumulation in ferns. Thus, our goal is to develop an efficient phytoremediation strategy to remove As from water using *P.vittata*.

Objective and Results

Preliminary results were obtained using naturally contaminated groundwater provided by Talete spa from Varano water well in Nepi (Viterbo), characterized by 50-60 µg/L As. *P.vittata* plants showed increased As removal efficiency over multiple de-arsenification cycles in hydroponic culture systems, decreasing As concentration below 10 µg/L (law limits) from seven to one day. Data collected so far is being exploited to develop a phytodepuration prototype - HYDRO FERN

(patent No. 102021000021266 granted on 29/09/2023) - within the framework of Programma AMICO 2 CNR – UVR PoC 2022 – PNRR. The prototype is designed as a vertical modular structure with interconnected

pipes housing *P. vittata* plants. Water circulates through the pipes allowing the plants to absorb arsenic (As) via roots and accumulate it in their leaves. Currently, we are optimizing and standardizing *P. vittata* growth conditions, in order to maximize HYDRO FERN's dearsenification efficiency. A proof-of-concept prototype containing 8 ferns is being tested to assess the dearsenification rate over time in subsequent cycles. In addition non-invasive monitoring and expression of As-related CMGs will be evaluated.

Conclusions and future perspectives

HYDRO FERN is a versatile tool that offers the possibility of growing plant species selected for phytoremediation of various contaminants, in a scalable module that allows their removal from different types of water such as rainwater, wastewater and industrial waste.

HYDRO FERN could address both domestic and industrial needs, providing an alternative to chemical/physical filters. Ongoing studies aim to develop a circular economy model by recovering and valorizing As-contaminated biomass.

Keywords: Pteris Vittata, phytoremediation, water de-arsenification, Arsenic monitoring, modular prototype, HYDRO FERN

Contatti: davide.marzi@cnr.it , patrizia.brunetti@cnr.it

Aknowledgment and Funding:

I risultati presentati sono stati ottenuti nell'ambito del progetto "HYDRO FERN" del Programma AMICO 2 di CNR – UVR sostenuto dalla misura PoC 2022 – PNRR del Ministero delle Imprese e del Made in Italy – UIBM finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU" e con il supporto di Talete spa, info@taletespa.eu

II. La gestione efficiente delle risorse idriche

I consumi idrici nelle raffinerie e le potenzialità del Water Reuse per fronteggiare la crisi idrica alla scala Nazionale

Geneve Farabegoli¹, Federico Blesi², Maria Cortese², Paola Giorgioli², Chiara Giuliani², Simona Spuri²

*¹ Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)
(Geneve Farabegoli), ²ISPRA*

Le raffinerie di petrolio in Italia svolgono un ruolo cruciale nell'industria energetica del paese, trasformando il greggio in prodotti petroliferi come benzina, diesel e altri derivati. Con le crescenti pressioni ambientali, in particolare la scarsità idrica, il settore della raffinazione sta esplorando nuove modalità per diventare più sostenibile e meno impattante sull'ambiente. Le raffinerie risultano infatti, tra le industrie maggiormente idroesigenti; notevoli quantità d'acqua sono utilizzate per il raffreddamento, la raffinazione, la pulizia delle attrezzature ed i sistemi antincendio.

Il Water Reuse, inteso come il riuso dell'acqua proveniente dagli impianti di affinamento delle acque reflue, nonché delle acque di falda trattate, può contribuire a far fronte alla scarsità idrica riducendo la pressione sui corpi idrici. Le acque, una volta depurate, vengono riutilizzate principalmente come acque industriali di processo e di raffreddamento, per la produzione di acqua demineralizzata e acqua antincendio. Tutto questo sotto la spinta degli strumenti normativi, quali la legislazione nazionale relativa all'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e ai Best Available Techniques Reference Document (BREFs), ai sensi della direttiva 2010/75/UE.

Sul territorio italiano sono attualmente attive 13 raffinerie, di cui 2 bioraffinerie; nel 2023 il quantitativo medio di acqua consumata è stato di circa 46.000.000 m3 che corrisponde a poco meno di 6.000.000 m3 al netto dell'acqua di mare, impiegata per il raffreddamento e l'antincendio e restituita al corpo recettore con 2 caratteristiche qualitative pressoché equiparabili al momento del prelievo.

Di questi consumi l'apporto maggiore deriva dalle acque di recupero, circa il 34%, che comprendono tutte le acque recuperate e preventivamente trattate in impianti esterni o interni all'installazione; seguono le acque di falda con il 31%, le acque superficiali (corsi d'acqua e bacini idrici naturali o artificiali) con il 20% ed infine le acque provenienti da acquedotti industriali con il 15%.

Il rapporto tra i consumi idrici al netto dell'acqua di mare e le tonnellate di materia prima lavorata per ognuna delle installazioni, nell'arco temporale di un anno, è un utile indicatore che fornisce informazioni in riferimento alla sostenibilità della produzione in termini idrici. In linea generale, 6 raffinerie su 13 mostrano un rapporto al di sotto dell'1 che denota un comportamento virtuoso in termini di consumi.

Le raffinerie sono spesso oggetto di attività di bonifica della falda e in particolare dei 13 impianti di raffinazione, 9 sono all'interno di un Sito di Interesse Nazionale (SIN).

Sei raffinerie riutilizzano all'interno del processo le acque di falda mediante impianti dedicati di Trattamento Acque di Falda (TAF), mettendo in atto un sistema integrato di risanamento ambientale delle acque sotterranee contaminate. La percentuale media di acque riutilizzate, proveniente dagli impianti TAF, corrisponde a circa il 28% dei consumi idrici. Nell'ottica di un'attenzione sempre maggiore all'utilizzo di fonti alternative di approvvigionamento della risorsa idrica, esempi virtuosi sono rappresentati da quelle raffinerie che beneficiano della combinazione tra TAF e altri sistemi di recupero delle acque, in grado di coprire in media 30% del proprio fabbisogno idrico, con punte fino al 60 % in taluni casi, con un conseguente minore impatto sulla risorsa idrica locale.

Keywords: Consumi idrici, Raffinerie, Scarsità idrica, Trattamento Acque di Falda (TAF), Water Reuse

Contatti: geneve.farabegoli@isprambiente.it,
federico.blesi@isprambiente.it , maria.cortese@isprambiente.it,
paola.giorgioli@isprambiente.it , chiara.giuliani@isprambiente.it,
simona.spuri@isprambiente.it

I dati della legge 464/84 come supporto alla gestione delle acque sotterranee.

Fabio Pascarella^{1,2}, Danilo D'Angiò², Daniela Delogu², Gennaro Maria Monti², Valentino Colantoni²

¹ ISPRA (speaker),² Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Abstract

La Legge 4 agosto 1984, n. 464 “Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale”, è stata istituita con evidenti finalità conoscitive sulla struttura del sottosuolo nazionale. La norma prevede che l' *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale* (ISPRA) acquisisca le informazioni relative alla realizzazione di indagini dirette nel sottosuolo (pozzi, scavi e perforazioni), con profondità superiore ai 30 metri rispetto al piano di campagna o di lunghezza superiore ai 200 metri nel caso di gallerie. La banca dati collegata costituisce la base scientifica essenziale per una migliore comprensione dell'intero territorio nazionale, fondamentale per promuovere una cultura basata sulla conoscenza del sottosuolo anche a supporto dell'individuazione e della gestione sostenibile delle risorse idriche. Difatti, le centinaia di migliaia di elementi stratigrafici ed idrogeologici ricevuti sono stati informatizzati ed inseriti nell'Archivio Nazionale delle Indagini nel Sottosuolo, gestito dal Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia di ISPRA, i cui dati sono liberamente consultabili attraverso apposito portale *web*.

È del tutto evidente che questi dati possono costituire una base scientifica per affrontare le sfide ambientali legate alla risorsa acqua ed in particolare alla gestione delle acque sotterranee. Essi, infatti, possono aiutare i comuni e i numerosi enti coinvolti nel tema ad approfondire la conoscenza del territorio di propria competenza relativamente sia all'assetto idrogeologico sia alle potenziali possibilità di approvvigionamento idrico, finalizzato a usi diversi e in linea più generale alla gestione delle risorse idriche e quindi anche delle acque sotterranee.

A titolo di esempio la declinazione del concetto di “città spugna”, che prevede di trasformare gli spazi urbani in sistemi capaci di assorbire, filtrare

e gestire l'acqua in modo naturale ed efficiente, non può prescindere da una conoscenza dell'assetto idrogeologico alla cui definizione possono certamente contribuire i dati raccolti attraverso quanto previsto dalla Legge 464/84.

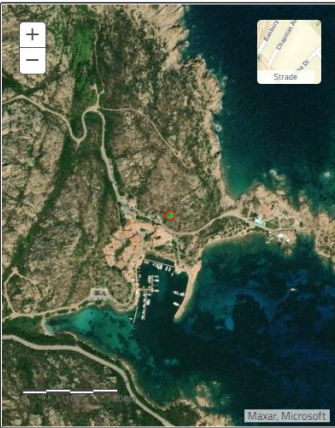
Al momento attuale, il database raccoglie circa 150.000 pratiche relative a perforazioni che interessano l'intero territorio nazionale seppure con numeri anche molto differenti da regione a regione (mattura 1).

La maggior parte di queste sono finalizzate all'approvvigionamento idrico ma anche ad altri fini, quali: piezometro, sonda geotermica verticale, dispersore anodico, sondaggio ambientale, inclinometro, pozzo drenante, assestimetro in foro, pozzo di ventilazione, ecc.

Per la stragrande maggioranza delle perforazioni (circa 94%) è disponibile la stratigrafia che specie negli ultimi anni è redatta da un geologo.

La profondità massima alla quale si spingono le perforazioni è pari a 1129 metri dal piano campagna mentre la profondità media è pari a circa 95 metri.

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Stampa	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Dati generali</p> <p>Codice: 170777 Regione: SARDEGNA Provincia: OLBIA-TEMPIO Comune: LA MADDALENA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 160,00 Quota pc sim (m): 25,00 Anno realizzazione: 2000 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 0,040 Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 2 Longitudine WGS84 (dd): 9,427936 Latitudine WGS84 (dd): 41,259550 Longitudine WGS84 (dms): 9° 25' 40,57" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 15' 34,38" N</p> <p>(*): Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	60,00	60,00	160

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	50,00	50,00	0,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/2000	40,00	ND	ND	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	10,00	10,00		GRANITO ARENIZZATO
2	10,00	160,00	150,00	PALEOZOICO	GRANITO BIOTITICO A CONSISTENZA LITOIDE DI COLORE ROSATO ATTRAVERSATO DA FILONI BASICI (LAMPROFIRI)

Figura 1: esempio di scheda perforazione estratta dal portale.

I dati disponibili nel portale del Servizio Geologico (<http://portalesgi.isprambiente.it/it>) per ogni singola perforazione sono relativi a: regione, provincia, comune tipologia, profondità, quota, anno di realizzazione, numero diametri, presenza di acqua, portata massima, portata di esercizio, numero di falde, numero di filtri, numero piezometrie, stratigrafia, coordinate.

Keywords: Legge 464/84, acque sotterranee, perforazioni, piezometri, falda (5 keywords)

Contatti: fabio.pascarella@isprambiente.it

Monitoraggio ad alta risoluzione dei residui di pesticidi nelle matrici acquose

Annamaria Ragonese¹, Mariangela Triozzi¹, Vito Felice Uricchio¹, Carmine Massarelli¹

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione – UdR “Ambiente e Territorio”, Bari

Abstract

I prodotti fitosanitari (insetticidi, acaricidi, erbicidi, nematocidi, fungicidi, fitoregolatori e repellenti) sono tipi di pesticidi utilizzati per combattere organismi nocivi, parassiti e malattie, preservare i prodotti vegetali, oppure distruggere o impedire la crescita di piante indesiderate. Il Rapporto Nazionale pesticidi nelle acque redatto a cura dell'ISPRA, illustra l'impatto derivante dall'uso dei pesticidi sulle acque superficiali e sotterranee in Italia. Questo rapporto analizza la diffusione territoriale e l'evoluzione temporale, mostrando un aumento, negli anni, di numero di riscontri nelle determinazioni analitiche. Se da un lato le proprietà chimiche e fisiche dei pesticidi determinano il loro destino ambientale, dall'altro lo sviluppo ed il miglioramento continuo dei metodi di determinazione analitica (LLE estrazione liquido-liquido, SPE estrazione in fase solida) accoppiato all'utilizzo di strumentazione analitica all'avanguardia ne permette il loro rilevamento prima della loro degradazione in ambiente.

Le tecniche analitiche più utilizzate per l'analisi qualitativa e quantitativa sono **Gascromatografia accoppiata a spettrometria di massa (GC-MS, GC-MS/MS, HRMS, ecc)** per pesticidi volatili e termicamente stabili come IPA (idrocarburi policiclici aromatici), PCB (policlorobifenili), ad esempio benzo(a)pirene, DDT, DDD, DDE e **Cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa (LC-MS, LC-MS/MS, UHPLC)** per i pesticidi con strutture con strutture più polari, bassa volatilità e termolabili, principalmente erbicidi, carbammati, fungicidi, ad esempio glifosato e AMPA.

Le attività di monitoraggio analitico, accoppiate all'individuazione di stagionalità e spazialità dei ritrovamenti sono utili informazioni per l'adozione di strategie per ridurre il loro utilizzo come agricoltura sostenibile sviluppo di alternative come prodotti biologici o naturali.

Keywords: prodotti fitosanitari, pesticidi, gascromatografia, cromatografia liquida

Contatti: annamaria.ragone@ba.irsa.cnr.it

Water quality monitoring in the Apulian Region: data processing preliminary results from pesticide residues program in the surface water bodies.

Caterina Rotolo¹, Erminia Sgaramella^{1*}, Nicola Ungaro¹, Carmine Massarelli², Vito Felice Uricchio², Claudia Campanale³, Rosangela Colucci⁴, Daniela Pagliarulo⁴, Andrea Zotti⁴

¹*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Puglia (ARPA Puglia), Bari, Italy*

² *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione – Udr “Ambiente e Territorio”, Bari, Italy*

³*Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Salute (ISS), Roma, Italy*

⁴*Regione Puglia, Dipartimento Bilancio, Affari Generali e Infrastrutture - Sezione Risorse Idriche, Bari, Italy*

Abstract

In 2018, the Apulia Region approved and launched a specific Program for the monitoring of pesticide residues in the Apulian groundwater and surface water bodies (*sensu* WFD - Water Framework Directive). The Program was planned with the aim to define an integrated and regional monitoring system, according to the territory characteristics at local scale, and based on relevant chemical substances most used in the different areas. The selection of pesticides to be investigated in the water bodies was carried out taking into account the risk estimation for the environment and human health also. In detail, the choice of pesticide residues was based on: land use at local scale (agriculture, etc.); substances mostly used at local scale; eco-toxicological properties of the different substances; pesticide sales data; just available data on monitoring of pesticides in food and waters. Criteria and indices for the prediction of chemical exposure were also considered.

A total of 171 substances, and 2 summations, are included in the pesticide residues monitoring list; for each monitoring point, a site-specific analytical profile was identified. Most of the selected substances belong to the phytoiatric categories of herbicides, fungicides and insecticides, each one equally represented (about 28%); the categories of metabolites, acaricides, plant growth regulators, nematicides and repellents or unclassified

products are included in the remaining 16% of the investigated substances (LG SNPA No.14/2018).

The pesticide residues monitoring network in the surface water bodies actually consists of 98 stations, located in rivers (No.38), lakes/reservoirs (No.6), transitional waters (No.15) and coastal waters (No.39). Each point is monitored every three months. Water sampling is in charge of ARPA Puglia, while analytical determinations are carried out in ARPA Puglia and CNR laboratories in Bari.

Main results of monitoring carried out in 2018, 2020 and 2021 are reported below.

According to the whole monitoring period considered, the Italian law limit of 1 µg/l related to the sum of pesticides (Total Pesticides) was exceeded in 7 rivers (corresponding to 13 water bodies) and 1 reservoir, while it was never exceeded in transitional and coastal water bodies, except for one coastal site during the year 2021. Overall, more than 50% of the monitored sites highlighted a concentration of Total Pesticides ≤0.1 µg/l; in more than 17% of monitored points any residue was detected (Total Pesticides = 0).

As regard the monitoring years 2020 and 2021, the highest average concentration of Total Pesticides was detected in both the years during 3rd trimester (from July 1th to September 30th), while the highest number of recorded substances was found during 4rd and 1st trimester (from October 1th to March 31th), highlighting a seasonal trend of pesticides in surface water bodies.

Keywords: Apulia Region, pesticides, surface water bodies, water quality, monitoring

Contatti:* e.sgaramella@arpa.puglia.it

Programma d’Azione Nitrati: elemento chiave nella protezione dell’ambiente

Annamaria Ragonese¹, Maria Silvia Binetti¹, Carmine Massarelli¹, Andrea Zotti², Rosangela Colucci², Daniela Pagliarulo², Vito Felice Uricchio¹

¹Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), Bari

²Sezione Risorse Idriche della Regione Puglia

Abstract

Il Programma d’Azione Nitrati (PAN) è un insieme di misure e strategie fondamentali per la gestione dei fertilizzanti azotati nelle Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZVN) di origine agricola, in coerenza con i contenuti della Direttiva Nitrati (91/676/CEE) e s.m.i. La Regione Puglia ha adottato la Proposta del Terzo Programma d’Azione Nitrati, sviluppato in collaborazione con il CNR-IRSA, che tiene conto delle caratteristiche geografiche e idrologico-ambientali del territorio. La proposta di Programma regionale prevede la trattazione organica di tutte le tipologie di utilizzazione agronomica che apportano nutrienti al suolo e che quindi incidono sul rischio di dilavamento e lisciviazione sulle risorse idriche superficiali e sotterranee all’interno delle Zone Vulnerabili ai Nitrati, mettendo a sistema in un unico documento le disposizioni derivanti dai diversi strumenti attuativi regionali (utilizzo agronomico degli effluenti di allevamento; delle acque reflue provenienti dalle aziende di cui all’articolo 101 comma 7, lettere a), b) e c) del d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152; del digestato; delle acque di vegetazione e delle sanse umide; delle acque reflue recuperate per usi irrigui ai sensi del D.M. 185/03; dei concimi azotati e ammendanti organici di cui al d.lgs. n.75/2010; dei fertilizzanti fosfatici di cui al d.lgs. n.75/2010).

Un aspetto innovativo di questo programma è l’individuazione di misure integrative, finalizzate a perseguire il raggiungimento degli obiettivi di tutela dall’inquinamento da nitrati di origine agricola nell’ambito del quadro più ampio degli obiettivi ambientali fissati con riferimento all’adattamento ai cambiamenti climatici, alla transizione ecologica e all’economia circolare.

In sintesi, il PAN della Regione Puglia è un elemento chiave nella protezione ambientale, adottando un approccio rigoroso e scientifico per gestire l’uso dei fertilizzanti azotati e proteggere le acque superficiali e sotterranee dall’inquinamento da nitrati.

Keywords: piano d’azione nitrati, puglia, zone vulnerabili ai nitrati

Nuovo sistema di valutazione tecnico-economica della gestione delle acque nelle installazioni industriali attraverso i paradigmi ESG

Pierpaolo Albertario¹, Geneve Farabegoli²

¹ Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (speaker),² ISPRA

Abstract

Questo articolo illustra un nuovo sistema di valutazione integrata nella gestione delle acque nelle installazioni industriali, secondo un approccio derivante dalla gerarchia delle 3R: riduzione, riuso e recupero.

Le acque di approvvigionamento si possono suddividere in sorgenti primarie e secondarie, laddove le prime sono acque che provengono dalle cosiddette acque dolci, mentre le seconde sono le acque derivanti da processi di riuso o riutilizzo.

L'indice relativo alle sorgenti primarie descrive la dipendenza nell'approvvigionamento idrico dall'esterno dell'impianto ed il grado di attingimento dalle acque dolci.

La riduzione dei consumi idrici deve essere la scelta primaria nella gestione delle acque nell'ambito di politiche di produzione e di consumo ecosostenibili. Usare una quantità minore di acqua per le varie fasi di processo e ridurre l'attingimento da risorsa idrica, tramite tecnologie più efficienti risulta la soluzione più sostenibile.

Si può calcolare quindi l'indice di riduzione come acqua risparmiata rispetto al totale dell'acqua utilizzata nell'installazione.

Il riuso della risorsa idrica, invece, può avvenire o attraverso un sistema *water-reuse* gestito all'interno dell'installazione oppure in un consorzio di depurazione industriale.

Inoltre, nel caso della presenza di un sistema di recupero, oltre alla depurazione delle acque reflue, vengono anche recuperati dei possibili prodotti che possono avere ancora utilità per il sistema economico.

L'indice di efficienza dell'impianto di recupero, pari alla differenza tra i ricavi ed i costi del sistema, indica la capacità che ha l'installazione di autosostenersi attraverso i benefici derivanti dal recupero.

Vengono messe a sistema variabili di tipo fisico con variabili di tipo economico al fine di valutare la convenienza economica e ambientale (valutazione costi-benefici).

Le informazioni così ottenute, attraverso l'utilizzo di appositi indici, possono aiutare i gestori ad individuare potenziali economie ed inefficienze di sistema.

Il prezzo pagato per l'attingimento dalla fonte di acque dolci risulta ad oggi molto basso rispetto al costo per il riuso-riutilizzo. La convenienza maggiore si ottiene invece con il recupero di prodotto. Questo determina, insieme alla mancanza di specifici interventi normativi ed incentivi economici, una scarsa propensione del settore industriale a ridurre e riusare l'acqua.

Per tale ragione sarebbe auspicabile che il prezzo di attingimento da acque dolci fosse comprensivo dei prezzi ombra, relativi alla salvaguardia della matrice acqua per le generazioni future (variabile sociale). I prezzi ombra enucleano anche i danni economici dovuti ad eventuali perdite ecosistemiche della matrice acqua in un dato territorio.

Quindi risulta fondamentale anche una valutazione sito specifica.

Si possono così introdurre sistemi cogenerativi capaci di gestire in maniera integrata la matrice acqua mediante variabili fisiche-economiche appartenenti al settore pubblico (responsabile della salvaguardia delle risorse per le generazioni future) e privato, in grado così di generare economie di sistema capaci di auto-finanziare l'eco-innovazione industriale (prima¹ e seconda² legge di finanza circolare).

Quindi in una logica ESG (Environmental, Social and Governance) questo strumento permette di valutare le prestazioni della gestione idrica di un'installazione industriale in maniera esaustiva ed efficace.

Keywords: ESG, finanza circolare, prezzi ombra, risorsa idrica, sistemi cogenerativi

Contatti: pierpaolo.albertario@isprambiente.it,
geneve.farabegoli@isprambiente.it

¹https://www.procedia-esem.eu/pdf/issues/2016/no1/1_Albertario_16.pdf

²http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol20/no10/Full/1_187_Pierpaolo_21.doc.pdf

L'applicazione della spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FTIR) per la caratterizzazione delle microplastiche (5 – 2 μm)

Annamaria Ilacqua¹, Paola Cantalice¹

¹*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), Bari*

²*Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Salute (ISS), Roma, Italy*

Il termine microplastiche è stato coniato nel 2004 e descrive le piccole particelle di plastica delle dimensioni tra 1 μm e 5 mm. Queste possono essere suddivise in due categorie in base alla loro origine: *microplastiche primarie*, rilasciate direttamente nell'ambiente e derivanti dal lavaggio dei capi sintetici, dai prodotti per la cura del corpo, dall'abrasione dei pneumatici; *microplastiche secondarie*, prodotte dalla degradazione di oggetti di plastica più grandi. Inoltre, è possibile classificarle anche in base alla loro morfologia: *frammento*, porzione di plastica dura con contorno sub circolare, angolare o sub angolare; *foglio*, porzione di plastica morbida rotta di forma angolare o sub angolare; *filamento*, se di forma allungata; *foam*, se ha forma sferoidale e consistenza morbida; *granulo*, se ha forma sferica irregolare o liscia, ma di consistenza dura; *pellet*, se ha forma cilindrica, ovoidale, discoidale, sferuloide o piatta.

La quantità di microplastiche presenti nei mari è in aumento, con conseguente danno per gli ecosistemi e la salute umana proprio a causa delle ridotte dimensioni di queste particelle, risulta perciò importante individuarne la composizione chimica e in futuro valutare quale categoria sia più abbondante.

A tal fine, il presente studio ha portato alla caratterizzare le microplastiche raccolte presso la spiaggia del Lido Morelli ad Ostuni (Sud Italia, Regione Puglia) tramite l'infrarosso a trasformata di Fourier (FTIR), che permette di riconoscere i gruppi funzionali all'interno delle molecole sia organiche che inorganiche e di confrontare gli spettri di molecole ignote con quelli di molecole note presenti nelle banche dati. Il vantaggio dell'FTIR è che non necessita di grandi quantità di materiale, che nel caso delle microplastiche è in alcuni casi una condizione necessaria, essendo frammenti anche di pochi μm . Tuttavia, vi è un limite, quale quello di poter analizzare solo la

superficie del campione, che in alcuni casi rende impossibile l'individuazione della composizione chimica, in quanto i pellets sono ricoperti da incrostazioni dovute alla permanenza nell'ambiente, soprattutto per quei frammenti che a lungo sono rimasti in quello acquatico.

Le particelle sono state raccolte manualmente dalla sabbia e successivamente setacciate per avere quelle di dimensioni minori di 5 mm, che quindi rientravano nella categoria microplastiche, per la maggior parte in forma di pellets. Successivamente i campioni sono stati analizzati con Nicolet Summit FTIR (ThermoFisher Scientific) dotato di una lastra diamantata Everest ATR. Gli spettri IR di assorbimento sono stati registrati tra 4000 e 400 cm^{-1} con una risoluzione spettrale di 4 cm^{-1} e 32 scansioni per spettro. Il background è stato misurato con le stesse impostazioni, ma verso l'aria, in seguito sono stati misurati gli spettri dei campioni posizionandoli sulla superficie del diamante della cella a compressione. Quindi gli spettri di assorbimento sono stati acquisiti con il software OMNIC (ThermoFisher Scientific) e confrontati i picchi con gli spettri di polimeri noti presenti nella banca dati. I risultati hanno portato all'identificazione di tre polimeri: polietilene, polipropilene e polivinilcloruro. Inoltre, si è apprezzata una differenza tra i picchi di assorbimento di riferimento e quelli dei campioni, dovuta proprio all'invecchiamento naturale dei pellets esposti agli UV e agli agenti atmosferici.

Keywords: microplastiche, FTIR, acque marine, infrarosso

Email: annamaria.ilacqua@ba.irsa.cnr.it

Biorecupero di rame da acque industriali mediante biofilm microbici

Alice Melzi, Milena Colombo, Sarah Zecchin, Lucia Cavalca

Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente (DeFENS), Università degli Studi di Milano

Introduzione e obiettivi di studio

L'esposizione a metalli pesanti può avere effetti cronici sulla salute umana e sull'equilibrio ecologico. A differenza dei contaminanti organici, i metalli pesanti non sono biodegradabili e si accumulano negli organismi viventi, causando effetti tossici, cancerogeni, mutageni e teratogeni. Al fine di prevenire l'introduzione di metalli pesanti in ambiente, le normative europee e nazionali impongono efficaci trattamenti delle acque reflue al fine di ridurre al minimo la concentrazione di metalli pesanti in soluzione. Inoltre, per inserirsi in un contesto di Economia Circolare, i metalli pesanti rimossi dalle acque reflue dovrebbero essere riutilizzati come materia prima nei processi industriali o per ottenere sottoprodotti di alto valore. Una delle sfide che i processi industriali si pongono è il raggiungimento di una bassa impronta idrica insieme alla conversione dei rifiuti in nuovi prodotti al fine di creare opportunità innovative per i settori industriali nell'ottica di una economia circolare. A livello europeo è stato compiuto lo sforzo di attuazione della strategia UE 2020 e, in particolare, la Impact Assessment Road Map del 2014 è strettamente correlata all'obiettivo chiave della direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) e della sua quarta attuazione WFD COM (2015)0210 che è il raggiungimento di un buono stato di salute tutti i corpi idrici in Europa.

Per la rimozione dei metalli pesanti dalle acque reflue galvaniche, riscontrano sempre più interesse biotecnologie innovative ed ecocompatibili basate sullo sfruttamento del bio-adsorbimento e da parte di batteri (Zanetti et al., 2022). La capacità cellulare di adsorbire metalli pesanti si basa sulla presenza di sostanze polimeriche extracellulari (EPS) e su reazioni enzimatiche.

Sulla base di questi presupposti e in linea con i concetti di Economia Circolare, Fondazione CARIPLO ha finanziato il progetto Heavy Metal Bio-recovery and Valorization -HMBV- (<https://sites.unimi.it/hmbv/>), che ha l'obiettivo di sviluppare una biotecnologia innovativa ed ecologica basata

sullo sfruttamento del bio-adsorbimento e delle reazioni enzimatiche dei batteri per la rimozione dei metalli pesanti dalle acque reflue galvaniche.

Risultati e conclusioni

Il ceppo *Serratia plymuthica* As3-5a(5) era caratterizzato da produzione di EPS (90 mg g⁻¹ p.s.) e dalla capacità di formare biofilm in grado di adsorbire rame.

Come determinato mediante analisi NMR dello strato EPS, i monosaccaridi prevalenti erano mannosio e ramnosio (Melzi et al., 2024). Nel sistema planctonico con cellule non proliferante, il ceppo rimuoveva fino al 92% di Cu(II) da una soluzione 200 mg L⁻¹ e il 30% dalle acque di recupero secondario di galvanica contaminate da Cu (30 mg L⁻¹). Il desorbimento del metallo ottenuto con acido nitrico 0,1 M era dell'ordine del 50%.

In diversi sistemi basati su biofilm, il ceppo As3-5a(5) ha mostrato rimozioni di Cu(II) entro un tempo di contatto di 4 minuti: 42% su sfere di alginato di calcio, 55% su substrato di perlite da giardinaggio e 92% su sfere di vetro sinterizzato. Nei sistemi di colonne con sfere di vetro sinterizzato, il biofilm As3-5a(5) ha rimosso il 92% di Cu(II) in soluzione.

Il ceppo *Serratia plymuthica* As3-5a(5) è promettente per lo sviluppo di un sistema basato su biofilm per eliminare i metalli pesanti dalle acque reflue industriali, sebbene futuri esperimenti ottimizzeranno il processo anche in bioreattori su larga scala. Lo studio dei complessi EPS-metallo permetterà di valorizzare questo rifiuto industriale in un quadro di economia circolare.

Riconoscimenti

Ricerca finanziata da Fondazione CARIPLO-Circular Economy 2020, prog. num. 1069-2020 "Biorecupero e valorizzazione dei metalli pesanti-HMBV", con il contributo del progetto PSR 2021 Linea 6 1H_HUB. A. Melzi è titolare di una borsa di dottorato di ricerca presso l'Università degli Studi di Milano - Dottorato in Sistemi Alimentari.

Contatti: lucia.cavalca@unimi.it

Trattamento innovativo di 18 milioni di litri di acque di falda contaminate da PFAS con un impatto ambientale inferiore del 98%

Mariangela Donati¹, Marcello Carboni², Gareth Leonard³

¹ *Regenesis, Italy (speaker)*, ² *Regenesis, Italy*, ³ *Regenesis, UK*

In tutto il mondo, elevati volumi di acque sotterranee sono stati contaminati da sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS). Questi “forever chemicals” sono noti per essere dannosi per la salute umana e per l’ambiente, e per il loro trattamento vengono fissati obiettivi di bonifica sempre più stringenti.

I metodi tradizionali di bonifica prevedono l’estrazione delle acque di falda e processi di filtrazione/distruzione, operazioni note come “Pump and Treat”. Ciò risulta estremamente inefficiente in quanto è difficile raggiungere obiettivi bassi e se l’impianto viene spento le concentrazioni dei contaminanti hanno un rebound causato dalla retrodiffusione. Pertanto questi sistemi dovranno funzionare a lungo termine, utilizzando carburante, elettricità, attrezzatura per la manutenzione e portando la contaminazione in superficie esponendo a rischi ulteriori recettori. L’entità della contaminazione da PFAS su scala globale comporta che la bonifica delle falde utilizzando questi processi ad alta intensità energetica può comportare un notevole aumento delle emissioni di gas serra.

Un approccio alternativo e passivo di contenimento del plume PFAS impiega l’installazione in situ di un innovativo carbone attivo colloidale (CAC) liquido nell’acquifero contaminato da PFAS. Il composto liquido comprende particelle di carbone attivo da 1-2 µm sospese in acqua utilizzando agenti disperdenti. Il liquido viene iniettato in falda, diffondendosi e rivestendo la matrice solida dell’acquifero con un sottile strato di carbone attivo per creare un filtro sotterraneo, che adsorbe la contaminazione da PFAS.

Ciò potenzia la ritenzione dei PFAS nel suolo e riduce drasticamente il trasporto dei contaminanti. Il risultato è una riduzione significativa e a lungo termine delle concentrazioni e la protezione della falda e dei recettori a valle, come corpi idrici superficiali. Una volta applicato, non vi è alcun consumo di energia, nessun rifiuto viene portato in superficie, e non provoca alcun impatto o aumento del rischio per le comunità locali.

In un aeroporto nel Regno Unito, un plume contaminato da PFAS fuoriusciva dal confine del sito impattando un torrente a valle. Un filtro sotterraneo CAC lungo 110 metri è stato applicato al confine del sito, immediatamente a valle dell'area di addestramento antincendio da cui proveniva la contaminazione. È stato effettuato un confronto sulla sostenibilità comprendente costi, impatto ambientale e una valutazione della sostenibilità per il CAC e un sistema di Pump & Treat equivalente con due diversi approcci di filtrazione.

In primo luogo, è stato completato uno studio di analisi del ciclo di vita (LCA) sull'approccio CAC per mostrare gli impatti ambientali nella produzione, spedizione e applicazione del prodotto. È stata completata un'analisi del costo del ciclo di vita (LCCA) utilizzando il valore attuale netto. Infine, è stata completata una valutazione di sostenibilità di Livello 2 utilizzando il modello SURE di Ramboll, basato su 15 indicatori di sostenibilità e confrontato per ciascun approccio di bonifica.

Lo studio ha dimostrato che, rispetto ai sistemi alternativi di Pump & Treat, il filtro sotterraneo CAC aveva un'emissione di CO₂ equivalente inferiore del 98%, un costo inferiore del 65% ed era più sostenibile del 100%. Il filtro sotterraneo CAC ha dimostrato di essere immediatamente efficace e in solo un anno dall'installazione ha trattato oltre 18 milioni di litri d'acqua attraverso la filtrazione passiva a basso impatto.

Keywords: PFAS; sostenibilità; in situ; carbone attivo colloidale; Pump & Treat

Contatti: mdonati@regenesi.com , mcarboni@regenesi.com ,
gleonard@regenesi.com

CONSTANCE: COntrollo iNtelligente e geSTione Automatizzata per il trattameNto di aCque rEflue

Luca Luccarini¹, Flavio Cortesi²

¹ENEA TERIN ICER CROSS (speaker),² DELTOS srl

Il presente lavoro descrive le funzionalità di CONSTANCE, un sistema finalizzato alla gestione intelligente e il controllo automatizzato di impianti di depurazione brevettato da ENEA, già installato, testato e funzionante sulla linea 2 dell'impianto municipale del comune di Granarolo dell'Emilia e installato ed appena avviato sulla linea 1 dell'impianto municipale del comune di Ravenna.

CONSTANCE garantisce il miglioramento dell'efficienza energetica del sistema di aerazione, responsabile mediamente di circa il 60% dei consumi energetici, e dell'efficienza del processo di rimozione di azoto totale e COD e, al fine di ridurre i costi di realizzazione e rendere l'installazione economicamente sostenibile anche sugli impianti piccoli, utilizza sensori robusti ed economici per la misura di segnali indiretti, quali pH e potenziale redox (ORP).

CONSTANCE acquisisce i segnali di pH, ORP e ossigeno disciolto (DO) nelle vasche di processo e, tramite adeguate politiche di gestione intelligente e logiche di controllo, regola la portata del compressore d'aria e della pompa di ricircolo interno e, potendo stimare in tempo reale il carico in ingresso, in termini di rapporto COD/TN, garantisce:

- una consistente diminuzione dei consumi regolando la portata d'aria con un controllore PID sulla misura dell'ossigeno disciolto (DO) a set-point variabile, secondo la quantità di carico stimata in ingresso.
- un'elevata efficienza dei processi di rimozione azoto e COD, modulando opportunamente la portata della pompa di ricircolo della miscela areata in funzione dello stato del processo di denitrificazione e del rapporto COD/TN in ingresso, tramite un controllore fuzzy.

Per l'analisi dati, la modellazione del sistema e l'implementazione delle politiche decisionali sono utilizzate tecniche di machine learning e sistemi basati su fuzzy logic.

L'installazione del sistema, presentato in fig. 1, è semplice e richiede i seguenti passaggi:

1. Installazione dei sensori per la misura di pH e ORP in vasca anossica e di pH e DO in vasca di ossidazione.

2. Installazione di inverter per la variazione della frequenza dei compressori e della pompa di ricircolo miscela areata.
3. Installazione del PC industriale su cui è installato il controllore e implementazione della comunicazione con il PLC dell'impianto.
4. Avviamento di CONSTANCE in modalità acquisizione dei dati di test sui quali verificare ed eventualmente adattare il modello generale del sistema. Raggiunta la stabilità operativa e tarati i parametri sul funzionamento specifico dell'impianto, CONSTANCE entra nella sua fase di esercizio ordinario.

Ad oggi CONSTANCE sta funzionando sulla linea 2 dell'impianto di Granarolo dell'Emilia, avente una potenzialità di 3325 AE, ottenendo buoni risultati, avendo raggiunto un risparmio energetico di circa il 30% sui consumi del compressore d'aria. Inoltre, è stato installato ed avviato sulla linea 1 dell'impianto di depurazione del comune di Ravenna capoluogo avente capacità di 120.000 AE e una portata media di 60000 m³/d ed i primi risultati saranno presentati a breve.

Pensato per essere installato soprattutto sugli impianti medio-piccoli (fino a 20.000 AE), sui quali, per non aumentare i costi operativi, spesso non è prevista alcuna installazione di strumentazione o sistemi di controllo a causa del loro alto costo, CONSTANCE con l'installazione di Ravenna ha dimostrato di potere essere applicato efficacemente anche agli impianti di taglia grande.

Keywords: Machine learning, Sistemi intelligenti, Trattamento acque reflue, Efficienza energetica, Automazione e controllo

Contatti: luca.luccarini@enea.it , mail2@icloud.com , mailN@outlook.com

III. Le opportunità dell'economia circolare ed i nuovi paradigmi di sviluppo

EMAS and Circular Economy: Good practices

Mara D'Amico¹, Bertrand Capra¹ Annamaria Caputo¹, Barbara D'Alessandro¹, Renata Pacifico¹, Valeria Tropea¹, Silvia Ubaldini¹

¹ISPRA

The Community Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) is the voluntary environmental management tool to support all types and sizes organisations improving their environmental performance. To obtain the benefits of EMAS registration, they must take 8 steps:

1. Environmental Analysis
2. Environmental policy
3. Environmental Program
4. Environmental Management System
5. Internal Environmental Audit
6. Environmental Statement
7. Verification and Validation of the Environmental Statement
8. Registration.

The EMAS Environmental Statement and the Performance Indicators are a very effective tool to define a circular model in any type of organization, while responding to the three most important sustainability today challenges: efficient use of resources, climate change, corporate social responsibility.

Conscious of their environmental impacts, constantly EMAS Organizations act to increase the environmental efficiency of their production system, introducing technologically innovative systems and adopting transparency in the communication of their environmental performance.

Therefore, EMAS registered companies also establish themselves as a fundamental element within the "National Strategy for the Circular Economy" which intends to define the new tools to strengthen the market of secondary raw materials, acting on the material purchasing chain (CAM), on producer responsibility and on the role of the consumer, on the dissemination of sharing practices and "product as a service".

It is now clear that there is an urgent need to take action to reduce emissions and combat the effects of climate change. New plans and programmes have been defined at EU level to support the transition to circular models and the "National Strategy for the Circular Economy" is a

fundamental tool for achieving climate neutrality objectives by defining a roadmap of actions and measurable targets between now and 2035.

The European Commission has adopted the document "Moving towards a circular economy with EMAS" to demonstrate how EMAS-registered organisations operate according to the principles of the circular economy. The 5 points for which EMAS is the perfect partner for this economic transition are identified:

- 1) Measure resource efficiency through the identification of Key Indicators (energy efficiency, material efficiency, water, waste, biodiversity, emissions, other indicators).
- 2) Ensure continuous improvement and promote innovation.
- 3) Involve employees to gather new ideas and create a dialogue with stakeholders (suppliers, neighboring companies, local communities, authorities).
- 4) Anticipate legislative and strategic trends.
- 5) Provide transparent and credible information to all interested parties, including the Authorities, through the environmental statement.

EMAS Regulation Art. Article 46 suggests the use of Sectoral Reference Documents (DRS) developed by the European Commission to identify and promote best practice in environmental management.

The DRS have been developed only for some production priority sectors, at European level, however they can be adopted across all others and can be taken as a reference for all organizations, even those not registered with EMAS.

Keywords: (5 keywords) (EMAS, Circular Economy, Sectoral Reference Documents, Environmental indicators, Environmental statement)

Contact: renata.pacifico@isprambiente.it,
annamaria.caputo@isprambiente.it, mara.damico@isprambiente.it

Stakeholder Engagement in PROMISCES: un co-workshop per identificare e valutare barriere e soluzioni per un'adeguata gestione del percolato di discarica caratterizzato dalla presenza di PFAS

Maria Grazia Asci¹, Paolo Crocetti¹, Giancarlo Cecchini¹⁻², Alessandro Frugis², Giulia Sagnotti², Marco Lazzazzara², Massimiliano Sgroi³, Ali Hydar³, Elisa Blumenthal³, Anna Laura Eusebi³, Francesco Fatone³

¹ SIMAM S.p.A. – Gruppo Acea, Senigallia (Italia)

² Acea Infrastructure, Gruppo Acea S.p.A., Roma (Italia)

³ Dipartimento di Scienze ed Ingegneria della Materia, dell'Ambiente ed Urbanistica - SIMAU, Università Politecnica delle Marche, Ancona (Italia)

Il problema della contaminazione delle sostanze per-e polifluoroalchiliche (PFAS) e dei loro effetti sulla salute umana è oramai rilevante in tutto il mondo e prioritaria è la ricerca di soluzioni per prevenire e trattare tale inquinamento.

I PFAS sono composti altamente bioaccumulanti rilevati in varie matrici ambientali, persino nel sangue e siero umano. Tale problematica ha carattere globale e numerosi studi e ricerche in merito sono in corso, tra cui il progetto europeo PROMISCES (<https://promisces.eu/>), finanziato nell'ambito di Horizon 2020 per contribuire al raggiungimento degli obiettivi del Green Deal europeo e del piano d'azione dell'Economia Circolare. Uno degli obiettivi del progetto è quello di aumentare la circolarità delle risorse, superando le barriere associate alla presenza dei PFAS nel sistema suolo-sedimenti-acqua.

All'interno di PROMISCES, l'Università Politecnica delle Marche con la collaborazione di SIMAM e Acea Infrastructure, entrambe del Gruppo Acea, sta portando avanti la sperimentazione su destino e rimozione dei PFAS per il trattamento del percolato di discarica al fine di individuare la soluzione tecnologica ottimale per la rimozione dei PFAS da tale matrice e per il trattamento del concentrato (mediante trattamento termico finalizzato alla partizione o completa distruzione di tali composti).

Oltre alle sfide tecnologiche, in PROMISCES sono portate avanti attività orientate all'identificazione delle principali barriere che potrebbero ostacolare la definizione finale e la realizzazione di quanto rilevato nella fase di studio e sperimentazione. A tale proposito è stato organizzato da RIVM, DECHEMA, UNIVPM e Acea Infrastructure un co-creation workshop

(Aprile 2024) a cui hanno partecipato vari stakeholder interessati a vario titolo alla gestione del percolato di discarica (tra cui SIMAM coinvolta come technology provider). E' stato svolto un processo di co-progettazione con l'obiettivo di raccogliere i diversi punti di vista, rilevando i principali aspetti del problema ed esplorando possibili soluzioni per il superamento delle barriere, ragionando anche sul livello di priorità. Le barriere sono state raggruppate nelle seguenti categorie: normativa, ambientale, tecnica, sociale, economica/finanziaria e salute pubblica.

Alcuni esempi di potenziali soluzioni identificate includono la limitazione dell'utilizzo di PFAS nell'industria a favore di nuove molecole meno impattanti, usando anche leve economiche e/o sistemi di certificazione ed implementando un'etichettatura dei prodotti. Sicuramente prioritaria anche la necessità di avere dei limiti normativi per i PFAS negli scarichi, definire programmi e metodologie chiare di monitoraggio e linee guida per condurre analisi di rischio. L'organizzazione di sessioni formative a vari livelli sulla tematica (sia di approfondimento tecnico e normativo che di informazione pubblica) risulta di fondamentale importanza per il superamento delle barriere. I risultati del co-creation workshop saranno riportati in 2 deliverables (uno con focus sul processo di co-creazione e l'altro sui risultati del workshop).

Con riferimento alla necessità di avere delle best practices, PROMISCES, congiuntamente ai progetti europei ZeroPM e SCENARIOS, sta portando avanti un processo per lo sviluppo delle prassi di riferimento sul tema dei PFAS (CWA su "Soil-sediment-water system - Solutions to deal with PMT/vPvM substances" sviluppato secondo la linea guida CEN-CENELEC Guide 29).

Riconoscimenti

Si ringraziano Floris Naus (RIVM), Dominique Narain-Ford (RIVM), Kaitlyn Carter (DECHEMA) e Millaray Sierra (DECHEMA) per la creazione della metodologia utilizzata durante il co-creation workshop. Si precisa che RIVM and DECHEMA hanno anche predisposto il materiale per il workshop (sito web, testo dell'invito, survey) e stanno analizzando gli outcomes raccolti nell'ambito del workshop stesso.

Il progetto PROMISCES è finanziato dal Programma H2020 dell'Unione Europea (H2020/2014-2020) nell'ambito del Grant Agreement n° 101036449.

Keywords: PFAS, economia circolare, Green Deal, sostenibilità, CWA

*Contatti: m.asci@simamspa.it, alessandro.frugis@aceaspa.it;
f.fatone@staff.univpm.it*

Incubatori e economia circolare: un nuovo paradigma di sviluppo per le imprese del futuro

Davide De Nicolò¹, Anna Ressa², Valerio Palasciano³

¹ Chief Project Officer TecnoPolis (speaker), ² Project Manager TecnoPolis, ³ Project Manager TecnoPolis

Gli incubatori d'impresa offrono supporto, risorse e networking alle start-up per facilitarne crescita e sviluppo e per trasformare idee innovative in realtà commerciali.

Tradizionalmente, gli incubatori forniscono spazi di lavoro, consulenza professionale, formazione, accesso a finanziamenti e opportunità di networking. Con l'avvento dell'economia circolare, gli incubatori stanno adottando nuovi modelli di sviluppo e sistemi di efficientamento delle risorse, diventando ecosistemi di innovazione che promuovono la sostenibilità aziendale e l'economia circolare.

Gli incubatori che adottano, dunque, principi di economia circolare rappresentano un nuovo paradigma di sviluppo imprenditoriale sostenibile. Tale approccio strategico si basa sui principi del riciclo, del riuso, della riduzione dei rifiuti, dell'eco-design e della scelta sostenibile delle risorse. Gli incubatori possono integrare questi principi nelle loro operazioni quotidiane e nei modelli di supporto alle start-up, offrendo un ambiente propizio per lo sviluppo di future imprese sostenibili.

Gli incubatori che adottano i principi dell'economia circolare offrono numerose nuove opportunità per le start-up. L'accesso a risorse circolari facilita, ad esempio, il reperimento e l'utilizzo di materiali riciclati e sostenibili, riducendo i costi di produzione e l'impatto ambientale. I servizi di formazione e consulenza specializzati in economia circolare, aiutano le start-up a sviluppare nuovi modelli di business sostenibili. Favorire la collaborazione tra start-up per sviluppare soluzioni innovative che abbraccino i principi dell'economia circolare, permette di creare sinergie e progetti comuni.

TecnoPolis è un esempio virtuoso di incubatore che promuove tale modello e, incoraggiare la sua diffusione, può portare a benefici ambientali, economici e sociali di vasta portata.

Tecnopolis supporta le start-up attraverso progetti innovativi e iniziative sostenibili: un esempio concreto è il progetto di cooperazione IPA Adrion “GREENSMES” - di cui Tecnopolis è Leader Partner - che offre programmi di capacity building e opportunità di collaborazione basati sulla green economy e sull’economia circolare.

Le start-up supportate da Tecnopolis ottengono, inoltre, risultati significativi in termini di sostenibilità ambientale, crescita economica e innovazione.

Gli incubatori che adottano un approccio di economia circolare offrono numerosi benefici a vantaggio della rigenerazione ambientale, attraverso la riduzione dei rifiuti e l’uso efficiente delle risorse naturali, contribuendo a preservare l’integrità degli ecosistemi.

Vi sono anche altri vantaggi economici, come la creazione di nuove opportunità di business e la riduzione dei costi operativi grazie all’uso di materiali riciclati e modelli di business sostenibili.

Questo modello favorisce la nascita di imprese innovative che possono adattarsi meglio alle sfide future e alle esigenze di un mercato sempre più orientato alla sostenibilità.

Keywords: Incubatore, Sostenibilità, Start-up, Economia circolare, Innovazione

Contatti: d.denicolo@tno.it, a.ressa@tno.it, v.palasciano@tno.it

Le opportunità dell'economia circolare ed i nuovi paradigmi di sviluppo

Emanuela Fiucci¹, Laura Di Giovanni²; Vincenzo Piscitelli³

¹ CNR-INM ²CNR-UCP ³CNR-IRSA

L'economia circolare, nata nel '60 con il contributo di Kenneth E. Boulding e sviluppatasi nel 1976 con il rapporto "The Potential for Substituting Manpower for Energy", si propone di allungare la vita dei prodotti e di ridurre la produzione di rifiuti. Questo concetto, basilare nell'Unione Europea dove si generano oltre 2,5 miliardi di tonnellate di rifiuti all'anno, si è diffuso in Italia dagli anni 2010. Nel 2015, la Commissione Europea ha adottato un Piano d'Azione che ha influenzato le politiche nazionali. La Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, ampliata nel 2017, coinvolge la società civile sin dalle fasi iniziali, promuovendo la raccolta di contributi e suggerimenti. L'obiettivo è di creare prodotti composti da materiali riutilizzabili alla fine del loro ciclo di vita, promuovendo la condivisione, il riutilizzo, la riparazione e il riciclo.

L'economia circolare contrasta con il modello lineare basato sull'uso e lo smaltimento di risorse, contribuendo a ridurre il consumo di materiali, a generare meno rifiuti e ad abbattere le emissioni di CO₂. Ciò porterà a una riduzione della pressione sull'ambiente, a una maggiore sicurezza delle materie prime, a un aumento della competitività e dell'innovazione, con un previsto incremento del PIL del 0,5% e la creazione di 700.000 nuovi posti di lavoro entro il 2030.

I consumatori trarranno benefici dall'acquisto di prodotti più durevoli e innovativi, contribuendo al risparmio e al miglioramento della qualità della vita. La Commissione Europea ha presentato un piano d'azione a marzo 2020 per promuovere una nuova economia circolare, mirando a prodotti più sostenibili e alla riduzione dei rifiuti, dando maggior potere ai cittadini attraverso, ad esempio, il diritto alla riparazione.

Nel febbraio 2021, il Parlamento Europeo ha adottato una risoluzione per una transizione verso un'economia circolare entro il 2050, con obiettivi vincolanti per il 2030 riguardanti l'uso e l'impronta ecologica dei materiali. Nel marzo 2022, la Commissione Europea ha pubblicato il primo pacchetto di misure per accelerare questa transizione, proponendo prodotti sostenibili e coinvolgendo i consumatori nella transizione verde, oltre a strategie per tessili sostenibili.

In Italia, con il DM 259/2022, è stata approvata la Strategia nazionale per l'economia circolare, che stabilisce obiettivi e azioni da intraprendere entro il 2035. Temi strategici sono l'ecodesign, il riutilizzo e la riparabilità dei prodotti, mentre la gestione dei rifiuti e l'end of waste sono affrontati nella fase finale. Gli obiettivi principali comprendono la creazione di un mercato per le materie prime secondarie, il potenziamento della responsabilità estesa del produttore e lo sviluppo di una fiscalità favorevole all'economia circolare.

Nel novembre 2022, la Commissione Europea ha proposto nuove regole sugli imballaggi per promuovere un miglioramento del design, l'introduzione di etichettature chiare e il sostegno al riutilizzo e al riciclo.

Il 6° rapporto del Circular Economy Network 2024 ha comparato le performance di circolarità delle principali economie dell'Unione Europea utilizzando per la prima volta, gli indicatori della Commissione europea: produzione e consumo, gestione dei rifiuti, materie prime seconde, competitività e innovazione, sostenibilità ecologica e resilienza. L'Italia si è confermata al primo posto nella classifica con 45 punti, seguita dalla Germania, Francia, Polonia e Spagna. Siamo primi per il tasso di riciclo dei rifiuti.

Keywords: Ciclo di Vita, Riutilizzo, Strategia Nazionale, DM 259/2022

Contatti: emanuela.fiucci@cnr.it, laura.digiovanni@cnr.it,
vincenzo.piscitelli@cnr.it

Il Parere del Comitato Europeo delle Regioni sul “Ruolo degli Enti Locali e Regionali nella Transizione verso un'Economia Circolare”

Michele Chieco¹

¹ *Consiglio regionale della Puglia - Sezione Studio e Supporto alla Legislazione e alle Politiche di Garanzia, Bari*

Abstract

Il Comitato Europeo delle Regioni (CoR)³ riunisce rappresentanti regionali e locali dell'Unione europea. È un organismo politico consultivo, composto da 329 membri titolari, ed altrettanti supplenti, provenienti dai 27 Stati membri dell'UE. Esprime posizioni in merito a nuove iniziative, strategiche o legislative, che hanno un impatto sulle regioni e sulle città. Si stima che il 70 % di tutta la legislazione dell'UE si riverberi direttamente sulle realtà locali⁴, questo fornisce un'idea dell'importanza della rappresentanza di tali realtà che, attraverso il Comitato, contribuiscono al policy-making comunitario in modo diretto e formalizzato.

Le attività del CoR si ripartiscono su sei commissioni specializzate, che operano su progetti di parere e di risoluzione afferenti alle iniziative pubblicate dalla Commissione europea. Il CoR, inoltre, può adottare posizioni in merito a un determinato tema, sotto forma di parere d'iniziativa. Tali atti, una volta approvati in Commissione, vengono sottoposti all'approvazione del Comitato in seduta plenaria.

A seguito della richiesta della presidenza belga del Consiglio dell'Unione europea il CoR, tra le diverse iniziative del 2024, ha elaborato un parere sul tema “Il ruolo degli enti locali e regionali nella transizione verso un'economia circolare” (titolo originale “The role of local and regional authorities in the transition towards a circular economy”)⁵. Relatrice del Parere è stata Loredana Capone, membro del Comitato e Presidente del Consiglio regionale della Puglia, che si è avvalsa, tra l'altro, delle competenze di un esperto presente nelle Strutture del Consiglio regionale e di un esperto nominato dal CoR a Bruxelles. L'iniziativa è stata assegnata alla Commissione ENVE (Environment, Climate Change and Energy). La relatrice ha elaborato il progetto di parere e lo ha presentato per la

³ <https://cor.europa.eu/it>

⁴ <https://cor.europa.eu/it/about/Pages/default.aspx>

⁵ <https://cor.europa.eu/EN/our-work/Pages/OpinionTimeline.aspx?opId=CDR-709-2024>

discussione, l'emendamento e l'adozione in Commissione ENVE. Il Comitato, inoltre, ha effettuato consultazioni con stakeholder di settore⁶. Il testo è stato successivamente emendato, presentato, discusso ed approvato all'unanimità - risultato di grande rilievo - nella sessione plenaria del 19 e 20 giugno 2024. Il Parere approvato è stato quindi inviato a tutte le istituzioni dell'UE.

Attraverso il Parere il Comitato, in sintesi:

- sottolinea il valore positivo dell'economia circolare non solo dal punto di vista ambientale, perché consente di risparmiare materie prime e produrre meno rifiuti, ma anche, in termini sociali e territoriali, di aumento dell'autonomia strategica dell'UE e quindi di riduzione della dipendenza da importazioni di prodotti e risorse primarie, rendendo i nostri territori e il nostro modello di crescita più sostenibili, competitivi e resilienti, senza lasciare indietro nessuno e nessun luogo;
- evidenzia come la maggior parte delle politiche del Green Deal dell'UE richiedano attuazione a livello locale e regionale, il che esercita una forte pressione sulle capacità delle realtà territoriali di coinvolgere e responsabilizzare le imprese locali, le comunità e la società civile;
- avverte che il passaggio da un'economia lineare ed estrattiva a un'economia circolare e rigenerativa richiederà un significativo investimento, in un momento in cui città e regioni segnalano risorse finanziarie insufficienti, ciò impone l'attenta elaborazione delle strategie di finanziamento;
- osserva che molti Stati membri dell'UE riconoscono già il potenziale di decarbonizzazione dell'economia circolare ed il vantaggio in termini di adattamento ai cambiamenti climatici derivante dalla riduzione del consumo di risorse naturali. Tuttavia, né nei piani di economia circolare, né nei piani nazionali per il clima e l'energia sembra esserci stretta coerenza nel modo di valutare l'impatto delle misure di circolarità sulla mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici;
- sottolinea l'importanza di criteri obbligatori nei c.d. "appalti circolari" per creare migliori condizioni per l'utilizzo della leva dell'investimento pubblico come catalizzatore per l'economia circolare;
- riconosce la necessità di integrare meglio le strategie di bioeconomia ed economia circolare, poiché le sinergie tra cicli produttivi a base biologica, uso sostenibile delle risorse naturali rinnovabili e soluzioni basate sulla

⁶ <https://cor.europa.eu/sk/events/Pages/stakeholder-consultation-role-of-local-and-regional-authorities-in-the-transition-towards-circular-economy.aspx>

natura, sono fondamentali per affrontare la triplice crisi planetaria (cambiamento climatico, perdita di biodiversità e inquinamento);

- evidenza come le organizzazioni del mondo dell'economia sociale abbiano svolto ruoli pionieristici per decenni nel plasmare ed espandere le pratiche dell'economia circolare, attraverso attività come il riciclo di componenti elettronici e materiali tessili, riutilizzo di beni di consumo e attività di riparazione e remanufacturing.

Il Parere, cui si rimanda, è ovviamente molto più esteso ed articolato e riporta punti fermi, mediati e condivisi attraverso un percorso aperto e strutturato da realtà locali e regionali anche molto diverse dal punto di vista ambientale, economico, sociale e politico. Tali punti, quindi, rappresentano un cardine imprescindibile, consegnato alla nuova legislatura europea per supportare l'elaborazione delle future politiche in tema di economia circolare.

Il riequilibrio territoriale tra le sfide del PNRR: ZES unica per il rilancio del Mezzogiorno d'Italia

Lucrezia Valentina Caramia

Dottore di ricerca in Diritto Tributario presso l'Università degli studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Giurisprudenza. Assegnista di ricerca, Avvocato.

“L'esenzione non costituisce un modo di non essere dell'imposizione, (...) ma rappresenta una modalità (particolare quanto si vuole, eppure tale) della imposizione”. Così, nel 1968, Nicola d'Amati definiva la nozione dell'esenzione tributaria che, perfettamente integrata con la norma impositiva, permette l'esatta definizione giuridica della fattispecie legale⁷. L'esenzione, dunque, non si apparta dall'ordinamento tributario, e non rappresenta la mera delimitazione in negativo dell'ambito applicativo della norma d'imposizione: diversamente, le esenzioni, così come le esclusioni, si configurano quali *“trattamenti tributari che integrano la norma impositiva, concorrendo, seppure restrittivamente, alla definizione del presupposto del tributo”*.

Difatti, superate le tradizionali definizioni di esclusione e di esenzione elaborate in ragione di elementi strutturali, l'analisi del fenomeno agevolativo si sposta sul piano interpretativo apprezzando la finalità perseguita dal legislatore e dunque la *ratio* del tributo: sicché, lo Stato adopera il diritto tributario in funzione specificamente promozionale, promuovendo determinate attività di sviluppo economico e realizzando finalità extrafiscali⁸.

Sulla base di simili premesse, può facilmente apprezzarsi la moderna concezione dell'attività impositiva quale strumento in grado di influenzare le scelte anche economiche del contribuente.

⁷ V. N. D'AMATI, *Fondamento giuridico delle agevolazioni tributarie per l'industrializzazione del Mezzogiorno*, in *Dir. Prat. Trib.*, 1968, p. 465 ss.

⁸ Lo studio delle esenzioni, e più in generale delle agevolazioni tributarie, nella particolare prospettiva della mancata entrata per lo Stato — la c.d. *tax expenditures theory* — nasce e si sviluppa in America, rispondendo alle esigenze e ai valori ai quali si informa lo Stato sociale che, sul finire del XIX secolo, inizia ad utilizzare la leva tributaria quale strumento di politica economica e sociale: tali sovvenzioni, che lo Stato concede utilizzando in maniera strumentale la disciplina del tributo, mirano a ridurre o a posporre il prelievo per specifiche categorie di contribuenti o di attività economiche.

In tale contesto si innesta il PNRR (l'ormai noto Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza varato nel maggio 2021) quale grande opportunità per il rilancio del sistema delle imprese, perché intende modificare il contesto operativo delle attività economiche, orientandolo sulla transizione verde e digitale, sulla coesione territoriale, di genere e generazionale⁹ Esso si articola intorno a tre assi strategici, quali la digitalizzazione e l'innovazione, la transizione ecologica e l'inclusione sociale. In Italia, storicamente caratterizzata da importanti e durevoli disparità geografiche, la mera attuazione delle missioni in cui il Piano è articolato porta con sé il rischio di effetti diversi su aree centrali e marginali, urbane e rurali, del Nord e del Sud del Paese. Riguardo a quest'ultimo aspetto, il Piano riconosce esplicitamente come priorità trasversale il superamento dello storico ritardo del Meridione, con lo stanziamento di almeno il 40% delle risorse alle regioni del Mezzogiorno.

Appare inoltre evidente la continuità tra le politiche attuate negli ultimi anni con il Piano Industria 4.0 poi trasformato in Piano Impresa 4.0 e il PNRR. In proposito, come si è già avuto modo di approfondire¹⁰, ai fini fiscali vengono in rilievo le diversificate misure normative volte, appunto, a sostenere gli investimenti in innovazione tecnologica e specializzazione intelligente: tra queste, hanno assunto un ruolo significativo la disciplina del *Patent box*¹¹, il credito d'imposta per la ricerca e lo sviluppo e la ormai abrogata disciplina dell'iper-ammortamento. Da ultimo, l'articolo 38 del Decreto-Legge 39 del 2 marzo 2024 che detta "*Ulteriori disposizioni urgenti per l'attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza*" (decreto PNRR) approvato il 26 febbraio 2024 e pubblicato il successivo 2 marzo in Gazzetta Ufficiale, delinea le regole del nuovo Piano Transizione 5.0. In estrema sintesi, quest'ultimo riguarda tutte le imprese che effettuino "*nuovi investimenti in strutture produttive ubicate nel territorio dello Stato, nell'ambito di progetti*

⁹ Cfr. M. ALLENA, *Circular Economy and Environmental Taxation: PNRR e incentive fiscali all'economia circolare*, in A.F. URICCHIO – G. SELICATO, a cura di, *Green Deal e prospettive di riforma della tassazione ambientale*, Bari, 2022, p. 157 ss.

¹⁰ Cfr. L. V. CARAMIA, *Il credito di imposta quale volano per un riordino degli incentivi fiscali alle imprese tra perduranti incertezze applicative e controverso regime sanzionatorio. Quale tutela per il contribuente?*, in V. URICCHIO – S. PAPARELLA – M. FALCONI, a cura di, *L'innovazione per la sostenibilità ambientale nell'epoca della multitransizione*, Roma, 2023, p. 229 ss.

¹¹ Per una descrizione dell'agevolazione pre e post modifica sia consentito di rinviare a L. V. CARAMIA, *Innovazione industriale e sostenibilità ambientale: alla scoperta del Patent box*, in A. F. URICCHIO – G. SELICATO, a cura di, *Circular Economy and Environmental Taxation – Atti della Summer School*, Bari, 2020, p. 261, nonché IDEM, *La fiscalità dell'innovazione nell'era intangibile: tentativi di semplificazione del Patent box italiano*, in Riv. Trim. Dir. Trib., 3, 2022, p. 501 ss.

di innovazione che conseguono una riduzione dei consumi energetici”, senza distinzione di forma giuridica, settore, dimensione o regime fiscale, “che dal 1° gennaio 2024 al 31 dicembre 2025 effettuano nuovi investimenti in strutture produttive ubicate nel territorio dello Stato”

Inoltre, dal 1° gennaio 2024 è stata avviata la Zona economica speciale per il Mezzogiorno - “ZES unica” che comprende i territori delle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sicilia, Sardegna e che sostituisce le antecedenti Zone economiche speciali frammentate in 8 diverse strutture amministrative. La legge di bilancio 2024 ha di fatto confermato la copertura finanziaria per l’anno 2024 del nuovo credito d’imposta in 1,8 miliardi di euro, destinati alle aziende che acquistano beni strumentali per implementare o insediare strutture produttive ubicate nelle zone assistite delle Regioni della ZES unica.

Le sfide, dunque, aumentano e il legislatore non può far altro che rincorrere i cambiamenti economici e sociali facendo tesoro delle *best practices* internazionali: l’auspicio è quello di dar vita a veri e propri distretti industriali portatori di eterogeneità nelle competenze e di eccellenza. Un altro aspetto da non sottovalutare è il principio di cumulabilità. Infatti, come recita la normativa, l’agevolazione è cumulabile con altri aiuti di Stato per i medesimi costi ammessi, seppure entro alcuni limiti, così come con i crediti d’imposta per l’acquisto di beni strumentali nuovi, sia materiali che immateriali, legati all’Industria 4.0. Non è tuttavia ammessa la combinazione con altri incentivi in regime di esenzione per le medesime spese, come nel caso della Nuova Sabatini. Similmente, il beneficio non potrà essere cumulato con il credito d’imposta introdotto dal Piano Transizione 5.0.

Keywords: coesione territoriale; zes unica; agevolazioni fiscali

Email: caramialucrezia@gmail.com

Il ruolo dei tributi locali ambientali verso la transizione ecologica nel prisma dell'autonomia differenziata

Paola C.D. De Pascalis¹

¹ *Dottoranda dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro*

Nell'odierno panorama della fiscalità locale, l'apprezzamento di una dimensione sostenibile del prelievo ha mutato la sua precedente veste antropocentrica ed egoista, dando particolare rilevanza alla valorizzazione dei principi della fiscalità circolare¹. Gli obiettivi tracciati dal *Green Deal* europeo al fine del raggiungimento di quanto contenuto nell'Agenda 2030, presuppongono un graduale passaggio da uno schema caratterizzato dalla massimizzazione della produzione e del consumo ad un sistema *green*, in grado di rigenerarsi da solo, perché declinato sulla base del recupero e del riciclo. Tale tipo di economia consente alle imprese e ai consumatori di cogliere nuove fonti di valore, coinvolgendo le comunità locali nella scelta di nuove strategie² in grado di rispondere ai cambiamenti climatici sempre più incombenti e visibili. In questa prospettiva, l'attenzione verso i tributi ambientali locali potrebbe accompagnare la transizione ecologica in maniera efficace e duratura. Infatti, l'attuale quadro normativo è connotato da un limitato utilizzo dell'effettivo potenziale dei tributi locali ma una maggiore declinazione di questi ultimi nell'ambito ambientale è quanto mai opportuna nonché in coerenza con la cornice d'insieme comunitaria. Occorre superare quell'iniziale "timore"³ che spesso ha influenzato il legislatore, confidando nel ruolo della leva fiscale al fine di concretizzare un impulso verso nuovi modelli economici, sociali e culturali. Assumendo tale prospettiva, è

¹ A.URICCHIO, *La riforma dei tributi comunali*, in AA.VV. (a cura di), *I tributi comunali dentro e oltre la crisi*, Bari, 2021, p. 3 ss.

² G.SELICATO, *Il fisco per le bonifiche ambientali: possibili meccanismi d'attrazione degli investimenti privati nei siti d'interesse nazionale*, in AA.VV. (a cura di), *Circular Economy and Environmental Taxation*, Atti della Summer School, Bari, 2019, p. 129 ss.;

³ M.AULENTA, *Ambiente: piccoli tributi crescono*, in *Riv. sc. fin. dir. fin.*, 2020, p. 71.

opportuno anche indagare maggiormente le novità sul piano politico ed istituzionale, tra cui il disegno di legge Calderoli riguardante l'autonomia differenziata. Da tempo nel diritto tributario, è sorta la necessità di trovare un giusto equilibrio di cooperazione tra i diversi livelli di governo e le istanze territoriali di differenziazione. Infatti, con la L.42/2009 vi è stato un primo tentativo di attuazione del concetto di autonomia finanziaria di entrate e spese degli enti territoriali provando a dare loro la possibilità di testare la leva fiscale per attuare strategie di governo del territorio ma nel 2003 tale percorso è stato bloccato dalla Corte costituzionale. Oggi, alla luce della "nuova" autonomia differenziata, desta molti dubbi la congruità di un modello di tal tipo rispetto agli obiettivi nazionali e sovranazionali in tema di tutela ambientale. Tuttavia, tramite l'analisi delle ombre che accompagnano tale scenario, occorre valutare anche le eventuali opportunità, tra cui rientra una maggiore attenzione nei confronti dei tributi locali ambientali ponendo lo strumento fiscale nel suo aspetto promozionale quale garante contro potenziali pericoli.

Keywords: economia circolare, diritto tributario contemporaneo, autonomia differenziata, tributi locali ambientali, transizione ecologica

Contatti: paola.depascalis@uniba.it

Agricoltura sostenibile e costituzionalizzazione dell'approccio OneEarth-One Health

Cecilia Pannacciulli¹

¹ *Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"*

Con la l. cost. 22 febbraio 2022, n. 1 (rev. Artt. 9 e 41 Cost.) si sono introdotti nell'ordinamento italiano tre profili innovativi di garanzia costituzionale: 1) l'inserimento tra i principi fondamentali della tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi, con specifico richiamo all'interesse delle future generazioni; 2) l'espressa previsione della tutela degli animali come elemento di autonomo rilievo nell'ambito dei sistemi ambientali; 3) infine, l'orientamento legislativo a fini ambientali (oltre che sociali) dell'iniziativa economica pubblica e privata che, d'ora in poi, non potrà svolgersi in modo da recare danno alla salute e all'ambiente. Occorre chiedersi se la riforma costituzionale costituisca un cambiamento di paradigma. Si è parlato in proposito di una rilettura del contratto sociale, non più incentrato solo sul rapporto tra cittadini e istituzioni pubbliche e sulla organizzazione di queste ultime sulla base dei principi di separazione dei poteri e di sussidiarietà, ma anche sulla affermazione dei principi di interdipendenza e responsabilità tra individuo, società e natura. D'altronde, la crisi ambientale da tempo richiede di porre fine al consumo e allo sfruttamento indiscriminato di suolo e risorse, e di generare, al contrario, il passaggio dall'antagonismo alla integrazione tra esigenze ambientali e modelli di sviluppo. Da tali premesse sembra ovvio dedurre che la revisione costituzionale italiana sia destinata a riverberare i suoi effetti anche sul comparto agricolo, e in particolare sull'art. 44 Cost. Infatti, alla luce della nuova prospettiva ecologica introdotta dalla riforma, possiamo operare una lettura evolutiva delle due finalità (razionale sfruttamento del suolo e stabilire equi rapporti sociali) a cui l'attività e la proprietà agricola devono essere ispirate ex art. 44 Cost. Innanzitutto, l'aggettivo "razionale" conferisce alla formula costituzionale un forte profilo di flessibilità che consente di guardare alla produzione agricola non solo in termini economici e quantitativi, ma anche qualitativi di preservazione delle risorse naturali. La definizione di equi rapporti sociali consente, invece, di collocare l'agricoltura in un assetto solidaristico che valorizza gli elementi immateriali che l'hanno caratterizzata nel suo percorso evolutivo come, ad esempio, la diffusione di reti di reciprocità e di mutuo sostegno. L'agricoltore, pertanto, abbandona la veste di mero

produttore di cibo e di prodotti agricoli e si fa, in aggiunta, erogatore di servizi in favore della collettività del presente, oltre che delle generazioni future: proteggere l'ambiente, conservare la biodiversità, custodire le risorse naturali, disegnare il paesaggio, contribuire alla sopravvivenza socio-economica delle aree rurali e così via. Il nuovo paradigma costituzionale non può, allora, prescindere dal principio di sostenibilità (ambientale, sociale ed economica), implicante un modello di sviluppo finalizzato ad una maggiore equità sociale nell'accesso alle risorse e un diverso sistema di produzione e consumo (la c.d. economia circolare) mediante la riduzione dei rifiuti, il riciclo e l'estensione del ciclo di vita dei prodotti (si v., in proposito, la filiera olivicolo-olearia). Tale lettura evolutiva dell'art. 44 Cost. si pone coerentemente in linea con la prospettiva One Earth, One Health recentemente oggetto del One Health Joint Plan of Action-2022-2026 in cui, accanto all'approccio integrato e unificante a tutela della salute, vi è la considerazione dell'importanza di un'adeguata protezione dell'aria, dell'acqua, del clima, dell'alimentazione e dell'energia pulita.

Keywords: art. 44 Cost.; One Earth, One Health; agricoltura sostenibile; economia circolare; sussidiarietà

E-mail: cecilia.pannacciulli@uniba.it

EMAS ed Economia Circolare: Il caso studio del settore delle costruzioni

Mara D'Amico¹, Bertrand Capra¹, Annamaria Caputo¹, Barbara D'Alessandro¹, Renata Pacifico¹, Valeria Tropea¹, Silvia Ubaldini¹

¹ISPRA

Introduzione e obiettivi di studio

I limiti dell'attuale paradigma economico rendono necessaria una radicale e profonda trasformazione del modello lineare di produzione e consumo. La spinta a lavorare per il cambiamento, come afferma Ellen Mac Arthur, uno dei principali attori internazionali nella promozione dell'economia circolare, arriva dall'osservazione della natura la cui complessità dei sistemi non genera mai spreco in quanto tutto è metabolizzato in uno schema circolare. La transizione dal modello lineare a quello circolare ha indirizzato l'attenzione verso concetti come il riutilizzo, il rinnovo e il riciclo dei prodotti, delle loro componenti e dei materiali di cui si compongono, innescando un nuovo modello di sviluppo economico, nel quale il rifiuto diventa risorsa. In tale contesto, EMAS, adottato con il primo Regolamento europeo del 1993, si propone quale strumento: di analisi delle criticità ambientali; di controllo degli aspetti/impatti ambientali significativi attraverso l'adozione del Sistema di Gestione Ambientale (SGA); di definizione di obiettivi di miglioramento ambientale anche attraverso l'adozione di innovazione tecnologica; di efficace ed affidabile comunicazione ambientale attraverso l'elaborazione e la convalida del documento della Dichiarazione Ambientale. Da sempre le organizzazioni in possesso della registrazione EMAS hanno dimostrato di adottare principi di circolarità come evidenziato nel documento emanato dalla UE *Moving towards a circular economy with EMAS*. D'altro canto, la Strategia per l'Economia Circolare (SEC) emanata dal Ministero della Transizione Ecologia nel 2022, ribadisce la necessità di adottare un nuovo modello di produzione e consumo volto all'uso efficiente delle risorse e al mantenimento del loro flusso circolare nel sistema Paese.

Con lo scopo di dimostrare la stretta connessione tra EMAS e i principi dell'economia circolare, sarà esposto un caso pratico che indaga l'approccio delle imprese registrate EMAS del settore delle Costruzioni. La scelta di tale settore produttivo è motivata dall'importante impatto che lo stesso ha rispetto al consumo di risorse naturali (materie prime, energia) e pertanto

delle grandi potenzialità in termini di risparmi ottenibili attraverso l'adozione dei principi e delle pratiche dell'economia circolare.

Risultati e conclusioni

Il lavoro ripercorrerà i passaggi principali che vedono lo Schema EMAS connesso con i principali documenti di riferimento emanati in ambito europeo e Nazionale evidenziandone la valenza strategica verso un nuovo paradigma economico.

Il corpo della studio sarà rappresentato dai risultati dell'analisi condotta sul campione e dalla valutazione degli stessi, con l'obiettivo di individuare ed evidenziare come il settore edile, settore strategico per il Sistema Paese, caratterizzato da un elevato impatto ambientale, grazie all'adozione di un approccio sistemico garantito dallo Schema EMAS, può essere stimolato nell'adottare, in termini tecnico/operativi, i principi dell'economia circolare e sostenuto nel mantenere nel tempo tale approccio circolare, favorendone una stabile integrazione nel processo decisionale.

I risultati ottenuti potranno fornire interessanti spunti di confronto e di stimolo per altre organizzazioni edili in termini di performance e miglioramenti ambientali raggiunti, nonché di buone pratiche "circolari" già sperimentate dalle stesse.

Contatti: mara.damico@isprambiente.it

NECTAR BIOFUELS: Born to be resilient

Gianfranco Caccamo¹

¹*Direttore Generale in Icaro Ecology S.p.A. e CEO di Nectar Biofuels S.r.l.,*

Introduzione e obiettivi di studio

Gli esseri umani hanno da sempre utilizzato le risorse naturali a disposizione, seppur con l'aumento della popolazione queste risorse e la biodiversità sono sull'orlo dell'esaurimento e del collasso. In generale, l'Economia Circolare offre una soluzione a questi problemi, soprattutto in riferimento alla produzione di energia, promuovendo a livello mondiale la transizione dai combustibili fossili ai biocarburanti per un'economia sostenibile. Infatti, i biocarburanti sono chiamati a svolgere un ruolo importante non solo atto alla riduzione delle emissioni di gas serra associate, ma anche per consentire la graduale indipendenza dalle fonti fossili, rendendo i carburanti a basso tenore di carbonio altamente sostenibili (ad esempio, il biodiesel non ha alcun contenuto di zolfo o aromatici eliminando di fatto la presenza di SOX nelle emissioni). Ad oggi, il coinvolgimento di fonti derivate da biomasse nelle raffinerie di petrolio esistenti ha un interesse progressivamente crescente dovuto alla crescente imprevedibilità dei prezzi del petrolio, alle preoccupazioni ambientali e alla necessità di garantire un approvvigionamento energetico sempre più in aumento. In tal senso, le raffinerie di petrolio dispongono già di un'infrastruttura ben sviluppata per la produzione di combustibili e di prodotti chimici di base e, di conseguenza, non richiederebbero ulteriori investimenti estremamente intensivi per la lavorazione di materie prime alternative, maggiormente sostenibili e quindi meno impattanti rispetto alle tradizionali fonti fossili. Diverse tecnologie di processo sono state sviluppate e commercializzate nel corso dell'ultimo decennio per la conversione di materie prime biologiche come oli vegetali, grassi animali e olio di alghe in biodiesel. L'utilizzo di queste tecnologie ha permesso la trasformazione delle raffinerie in bioraffinerie, nelle quali le biomasse vengono convertite in biocarburanti (non solo biodiesel ma anche bioetanolo, biogas, syngas, bioidrogeno, ecc..). Svariati feedstock possono essere utilizzati nella produzione di biocarburanti, tra i quali colture ricche di zuccheri, colture ricche di amido, biomasse cellulosiche e oli commestibili [1]. Tuttavia, tra le biomasse utilizzate nella produzione di biocarburanti, sono diverse quelle che intaccano o possono intaccare la catena alimentare.

Ciò nonostante, il tamanu (*Calophyllum Inophyllum*) è considerato un ottimo feedstock per l'approvvigionamento nelle bioraffinerie e la trasformazione in biocombustibile. È una pianta ornamentale non commestibile, ampiamente coltivabile in climi tropicali e i suoi noccioli sono caratterizzati da un elevato contenuto di olio estraibile, con una resa di 4680 kg-olio/ettaro, che lo rende una eccellente materia prima per la produzione di biodiesel.

Da queste considerazioni nasce NectarBiouels che con il suo progetto pilota innovativo si focalizza sulla creazione di una filiera sostenibile per la coltivazione della pianta di Tamanu e la successiva produzione di olio da utilizzare nelle bioraffinerie per la produzione di biocarburanti. La scelta della pianta di Tamanu è strategica per vari motivi: essa può crescere anche su terreni marginali non adatti alle colture alimentari, ha una rapida capacità di adattamento e non intacca la filiera alimentare, rendendola ideale per un approccio sostenibile alla produzione di energia.

Il progetto si inserisce in un contesto più ampio di economia circolare, dove ogni fase del processo produttivo è pensata per minimizzare l'impatto ambientale e valorizzare risorse locali. L'obiettivo principale è creare una filiera a km0, riducendo le emissioni di CO2 legate alla logistica e promuovendo pratiche agricole sostenibili. Questo progetto si allinea agli obiettivi ESG dell'Agenda ONU 2030, che puntano a ridurre l'impatto ambientale delle attività industriali, promuovere l'uso di risorse rinnovabili e garantire lo sviluppo economico delle comunità locali.

Nectar Biofuels S.r.l. si dedica più ampiamente alla coltivazione e commercializzazione di feedstock per le bioraffinerie, con l'obiettivo di diventare un punto di riferimento nel settore dell'economia circolare. La mission dell'azienda è fornire soluzioni sostenibili finalizzate alla successiva produzione di biocarburanti e prodotti chimici ecocompatibili, riducendo l'impatto ambientale, promuovendo l'uso di risorse che non intacchino la filiera alimentare e contribuendo significativamente alla riduzione delle emissioni globali di carbonio attraverso l'applicazione del suo metodo.

Il metodo Nectar è la concretizzazione di un pensiero ecosostenibile circolare e non si limita all'produzione di feedstock per biocarburanti a km0 ma guarda oltre, puntando ad azzerare l'impiego di terreni vergini per la coltivazione riutilizzando aree bonificate, a generare occupazione creando nuovi metodi di coltivazione e ad educare le comunità alla sostenibilità coinvolgendole direttamente nei progetti. Tutto ciò senza intaccare la filiera alimentare.

Risultati e conclusioni

I risultati preliminari delle analisi avviate lungo la fase di lancio della Nectar Biofuels confermano che la pianta di Tamanu può essere coltivata con successo anche su terreni bonificati, contribuendo positivamente alla rigenerazione del territorio e senza interferire con le coltivazioni alimentari e che il cambiamento climatico che ha interessato il mondo intero possa rappresentare un elemento utile per immaginare di poter coltivare questa pianta nell'Italia meridionale e più in generale nel sud del globo. A ciò si annetta che, grazie alla collaborazione con laboratori, centri di ricerca e con l'Università, rimane costante lo studio di ulteriori feedstock rispondenti al metodo Nectar, e l'individuazione di spazi di miglioramento e implementazione del processo di coltivazione della pianta e della intera filiera.

Riconoscimenti

Si ringraziano l'Università Kore di Enna per il supporto nella ricerca e nello sviluppo, in particolare al dottor Enrico Licitra per la collaborazione puntuale e celere ed al laboratorio AmSpec S.r.l.. Un riconoscimento va inoltre a tutti i partner commerciali e istituzionali che hanno contribuito al successo del progetto. Un riconoscimento speciale è dovuto alla Bioraffineria di Gela (Enilive S.p.A.) per la collaborazione nel progetto pilota.

Contatti: gianfranco.caccamo@icaroeology.it, info@nectarbiofuels.it

VI. Ecotossicologia e sostenibilità ambientale

Applicazioni di test ecotossicologi per valutare l'efficacia di *Nature-Based Solutions*

***Paola Grenni¹, Valeria Ancona², Livia Mariani¹,
Anna Barra Caracciolo¹***

¹*Istituto di Ricerca Sulle Acque-Consiglio Nazionale delle Ricerche (IRSA-CNR)*

²*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione – UdR “Ambiente e Territorio”, Bari, Italy*

La multi-contaminazione da inquinanti normati (es. tensioattivi, pesticidi, metalli pesanti) ed emergenti (sostanze non ancora normate quali ad esempio i farmaci) è ubiquitaria negli ecosistemi, coinvolgendo tutti i comparti ambientali (aria, acqua, suolo, biota).

Le *Nature-Based Solutions* (NBS) sono strategie di recupero di ambienti degradati che mimano processi naturali utilizzando specie (esempio microorganismi e piante) in grado di rimuovere le molecole tossiche dall'ambiente o di migliorare la qualità del suolo e delle acque. Un contaminante può essere eliminato naturalmente grazie a processi di attenuazione naturale che avvengono a carico di microorganismi naturali, liberi o associati alla rizosfera di specie vegetali. I microorganismi hanno un ruolo fondamentale nella decomposizione della materia organica, nel riciclo dei nutrienti e nella degradazione dei contaminanti. Tuttavia, la loro capacità di rimozione dipende dalla concentrazione, dalle caratteristiche intrinseche dei contaminanti e dalla loro biodisponibilità. Purtroppo, molti contaminanti sono costantemente presenti nell'ambiente a causa della loro continua immissione (es. farmaci) o perché altamente persistenti a causa della loro complessità intrinseca strutturale. Per questo è particolarmente importante conoscere, attraverso studi in microcosmi/mesocosmo se in un particolare ambiente esistono popolazioni microbiche in grado di biodegradare i contaminanti presenti e con quali tempistiche. Grazie a questi studi è possibile valutare le strategie di biorimediazione più idonee da potere applicare quali per esempio tecniche di biostimolazione (es. aggiunta di sostanza organica di varia origine), di bioaugmentation e di biorimediazione-fitoassistita. A valle di queste applicazioni è necessario valutare se i parametri di legge soddisfano i requisiti richiesti dalle norme in essere per le acque e i suoli (es. Dlg 152/2006, DPR 120/2017). Tuttavia, la presenza di prodotti di trasformazione di contaminanti normati o di

numerosi contaminanti emergenti può non essere sufficiente a garantire lo stato di qualità di un'aera decontaminata. Al fine di dimostrare l'efficacia di un'applicazione di *nature-based solution* è opportuno effettuare dei test ecotossicologici e analizzare la matrice ambientale decontaminata. E' buona pratica utilizzare organismi test a diversi livelli trofici della catena alimentare o organismi noti per la loro particolare sensibilità verso una particolare classe di contaminanti.

In questo contesto verranno riportati alcuni esempi di tale approccio che sono stati applicati a casi di studio prima e dopo l'applicazione di tecniche di biorimediazione. Tale approccio permette di garantire l'efficacia di un intervento di recupero e al tempo stesso limitare l'onerosa ricerca di sostanze non note in matrici ambientali multicontaminate.

Keywords: policlorobifenili; idrocarburi policiclici aromatici; tensioattivi; tossicità acuta; tossicità cronica

Contatti: barracaracciolo@irsa.cnr.it, grenni@irsa.cnr.it, livia.mariani@irsa.cnr.it, valeria.ancona@cnr.it

Un'esperienza di de-toxing

Annamaria Annicchiarico¹, Gabriella Dellino², Giuseppe Di Ponzio³, Aldo Galeandro⁴

¹ CEO di TECNOPOLIS Parco Scientifico dell'Università di Bari, Project Manager di TECNOPOLIS PST ², CEO di GENOTOXIC srl ³, Dir.Scientifico Dipartimento Salute di Tecnopolis ⁴

Il punto di partenza di questa esperienza è stata la esperienza ultratrentennale in tema di terapie mediche di disintossicazione da inquinanti ambientali, con particolare riferimento ai metalli pesanti, sviluppate in due territori particolarmente provati da questo problema come la città di Taranto in Puglia e la Terra dei fuochi in Campania, in quest'ultimo caso in collaborazione con la Fondazione DDClinic di Caserta. A partire dalla osservazione epidemiologica e dall'esame delle patologie più ricorrenti si è approfondita la connessione fra queste i metalli pesanti e con particolare riferimento alle patologie cardiovascolari si è sviluppata la ipotesi di poter costruire un indice di rischio che permettesse di valutare l'esposizione e di prendere gli opportuni provvedimenti. L'indice è stato costruito sulla base di parametri di esposizione ai metalli pesanti e di predisposizione genetica al loro accumulo, tutti dati che attraverso una opportuna elaborazione effettuata con tecniche ed algoritmi di intelligenza artificiale ha aperto la possibilità di interventi di medicina di precisione e personalizzata sullo specifico paziente.

Oggi l'indice di rischio è misurabile attraverso il test Genotoxic messo a punto dalla società omonima e disponibile sul mercato dopo il doveroso periodo di test e di verifiche di attendibilità. L'indice di bioaccumulo può essere calcolato ed insieme costituiscono lo Score del Detoxic Program. I risultati del test (basato sull'analisi del capello per quanto riguarda la presenza e l'accumulo di metalli pesanti e sulla analisi di alcuni polimorfismi genetici per quanto riguarda gli aspetti di predisposizione) consentono di definire un percorso programmato di riequilibrio metabolico con la prescrizione personalizzata di alimenti, nutraceutici e attraverso eventualmente la chelazione, nonchè il successivo monitoraggio per valutare l'efficacia di quanto messo in campo per la riduzione del suddetto rischio. Sulla base dei risultati del test vengono prodotti un report per il

paziente ed un report per il nutrizionista che serve da guida per le strategie alimentari da intraprendere.

Oggi è in atto l'allargamento della base di sperimentazione in tema di patologie cardiovascolari che consentirà un ulteriore affinamento dell'algoritmo di elaborazione e, di conseguenza, una sempre maggiore attendibilità del test e una sempre maggiore personalizzazione degli interventi da mettere in atto.

E' inoltre emerso che la medesima metodologia può applicarsi anche ad altre patologie rilevanti per la salute dell'uomo e annoverate fra le principali cause di morte: è nei piani di sviluppo della società avviare entro il corrente anno l'analisi preliminare per le patologie neurodegenerative e per la sterilità che consente nella individuazione dei metalli e dei polimorfismi maggiormente responsabili dell'insorgenza della malattia e degli interventi sullo stile di vita, sulla alimentazione e sulle eventuali terapie più opportune per dilazionarne l'insorgenza, o per rallentarne il percorso o per mitigarne la sintomatologia.

Keywords: (5 keywords): AI for Health, One Health, Cardiovascular Pathologies, Polimorphisms, Heavy metals

Contatti: a.annicchiarico@tno.it, g.dellino@tno.it, gdp@giuseppediponzio.it, aldogaleandro@libero.it

La qualità dei gameti in *Mytilus galloprovincialis*: un nuovo endpoint per valutare la tossicità delle microplastiche ambientali sulla salute riproduttiva degli invertebrati marini

***Ilaria Savino*¹, *Pietro Cotugno*², *Rosaria Notariale*³, *Raffaele Boni*⁴, *Giuseppe Corriero*⁵, *Valeria Ancona*⁶, *Vito Felice Uricchio*⁶, *Alessandra Gallo*³**

¹Istituto di Ricerca sulle Acque-Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bari, Italia; ²Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, Italia, ³Dipartimento di Biologia ed Evoluzione degli Organismi Marini, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli, Italia; ⁴Dipartimento di Scienze, Università della Basilicata, Campus Macchia Romana, Potenza, Italia; ⁵Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie e Ambiente, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Italia; ⁶ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione – UdR “Ambiente e Territorio”, Bari, Italy

Numerose specie di invertebrati marini, tra cui il *Mytilus galloprovincialis*, adottano la fecondazione esterna come strategia riproduttiva: i gameti vengono liberati nell’acqua, dove si fondono e danno inizio allo sviluppo embrionale. Questo processo, tuttavia, comporta l’esposizione dei gameti ad eventuali contaminanti presenti nell’ambiente circostante che, alterandone la qualità, possono compromettere il successo riproduttivo delle specie. Tra i molteplici agenti inquinanti, le microplastiche emergono come una delle minacce più pervasive ed insidiose degli ecosistemi marini. Queste particelle possono interferire con fasi biologiche cruciali della vita di un organismo, incluse quelle relative al ciclo riproduttivo, avendo il potenziale di indurre da sé un danno e di rilasciare additivi e sostanze chimiche nocive adsorbite dall’ambiente. In tale contesto, il presente studio mira a valutare la tossicità di microplastiche ambientali, ottenute dalla frammentazione di reti in polipropilene raccolte lungo la costa del Mar Mediterraneo, sulla qualità dei gameti del mollusco bivalve *M. galloprovincialis*. I gameti maschili e femminili dei mitili sono stati esposti sia a sospensioni di microplastiche con concentrazioni progressive (1-10-

100 µg/L), sia ad una fase acquosa (*leachate*) ottenuta mediante un processo di lisciviazione volto a portare in soluzione i componenti additivi e contaminanti adsorbiti dalle reti in polipropilene. Dopo un'esposizione di 1 e 2 ore, i potenziali effetti sulla qualità dei gameti sono stati valutati analizzando, negli spermatozoi e negli ovociti, diversi parametri fisiologici, quali la vitalità, il potenziale di membrana mitocondriale, lo stato ossidativo e, per gli spermatozoi, la motilità. I risultati ottenuti hanno evidenziato come le microplastiche ambientali e il corrispondente *leachate* impattino in modo diverso la qualità dei gameti del *M. galloprovincialis*. La caratterizzazione chimica del *leachate*, effettuata mediante tecniche di spettrometria di massa (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*), ha confermato il rilascio in acqua di mare di contaminanti inorganici, alcuni dei quali utilizzati come additivi nel processo di produzione delle materie plastiche, ed altri, verosimilmente, adsorbiti dall'ambiente. La diffusione delle microplastiche negli ambienti marini può, dunque, rappresentare una minaccia per il successo riproduttivo di specie animali a fecondazione esterna. Ciò potrebbe avere ripercussioni non solo sulla sopravvivenza di tali specie, ma anche su aspetti commerciali ed ecologici, dimostrando l'importanza di implementare e sviluppare strategie efficaci volte a contrastare i rischi biologici associati all'inquinamento di microplastiche.

Keywords: environmental microplastics, mussels, sperm quality assessment

Contatti: ilaria.savino@ba.irsas.cnr.it, pietro.cotugno@uniba.it,
rosaria.notariale@szn.it, raffaele.boni@unibas.it,
giuseppe.corriero@uniba.it, valeria.ancona@ba.irsas.cnr.it,
vito.uricchio@ba.irsas.cnr.it, alessandra.gallo@szn.it

Utilizzo delle diatomee come indicatori biologici per la valutazione della qualità del fiume Ofanto

Annamaria Ilacqua¹, Daniela Losacco²

¹*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), Bari*

²*ReAgri s.r.l.*

I corpi idrici superficiali sono popolati da diatomee che rappresentano importanti produttori primari dell'ecosistema acquatico, nonché organismi fondamentali per il monitoraggio della qualità delle acque, in relazione alla loro sensibilità alle variazioni ambientali ed alla loro ubiquità.

Dal punto di vista sistematico ed ecologico, le diatomee sono costituite da frustuli di silice che facilitano l'identificazione delle specie al microscopio. Inoltre, la presenza di determinate specie o comunità di diatomee rappresenta efficacemente variazioni delle condizioni ambientali e dei livelli di inquinamento.

La metodologia adottata si basa sull'identificazione delle specie di diatomee che presentano limiti di tolleranza e valori ottimali rispetto alle condizioni dell'ambiente acquatico, quali la concentrazione di nutrienti, l'inquinamento organico ed il livello di acidità. I campioni raccolti sono stati uniformemente prelevati da ciottoli (diametro tra 64 e 256 mm), in quanto sono i migliori substrati naturali per la raccolta delle diatomee, grazie alla loro stabilità che permette l'insediamento di comunità rappresentative, agevolando il prelievo. In laboratorio, si è proceduto con l'ossidazione della sostanza organica, via aggiunta di perossido di idrogeno a caldo, al fine di ottenere la pulizia dei frustuli. Infine, sono stati preparati i vetrini per l'osservazione e l'identificazione delle singole specie al microscopio (Axio Vert.A1, Carl Zeiss™).

I risultati hanno mostrato la presenza predominante delle diatomee appartenenti alla classe delle Bacillariophyceae. Nello specifico presso un punto di campionamento si sono contati 333 frustuli di diatomee della famiglia delle Bacillariaceae, 298 della famiglia delle Naviculaceae e 219 delle Cocconeidaceae. I primi risultati hanno dimostrato come l'incremento dell'abbondanza di specifiche classi di diatomee sia associato ai livelli di contaminanti inorganici di origine agricola, quali i presidi fitosanitari, quindi alla tolleranza di questi indicatori biologici all'inquinamento.

Keywords: diatomee, corpi idrici superficiali, Ofanto, indicatori biologici

Email: annamaria.ilacqua@ba.irsacnr.it

Ecotoxic substances involved in industrial accidents: national situation and operational experience

Romualdo Marrazzo¹

¹ *ISPRA. via V. Brancati, 48 - 00144 Roma (Italia)*

The Legislative Decree 105/2015, Italian implementation of Directive 2012/18/EU (so-called “Seveso III”), regulates risk assessments associated with industrial establishments in which certain substances are present, including substances/preparations classified as dangerous for the environment. These assessments are aimed at adopting suitable measures to prevent risks and limit the consequences of accidents to protect human health and the environment, understood as the latter in its various matrices (soil, subsoil, surface and underground water components).

This article aims to explain the activities carried out by ISPRA to frame the problem, on a national basis, of the integrated assessment and management of environmental risks from major accidents in critical industrial areas.

In particular, the work reports the results of a reasoned survey of information and data relating to substances and preparations dangerous for the environment present in industrial sites located on the national territory and subject to the obligations of the Legislative Decree 105/2015. The analysis aims to provide a realistic picture of the national situation regarding the risks represented by dangerous substances for the environmental sector, through a series of technical-scientific evaluations. Having identified, described and characterized the national situation, in terms of substances and preparations dangerous for the environment (considered of priority interest) present in the establishments, we proceeded with the analysis of the historical experience of accidental events with impact on environmental matrices occurred, connected with the presence of the aforementioned dangerous substances: for this activity, data and information taken from international accident databases were processed.

Starting from the consideration of the characteristic aspects of accidental events occurred in industrial sites, the work of reconnaissance and analysis of the historical experience has demonstrated the importance of considering the accidental effects on environmental matrices. The assessment of the damage caused to the environment by accidental events

that have occurred, combined with the ability to predict the consequences of accidental events (risk analysis), provides useful indications for the purposes of planning the interventions to be implemented. ISPRA, as part of the production of technical information, criteria and methodologies, in support of the evaluators of the public authorities who are entrusted with the task of analysing and controlling the risks of major accidents, pursuant to Legislative Decree 105/2015, has prepared an operational tool on the basis of the analysis reported, namely the LLGG "Technical-operational criteria and guidelines for the evaluation of analyzes of major accidents with consequences for the environment".

Keywords: Seveso, accidents, ecotoxic, experience, damage

Contatti: romualdo.marrazzo@isprambiente.it

Environmental remediation of polluted sites: State of the Art and Future Perspectives in the Light of the New Proposals for a European Soil Directive

Federico Silvestri¹, Antonella Vecchio¹

¹ISPRA (Italian Higher Institute for Environmental Protection and Research

The European Green Deal, as the 'new growth strategy' for Europe, is a set of policy initiatives that aim to set the EU on the path to a green transition, with the goal of achieving climate neutrality by 2050. Strictly connected are the environmental strategies, such as the EU biodiversity strategy for 2030, the Zero Pollution Action Plan for Air, Water and Soil for 2050 and the new EU Soil strategy for 2030. The 2030 EU soil Strategy sets out a framework and concrete measures to protect and restore soils and ensure they are used sustainably. To this end we need healthy soils to reverse biodiversity loss, safeguard human health, stop desertification and reverse land degradation. About environmental remediation of contaminated sites, the EU soil strategy aims to make significant progress in the remediation of contaminated soil by 2030 while soil pollution should be reduced to levels no longer considered harmful to human health and natural ecosystems and remain within limits that our planet can sustain, so as to create a toxic-free environment by 2050. The EU soil monitoring law has a consistent part regarding contaminated sites, in particular identification, investigation, risk assessment, management, remediation, and registration. A healthy soil must be in a good physical chemical and biological condition. The soil parameters individually or in combination define indicators of land degradation. Particularly important is the concept of flexibility: for some indicators, unique EU criteria/thresholds are established, for others flexibility is left to Member States in defining the thresholds, and for others no thresholds are foreseen. The criterion "all in, all out", which provides greater flexibility, is shared by most Member States. About monitoring of soil contamination, principal descriptors are concentration of heavy metal and organic compounds in soil, as determined by Member States. A healthy soil must guarantee the acceptability of risks

both for human receptors (health risk) and for ecosystems (environmental risk).

Ecotoxicology will play a fundamental role in the future in the evaluation of soil remediation needs and in the choice of solutions to be adopted. To date, Italian and European environmental legislation does not provide for the use of soil ecotoxicology as a method to

evaluate the health status of a soil. Invertebrate populations in soil represent an appropriate tool for assessing the degree of soil disturbance or land use intensification due to human activities, so ecological risk assessment and ecotoxicological tests using invertebrates, and other biological targets should be used in the future to evaluate the health of a soil.

Ottimizzazione delle batterie per i saggi ecotossicologici in relazione alle caratteristiche sito-specifiche: il caso del Porto di Ravenna

Monia Renzi^{1,4}, Serena Anselmi², Francesca Provenza², Riccardo Misseri², Stefania Trevisan², Irene Biagiotti², Tecla Bentivoglio², Stefania Imperato², Luca Sittoni³, Massimo Ardu³

¹*Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste,*

²*Bioscience Research Center, Orbetello*

³*SIDRA via C. Zucchi, 25, Roma*

⁴*CONISMA, Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare*

Introduzione e obiettivi dello studio

Il Decreto Ministeriale 173/2016 disciplina in Italia le procedure per il rilascio da parte degli Enti preposti dell'autorizzazione alla movimentazione dei sedimenti marini nelle aree non interne a Siti di Interesse Nazionale. Il decreto considera i sedimenti marini da dragare come una risorsa valorizzandone in linea di principio il recupero e il riutilizzo compatibilmente con la tutela dell'ambiente. La qualità di questi materiali è garantita dalla caratterizzazione fisica, chimica ed ecotossicologica condotta preliminarmente alla loro gestione. I risultati delle analisi sono valutati attraverso l'approccio noto come Weight of Evidence (WOE) che permette di ponderare il peso degli effetti ecotossicologici con i risultati delle analisi chimiche effettuando una stima di rischio integrata. Le analisi ecotossicologiche rivestono in questo contesto un ruolo cruciale divenendo rilevanti nello spostare la classificazione finale dei materiali, denotandone l'effettiva pericolosità per l'ecosistema.

In un contesto come quello italiano, con una linea di costa che si estende per circa 8.300 km, i sedimenti presentano una sostanziale diversità mineralogica, granulometrica e un contenuto eterogeneo e variabile della sostanza organica. Il contenuto di metalli, metalloidi, la percentuale di argilla (particelle con diametro <4 µm) e fango (particelle con diametro compreso tra 4-63 µm) che compongono la frazione pelitica (<63 µm) variano in modo sostanziale nelle diverse aree geografiche in relazione alle origini geologiche dell'area costiera e del bacino imbrifero che vi insiste. Tale variabilità locale è determinante nei processi di assorbimento degli oligoelementi, come i metalli pesanti, da parte dei minerali argillosi in grado

di interferire con le risposte ecotossicologiche della specie *Aliivibrio fischeri*. La natura della sostanza organica presente nel sedimento è inoltre rilevante nella determinazione dei quantitativi di ammonio rilasciato dai processi di decomposizione del sedimento e risulta in grado di alterare la risposta delle specie di tipologia III previste nel D.M. 173/2016. Infatti, il D.M. 173/2016 prevede anche la possibilità di effettuare alcuni adattamenti su base locale come, ad esempio, il calcolo dei L10q per metalli e metalloidi in aree ad anomalia geologica documentata.

In un sistema portuale complesso come quello di Ravenna, gli aspetti sopra descritti possono incidere in modo sostanziale sulle risposte ecotossicologiche delle specie testate inducendo risposte positive anche in assenza di una sostanziale contaminazione dei sedimenti. In questo contesto, effettuare uno studio preliminare alla campagna di caratterizzazione al fine di ottimizzare la batteria di specie da applicare rispetto alle possibili opzioni previste dal D.M. 173/2016, assume un ruolo fondamentale per garantire una classificazione dei materiali quanto più possibile priva sia di interferenze date dalle caratteristiche intrinseche dei sedimenti sia da artefatti metodologici e procedurali.

Risultati e conclusioni

I risultati di questo studio hanno contribuito in modo sostanziale ad ottimizzare la batteria di specie adottata per la caratterizzazione dei sedimenti del Porto di Ravenna, per una più accurata classificazione dell'effettivo rischio per l'ecosistema. Le principali considerazioni sono le seguenti:

- Le specie proposte dal D.M. 173/16 non producono risultati equivalenti in tutti i contesti ambientali del territorio nazionale. L'ottimizzazione della batteria da applicare è un aspetto cruciale da condurre in via preliminare in quei contesti in cui si presume che le interferenze di fattori naturali (es. percentuale e composizione mineralogica della frazione argillosa, contenuto naturale di metalli e metalloidi) siano rilevanti e tali da indurre falsi positivi;
- L'opzione di integrare i risultati della quarta specie deve essere considerata in quei contesti in cui si ritiene che la natura del sedimento possa interferire con il test in fase solida oppure, i livelli di ammonio siano tali da interferire con i saggi di Tipologia III, come, ad esempio, nel caso dei porti innestati all'interno di foci fluviali. Nel caso specifico, inserire il test *A. fischeri* in fase liquida permette di stimare correttamente la biodisponibilità di metalli e metalloidi presenti nel sedimento. Oltre la quarta specie,

l'aggiunta di ulteriori specie nella batteria non produce variazioni statisticamente significative del pericolo complessivo.

In sintesi, la gestione efficace della movimentazione e riutilizzo dei sedimenti marini richiede una valutazione accurata e rappresentativa delle loro caratteristiche, evitando classificazioni errate che potrebbero compromettere l'ambiente, il processo di movimentazione e le opportunità di riutilizzo del sedimento. Una valutazione preliminare attenta è fondamentale per ottenere risultati affidabili e per garantire che la gestione e la movimentazione dei sedimenti siano condotte in modo sicuro, efficiente e, auspicabilmente, vantaggioso per l'ecosistema.

Contatti: mrenzi@units.it, serena.anselmi@bsrc.it;
francesca.provenza@bsrc.it; riccardo.misseri@bsrc.it;
stefania.trevisan@bsrc.it; irene.biagiotti@bsrc.it;
tecla.bentivoglio@bsrc.it; info@bsrc.it, sittoni.luca@deme-group.com;
ardu.massimo@deme-group.com

V. Intelligence e legislazione ambientale

Contrasto ai crimini ambientali - Tecniche di Intelligence

*Andrea Spitale*¹

¹ Università della Calabria – Master in Intelligence: estratto elaborato finale di tesi

Il presente studio ha come obiettivo quello di avvicinare il variegato ecosistema preposto alla tutela ambientale al tema dell'intelligence, nell'intento di far comprendere il valore aggiunto che le tecniche di raccolta, elaborazione, analisi e fruizione delle informazioni possono fornire al contrasto degli illeciti ambientali.

L'importanza di tutelare l'ambiente è sempre più al centro delle politiche internazionali poiché gli effetti della sua compromissione determinerebbe infauste conseguenze su scala planetaria, con ripercussioni in ambito sociale ed economico; pertanto, il nostro Paese deve prendere ancora più coscienza che la sicurezza nazionale postula anche dalla tutela dell'ambiente.

In relazione alla peculiarità della materia è stata ricercata un'esposizione semplice al fine di stimolare nei lettori un cambio di paradigma mentale per future azioni di contrasto agli illeciti ambientali condotte anche grazie ad adduzioni informative.

Si è preso abbrivio anzitutto dalle definizioni, dalle parole e segnatamente dal loro peso in campo sociale e giuridico, illustrando la loro evoluzione armonicamente al *sentiment* delle popolazioni. L'ambiente pertanto è inteso come tutto ciò che ci circonda ed al contempo anche come settore appetibile per la criminalità organizzata, poiché la sua gestione determina giri d'affari caratterizzati da ingenti flussi di denaro.

Sono state tratteggiate alcune delle risorse ambientali maggiormente colpite dagli illeciti, argomentandone significati e benefici senza dimenticare la sfera culturale, economica e storica, non scevra da considerazioni sul futuro, con dei casi studio.

Realizzare asimmetria informativa a favore degli addetti al contrasto degli illeciti ambientali è la stella polare che porterebbe verso una maggiore capacità predittiva, foriera di successo nelle indagini.

Un'intelligence quindi rivolta all'ambiente, un filone ove non ci si è concentrati e formati adeguatamente.

Nel capitolo dedicato alle tecniche di intelligence è più volte delineata la definizione di informazione ambientale, da ritenersi in generale assolutamente accessibile a chiunque, attesa la trasversalità della materia. Poiché la complessità del sistema ambiente necessita di un approccio analitico commisurato al diverso grado di complicità dei fenomeni che ci prefiggiamo di mitigare, nel testo il lettore sarà più volte invitato a superare un approccio *prontualistico*, poiché denotato da superficialità.

Allo studio è aggiunta un'intervista alla dott.ssa Emanuela Somalvico analista investigativo ambientale membro della task force del Commissario unico alla bonifica dei siti contaminati, che sostanzialmente: introduce il tema della connessione tra i crimini ambientali e riciclo di denaro che la criminalità organizzata reinveste in altri settori criminali, conferma l'importanza della formazione del personale che deve necessariamente possedere *approfondite conoscenze degli scenari geopolitici e regionali* e ribadisce l'utilità di applicare un metodo di analisi interdisciplinare per contrastare i crimini ambientali, specie se connessi alla criminalità organizzata e/o terrorismo.

In definitiva, sulla scorta delle specifiche formazioni accademiche, tecniche e di ricerca scientifica di coloro che hanno aderito alla realizzazione del lavoro, questo documento vuole essere l'ennesimo invito a ricercare una maggiore efficacia nei controlli ambientali, attraverso le tecniche tipiche dell'intelligence.

Keywords: Intelligence, Ambiente, Informazione, Dati.

E-mail: andreaspitale@hotmail.com

L'Intelligenza Artificiale per la Gestione Tempestiva e Proattiva delle Criticità Ambientali

Carmine Massarelli¹, Maria Silvia Binetti^{1,2}, Claudia Campanale³, Vito Felice Uricchio¹

¹ *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione – UdR “Ambiente e Territorio”, Bari, Italy*

² *Università Degli Studi di Bari, Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali, 70125 Bari, Italy*

³ *Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Salute (ISS), Roma, Italy*

Abstract

Le decisioni in materia ambientale, soprattutto in situazioni di emergenza, sono spesso tardive, arrivando solo dopo l'evento dannoso. La vasta disponibilità di dati ambientali, sia pubblici che privati, rappresenta un'opportunità significativa per sfruttare l'Intelligenza Artificiale (AI) al fine di promuovere un'azione tempestiva e proattiva.

Questo studio esplora l'utilizzo dell'AI per la gestione di aree ambientalmente degradate, con particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- Monitoraggio dello stato dell'ambiente, comprendendo la qualità dell'aria, dell'acqua, del suolo e la salute degli ecosistemi attraverso l'elaborazione di grandi volumi di dati;
- Previsione degli impatti ambientali sulla salute pubblica e sulla biodiversità mediante scenari basati su differenti politiche di intervento.
- Sviluppo e valutazione di strategie di mitigazione e adattamento, ottimizzando le risposte politiche e le azioni di conservazione.
- Identificazione dei fattori socioeconomici che contribuiscono alle pressioni ambientali, come le attività industriali e le pratiche agricole.

A tal fine si propone la creazione di un Digital Twin per le aree critiche, utilizzando l'AI per potenziare la capacità predittiva e supportare il monitoraggio in tempo reale delle dinamiche ambientali complesse offrendo una panoramica dettagliata delle condizioni attuali e delle

tendenze a breve, medio e lungo termine potendo al contempo definire strategie mirate per migliorare la salute umana e ambientale.

L'implementazione dell'AI nella gestione delle aree critiche mira nel complesso a ridurre i tempi di risposta agli eventi ambientali, migliorare la qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo e proteggere la salute pubblica e la biodiversità nell'ottica più ampia della promozione dello sviluppo sostenibile.

Keywords: Intelligenza Artificiale, aree degradate, Digital Twin, monitoraggio ambientale, previsione, mitigazione, adattamento, salute pubblica, biodiversità, sviluppo sostenibile.

Contatti: carmine.massarelli@cnr.it

La garanzia costituzionale dell'approccio integrato tra esigenze ambientali e modelli di sviluppo

Cecilia Pannacciulli¹

¹ *Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"*

La recente revisione degli artt. 9 e 41 Cost. propone, in linea con l'emergere diffuso (nella quasi totalità delle Carte vigenti) di norme costituzionali sulla tutela dell'ambiente, una visione nuova della relazione tra uomo e natura. Quest'ultima diviene protagonista del costituzionalismo, che si fa garante per la prima volta del soddisfacimento delle esigenze ambientali come criterio ordinatore sia dell'azione dei pubblici poteri sia dei comportamenti individuali e collettivi. Fino a poco tempo fa, l'approccio settoriale allo studio delle questioni ecologiche ha portato il diritto ambientale a svilupparsi su due binari per lo più paralleli: quello del diritto internazionale/sovranazionale e quello del diritto amministrativo, mediante una "comunicazione normativa" poco stabile ed efficace. L'emergere della crisi ecologica, invero, richiedendo un approccio olistico e interdisciplinare, derivante dalla convergenza delle conoscenze tecnico-scientifiche e delle scelte politico-sociali, ha comportato un ripensamento anche sul piano giuridico. A tal stregua, si ritiene che la dimensione costituzionale rappresenti il miglior livello normativo in grado di rendere più coerenti i principi del diritto internazionale ed europeo in materia ambientale, fornendo ai legislatori statali il supporto normativo idoneo a stabilire norme primarie certe e a declinarle sul piano dell'efficacia amministrativa e, al contempo, dotando le corti costituzionali e le altre giurisdizioni competenti di strumenti ermeneutici più specifici e di maggiore garanzia dell'approccio integrato tra esigenze ambientali e modelli di sviluppo. Da ciò discendono diverse conseguenze: 1) l'ordinamento giuridico non può più disciplinare la pluralità degli ambienti come "unità separate", bensì come dimensioni interconnesse e interdipendenti; 2) il territorio, inteso sia come suolo sia come spazio comprensivo di aria, acqua e sottosuolo, diviene elemento strutturale della tutela dell'ambiente, il luogo dove si generano e debbono essere risolti i conflitti fra gli interessi che si manifestano nei diversi ambiti e nei diversi tempi che ne caratterizzano lo sviluppo; 3) la soluzione del conflitto tra gli interessi ambientali e quelli dell'impresa dipende anche dalla conoscenza scientifica e dalle soluzioni tecniche. Si aprono, al contempo, diverse questioni: vi è,

innanzitutto, il problema di disciplinare le modalità con cui la scienza è autorizzata a dare le sue indicazioni. La scienza è anch'essa incerta, quindi la disciplina delle modalità con cui si perseguono determinati risultati diviene fondamentale. In secondo luogo, diviene centrale la questione dei limiti entro i quali si possono porre in discussione le scelte del legislatore, e in che misura i giudici, costituzionali e ordinari, potranno interpretare le norme costituzionali in materia ambientale, data la concreta possibilità che - in presenza di legislatori inerti, inadeguati o poco attenti – le giurisdizioni siano costrette ad esercitare parte della discrezionalità politica. Infine, si rende necessario superare sia la carente organizzazione interdisciplinare che l'approccio "integrato" richiede sul piano istituzionale, sia la difficoltà di coordinare i vari livelli di governo competenti a implementarlo. Tali profili problematici rendono ancora più evidente l'apporto che la dimensione costituzionale può offrire alla "giuridificazione" del nuovo paradigma ambientale, ponendosi necessariamente al centro della regolazione dei rapporti tra l'uomo e la natura.

Keywords: costituzionalismo ambientale; revisione costituzionale; relazione uomo-natura; approccio integrato; rapporto scienza, politica, diritto.

E-mail: cecilia.pannacciulli@uniba.it

IntelligentEyes: Contrasto ai crimini ambientali e predatori nelle aree rurali

Serena Triggiani¹, Paolo Garofoli², Maria Stefania Fornaro⁴, Antonietta Riccio², Fausto Pizzolante², Cosimo Calabrese², Annamaria Basile², Carmine Massarelli³, Vito Felice Uricchio³

¹Regione Puglia, Assessore Ambiente, Ciclo rifiuti e bonifiche, Vigilanza Ambientale, Parchi, Rischio industriale, Crisi industriali e Politiche di genere

²Regione Puglia, Dipartimento Ambiente, Paesaggio e Qualità Urbana, 70125, Bari,

³Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione – UdR “Ambiente e Territorio”, Bari

⁴Prefettura - Ufficio Territoriale del Governo di Bari

Abstract

Le recenti elaborazioni Eurispes su dati Ismea evidenziano che la Puglia si colloca in cima alle graduatorie nazionali con riferimento ai reati a danno di coltivatori ed aziende agricole. Un fenomeno che negli ultimi anni sta registrando una ulteriore crescita dovuta anche agli effetti della crisi economica, degli eventi climatici avversi (siccità, trombe d’aria e grandinate) che spesso procurano significativi danni ai raccolti e all’imprenditoria sana, determinando al contempo una maggiore attenzione per queste aree da parte di criminali interessati al lucro. In aggiunta le aree rurali ed in generale quelle meno presidiate sono spesso interessate da fenomeni di abbandono e smaltimento illecito di rifiuti.

Con riferimento a questo ultimo fenomeno, la Regione Puglia è da tempo impegnata ad assicurare condizioni di legalità con specifico riferimento al contrasto ai crimini ambientali tra traffici illeciti ed abbandono dei rifiuti di piccola entità. Dal 2007 la Regione è promotrice di un Accordo di Programma Quadro per Tutela Ambientale, rinnovato per il periodo 2022-2024 con DGR n.1959 del 29.11.2021, che vede il coinvolgimento della Legione Carabinieri “Puglia”, Comando unità per la Tutela Forestale, Ambientale e agroalimentare Carabinieri, Comando Carabinieri per la Tutela Ambientale e la Transizione Ecologica – Nuclei Operativi Ecologici di Bari e Lecce, Guardia di Finanza, Arpa Puglia e il CNR. Le attività di prevenzione e vigilanza contemplate nell’Accordo hanno evidenziato l’efficacia dell’azione di contrasto alla pratica illegale dell’abbandono incontrollato di rifiuti o di discarica abusiva, oltre che ciò che riguarda le attività di rimozione dei rifiuti presso le aree segnalate. Un’intensa attività

di controllo, di monitoraggio dell'ambiente e dei fenomeni criminosi che ha portato, negli ultimi anni, al sequestro di oltre n.5.000 siti potenzialmente contaminati.

Oltre al contrasto dei fenomeni criminosi rilevanti, la Regione Puglia è impegnata nel contrasto agli abbandoni di rifiuti di piccola entità rinvenibili su tutto il territorio. In tale direzione, negli ultimi 5 anni la Regione ha stanziato circa 35 milioni di euro destinati agli enti locali per la rimozione dei rifiuti abbandonati in aree pubbliche, per la rimozione e il conferimento di manufatti contenenti amianto in edifici privati oltre che per la distribuzione 1.811 fototrappole a servizio dei Comuni e delle Provincie. Nonostante gli sforzi della Regione Puglia e degli Enti locali nella cura e pulizia del territorio, il fenomeno degli abbandoni dei rifiuti permane quale fenomeno significativo.

Al fine di intensificare azioni coordinate di prevenzione dei fenomeni predatori in agricoltura, crimini ambientali e abbandoni di rifiuti, emerge la indicazione, condivisa a tutti i livelli istituzionali, ad elevare il livello di operatività degli organi di controllo attraverso un potenziamento strumentale con attrezzature ed approcci innovativi per la rilevazione e contrasto di illeciti ambientali, agendo anche sulla deterrenza.

Tale azione prevede una più spinta analisi dei fenomeni finalizzata alla valutazione delle situazioni territoriali di maggiore criticità (*crime mapping*), individuate nei siti in cui vengono reiterati i fenomeni predatori che interessano il mondo agricolo insieme a smaltimenti abusivi, abbandoni, o a veri e propri traffici illeciti di rifiuti. L'analisi integrata comprende l'esame di condizioni sociologiche, presenze di organizzazioni criminali, condizioni morfologiche e topografiche, vicinanze alla viabilità principale, secondaria e/ rupestre, aree marginali poco presidiate, etc..

L'attività di analisi è agevolata anche dal potenziamento del Sistema Informativo PerimSiti, sviluppato dal CNR nel 2007 ed evolutosi nel tempo in funzione delle esigenze maturate dalle Forze dell'Ordine, potrà beneficiare dell'impiego di tecniche di *data analysis* avanzata per individuare pattern, trend e correlazioni altrimenti difficilmente rilevabili contribuendo così a una comprensione più profonda delle interazioni all'interno dei sistemi antropici ed ambientali in relazione ai fenomeni in atto.

L'utilizzo di piattaforme di intelligenza artificiale consentirà di dare ulteriore valore aggiunto alle attività di analisi. In particolare, saranno messi a confronto algoritmi di IA utilizzati su piattaforme di tipo sperimentale (CNR) e commerciali quali ad es. Google Earth Engine (GEE), Descartes Labs, Planet Labs, Orbital Insight, SpaceKnow, etc. Tali utilizzi sono orientati

all'individuazione e riconoscimento di oggetti o azioni all'interno di immagini o video (ad esempio per la rilevazione automatica del potenziale sversamento o del reato predatorio), potendosi spingere sino alla segmentazione degli oggetti ripresi anche se sovrapposti ed effettuata in tempo reale. Gli algoritmi della IA saranno utilizzati per l'analisi *unsupervised* di immagini satellitari disponibili gratuitamente tra cui i dati Sentinel della Piattaforma Copernicus.

L'analisi dei dati consentirà l'ottimale allocazione di microcamere e la programmazione dei piani di volo dei Droni. Come anche le stesse immagini acquisite attraverso il potenziamento dei dispositivi elettronici (fototrappole, microcamere, droni, PC, etc.) verranno analizzate con sistemi software in grado di convertire i dati in informazioni, per un più immediato orientamento delle attività di indagine.

L'interesse scientifico all'applicazione di nuovi approcci che possano integrare l'impiego di modelli matematici, di sistemi di intelligenza artificiale e di dispositivi elettronici avanzati, ad applicazioni pratiche di interesse sociale, ambientale e soprattutto sanitario è assai rilevante anche in ragione della forte connotazione interistituzionale che assume, consentendo di sperimentare sul campo i risultati della ricerca, ottenendo stimoli e suggerimenti per ulteriori implementazioni ed affinamenti promossi dagli stessi utilizzatori. Tale scenario di proficua collaborazione ed attiva sinergia rende la Puglia un "laboratorio operativo" di rilievo internazionale, più volte premiato con riconoscimenti nazionali ed internazionali.

I dati di base (comprensivi delle cartografie di base e tematiche) i dati grezzi e gli esiti delle elaborazioni saranno resi disponibili in *Control Rooms* distribuite e localizzate presso ciascuno dei partner del progetto. In prospettiva si intravede una sempre più strutturata collaborazione con la Prefettura di Bari e auspicabilmente anche con le altre prefetture pugliesi, anche in funzione di ottimizzazione delle attività svolte in tale ambito dalle Polizie Municipali, nella ottica di un inquadramento dei crimini ambientali nelle più ampie azioni di contrasto alla criminalità organizzata, alla criminalità informatica, e di controllo del territorio per la sicurezza dei cittadini *tout court* inclusa la sicurezza stradale.

Keywords: Intelligenza Artificiale, data analysis, crime mapping, droni, microcamere.

Contatti: assessore.ambiente.territorio@regione.puglia.it, p.garofoli@regione.puglia.it, a.riccio@regione.puglia.it, c.calabrese@regione.puglia.it, am.basile@regione.puglia.it, carmine.massarelli@cnr.it, vitofelice.uricchio@cnr.it

Tecnologie intelligenti per l'ambiente: l'impatto di IA e IoT sulla sostenibilità

Vincenzo Piscitelli¹, Laura Di Giovanni², Emanuela Fiucci³

¹ CNR-IRSA ²CNR-UCP ³CNR-INM

La sostenibilità ambientale è un impegno oggi ineludibile. Nell'ultimo secolo, lo sviluppo tecnologico ha accelerato a tal punto da superare i tempi di adattamento della natura, comportando un rapido consumo delle risorse naturali. Il Commissario all'Ambiente dell'UE ha dichiarato che, continuando con questi ritmi di consumo, entro il 2050 avremo bisogno di tre pianeti per soddisfare le nostre richieste, oltre a causare gravi problemi di inquinamento. In Italia, il 19 maggio è tornato l'overshoot day o "giorno del superamento", che ci avverte che, da questa data e per il resto dell'anno, saremo in debito con il pianeta, erodendo il capitale naturale che sostiene il benessere della nostra società. Se tutta l'umanità consumasse come gli italiani, il 19 maggio 2024 avremmo "esaurito" tutte le risorse naturali del pianeta, iniziando a consumare quelle "previste" per il 2025. L'Internet of Things (IoT) e l'Intelligenza Artificiale (IA) possono aiutare le aziende ad aumentare i livelli di sostenibilità ambientale dei loro processi. L'IoT può ridurre l'inquinamento tramite sensori connessi, che misurano valori ambientali e monitorano le tendenze. Questi sensori devono essere posizionati in prossimità dei punti di emissione o ad alto rischio di inquinamento. La consapevolezza del superamento dei valori consentiti dovrebbe portare l'imprenditore ad agire di conseguenza. L'Intelligenza Artificiale entra in gioco analizzando i dati rilevati dai sensori IoT. Attraverso l'IA, è possibile creare modelli predittivi o prescrittivi per individuare in anticipo le deviazioni nei valori monitorati, permettendo di attuare azioni correttive prima che il processo vada fuori controllo. L'uso combinato dell'IA e dell'IoT migliora la sostenibilità ambientale attraverso il monitoraggio costante e la riduzione degli sprechi e dell'inquinamento. I benefici derivanti dall'uso combinato di queste tecnologie si estendono non solo alla fase finale dei processi produttivi, ma anche alla fase predittiva. Ad esempio, l'IA può essere utilizzata per ridurre i rifiuti, come nei rubinetti con sensori di prossimità che bloccano il flusso dell'acqua dopo il lavaggio delle mani o nelle luci che si accendono al passaggio. Inoltre, la prossima sfida sarà quella del riciclo dei dispositivi, dei rifiuti e dell'energia prodotta, attivando un flusso di riciclo continuo. Raccogliendo dati di utilizzo dai

dispositivi connessi, le aziende possono intervenire prima che l'oggetto o il servizio diventi un rifiuto. Lo stesso discorso vale per l'energia. Le Smart Grid, o reti intelligenti, riducono al minimo gli sprechi energetici grazie alla combinazione dei sensori connessi dell'IoT e la flessibilità dell'Intelligenza Artificiale. L'IA si presenta come un alleato cruciale nella difesa dell'ambiente, guidando una rivoluzione nella tutela del nostro pianeta. La sua capacità di analizzare grandi quantità di dati consente risposte più tempestive ed efficaci alle sfide ambientali. Mentre il mondo si concentra sulla sostenibilità, l'IA si afferma come una preziosa alleata nella costruzione di un futuro più verde e resiliente. La collaborazione tra scienziati, istituzioni e aziende è fondamentale per massimizzare l'impatto positivo dell'IA sull'ambiente.

Keywords: Sostenibilità, IA, Internet of Things

Contatti: vincenzo.piscitelli@cnr.it laura.digiovanni@cnr.it
emanuela.fiucci@cnr.it

La tassazione ottimale nella transizione giusta

Giovanni Uricchio¹

¹Ministero Grazia e Giustizia - UNEP Corte di Appello di Roma

Abstract

Il regime fiscale assume un ruolo centrale nell'attuazione delle politiche ambientali, orientando comportamenti delle imprese e dei consumatori che potrebbero ottenere vantaggi fiscali.

In un contesto di crescente urgenza climatica, i governi si trovano a dover bilanciare l'obiettivo della riduzione delle emissioni di gas serra con la necessità di garantire la competitività economica e la giustizia sociale.

L'equa e giusta tassazione delle attività economiche, se correttamente orientata, può determinare positivi impatti sulla transizione ambientale, energetica e digitale ma anche sull'inclusione sociale, sulla lotta alla povertà e alla fame, instradando anche il raggiungimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile (*Sustainable Development Goals SDGs*) posti dalle Nazioni Unite.

Tale argomento è stato affrontato nel corso del recente G7 a Presidenza italiana e sarà oggetto di lavoro del prossimo G20 del novembre 2024, al fine di giungere al lancio dell'Alleanza Globale contro la Fame e la Povertà che è in stretta relazione con il contrasto ai cambiamenti climatici e con il prelievo delle risorse naturali (ivi compresi i materiali critici).

In tale contesto, la crisi climatica, congiuntamente alla frenetica corsa all'estrazione di minerali – alcuni dei quali impiegati nella transizione energetica – ha, da un lato ulteriormente aggravato la riduzione della biodiversità, dall'altro accentuato la condizione drammatica di centinaia di milioni di persone, le quali si trovano sull'orlo della morte per fame o sono private dell'accesso a un'alimentazione sana e completa. Tali circostanze hanno in tal modo generato rilevanti fenomeni migratori.

Dunque, la tassazione giusta può essere una tassazione correttiva nelle economie con esternalità, che consente di utilizzare la politica fiscale per ottenere la più efficiente utilizzazione ed allocazione delle risorse ambientali. Tuttavia, per essere efficace, tale tassazione deve essere attentamente calibrata al fine di evitare effetti distorsivi sull'economia e non gravare eccessivamente sui soggetti più vulnerabili. Un sistema fiscale ottimale dovrebbe pertanto includere misure di compensazione, come

sussidi per le famiglie a basso reddito o incentivi per la riconversione industriale, garantendo così una transizione giusta ed equa.

Tra le misure in questione, spicca l'attuazione del principio cardine in materia ambientale, "chi inquina paga" (PPP), attraverso il quale le imposte ambientali impongono agli inquinatori di affrontare i costi derivanti dal loro comportamento dannoso. L'applicazione di tale principio sulle attività inquinanti promuove l'adozione di alternative ambientalmente sostenibili, come l'impiego di processi produttivi più puliti, l'implementazione di misure per catturare e neutralizzare le emissioni nocive prima del loro rilascio nell'ambiente, e lo sviluppo di prodotti e processi a minor impatto ecologico. L'attuazione di questo precetto può inoltre stimolare la nascita di nuove economie, come startup innovative capaci di intervenire nei processi produttivi, favorendo il riutilizzo e la riduzione degli impatti ambientali. In aggiunta, un'imposta ambientale offre un incentivo ai produttori a ridurre l'uso o la produzione della sostanza inquinante soggetta a tassazione. Al contempo, l'aumento dei prezzi stimola i consumatori a diminuire l'acquisto dei prodotti tassati. Le imposte ambientali possono essere rivolte direttamente ai consumatori o ai produttori, ma in ogni caso incidono su tutti gli attori economici, modificando i prezzi relativi e, di conseguenza, i comportamenti.

Di contro una politica di incentivazione fiscale che agevoli iniziative imprenditoriali sostenibili può portare ad investire il nostro ingegno, le nostre conoscenze, la nostra cultura, le nostre tecnologie, la nostra forza produttiva e sociale per produzioni sempre più orientate alla qualità del vivere e allo sviluppo sostenibile.

In tal senso, la cooperazione internazionale assume un ruolo fondamentale per evitare fenomeni di delocalizzazione delle attività inquinanti e per armonizzare le politiche fiscali a livello globale.

La tassazione giusta deve quindi essere vista come una responsabilità collettiva che non può ammettere diversi gradi di impegno tra i Paesi.

Il cambiamento risiede nella capacità di incidere positivamente, con costanza e applicazione nei processi in corso.

Anche per la tassazione giusta, allargando l'orizzonte a un contesto globale, è possibile contribuire a regolare tutti quegli ambiti nei quali le normative assumono progressivamente sempre più significato se condivise ed attuate in un contesto internazionale.

Inoltre, la tassazione, attraverso regimi agevolativi, può incentivare e promuovere comportamenti virtuosi volti a contrastare i cambiamenti climatici, tutelare l'ambiente, combattere i traffici illeciti di rifiuti e fronteggiare le minacce ibride. Tali strumenti fiscali possono altresì essere

estesi a settori di natura diversa, relativamente nuovi, come la tassazione delle grandi imprese e la regolamentazione dei cosiddetti "giganti del web", ambiti in cui, se ben indirizzati, potrebbero generare significativi benefici ambientali.

Keywords: tassazione giusta, esternalità, sistema fiscale, cambiamenti climatici, transizione equa, cooperazione.

Contatti: giovanni.uricchio@giustizia.it

VI. Rischi e rigenerazione dei territori

La piattaforma ReNDiS e la sua integrazione con i sistemi informativi nazionali degli interventi di difesa del suolo

Barbara Dessì¹, Irene Rischia¹

1Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA,

Introduzione e obiettivi di studio

Il progetto del Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo - ReNDiS nasce in ISPRA nel 2005 a partire dall'attività di monitoraggio che l'Istituto svolge per conto dell'allora Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (oggi Ministero per l'Ambiente e la Sicurezza Energetica - MASE) sull'attuazione di Piani e programmi di interventi urgenti per la mitigazione del rischio idrogeologico finanziati dal Ministero stesso. Il principale obiettivo di ReNDiS è la formazione di un quadro unitario, sistematicamente aggiornato, delle opere e delle risorse impegnate nel campo della difesa del suolo, condiviso tra tutte le Amministrazioni pubbliche che operano nella pianificazione ed attuazione degli interventi. In tale ambito ReNDiS si propone come uno strumento conoscitivo potenzialmente in grado di migliorare il coordinamento e, quindi, l'ottimizzazione della spesa nazionale per la difesa del suolo, oltre a favorire la trasparenza e l'accesso dei cittadini alle informazioni. L'interfaccia di navigazione (ReNDiS-web) fornisce, a chiunque si colleghi al sito, la possibilità di consultare i dati principali degli interventi censiti e di visualizzarne il quadro d'insieme per i diversi ambiti geografici.

Risultati e conclusioni

La pubblicazione dei dati sugli interventi sulla piattaforma ReNDiS non risponde solo ad esigenze di trasparenza, ma ha anche l'intento di far conoscere meglio ciò che le pubbliche Amministrazioni realizzano sul territorio per ridurre il rischio idrogeologico. In tale ottica, i dati presenti all'interno della piattaforma ReNDiS rappresentano un contributo di grande rilevanza tecnico scientifica per accrescere la conoscenza del territorio e forniscono le chiavi per una lettura dettagliata di tutte le azioni di mitigazione del dissesto messe in campo dalle diverse Amministrazioni dello Stato.

Inoltre, una maggiore e diffusa consapevolezza da parte dei cittadini su questi temi favorisce comportamenti virtuosi e decisioni informate, sia in fase emergenziale che in situazioni ordinarie, nelle scelte relative alla

programmazione e pianificazione di qualunque attività sociale ed economica sul territorio, contribuendo alla riduzione dei danni e, quindi, dei costi causati dai fenomeni di dissesto idrogeologico.

Contatti: irene.rischia@isprambiente.it

Un caso di studio per la rappresentazione di dissesti franosi attraverso il sistema RASTEM

Valeria Licata¹, Alessandro Fraccica¹, Daniele Spizzichino¹, Fabio Pascarella¹

¹Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – ISPRA

Introduzione

L'esigenza di gestire in maniera sempre più efficiente le risorse rivolte alla mitigazione del rischio idro-geologico ha spinto, nel corso degli anni, il Servizio Geologico d'Italia di l'ISPRA a realizzare strumenti sufficientemente speditivi, ma comunque accurati, per avere un quadro integrato degli interventi finanziati per la difesa del suolo, su tutto il territorio italiano. In tale contesto, è stato recentemente predisposto un applicativo sviluppato in ambiente GIS denominato 'Rappresentazione Standardizzata degli Effetti di Mitigazione' (RaStEM), la cui finalità consiste nel rappresentare in maniera codificata ed omogenea alcuni elementi progettuali salienti e fornire una fotografia sintetica dell'efficacia delle caratteristiche dei progetti proposti e della interazione attesa con il dissesto esistente o potenziale. Il crescente interesse per l'uso dell'applicativo nelle procedure di finanziamento degli interventi per la difesa del suolo è testimoniato dal suo impiego nell'ambito del recente "Bando piccoli comuni" emanato dal Dip. Casa Italia della Presidenza del Consiglio dei ministri. Sinteticamente, ciascun progetto rappresentato in RaStEM è descritto attraverso poligoni georeferenziati riguardanti le aree in dissesto e gli elementi esposti in condizioni ante-operam e post-operam, e le opere previste in progetto; ognuno dei 5 poligoni è caratterizzato da un corredo di attributi per i cui dettagli si rimanda

alle LL.GG. RASTEM. Nel seguito, si riporta un caso sull'implementazione di un progetto esemplificativo sviluppato in RaStEM relativo a un dissesto franoso.

Risultati e conclusioni

Al fine di osservare su quali aspetti di mitigazione del rischio l'intervento abbia maggior impatto, RaStEM fornisce inoltre indici sintetici, confrontando le condizioni AO e PO, e le relative rappresentazioni sinottiche. Le voci di "rilevanza" ante e post indicano la severità dello scenario di rischio in esame per ogni parametro preso in considerazione con e senza le opere di progetto.

Gli indicatori di “efficacia relativa” indicano quanto l’opera sia efficace nel raggiungere la mitigazione del rischio per i singoli parametri analizzati. I valori di questi indicatori variano da 0 (nessuna efficacia) a 1 (massima efficacia). Come osservato il progetto rappresentato risulta caratterizzato da valori degli indici di rilevanza estremamente alti nell’AO, rispetto ai diversi parametri considerati: ad esempio, i valori di velocità, pericolosità e classe di elementi esposti a danno grave sono i più alti che questi possono avere (rilevanza 1, ovvero il 100%). Nel PO, la rilevanza media (ISR_p) è inferiore a quella dell’AO (ISR_a), in quanto alcuni parametri, quali le persone a rischio diretto, risultano diminuiti in virtù dell’effetto favorevole che le barriere hanno sulla riduzione dell’area in dissesto. La velocità del dissesto (valore caratteristico max) rimane invece inalterata, in quanto corrispondente alla velocità dei blocchi rocciosi in caduta all’interno dell’area di dissesto.

Contatti: valeria.licata@isprambiente.it

Scelte progettuali per nuovi sviluppi industriali: l'opportunità di anticipare le richieste degli enti proponendo interventi di valore

Gianluca Crapanzano¹

¹Jacobs

Introduzione e obiettivi di studio

L'Europa e le Nazioni Unite ci richiamano alla tutela del suolo, del patrimonio ambientale, del paesaggio, con la richiesta di azzerare il consumo di suolo netto entro il 2050, di allinearli alla crescita demografica e di non aumentare il degrado del territorio entro il 2030.

La sostenibilità a lungo termine, il cambiamento climatico e il consumo di suolo sono nuove sfide per l'ambiente. Nel presente studio è riportata l'esperienza di Jacobs in materia di Valutazione di Impatto Ambientale per aumentare l'attrattività di nuovi sviluppi industriali ed accelerare i processi di approvazione.

Metodologia

Nella scelta di un sito dove realizzare un intervento industriale, anche in base alle normative vigenti, è spesso consigliabile scegliere un brownfield piuttosto che un greenfield per lo sviluppo di una nuova attività industriale. Questo può comportare un maggior livello di incertezza per i costi ed i tempi di un eventuale intervento di bonifica, ma la maggiore sostenibilità complessiva può offrire vantaggi in termini di:

- Costi inferiori per l'acquisizione dell'area;
- Minori necessità di modificare la pianificazione locale per consentire lo svolgimento dell'attività prevista;
- Procedure autorizzative più rapide;
- Costi inferiori per misure di compensazione delle emissioni di gas serra dovute al consumo di suolo;
- Utilizzo di servizi e infrastrutture già esistenti.

I risultati delle procedure di VIA e di screening di VIA, oltre a privilegiare gli interventi in brownfield, includono sempre più spesso i seguenti elementi e orientamenti:

- Misure di compensazione delle emissioni di gas serra;
- Valutazioni preliminari degli effetti a lungo termine sulla salute pubblica;

- Implementazione di sistemi di monitoraggio diretto degli effetti del progetto nel tempo;

- Promozione dell'uso di materiali e tecnologie "naturali" per ridurre gli impatti nelle fasi di costruzione, esercizio e dismissione.

Per aumentare l'attrattiva di un progetto soggetto a VIA o a verifica di assoggettabilità a VIA, è utile includere questi aspetti fin dalle prime fasi, anticipando richieste che comunque sarebbero arrivate dagli enti a conclusione del procedimento: in questo modo i maggiori costi di progettazione e realizzazione dell'opera si possono tradurre in riduzione dei tempi del procedimento, minori richieste a posteriori da parte degli enti di controllo e in una maggiore efficienza del progetto nel suo complesso.

Risultati e conclusioni

Dall'analisi delle esperienze di Jacobs, integrate da informazioni contenute su portali istituzionali, è possibile verificare da una parte la convenienza complessiva dei siti brownfield rispetto ai greenfield; i primi, infatti, a fronte di una maggiore incertezza, maggiori rischi e potenziali costi nelle fasi iniziali di caratterizzazione e successiva bonifica delle aree, nel complesso consentono di realizzare risparmi netti considerando i minori costi di acquisto e le minori esigenze e richieste da parte degli enti di controllo in fase di rilascio delle necessarie autorizzazioni.

Inoltre, l'inclusione di elementi di mitigazione, compensazione e monitoraggio degli impatti di un progetto fin dalle prime fasi di sviluppo può implicare in apparenza maggiori costi di sviluppo e realizzazione del progetto, ma a posteriori si traduce spesso in una riduzione dei tempi dei procedimenti, in minori richieste a posteriori da parte degli enti di controllo e in una riduzione dei costi complessivi dell'iniziativa.

Contatti: gianluca.crapanzano@jacobs.com

L'uso di opere di ingegneria naturalistica per la mitigazione del rischio frana in Italia: statistiche dal database RENDIS di ISPRA

Alessandro Fraccica¹, Barbara Dessi¹, Valeria Licata¹, Francesco Menniti¹, Irene Rischia¹, Daniele Spizzichino¹, Fabio Pascarella¹

¹Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, Italia (ISPRA)

Introduzione e obiettivi di studio

Il Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo (ReNDiS) è una piattaforma web-GIS open data sviluppata da ISPRA nell'ambito del supporto tecnico-scientifico fornito al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica al fine di monitorare l'attuazione di interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico e gestire la valutazione delle richieste di finanziamento provenienti da tutte le Regioni italiane, a partire dal 1999. Nel database ReNDiS, le informazioni sono organizzate per singoli interventi di mitigazione, per ciascuno dei quali sono raccolte ed archiviate: fasi del progetto, tipologia di opere adottate e dati contabili. Ogni intervento è articolato in lotti (ognuno dei quali corrisponde ad un progetto) e questi ultimi possono essere composti da una o più sistemazioni (o tipologie di opere). Il database implementa le tipologie di opera ricadenti tra quelle dell'ingegneria naturalistica: da questa classificazione è possibile stimare quali interventi ne implementano alcune, integralmente o in combinazione con altre opere di tipo "tradizionale". A rafforzare la rilevanza dell'uso dell'ingegneria naturalistica, con l'emanazione del DPCM 27/09/2021 sono stati definiti criteri e metodi per identificare le priorità di finanziamento degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico in Italia. Tra gli interventi proposti, si darà priorità ai cosiddetti interventi "integrati", nei quali si associa la protezione di ecosistemi e biodiversità alla mitigazione del rischio idrogeologico. Dato il crescente impatto socio-economico delle frane in Italia e l'importanza della transizione ecologica e sostenibile, lo scopo del lavoro è quello di analizzare la frequenza e i tipi di opere d'ingegneria naturalistica più utilizzati tra gli interventi di mitigazione del rischio di frana in Italia.

Risultati e conclusioni

Alla data dello studio, nel database ReNDIS risultano già registrati circa 25000 interventi di mitigazione finanziati complessivamente con oltre 17 Mld€. Tra gli interventi censiti, di oltre 3000 si dispongono informazioni tecniche dettagliate ed affidabili circa le tipologie di opere ed i dissesti mitigati. Di questi interventi, il 65% dei lotti include opere per la mitigazione del rischio di frana ed il 51% include opere per la mitigazione del rischio idraulico. All'interno dello stesso ambito, per la mitigazione del rischio franoso, il 17% delle sistemazioni ricade tra le opere di ingegneria naturalistica, mentre per la mitigazione del rischio idraulico la percentuale si riduce all'11,8%.

Considerata la quantità di siti di pregio naturalistico e paesaggistico, in Italia, spesso soggetti a vincoli territoriali, le soluzioni progettuali basate sull'ingegneria naturalistica assumono carattere rilevante nella mitigazione di dissesti idrogeologici nelle suddette aree. In virtù di ciò, si è esaminata, in forma preliminare, l'ubicazione degli interventi di mitigazione del rischio idro-geologico nei confronti dei poligoni (utilizzando, in QGIS, un *buffer* di 500 m) della rete di aree protette dell'Unione Europea (Natura 2000). Da quest'analisi geo-spaziale si è osservato che il 30% degli interventi che implementano opere di ingegneria naturalistica ricade all'interno dei poligoni della suddetta rete. In future analisi si approfondirà la presenza di interventi di ingegneria naturalistica per la mitigazione del rischio idrogeologico in aree soggette ad altre tipologie di vincolo nel Paese. L'ubicazione degli interventi è stata confrontata anche con la Carta Litologica d'Italia, osservando una buona versatilità delle opere di ingegneria naturalistica ed un loro utilizzo sulla quasi totalità delle formazioni litologiche del Paese. Le opere d'ingegneria naturalistica più adottate tra gli interventi di mitigazione del rischio frana di cui si dispongono informazioni dettagliate (oltre 3000). Il taglio selettivo della vegetazione ed il disboscamento selettivo sono le opere più utilizzate in aree dove il sovraccarico della vegetazione ha un'azione destabilizzante che prevale sul rinforzo radicale. Nella pratica ingegneristica si riscontra che il rinforzo della vegetazione è, in larga parte, combinato con strutture o rinforzi realizzati con materiali biodegradabili come il legno, bio-stuoie, bio-reti e pietrame. Nel secondo caso, le opere d'ingegneria tradizionale comprendono pali e muri in calcestruzzo armato, reti d'acciaio, barriere, armature e sistemi di drenaggio.

Confrontando gli interventi che includono o meno le opere di ingegneria naturalistica rispetto alle tipologie di dissesti franosi si osserva che i primi sono utilizzati in queste percentuali: crollo per il 7.2% dei casi, scivolamento

rotazionale e traslativo, rispettivamente, nel 5.9% e 5.1% dei casi, soliflusso/ soil creep/scivolamento corticale/smottamenti nel 4.9% dei casi, Aree soggette a frane superficiali diffuse per il 4.6% dei casi. Per gli interventi che non includono ingegneria naturalistica, le percentuali dei casi precedenti diventano, rispettivamente: 12.2%, 9.0%, 7.2%, 5.3%, 4.4%. Com'è possibile notare, nel caso di aree con frane superficiali diffuse, il numero di interventi che include ingegneria naturalistica è, seppur con scarto minimo, più alto di quello degli interventi che implementa esclusivamente opere di ingegneria tradizionale.

Le opere d'ingegneria naturalistica sono usate per conferire un miglioramento della resistenza del suolo nel tempo, grazie alla crescita delle radici, e richiedono una ridotta manutenzione dopo l'effettivo attecchimento delle specie vegetali. Inoltre, sono utilizzate per coprire aree ampie, riducendo così in misura maggiore i fenomeni di frana superficiale ed i fenomeni di erosione.

Considerati gli interessi paesaggistici, culturali, economici e di sostenibilità coinvolti, il monitoraggio delle soluzioni naturalistiche attraverso la banca dati ReNDiS è uno strumento fondamentale per la pianificazione di nuove opere di mitigazione delle frane in tutta Italia.

Misura e modellazione delle onde di lungo periodo in un porto turistico – il caso di Ventimiglia

Luis Alberto Cusati¹, Andrea Pedroncini¹, Giovanni Besio², Angela Celeste Taramasso², Stefano Puppo

¹DHI S.r.l., ² Università di Genova

Introduzione e obiettivi dello studio

Il porto turistico di Ventimiglia (Liguria, Italia) occupa una posizione centrale come porto turistico grazie alla sua vicinanza al porto di Monaco, con collegamenti diretti facilitati da un servizio navetta ad alta velocità. Il porto, che presenta un design distintivo a forma di conchiglia, poco dopo il suo completamento nel 2020, ha affrontato significativi problemi di agitazione ondosa.

Lo studio qui presentato mira ad ottenere, attraverso l'impiego di modellazione numerica, una comprensione approfondita dei processi che influenzano l'agitazione ondosa e a formulare strategie di mitigazione efficaci. L'analisi ha beneficiato dell'installazione nel porto di quattro misuratori di livello ad alta frequenza, che hanno permesso di calibrare e successivamente validare il modello numerico.

Metodologia e risultati

I dati delle onde al largo sono stati ricavati dal modello sviluppato dal MeteOcean Research Group dell'Università di Genova (DICCA) – Mentaschi et al., 2013). La propagazione dell'onda verso costa e la modellazione dell'agitazione ondosa interna al porto sono state eseguite rispettivamente mediante MIKE21 SW (Spectral Wave) e MIKE21 BW (Boussinesq Wave) di DHI.

Nella notte tra il 22 e il 23 Gennaio 2021, all'interno del porto si sono registrati significativi movimenti delle imbarcazioni ormeggiate, tali da precluderne la sicurezza ed il comfort. Per tale mareggiata, il modello dell'Università di Genova indica i seguenti valori al picco: $H_{m0}=3,3m$; $T_p=11,6s$; $MWD=202^\circ N$. I risultati della propagazione di tale mareggiata verso costa mediante modello spettrale hanno fornito le condizioni di ingresso per il Modello BW, che ha confermato un significativo livello di agitazione ondosa all'interno del porto (fino a 0,9m). I risultati di MIKE21 BW, suddivisi tra la componente di onda corta ($T<20s$) e la componente di onda lunga ($T>20s$), hanno evidenziato un significativo contributo dell'onda lunga sull'agitazione ondosa complessiva.

Ulteriori analisi spettrali condotte sui risultati del modello BW all'interno del porto hanno rivelato un evidente picco di energia corrispondente a un periodo d'onda di 50s, contro i circa 11s all'esterno del porto.

Per investigare le frequenze di oscillazione naturale del bacino portuale nella sua configurazione attuale, il modello BW è stato utilizzato per simulare il cosiddetto "spettro di rumore bianco" (Gierlevsen et al., 2001). I risultati della simulazione rivelano chiaramente un picco nell'energia delle onde associato a un periodo di 50-60 secondi (confermando quanto osservato per la tempesta del Gennaio 2021), legato evidentemente alla forma del bacino portuale e quindi attribuibile alla frequenza di oscillazione naturale del porto stesso. Nel Febbraio 2021, il DICCA ha installato quattro misuratori di livello all'interno del bacino portuale. I dati sono stati registrati continuamente fino alla fine di Marzo (circa 1,5 mesi) con una frequenza di campionamento di 10 Hertz. Le stazioni di misurazione sono situate in adiacenza ai moli e sono quindi significativamente influenzate, almeno in termini di onde corte, dal fenomeno della riflessione. Durante il periodo di misurazione, il porto turistico ha sperimentato la mareggiata più rilevante tra il 13 e il 14 Marzo 2021. Durante l'evento, le condizioni al largo derivate dal modello del DICCA sono risultate, al picco, le seguenti: $H_m0=2,5m$; $T_p=7,4s$; $MWD=214^\circ N$.

I risultati di MIKE21 BW in termini di elevazione superficiale nelle quattro posizioni dei misuratori sono stati elaborati mediante un'analisi spettrale e utilizzati per la calibrazione del modello. Gli spettri misurati ottenuti sono presentati nella Fig. 5 insieme agli spettri modellati (a seguito del processo di calibrazione). I grafici mostrano un buon allineamento tra modello e misure e rivelano chiaramente un picco nell'energia delle onde associato a un periodo delle onde di 50-60 s.

Per mitigare il problema riscontrato nel porto sono state esplorate diverse soluzioni, tra cui opere interne progettate per mitigare le oscillazioni di lungo periodo e opere esterne come l'estensione del molo sopraflutto. Alla fine, la soluzione più efficace è stata identificata nella realizzazione di una barriera a cresta bassa posizionata a protezione dell'ingresso.

Contatti: anp@dhigroup.com

La risposta degli edifici di culto della media Valle del Tevere a seguito del sisma di Umbertide del 9 marzo 2023

Stefania Tibaldi¹, Elisabetta Aisa¹, Alessio Bragetti¹

¹Regione Umbria - Servizio Protezione Civile ed Emergenze

Introduzione e obiettivi di studio

Due eventi sismici con Magnitudo superiore a 4 sono avvenuti in prossimità della città di Umbertide, provocando danneggiamenti variamente distribuiti nel territorio circostante, anche significativi, con numerose abitazioni risultate inagibili. A seguito di ciò, è stata condotta una campagna di sopralluoghi dai Tecnici della Protezione Civile regionale per il censimento dei danni e rilievo dell'agibilità. Questo studio analizza, in particolare, i dati raccolti con la scheda di rilievo del danno ai Beni Culturali - Chiese.

Metodologia

La scheda di rilievo del danno ai Beni Culturali - Chiese (Modello A – DC), approvata con D.P.C.M. del 23/02/2006, è lo strumento ufficiale del Dipartimento di Protezione Civile per la raccolta dei dati del bene culturale oggetto di sopralluogo e danneggiato da un evento sismico.

In essa sono contenute diverse informazioni, quali ad esempio la geolocalizzazione, la topografia del sito, i beni artistici contenuti nell'edificio, la geometria, e, appunto, il danno rilevato.

Attraverso l'elaborazione dei dati raccolti nel campione in esame e la loro correlazione con gli studi sulla sismicità del territorio colpito, si vuole caratterizzare lo scenario di danno ed analizzare i fattori che l'hanno determinato. Le schede sono state redatte dai Tecnici del Servizio Protezione Civile ed Emergenze, autori dell'articolo, insieme ai funzionari del MiC.

L'evento sismico

Lo sciame sismico che ha colpito un'area circolare di 15 km intorno al Comune di Umbertide ha visto il verificarsi di più di 150 repliche con intensità anche importanti. Gli eventi principali sono stati due e si sono verificati entrambi il 9 marzo 2023: il primo, di magnitudo Mw 4.3, alle ore 16:05 a 5 km ad Est di Umbertide, ad una profondità di 5 km; il secondo, di magnitudo Mw 4.5, alle ore 20:08 a 6 km ad Est di Umbertide, ad una profondità di 3 km.

Un recente studio di un team di ricercatori dell'INGV ha portato a interessanti scoperte sul comportamento sismico del complesso sistema di faglie esistenti nell'Alta Valle del Tevere, nel territorio compreso tra le sorgenti del fiume sul Monte Fumaiolo fino al comune di Umbertide, a cavallo tra la Toscana, Umbria e Marche. Inoltre, gli studi di microzonazione sismica, promossi circa 10 anni fa dalla Regione Umbria e dallo stesso Comune di Umbertide, hanno permesso di identificare la presenza, nelle aree interessate dalla sequenza sismica, di effetti di amplificazione sismica locale anche rilevanti, che possono aver contribuito a amplificare il quadro di danneggiamento degli edifici.

Analisi ed elaborazione dei dati

Il campione di dati esaminato consta di 20 chiese, distribuite su un territorio appartenente a 4 diversi comuni tra loro confinanti (Umbertide, Perugia, Corciano e Gubbio). I dati raccolti attraverso le schede di rilievo del danno sono stati analizzati ed elaborati in grafici e tabelle al fine di correlare le caratteristiche sismogenetiche del territorio con le caratteristiche costruttive degli edifici di culto esaminati ed il danno a loro occorso

Risultati e conclusioni

Dalle analisi effettuate emerge che il danno più rilevante e più frequente interessa i meccanismi di secondo modo (nel piano della facciata e delle pareti laterali), dovuti ad una cattiva qualità della muratura. Per quanto riguarda i meccanismi di primo modo, la presenza di presidi antisismici, seppur datati e non dimensionati a dovere, ha permesso di limitare l'entità del relativo danneggiamento.

Contatti: stibaldi@regione.umbria.it; eaisa@regione.umbria.it;
abragetti@regione.umbria.it

Supporto consultivo all'isola di Ischia per la ricostruzione post-catastrofe e la resilienza ai cambiamenti climatici - sistema di monitoraggio

Andrea Lucioni¹, Nicola Bertolini¹

¹*ambiente S.p.A.*

Introduzione e obiettivi di studio

Nell'ambito del Contratto Quadro per attività di Consulenza – Lotto 1 ambiente (EIBAS), affidato dalla European Investment Bank (BEI) al raggruppamento temporaneo di imprese guidato da IBF International Consulting (BE), con riferimento all'incarico "Advisory Support to the Island of Ischia on Post-Disaster Reconstruction and Climate Change Resilience", l'associata ambiente s.p.a., in qualità di Technical Leading Partner si è aggiudicata la gara e sarà responsabile delle attività del contratto, il cui obiettivo è quello di contribuire a rafforzare la resilienza dell'Isola di Ischia in seguito all'evento sismico del 2017 e alluvionale del Novembre 2022. In particolare, ambiente supporterà il rafforzamento delle capacità istituzionali della Struttura del Commissario Straordinario per la Ricostruzione di Ischia e di altre autorità pubbliche coinvolte nel processo di ricostruzione dell'Isola e fornirà supporto tecnico ingegneristico per la preparazione e implementazione degli investimenti necessari per la Ricostruzione che verranno co-finanziati dalla BEI.

Lo scopo del progetto permette ai comuni interessati di ridurre la vulnerabilità rispetto a futuri disastri naturali e a costruire la resilienza della comunità locale rispetto alle vulnerabilità fisiche, sociali, ambientali ed economiche dell'Isola, fornendo supporto tecnico-organizzativo per gli interventi prioritari secondo le valutazioni contenute nel Climate Risk Vulnerability Assessment (CRVA).

Il Progetto è suddiviso in 3 task:

Attività 1 – Supporto alla programmazione

Supporto nello sviluppo e nella finalizzazione di un piano di investimento e finanziamento per l'isola d'Ischia per il recupero e ricostruzione post-disastro.

Attività 2 – Supporto alla preparazione del progetto

Supporto continuo alle attività di preparazione dei progetti identificati come prioritari anche tramite l'assistenza all'implementazione di procedure di gara. Sono previsti anche momenti tecnici formative su temi quali: Sostenibilità, resilienza al cambiamento climatico, procedure di VIA, VAS ed altri aspetti inerenti il processo di ricostruzione dell'isola di Ischia

Attività 3 – Implementazione del progetto e supporto alla gestione

Lo scopo principale dell'attività 3 è supportare l'attuazione del processo di ricostruzione. attraverso la progettazione ed implementazione di un Sistema di Monitoraggio. La Struttura Commissariale nonché i Soggetti attuatori saranno coinvolti in una formazione dedicata.

Risultati e conclusioni

In base all'esperienza di ambiente spa, l'implementazione di questa piattaforma ha migliorato significativamente la capacità degli Enti Attuatori di monitorare l'effettivo avanzamento dei lavori e delle spese.

Gli aggiornamenti dei dati in tempo reale ha consentito un processo decisionale tempestivo, migliorando la gestione dei progetti, l'allocazione delle risorse e il controllo dei costi. L'adozione del sistema di raccolta/monitoraggio dei dati è da considerarsi come una pietra miliare significativa negli sforzi di gestione della ricostruzione.

Contatti: alucioni@ambientesc.it, nbertolini@ambientesc.it

Le potenzialità del digitale a servizio della ricostruzione per processi più efficaci, efficienti e trasparenti

Antonella Di Natale

Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

Introduzione e obiettivi di studio

Al verificarsi di un evento sismico, terminata la fase di prima emergenza, gli obiettivi si spostano verso un progressivo ritorno alle condizioni pre-sisma. I primi veri passi verso una condizione ordinaria si muovono nel momento in cui si passa al processo di ricostruzione.

I territori colpiti da eventi sismici possono avere caratteristiche socioeconomiche, geografiche e dimensionali complesse. Di fronte a tali complessità, l'articolazione istituzionale del territorio non può prescindere dagli elementi tipici dei singoli luoghi e della loro tradizione civica e, quindi, l'identificazione del processo di ricostruzione che tenga in considerazione l'interlocuzione ed il coinvolgimento dei diversi soggetti non è cosa banale da strutturare. Il processo di ricostruzione richiede un approccio multidisciplinare ed il coinvolgimento di corrispondenti esperti che tra loro devono potersi integrare per consentire che gli strumenti della ricostruzione rispondano per intero, e non solo parzialmente, agli obiettivi. Inoltre, le piccole realtà territoriali, talvolta isolate, fisicamente distanti e mal collegate con i principali centri produttivi, non costituiscono soltanto un territorio fragile dal punto di vista economico e con tassi di spopolamento importanti, ma sono altresì caratterizzati da una notevole debolezza istituzionale. Questi, senza gestioni condivise di uffici o funzioni già stentavano a disporre di risorse umane e finanziarie necessarie per affrontare la complessità dell'attività amministrativa quotidiana. Alle grandi difficoltà indotte dall'evento sismico, si sommano anche quelle specifiche legate alla natura ed alle peculiarità del territorio colpito. A queste si aggiungono anche la eventuale, anche se rara, difficoltà di gestione dovuta all'esistenza di territori ricadenti in doppi crateri (sisma 2009 e sisma 2016) e la criticità legata alla frammentazione che l'evento sismico indubbiamente crea, rompendo inevitabilmente qualche elemento di connessione.

L'obiettivo allora richiede di strutturare una efficiente, seppur articolata, gestione del processo di ricostruzione che, sintetizzato al massimo grado di semplicità, si basa su un sistema di richiesta ed erogazione contributo sulla base di un modello unico che garantisca l'omogeneità ed uniformità pur al

contempo tenendo in considerazione le specificità di ciascun territorio. Le domande di concessione di contributo, costituite da elaborati documentali amministrativi e grafici progettuali, devono rispondere alla rispettiva normativa operativa del caso di appartenenza ed essere presentate presso gli uffici competenti alla loro gestione ed esamina. In questa esasperata situazione di frammentarietà, anche realizzare le più semplici operazioni di consegna può essere talvolta davvero difficoltoso. Se a questo si aggiunge la necessità di confronti continui, di richieste di integrazioni e la loro presentazione nel corso dell'iter istruttorio, è chiaro che il livello di difficoltà cresce in modo esponenziale. Di fronte a questi aspetti non si può che riconoscere il ruolo importante e strategico che giocano le tecnologie digitali in questo momento storico, di fornire servizi che vengano incontro anche alle nuove esigenze espresse da una società profondamente mutata negli ultimi anni, per articolazione e stili di vita.

L'introduzione di un nuovo strumento di lavoro potrebbe rappresentare l'occasione per affrontare l'attività di riorganizzazione del processo burocratico, e per diminuire la complessità del sistema, a vantaggio dell'utenza. La sfida digitale per la Pubblica Amministrazione, ancor più accentuata e accelerata dall'emergenza COVID- 19, spinge la PA ad un totale ripensamento sia dei propri processi organizzativi sia delle modalità di erogazione dei propri servizi.

Risultati e conclusioni

Da questo sistema di analisi è emerso come gli uffici competenti alla gestione dei processi di ricostruzione si siano dotati, nel tempo, di piattaforme digitali utili alla ricezione di dati e documentazione. Tali sistemi, avviati ed ancora in fase di implementazioni aprono al più ampio tema dell'interoperabilità del dato, argomento centrale per la trasformazione digitale della PA.

Il Codice della Ricostruzione, che ha ricevuto approvazione nel Consiglio dei ministri n°84 del 22 Giugno 2022 e ss. mm., concretizza la necessità compresa in questi lunghi anni di ricostruzione di strutturare un quadro normativo uniforme per tutti gli eventi sismici e una governance definita, in modo da attuare la ricostruzione in tempi rapidi e di garantire altresì la ripresa delle attività socioeconomiche. Oggi le ricostruzioni post sisma in corso in Italia presentano regole, procedure e modelli di governance differenti; appare chiara la conseguenza che le attività di ricostruzione stessa hanno subito ritardi e intoppi. Il Codice si intende dunque superare questa frammentazione, che genera confusione normativa e attese troppo lunghe per i cittadini, costretti anche a ricostruire la propria vita e attività

altrove. I principi ed i criteri direttivi in esso indicati toccano innumerevoli aspetti che

ruotano intorno ai processi di ricostruzione, tra cui anche il ruolo che devono assolvere le piattaforme digitali. Tutte le analisi e le considerazioni del presente lavoro hanno portato ad individuare quei punti fermi che deve avere un nuovo sistema digitale, nel rispetto ed a favore dei principi dettati anche dal Codice stesso.

In coerenza con il modello nazionale multilivello che opera a livello centrale, regionale e locale previsto per la governance della ricostruzione dettato dal Codice, anche il funzionamento della piattaforma unica della ricostruzione dovrebbe essere configurata secondo una medesima struttura multilivello. Così come una struttura unica centrale coordina tutti gli uffici territoriali, anche la piattaforma unica centrale dovrebbe raccordare tutte le piattaforme uniche regionali.

Dunque, se da un punto di vista di governance il tema si sta già affrontando tramite il codice della Ricostruzione, al contempo, a livello di strumenti operativi, si potrebbe lavorare, sin d'ora, in tempo di pace e sulla scia di nuove idee, dei più recenti aggiornamenti e sulla base delle esperienze pregresse, per farsi trovare preparati nella gestione operativa dei processi in caso di eventuali eventi futuri per garantire quella tempestività, efficacia ed efficienza che la PA ha il dovere di garantire ai cittadini ed al territorio tutto.

Contatti: antonella.dinatale@usrc.it

Linee guida per interventi di rigenerazione urbana e territoriale nei comuni del cratere sismico 2009

Emanuela Ferrini

Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

L'Intesa costitutiva dell'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere Sisma 2009 (di seguito USRC) risalente al 2012 tracciava già al tempo la volontà del legislatore di attribuire all'ente un ruolo di raccordo e promozione delle politiche di sviluppo locale, parallelo alla ricostruzione in senso materiale.

Solo nell'ultimo triennio il legislatore ha potenziato tale funzioni con una sequenza normativa che rende l'USRC una cabina di regia e coordinamento nella realizzazione di interventi di sviluppo e rigenerazione, nonché una stazione appaltante aggregata e delegata per opere ed interventi di ricostruzione ordinaria e di attuazione del piano complementare al PNRR.

L'evoluzione normativa ha pertanto reso indispensabile un nuovo disegno organizzativo che necessita di scelte strategiche di completamento delle funzioni e processi già individuati. Viene inserita così nel 2024 nella Macro struttura dell'ufficio l'Area Sviluppo e Rigenerazione Urbana che promuove e coordina le iniziative volte a migliorare le azioni per la capacità amministrativa e gestionale nelle politiche di sviluppo al fine di accrescere l'efficacia dell'azione amministrativa nell'attuazione degli interventi cofinanziati dai fondi nazionali ed europei, anche in qualità di titolare e/o autorità di gestione dei programmi cofinanziati dedicati al rafforzamento della capacità amministrativa per lo sviluppo.

Le nuove funzioni assegnate all'USRC hanno di fatto potenziato le sue già consolidate capacità di pianificazione, programmazione e gestione delle risorse (ricostruzione pubblica e privata, edilizia scolastica, spese di assistenza alla popolazione, interventi di messa in sicurezza, programmi di videosorveglianza).

A queste si sono aggiunte funzioni e processi ascrivibili alle seguenti fonti finanziarie, tutte inquadrabili nel panorama di sviluppo e rigenerazione poiché relativi ad interventi volti a dare completa attuazione ad un processo di ricostruzione privata che troverà il suo pieno compimento con la riqualificazione fisica, sociale e culturale dei centri storici.

Uno degli sfidanti obiettivi dell'Area è la redazione dei "Quaderni di rigenerazione urbana dei comuni del cratere sismico 2009", documenti che

affrontano, con approccio metodologico e con il supporto di qualificate professionalità, i temi connessi alla Rigenerazione Urbana infrastrutturale, immateriale e socio-culturale.

a) RIGENERAZIONE CULTURALE

Misura A del Programma Unitario di Intervento al PNC

L'Ufficio lavora congiuntamente ai Soggetti attuatori del Programma (Comuni del Cratere e dell'USRC) nell'attuazione dei 238 interventi, per complessivi 107,54 mln €, volti ad accrescere l'attrattività delle aree fragili dell'Appennino centrale attraverso l'innalzamento della sicurezza degli edifici, delle comunità e del territorio, e il miglioramento della qualità della vita degli abitanti.

Programma di sviluppo RESTART (introdotto dall'art. 11, co. 12, del decreto-legge n. 78/2015) L'Ufficio lavora al coordinamento di interventi per circa 70,44 mln € relativi ai Progetti Integrati per il Turismo aventi la finalità di assicurare effetti positivi di lungo periodo in termini di valorizzazione delle risorse territoriali. Sempre nell'ambito del programma RESTART l'Ufficio ha eterodiretto il Progetto Riabitare con l'arte ed è in fase di stesura un progetto complesso per la realizzazione di un Eco Museo Diffuso nel territorio dei 56 comuni del cratere.

Poggetto di Ascolto partecipato

Nell'ottica di promuovere strategie di ascolto, azioni utili alla "rigenerazione urbana" e alla "rigenerazione di comunità" l'USRC ha lanciato un progetto sperimentale di ascolto partecipato a Santo Stefano di Sessanio, promosso congiuntamente con il Comune, che, attraverso il coinvolgimento attivo della popolazione, degli attori istituzionali e degli operatori economici, mira ad acquisire la più esaustiva rappresentazione delle posizioni, degli interessi e dei bisogni espressi dal territorio per individuare le migliori politiche atte a produrre impatti positivi sul contesto urbano e territoriale, sulla socialità, sulla cultura, sull'economia urbana e sull'ambiente. Il Progetto ha inteso integrare le azioni di recupero edilizio, di riqualificazione urbana e di sviluppo turistico e culturale in corso con le esigenze di rivitalizzazione e sviluppo economico, con l'obiettivo di assicurare l'attrattività e la vivibilità del borgo e contrastare il progressivo spopolamento favorendo l'abitare, la creazione di reddito, il senso di appartenenza al luogo e la gestione sostenibile del territorio.

Territori Aperti

Nell'ambito del progetto, nell'ottica di favorire l'ampliamento e la diffusione delle conoscenze scientifiche e sostenere lo sviluppo di studi e ricerche sui temi della ricostruzione e sviluppo del territorio dei Comuni del Cratere 2009, oltre che di promuovere le attività di raccolta e condivisione dei dati, l'Ufficio ha affiancato la propria azione strategica ad un percorso di partenariato con UNIVAQ, avviando progetti di ricerca e di indagine qualificata delle caratteristiche socio-economiche del territorio. Nel 2020 si è dato avvio all'implementazione di "strategie per lo sviluppo turistico del cratere", un quadro di area vasta delle risorse turistiche del territorio.

I Cammini degli Altipiani, un modello di rigenerazione territoriale, strategie di promozione e comunicazione.

L'USRC, nell'ambito del Piano Nazionale Complementare al PNRR, è stato individuato come Soggetto Responsabile per l'attuazione di quattro interventi del Piano Complementare nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A3 "Rigenerazione urbana e territoriale", relativi alla realizzazione, l'implementazione e il consolidamento di percorsi e cammini culturali, tematici e storici. Ne è discesa la progettualità relativa a 4 Cammini che attraversano 34 comuni del Cratere, 3 parchi, di cui due nazionali e uno regionale, circa 400 Km di tracciati, per un valore pari a 2,2 milioni di euro. Nell'ottica di una gestione condivisa dei Cammini degli Altipiani e della definizione di una governance, "Interventi di valorizzazione di Cammini storici" sono proseguite azioni ascrivibili al Piano di Comunicazione per la valorizzazione e salvaguardia del patrimonio culturale immateriale. Tra queste rientrano le attività di informazione, formazione, oltre alle ricerche etnografiche condotte seguendo una metodologia sperimentale basata sul patrimonio culturale immateriale UNESCO per la narrazione innovativa dei Cammini, la creazione di un'identità visiva per l'intero progetto e l'implementazione della segnaletica con tecnologia smart per offrire un'esperienza immersiva del cammino, azioni create con il supporto di società specializzate. Per lo sviluppo di queste attività è stata necessaria una pianificazione multilivello e multiattoriale basata su una metodologia di lavoro sinergica con le istituzioni locali di messa in rete e raccordo di amministrazioni, enti locali, associazioni e stakeholder.

b) RIGENERAZIONE INFRASTRUTTURALE

P.I.C.C. (Programma di Interventi Connessi e Complementari a quelli di ricostruzione)

Il Programma, che vede l'Ufficio impegnato nella pianificazione strategica di progetti per circa 300 mln € di cui alla Determinazione USRC n.1097/2021, è destinato a finanziare interventi di riparazione e

miglioramento di reti e sottoservizi e sazi pubblici, di messa in sicurezza del territorio e più in generale interventi di Rigenerazione Urbana integrati e sostenibili, che favoriscano il miglioramento delle aree urbane in termini di qualità, vivibilità, salubrità e sicurezza nonché di sostenibilità ambientale ed energetica del tessuto urbano.

La fase attuativa del programma di interventi è gestita dall'Ufficio mediante il ricorso ad una metodologia con approccio scientifico: sono in corso di redazione le "Linee Guida per l'attuazione di interventi di riqualificazione delle reti e degli spazi aperti nei centri storici dei Comuni del Cratere sismico del 2009", sviluppate dall'USRC in partenariato con l'Università degli Studi dell'Aquila, Facoltà di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile Architettura e Ambiente (DICEAA), che si inquadrano come contributo tecnico del più ampio progetto che l'Ufficio sta sviluppando sui temi legati alla Rigenerazione Territoriale e Urbana (infrastrutturale, immateriale e socio-culturale).

Il partenariato si esplicita attraverso specifico dottorato di ricerca "Infrastrutture urbane intelligenti e sostenibili nei borghi storici del Cratere sismico 2009: modelli e soluzioni a basso impatto ambientale per l'innovazione tecnologica nella realizzazione, manutenzione e gestione di reti e servizi nei centri storici" che approfondisce, anche attraverso l'applicazione a casi di studio, lo studio della morfologia dei territori, delle tipologie di interventi infrastrutturali e la parametrizzazione dei costi di intervento, temi che convergeranno nelle citate Linee Guida.

Le Linee Guida rappresentano uno strumento operativo destinato alle Amministrazioni comunali e tecnici incaricati, per guidarli verso interventi di riqualificazione consapevoli ed efficaci, sia nella definizione di progetti preliminari che di valutazioni tecnico/economiche di progetti esistenti, nonché dispositivo di disciplina e controllo utile all'USRC per coordinare la fase attuativa degli interventi. Propongono una metodologia operativa suddivisa in fasi che, partendo dalla conoscenza dello stato di fatto e dall'analisi delle relative criticità di reti e spazi aperti, conducono alla definizione dei possibili interventi compatibili con il contesto di indagine e alla loro quantificazione economica attraverso l'applicazione dei costi parametrici definiti.

Contatti: emanuela.ferrini@usrc.it

Gli edifici vincolati ricadenti negli aggregati edilizi interessati dalla ricostruzione post-sisma 2009: normativa, procedure, raccolta dati e casi studio

Roberta Scarizza, Nadia Marcantonio

Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

Introduzione e obiettivi di studio

L'obiettivo principale del presente studio è quello di censire gli aggregati privati vincolati nel Cratere Sismico 2009. Le indagini condotte mirano ad evidenziare quanto essi possono rappresentare un pilastro tra le azioni congiunte volte alla valorizzazione dei Comuni e all'implementazione dell'offerta turistica contribuendo al rilancio economico dei borghi, al fine di mitigare la condizione di isolamento delle comunità e contrastarne lo spopolamento. Ovvero come, a fronte dell'elevato impatto economico sotto il profilo del riconoscimento del contributo statale, la ricostruzione privata, coniugando le esigenze di sicurezza e tutela del patrimonio, possa portare benefici alle comunità locali.

Metodologia

Sono state indagati e raccolti gli aspetti normativi relativi agli aggregati vincolati a partire dalle Leggi, DCD, OPCM, circolari, fino ai Piani di Ricostruzione ed al DPCM del 4 febbraio 2013 che ha introdotto il modello parametrico (MIC) con il dettaglio delle Linee Guida BBCC V4.

Quindi è stata condotta una duplice ricerca volta ad individuare e censire gli aggregati vincolati:

- la prima fondata sulla ricerca degli immobili per i quali è stata presentata una richiesta di contributo per i fondi della ricostruzione privata Sisma 2009 con il modello parametrico MIC USRC. In particolare, sono state selezionate tutte le unità immobiliari per le quali è stata dichiarata la presenza di un vincolo diretto;
- la seconda partendo dai Decreti di Vincolo disponibili per i Comuni del Cratere (136 Decreti). Tale approfondimento ha consentito di rintracciare anche gli aggregati per i quali è stato richiesto un contributo secondo le ordinanze OPCM nn. 3779, 3790 e 3820, ovvero presentate prima dell'istituzione del modello parametrico o fuori dai centri storici, ai sensi del D.L. n. 39/2009.

Dei circa 150 aggregati risultanti dall'indagine emerge che:

-1 Area Omogenea ha meno di 10 aggregati vincolati (AO9), circa il 5% del totale; 5 Aree Omogenee tra 10 e 20 aggregati vincolati (AO2-3-4-6-7), dal 5% fino al 15% del totale; 1 area omogenea tra 20 e 30 aggregati vincolati (AO5), circa il 15% del totale; 1 Area Omogenea maggiore di 40 aggregati (AO8), circa il 30% del totale;

-sono rappresentati 44 comuni di cui 32 con un numero minore a 5 aggregati privati vincolati, 12 con numero maggiore o uguale a 5;

-la metà dei procedimenti vede l'istruttoria del contributo conclusa (di cui il 20% con lavori conclusi, il 25% con lavori in corso, il 5% archiviati), l'altra metà vede il 35% degli aggregati in corso di istruttoria tecnico amministrativa per il riconoscimento del contributo, ed il 15% da avviare al procedimento.

Quindi è stata approfondita l'indagine sui soli aggregati con edifici/porzioni di edifici privati vincolati conclusi (circa 30), con i seguenti risultati:

-la durata media del cantiere è di 917 giorni;

-il contributo complessivo medio concesso è di 2.933.863,59 €;

-il costo al metro quadrato è di 1.623,22 €;

- il livello di sicurezza post intervento si attesta intorno al 60%.

Sono state infine realizzate delle schede per i casi studio come di seguito esplicitato.

Contatti: roberta.scarizza@utr4.usrc.it , nadia.marcantonio@usrc.it

Confronto della normativa sisma 2009 e 2016 e degli strumenti di pianificazione e di ricostruzione privata nei centri storici dei comuni del doppio cratere dell'area omogenea n. 3

*Francesca Prosperini, Donato Di Ludovico, Raffaello Fico, Claudia Genitti
Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere*

Introduzione e obiettivi di studio

Partendo dal presupposto che il territorio italiano è un territorio vulnerabile ai rischi naturali, è stata sviluppata un'analisi comparativa tra la ricostruzione post sisma 2009 e quella post sisma 2016 negli elementi principali attinenti al modello di governance, al censimento del danno, alla ricostruzione privata, alla pianificazione della ricostruzione, con l'obiettivo di contestualizzare le due esperienze e di farne emergere differenze ed elementi comuni, sviluppando il confronto in quadri sinottici dettagliati per ogni elemento, brevemente sintetizzati in questa presentazione.

Trattandosi di due rilevanti esperienze di ricostruzione post sismica tuttora in essere in Italia, lo studio si prefigge di far emergere alcuni degli elementi di confronto più significativi, tenuto conto del dibattito in essere tra gli addetti ai lavori in merito al Codice nazionale delle ricostruzioni.

Il territorio abruzzese ben si presta a questo tipo di analisi, avendo esso visto la sovrapposizione nel tempo di due concomitanti ricostruzioni, quella successiva al sisma 2009 e quella successiva al sisma 2016, nel territorio di 12 Comuni, appartenenti alle Aree Omogenee n.2 e 3 del Cratere sismico 2009.

Risultati e conclusioni

Le differenze riscontrate tra i due modelli di ricostruzione post sisma riguardano tutti gli aspetti esaminati, dal modello di governance, al censimento del danno, alla pianificazione, alla gestione degli interventi per aggregati, alla procedura di controllo ed ammissione, in relazione al quale anche il ruolo degli uffici e dei tecnici incaricati è differente.

Le due esperienze di ricostruzione dimostrano che ulteriori complessità nella gestione delle procedure tecnico-amministrative di determinazione del contributo possono inoltre intervenire nel tempo, per esempio lavori avviati nel 2009 con successivo aggravamento 2016, ma anche nel più attuale tema dell'adeguamento dei prezzi per far fronte ai maggiori costi dei materiali per l'edilizia.

La disciplina di determinazione dei contributi, quindi, deve essere sì solida, ma anche facilmente adeguabile a eventi inizialmente non prevedibili, atteso che comunque i tempi per il completamento del processo di ricostruzione sono sempre piuttosto lunghi.

In tal senso il dibattito “Codice della ricostruzione” permetterebbe di non ripartire ogni volta da zero, ma di avere una normativa di riferimento che richiede solo di essere adattata alle peculiarità dei territori.

Contatti: francesca.prosperini@usrc.it

Il cammino grande di celestino: analisi del contesto normativo, territoriale e le *best practice* per la progettazione

Valeria Rossi

Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

Introduzione e obiettivi di studio

Il progetto per la valorizzazione turistica de “Il Cammino grande di Celestino” è inquadrato nel Piano Complementare Sisma sub-misura A.3 “Rigenerazione Urbana e Territoriale” linea intervento 3 “Realizzazione, implementazione e consolidamento di percorsi e cammini culturali, tematici e storici...” di cui USRC è stato individuato come soggetto responsabile degli interventi ai sensi dell’art. 14bis del D.L. 31 maggio 2021 n. 77, convertito con modificazioni dalla Legge n. 108 del 28 luglio 2021.

Oltre alla città di L’Aquila, i comuni interessati dal percorso ricadono nell’ambito dei Comuni danneggiati dagli eventi sismici del 06/04/2009, quali Ocre, Fossa, Sant’Eusanio Forconese, Villa Sant’Angelo, San Demetrio né Vestini, Fagnano Alto, Fontecchio, Tione degli Abruzzi, Acciano, Castelvechio Subequo, Castel di Ieri e Goriano Sicoli, individuati mediante il Decreto del Commissario delegato per l’emergenza n. 3 del 16/04/2009, oltre ai comuni fuori cratere di Molina Aterno, Raiano, Corfinio, Roccasale, Pratola Peligna e Sulmona. Molti comuni già interessati dallo spopolamento delle aree interne, con l’evento sismico hanno subito un ulteriore declino demografico che si è consolidato nel corso degli ultimi anni. Anche per queste ragioni, l’attività di ricostruzione post-sisma 2009 ha un ruolo decisivo sulla rigenerazione urbana dei comuni interessati, con una progettazione che contribuisca a rilanciare economicamente i borghi che possono trovare nello sviluppo dell’offerta turistica del turismo “green” l’opportunità di rilancio in termini di accoglienza, di innovazione sociale e di trasporto.

Risultati e conclusioni

Riepilogando gli interventi in progetto permetteranno:

- l’aumento dell’offerta turistica dei territori comunali interessati, sia in estate che in inverno;

- la creazione di nuove attività turistiche o l'implementazione di quelle esistenti legate eventualmente anche al noleggio di biciclette, passeggiate equestri, oltre che un'offerta invernale data dalle passeggiate con racchette da neve;
- la creazione di un percorso didattico in cui si riporteranno tutti i dati storico-ambientali e naturali con le principali caratteristiche del territorio attraversato;
- l'integrazione del "cammino" con il sistema delle strade poderali e vicinali ad esso collegate;
- l'indicazione di tratti di percorso predisposti all'accesso di disabili.

Come richiesto dai principi cardine del PNRR, gli interventi proposti rispondono al principio del DNSH "Do No Significant Harm", di non arrecare danno significativo al contesto sul quale si interviene. L'anima del progetto è quella di intervenire nel modo più leggero possibile, valorizzando quanto già presente sul territorio e implementando con interventi puntuali al minimo impatto sull'ambiente.

Tali interventi sono altresì compatibili con gli altri principi generali del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, ovvero: valorizzazione e nuove opportunità per i giovani, tracciare gli effetti su clima e digitalizzazione, Riduzione divari territoriali, equità di genere. Specificamente quanto previsto risponde, sia in fase di progettazione che di realizzazione, allo scopo di raggiungere le seguenti finalità:

✓ Riduzione del Consumo del Suolo: l'individuazione del cammino, come meglio illustrato in seguito, è stata effettuata attenendosi il più possibile a percorsi già battuti e utilizzati in nome dei vecchi tratturi, andando a intervenire unicamente sulla riqualificazione e sulla segnaletica;

✓ Innovazione Tecnologica a Servizio dell'Ambiente: il progetto propone, ove possibile, l'installazione di colonnine elettriche per la ricarica di e-bike, in coerenza con le risorse finanziarie messe a disposizione dal Bonus Mobilità Nazionale e dagli incentivi erogati dagli enti locali del territorio;

✓ Promozione della Mobilità Sostenibile e Diminuzione degli Inquinamenti: la promozione del turismo lento rientra di per sé nelle strategie di promozione della mobilità sostenibile e

della diminuzione dell'inquinamento. Sarà data la possibilità ai fruitori di raggiungere le mete desiderate, a piedi o con le bici, attraverso un percorso strutturato e funzionale, nell'ottica di ridurre il raggiungimento delle stesse con le autovetture;

✓ Coinvolgimento della Comunità: il passaggio del tracciato all'interno e/o in adiacenza di diversi centri storici, vedrà il coinvolgimento della comunità

locale nella sua forma più diretta. In particolare, si intende segnalare la presenza di attività ricettive presenti sul territorio e di realtà cittadine già operative (es. organizzazioni di valorizzazione territoriale, etc.);

✓ Sicurezza dell'Ambiente e del Territorio: il progetto prevede la riqualificazione di spazi identificabili come "emergenze architettoniche" e la messa in sicurezza dei tratti che presentano maggiori criticità;

Contatti: valeria.rossi@usrc.it

Musei di Puglia fra innovazione dei processi e opportunità tecnologiche per lo sviluppo dei territori

Antonella Lerario¹

¹CNR-ITC, Istituto per le Tecnologie della Costruzione - Consiglio Nazionale delle Ricerche

Abstract

Transizioni di livello planetario – ecologica, climatica, energetica, demografica, economica, digitale - stanno ponendo sfide globali a tutti i settori strategici per lo sviluppo dei territori. La complessità e le interconnessioni tra i fattori alla base di questi processi costringono i diversi stakeholder dello sviluppo a interagire per trovare terreni comuni d'azione, ma anche a rivedere dall'interno i rispettivi ruoli e avviare un ripensamento di *mission* e obiettivi originari.

In particolare, processi evolutivi gradualisti e fisiologici ed eventi di natura emergenziale pongono nuove responsabilità al settore del patrimonio culturale e alla sua *governance* allargata. Nelle *'heritage cities'* come nelle piccole realtà locali, in particolare, il patrimonio culturale materiale, con il settore museale in prima linea, è motore e catalizzatore riconosciuto dello sviluppo dei territori - lungo i due canali della diffusione del brand territoriale e della fruizione diretta delle risorse - attraverso le numerose ricadute culturali, sociali, economiche e ambientali, ben al di là della visione tradizionalmente incentrata sullo sfruttamento turistico.

Nella loro evoluzione da luoghi di risorse isolate a spazi sociali a servizio delle comunità, i musei sono chiamati sempre più da governi e istituzioni internazionali a esprimere il loro carattere rappresentativo nei confronti di territori e comunità d'origine. In un contesto come la Puglia, con complessi sistemi valoriali *'multistrato'* – culturali, naturalistici, insediativi, produttivi - le conoscenze, presupposto per governare correttamente qualsiasi processo di sviluppo, sono altrettanto stratificate. Se da un lato innovazione e tecnologia sono i fattori chiave per moltiplicare le conoscenze e guidare la crescita dei territori, è altrettanto indispensabile, da un lato, che i musei, per definizione *"scigni di conoscenze"* sugli oggetti, si aprano alle conoscenze sul territorio e, dall'altro, che i portatori di quelle conoscenze vengano coinvolti attivamente nell'azione che il patrimonio può esercitare, affinché essa rispetti e rispecchi nel modo più autentico e *"plurale"* possibile l'immagine e le componenti del territorio da cui esso origina e ne

espliciti tutte le potenzialità, valorizzandole. L'obiettivo da perseguire è una crescita che non dipenda unicamente dagli apporti 'esterni' del turismo ma che muova dai territori di appartenenza, dal complesso delle risorse locali e dalla comunità in senso ampio. Data la forte componente geografica della connessione del patrimonio museale con i contesti di riferimento, la ricerca in corso presso la sede ITC di Bari intende esplorare il contributo che le tecnologie di *mapping* possono offrire nell'accertare la presenza 'viva' dei musei nel tessuto socioeconomico e produttivo locale attraverso lo studio delle relazioni con gli altri riferimenti sul territorio e del loro raggio d'azione. Selezionando come caso di studio un campione di strutture con caratteri marcati di patrimonio spazialmente distribuito (i musei archeologici di Puglia), la ricerca propone una rappresentazione 'mappata' dell'indagine sulle loro relazioni territoriali. I risultati dello studio mostrano, da un lato, il persistere di criticità significative nell'esprimere a pieno l'intero potenziale e il valore delle istituzioni museali come incubatori di sviluppo locale e, dall'altro, il contributo concreto che le tecnologie di *mapping* possono offrire all'innovazione del settore.

Keywords: patrimonio museale, sviluppo locale, ICT, mapping, sistemi informativi geografici

Contatti: antonella.lerario@itc.cnr.it

Verde urbano e dialogo uomo-pianta: tecnologie innovative per un futuro sostenibile nelle città.

Paola Lassandro¹, Paola D'Antonio², Salvatore Capotorto¹, Costanza Fiorentino², Valeria Mammone¹, Paolo Spagnolo³, Gregorio Andria⁴

¹ Istituto per le Tecnologie della Costruzione – Consiglio Nazionale delle Ricerche, sede di Bari, ITC-CNR (speaker),² DAFE - Università della Basilicata,³ Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti "Eduardo Caianiello" sede di Lecce, ISASI, ⁴ DEI - Politecnico di Bari

Abstract

L'urbanizzazione crescente, considerato che la popolazione mondiale raggiungerà 9,7 miliardi entro il 2050 e che il 70% vivrà in città (secondo le previsioni delle Nazioni Unite), comporta gravi conseguenze ambientali legate all'espansione delle città. L'impermeabilizzazione del suolo, la perdita di terre agricole e foreste, la riduzione della biodiversità e l'inquinamento atmosferico sono solo alcuni degli effetti negativi dell'espansione urbana incontrollata. Tuttavia, l'integrazione di facciate e terrazzi verdi negli edifici urbani si profila come una soluzione cruciale per rigenerare le città in relazione al recente regolamento europeo sul ripristino della natura (Regulation (EU) 2024/1991). Queste infrastrutture verdi, oltre a migliorare l'efficienza energetica degli edifici e ridurre le emissioni di CO₂, promuovono una sostenibilità a lungo termine e migliorano la qualità dell'aria e la qualità della vita urbana. Un aspetto innovativo di tali soluzioni è l'uso di tecnologie avanzate che facilitano il "dialogo" tra uomo e pianta. Sistemi avanzati di monitoraggio con sensori intelligenti per un "AI-based dialogo digitale" (ref. progetto VIRIDIIS PRIN 2022 FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA – Next Generation EU con fondi PNRR) consentono alle piante di "comunicare" il loro stato e esigenze, come l'umidità del suolo, la necessità di nutrienti o eventuali condizioni di stress, permettendo un intervento tempestivo per salvaguardarne il benessere. Questo approccio proattivo garantisce che le piante ricevano cure ottimali, riducendo la necessità di manutenzione intensiva e prevenendo sprechi di acqua e risorse. Tali tecnologie, oltre a migliorare la salute delle piante, rafforzano la loro capacità di contribuire alla lotta contro il cambiamento climatico e migliorano la resilienza delle città. In questa visione, il verde urbano, sostenuto da strumenti digitali e innovativi come sistemi di

irrigazione intelligente e sensori di monitoraggio, non solo migliora l'aspetto estetico nelle città, ma garantisce anche un impatto minimo sulle risorse naturali. In definitiva, la combinazione di verde urbano e tecnologie di dialogo uomo-pianta rappresenta una via indispensabile per creare città più sostenibili e resilienti in un contesto di una urbanizzazione in forte crescita a discapito della natura.

Keywords: infrastrutture Verdi, Nature-based Solutions, Rigenerazione urbana, AI-based dialogo digitale, cambiamenti climatici

Contatti: paola.lassandro@itc.cnr.it

VII. RemTech Europe

Harmony and Hazard on the Plate: Unraveling Endocrine Disruptors in Global Diets

*Prachi Gupta*¹

¹ *Independent researcher, Punjab, India (Post Graduate in Chemistry)*

Abstract

Food being the most essential part of our well-being is something, which cannot be taken lightly. Development and advancement in the field of agriculture have also made us prone to emerging contaminants in food. At this significant time, endocrine disruptors are adding more concerns to the global diets. Through the review of research papers, I learned about the endocrine disruptors in our diet that are contributing to our poor health without making us beware of that. Our diet not only contains natural but synthetic chemicals as well which are impacting us on a global level. This abstract stresses the presence of endocrine disruptors at every level of the food chain from producers to tertiary consumers, which is making us vulnerable. This is the right time to navigate the issue and come up with a better solution for the wellbeing of all individuals through being mindful of our diets. We are very keen on deciding on what clothes to buy or which pen to use so why not show concern about what to eat and where our food comes from. This abstract is a call for the awareness of the consumption of safe and healthy food to make a better world for everyone.

Keywords: Contaminants, endocrine, disruptors, synthetic chemicals, food chain, producers, consumers.

Contacts: prachig70@gmail.com (+91 7888305612),

Not All Is As It Seems - Reinvestigating A Persistent Benzene Plume Using HRSC

Graeme Miller¹, Emma Walsh²

¹ *Senversa Pty. Ltd. (speaker),* ² *Senversa Pty. Ltd.*

Abstract

The site is located adjacent to an estuary in a heavy industrial complex in eastern Australia. Investigations in 2013 found concentrations of benzene up to 800 mg/L in groundwater within 20 m of the waterway. The source was not known but suspected to be from the loss or illegal discharge of waste solvent to ground. Multi-phase extraction groundwater remediation was undertaken in 2015 and 2016. Subsequent monitoring showed benzene concentrations initially reduced, but then rebounded to 600 mg/L in 2022.

In response to the persistent benzene concentrations, EPA required further investigation and remediation. Senversa completed the further investigations, with the objectives to: a) assess the current extent of the benzene plume (which hadn't been delineated by the prior investigations completed by others; b) refine the conceptual site model (CSM); and c) develop and implement a remedial strategy appropriate to address the remaining contamination.

The Senversa investigations were completed across two stages, with the first stage conducted using high-resolution site characterisation (HRSC) methods utilising a Membrane Interface Probe (MIP) fitted with a hydraulic profiling tool (HPT). The MIP investigations were completed within, adjacent to, and below the known benzene plume. The locations and elevations of the MIP investigation points were surveyed to: allow direct comparison to the existing soil and groundwater quality data; assess and identify differences between the MIP responses and previous understanding of the plume extent; and guide the subsequent second stage of investigations – which consisted of installation and sampling of new monitoring wells to verify the MIP data and delineate the extent of contamination.

The MIP HRSC identified key differences in the understanding of the extent of benzene plume at the site – including the lateral and vertical extent of the contamination. Specifically, the MIP responses showed that: the source of contamination was likely to be upgradient of the existing monitoring well

network; the plume extended deeper than previously known; and the plume had advanced closer the estuary than previously understood. The plume also appeared to exist in fill and underlying natural soils which exhibit different hydraulic characteristics. The results of the MIP were used to inform the positioning of new monitoring wells - which confirmed the data obtained from the MIP and successfully delineated the extent of contamination. The difficult conditions at the site (significant thickness of compacted slag fill and steeply sloping ground) meant the challenging and expensive process of installing permanent monitoring wells (using sonic methods) was also able to be optimised and made more cost-effective by the MIP data.

The outcomes of the Senversa investigations identified that the previous understanding of the extent of the benzene plume was incomplete, and that the prior remedial efforts had failed since it only addressed a portion of the plume area - and importantly had not targeted the source area nor the deeper portions of the plume (in which some of the highest benzene concentrations exist). The results of the HRSC investigation have been used to update the previously inadequate CSM and are currently being utilised to develop a new remedial strategy, which is likely to include in-situ oxidation (ISCO) in the source area and middle portions of the plume, and extraction and treatment at the leading edge of the plume (where injection approaches risk pushing the contamination closer the estuary).

Keywords: (Up to 5 keywords): HRSC, MIP, Benzene, Groundwater, CSM

*Contacts: graeme.miller@senversa.com.au (+61 415 709 868),
emma.walsh@senversa.com.au.*

Statistical Analysis, Bioaccessibility and Soil Amendment - Addressing Soil Lead Contamination From Mining and Smelting Sources

Graeme Miller¹, Jonathan Mannⁿ

¹ *Senversa Pty. Ltd. (speaker)*,² *Senversa Pty. Ltd.*

Abstract

A former base metal smelter in eastern Australia which processed and refined sulfide ores and concentrates for approximately 100 years was suspected to have caused soil lead contamination in the adjacent residential suburb. As part of site closure and surrender of the operating license, the current owner was required to: assess for the presence of smelter-related soil lead contamination in surrounding residential areas; and carry out remediation where potential risks were identified. The potentially affected area is an older suburb with several arterial roads – meaning other (non-smelter) sources of contamination (including lead-based paints and leaded petrol vehicle emissions) may have contributed to soil lead contamination. Senversa was engaged to complete a multi-stage, five-year investigation program to identify the nature and extent of smelter-related contamination, determine risks posed, and develop and implement remedial strategies.

The investigation consisted of an initial review of the historical smelter layouts and operations, environmental setting information and previous investigations in the surrounding suburb – the purpose being to identify the locations and likely nature of smelter sources and the potentially contaminated residential areas. These data were used to inform the scope of subsequent sampling in public open space and select private properties to determine the presence and extent of soil lead contamination. Statistical methods (regression and cluster analysis) were used to differentiate smelter-related lead contamination from other sources. In vitro bioaccessibility testing and blood lead modelling were completed to develop area-specific soil management levels and identify areas where risks to human health may exist and remediation is required. Remedial strategies are being developed through engagement with impacted stakeholders (residents), with novel soil amendment (to reduce lead bioavailability) using residues from other nearby industry being trialled at properties where

removal of contaminated soils is not possible or not the preferred remedial option.

The initial historical reviews indicated: key sources of smelter-related lead contamination were from stack and fugitive emissions (including from uncovered ore, concentrate and waste); the emissions were likely to be in the form of native lead, lead sulfides, sulfates and oxides; and contamination might extend up to 1 km to the south and west of the smelter. The subsequent public open space and private property sampling (which included collection and analysis of more than 600 samples) and comparison against the generic investigation levels (300 mg/kg) indicated soil lead contamination: was predominantly present in the upper 0.2 m of the soil profile (consistent with airborne sources associated with historical smelter emissions); extended up to 800 m to the south and west of the smelter; and was likely to affect approximately 500 residential properties and schools. Statistical analysis comparing concentrations of copper, lead and zinc (the main metals in ore processed at the smelter) found the majority of contamination was from the smelter, with some notable exceptions. Speciation analysis using near edge x-ray absorption spectroscopy (XAS) found soil lead contamination in the residential areas was sorbed to humic matter (indicating transformation from source species, likely due to environmental exposure). Given the large extent of the soil lead contamination, *in vitro* bioaccessibility testing was completed - with the results used in IEUBK modelling to derive an area-specific clean-up level of 400 mg/kg. Comparison of the soil lead concentrations in the residential areas to the bioaccessibility-adjusted clean-up level reduced the number of houses where risk to human health may exist (and where remediation is required) to 60 - saving approximately \$15M in further investigation and remediation costs and underscoring the importance of determining bioavailability when assessing risks posed by soil lead.

Remediation is currently being planned, with soil amendment using industrial residues being trialled. These residues contain high concentrations of iron, manganese, aluminium, organic matter, phosphorous and/or clay – which the literature indicates can reduce bioavailability through sorption, complexation and precipitation within the circum-neutral conditions in the intestines – preventing some of the soil lead solubilized in the stomach from entering the human circulatory system and reducing risks to human health.

The project also forms part of a PhD research degree being completed by Graeme Miller and represents an excellent example of industry-academic collaboration.

Keywords: lead, soil, smelter, bioaccessibility, amendment

*Contacts: graeme.miller@senversa.com.au (+61 415 709 868),
jonathan.mann@senversa.com.au*

IEG-GCW® and C-Mix Synergy: A pioneering Approach

Niloufar Falakbaz¹, Eduard J. Alesi¹

¹ IEG Technologie GmbH, 73344 Gruibingen, Germany

Abstract

The site in question, situated in an active industrial facility in South East Asia, has been the location of vinyl chloride and PVC factories since their establishment in 1985 and 1989, respectively. Contamination was first detected on the site in 2001, though the primary cause remains unknown, with potential sources including leaks from tanks, pits, or pipelines.

Geological investigations have revealed a stratified structure consisting of three primary layers. The uppermost layer, extending from the surface to 2 m, comprises a landfill, while the layer below, ranging from 2 to 14 m, consists of fine to medium sands embedded with occasional thin layers of silt. From 14 to 20 m, the geological composition shifts to silty sand to sandy silt. The groundwater level sits at 3.5 m below ground level, with a hydraulic conductivity (kh) measured at 5×10^{-4} m/s, indicating moderate permeability. The hydraulic gradient, calculated at 0.0001, suggests a gradual slope influencing groundwater flow, with a velocity estimated at 7-8 meters per year.

Comprehensive investigations commenced in 2002, focusing on contamination distribution, groundwater flow patterns, and the overall direction of contaminant movement. Noteworthy contaminants identified in the source area included Chloroform, 1,2-Dichloroethane (EDC), Vinyl chloride, Carbon tetrachloride, and Trichloroethene, each with varying concentrations. Similarly, contaminants found in the plume area included 1,2-Dichloroethane (EDC), 1,2-Dichloroethene, Vinyl chloride, and 1,1-Dichloroethene.

The first objective was to prevent the plume extension beyond the site boundaries and remediate the source area. Therefore, Groundwater Circulation Wells (IEG-GCW®s) were employed as a barrier system in combination with compact strippers. To remediate the source area, after 5 years of IEG-GCW®s and stripping treatment, C-Mix an amendment derived from food industry by-products, was injected through IEG-GCW®s (Biocirculation®), ensuring a substantial radius of influence. The remediation plan focused on stimulating autochthonous microorganisms using IEG-GCW®s and C-Mix. C-Mix, is a nutrient source for bacteria such as

Dehalococoides, facilitating the sequential reductive dichlorination of Trichloroethene (TCE) and other contaminants. Additionally, it supports Desulfitobacteria, which play a role in chloroform degradation.

The remediation effort included the introduction of approximately 6000 liters of C-Mix® between March 2011 and March 2012, followed by consistent additions over four years (around 80000 L). The radius of influence (ROI) determined the extent of treatment effectiveness, which remained consistent during full-scale application. Groundwater parameters, including pH, temperature, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), and redox potential, were regularly monitored, along with contaminant concentrations and microbial community dynamics.

By 2016, contaminant concentrations reached non-detectable levels, prompting the cessation of C-Mix® addition. Continuous monitoring until 2021 confirmed successful remediation, leading to the lifting of land use restrictions in October 2021. The project highlighted the efficacy of IEG-GCW® technology and C-Mix® in remediating a 50000 m² area with only 17 IEG-GCW®s, demonstrating versatility and adaptability for future applications.

Keywords: Groundwater, Bioremediation, IEG-GCW®, C-Mix, Biocirculation®

Contacts: niloufar.falakbaz@ieg-technology.com (+49 15110503109), eduard.alesi@ieg-technology.com (+49 1703329257)

Occurrence, bioaugmentation-potential and qPCR-detection of aerobic metabolic TCE-degradation

Steffen Hertle¹⁾, Annika Behrendt¹⁾, Anna Willmann¹⁾, Lara Stelmaszyk¹⁾, Johannes Ho¹⁾, Axel Müller¹⁾, Azariel Ruiz-Valencia²⁾, Timothy M. Vogel²⁾, Andreas Tiehm¹⁾

¹⁾ TZW: DVGW – Technologiezentrum Wasser, 76139 Karlsruhe, Germany

²⁾ Université Claude Bernard Lyon1, 69100 Villeurbanne, France

Introduction

Chloroethenes are, due to their extensive use in various industries, ubiquitous groundwater contaminants. In biological groundwater remediation, reductive dechlorination plays a pivotal role in the degradation of these compounds. Complete reductive dechlorination of Tetrachloroethene (PCE) and Trichloroethene (TCE) to ethene depends on strongly reducing groundwater conditions as well as the presence of bacteria of the *Dehalococcoides* family. If the requirements are not met, the intermediates cis-1,2-dichloroethene (cDCE) and Vinylchloride (VC) can accumulate in the aquifer.

As an alternative to reductive dechlorination, TCE and the lower chlorinated ethenes can be degraded in aerobic processes. These processes can be of co-metabolic as well as metabolic nature. While co-metabolic processes rely on the presence of auxiliary substrates, metabolic processes utilize the contaminants as growth substrate as well as energy-source. Therefore, the degradation of the contaminants is targeted and the oxygen usage efficiency high.

Natural occurrence and bioaugmentation on various sites

Lab studies demonstrated the viability of an aerobic metabolic TCE degrading culture in the scope of bioaugmentation approaches. The lab studies investigated groundwaters from various chloroethene contaminated sites. Aside from successful demonstration of the bioaugmentation approach, several sites with intrinsic potential of aerobic metabolic TCE degradation were identified.

Bioaugmentation in lab column systems

Column systems were used to assess the spatial as well as temporal development of the TCE degradation in different bioaugmentation approaches. The inoculation with biomass immobilized on a carrier material as well as the injection of a culture in liquid medium yielded positive results.

The results gathered were used to set the base for further scaling of the bioaugmentation approach.

Detection of aerobic metabolic TCE degrading organisms

Detection of organohalide respiring bacteria via qPCR is an established line of evidence to evaluate field sites. A specific method for the detection of the potential for the aerobic metabolic TCE degradation was lacking. In the scope of the projects BioChlor and EiCLaR, a specific qPCR-method for the detection of bacteria capable of aerobic metabolic TCE degradation was established.

Conclusion

The utilization of bacteria capable of aerobic metabolic degradation of chloroethenes is a promising approach in dealing with contaminated sites. Lab studies demonstrated the viability as well as the scalability of the process. For validation of the bioaugmentation approaches, a specific qPCR method for the detection of the TCE-degraders was established.

Keywords:

Bioaugmentation, aerobic chloroethene degradation, qPCR;

Acknowledgement:

The authors would like to thank the EU Horizon 2020 program for the financial support given in the project EiCLaR (grant number 965945) as well as the Bundesministerium für Bildung und Forschung for the financial support given in the scope of the project BioChlor (grant number 02WIL1520)

Contacts

steffen.hertle@tzw.de (+49 721/9678-1913);
annika.behrendt@tzw.de; anna.willmann@tzw.de;
lara.stelmaszyk@tzw.de; johannes.ho@tzw.de; axel.mueller@tzw.de;
azariel.ruiz-valencia@univ-lyon1.fr vogel@univ-lyon1.fr,
andreas.tiehm@tzw.de

From the isolation and characterization of hydrocarbon-oxidizing bacterial strains to the assessment of their capabilities for bioremediation

*Cavone C.¹, Monaco P.¹, Fantasma F.¹, Rizzo P.², Celico F.²,
Naclerio G.¹, Bucci A.¹*

¹ *Department of Biosciences and Territory, University of Molise, C.da Fonte Lappone, 86090 Pesche, Italy*

² *Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability, University of Parma, Parco Area delle Scienze 157/A, 43124 Parma, Italy*

Recent years have seen an increase in the concentration of petroleum hydrocarbons in soil and water, mainly due to accidents or human activities, with major ecological and public health implications.

Various remediation techniques have been proposed and are in use for the reduction of oil contamination. Microbial remediation has emerged as a promising and sustainable solution for mitigating the effects of hydrocarbon contamination.

The aim of this study was to isolate and characterize novel hydrocarbon-oxidizing bacterial strains and to assess their potential for the use in bioremediation applications.

To this end, water and soil samples were collected from naturally hydrocarbon-contaminated springs and water-soil interface sediments in the municipality of Tramutola (Basilicata region).

Combining molecular and culture-dependent methods, four bacterial strains were isolated by enrichment cycles in Bushnell-Haas (BH) mineral medium supplemented with diesel oil and subjected to morphological, metabolic, and genetic characterization.

Partial 16S rDNA gene sequencing allowed the four bacterial isolates to be classified at the genus taxonomic level. The strains were then subjected to whole-genome sequence analysis for the detection of genes encoding enzymes involved in hydrocarbon degradation pathways.

In addition, a bacterial consortium consisting of the four isolated strains was established and used in mesocosm experiments set up with artificially polluted lake water collected from the Castel San Vincenzo Lake, Molise region.

The experimental design aimed at assessing the hydrocarbon removal capacity of the indigenous microbial community, the additional

contribution of the bacterial consortium, and any non-biological hydrocarbon leakage.

After 28 days of incubation, chemical and molecular analyses were performed to determine hydrocarbon concentrations in the mesocosms and to analyze the composition of the prokaryotic communities.

The analyses revealed that in the control mesocosm, consisting only of sterile lake water artificially contaminated with diesel oil, there was a loss of 11.84% of hydrocarbons due to abiotic processes. Mesocosms integrated with the microbial consortium showed a decrease of 30.95% of the total hydrocarbons, whereas mesocosms with only native microbial community showed a loss of 17.85%. In both cases, the observed loss of hydrocarbons is due to a combination of biotic and abiotic processes.

Anyway, the results indicate that the bacterial consortium enhanced the efficiency of the native microbial communities, demonstrating that the isolated strains were competent biodegraders.

Whole-genome sequencing supported this evidence and revealed the presence of genes encoding enzymes involved in hydrocarbon degradation pathways, such as benzene 1,2-dioxygenase complex, alkene and alkane monooxygenase, and alkane hydroxylase system.

With reference to the study of microbial communities, it has been observed that the artificial contamination of the lake waters and the bioaugmentation induced significant changes of the relative abundance and richness of the different taxa.

In conclusion, environments that are naturally contaminated with hydrocarbons can be valuable reservoirs in which to find potential candidates for bioremediation. The integration of traditional microbiological techniques with advanced genomic approaches can provide crucial insights for the proposal of effective strategies in the restoration of oil-contaminated ecosystems.

Keywords: oil contamination; microorganisms; bioremediation; environment; mesocosms.

The "Forever Pollution" database (Le Monde): the presence of perfluoroalkyl substances (PFAS) in Italian groundwater and surface water and the use of concentration ratios as tracers of their origin.

*Stefano Fabiano*¹, *Maurizio Guerra*², *Marco Falconi*³

¹ Ca' Foscari University of Venice (speaker),^{2,3} Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA).

Abstract

The term "PFAS", identifies a group of more than 4.000 synthetic chemical compounds characterized by a partially or fully fluorinated linear, branched, or cyclic carbonaceous skeleton detected by various national and international scientific studies in different environmental matrices.

A major investigation carried out by the working group of the French magazine "Le Monde" and 17 European newsrooms as part of the Forever Pollution Project, led to the publication in March 2023 of the first illustrative map of the state of PFAS contamination in Europe. The map shows more than 17.000 points monitored by national environmental agencies and expert groups between 2003 and 2023, where PFAS pollution (concentrations above 10 ng/l) was found in groundwater, surface water and biota.

The aim of the present study was to provide a descriptive framework, based on the data contained in the Le Monde dataset, of the presence of PFAS in groundwater and surface water found throughout the country and to illustrate the potential of using some PFAS species ratios as geochemical tracers for the identification of their origin. The work was divided into three phases:

Phase 1 - Collection of scientific literature data and arrangement of the "Forever Pollution" dataset: data and literature material were searched regarding the presence of PFAS in different environmental matrices and tracer values found in different case studies to support the work conducted. The "Forever Pollution" database was filtered and systematized by identifying 1.860 monitoring points of groundwater and 787 monitoring stations of surface water scattered over the national territory.

Phase 2 - Qualitative assessment of national groundwater and surface water: data on concentrations of the analytes PFOS, PFOA, PFBS, PFHxS,

PFHxA, and PFAS tot (intended as the totality of per- and polyfluoroalkyl substances examined) from groundwater (7.251) sampled between 2013 and 2022 and from surface water monitoring stations (2.833) sampled between 2005 and 2022 were evaluated using ternary plots.

Explanatory diagrams of the relationships between the different PFAS detected in the water samples divided by region were also made and compared with the Environmental Quality Standard Values defined by the Italian national regulations for surface water and groundwater.

Phase 3 - Determination of PFAS concentration ratios and application on 4 case studies in the Veneto Region: some chemical ratios known in the international scientific literature were determined to be used as environmental tracers for the identification of potential anthropogenic emission sources: PFOA/PFOS, PFBS/PFOS, PFHxA/PFOS and PFHxS/PFOS. These ratios were determined for Italian surface and groundwater by first evaluating the values obtained and then verifying their applicability, variation, and distribution at 4 case studies located in the Veneto Region.

The present study has contributed to provide an overview of the state quality of national groundwater and surface water in relation to the presence of PFAS and to demonstrate the potential of PFAS concentration ratios as tracers of anthropogenic emission sources.

The method may be further refined, depending on a desirable increase and systematization of available data, through appropriate databases, both in terms of a greater number of samples representative of different contexts (anthropogenic and hydrogeological) and in terms of expanding the set of species of PFAS researched.

Keywords: PFAS, Tracers, Groundwater, Contaminated Sites, Forensic Geochemistry

Contacts: stefano.fabiano@outlook.com (+39 320 5635746), maurizio.guerra@isprambiente.it, marco.falconi@isprambiente.it.

Bioremediation: Trends in scientific topics (2013-2023)

Jelena Milić¹, Jelena Avdalović¹, Tatjana Šolević Knudsen¹, Mila ilić¹

¹ University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Njegoševa 12, 11000 Belgrade, Serbia

Abstract

Bioremediation technologies have witnessed significant advancements over the past decade, particularly in addressing environmental pollution. This abstract analysis the trend of scientific publications on bioremediation over the last 10 years. The search was conducted on Scopus platform with following specific parameters: Language: english; keyword: bioremediation; source type: journal; publication stage: published and article in press. Obtained results are further analysed using the following keywords: "Petroleum," "crude oil," "biosurfactant," "phytoremediation," "heavy metals," "polycyclic aromatic hydrocarbons," and "pesticides".

The results indicate a substantial increase in articles related to bioremediation, especially after 2018. Topics like "heavy metals" and "phytoremediation" have gained significant interest in recent years. Furthermore, there has been a notable increase in publications concerning "petroleum" contamination and its remediation through bioremediation strategies, highlighting a growing emphasis on addressing petroleum-related pollution through biological approaches.

An analysis of publication distribution by country reveals that scientists from China (22,8%), India (10,1%) , and the United States (8,5%) have been prominent in publishing research on bioremediation. The subject areas with the highest number of publications in bioremediation over the past decade include environmental science (35.5%), biochemistry, genetics, and molecular biology (9.5%), immunology and microbiology (9.3%), agricultural and biological sciences (7.7%), chemical engineering (7.3%), and chemistry (7%).

Moreover, the research underscores the potential of biosurfactants in enhancing bioremediation efficiency, offering an eco-friendly approach to rehabilitating contaminated soil environments. Despite biosurfactants currently constituting a smaller share of research (up to 10% in 2023), the increasing number of publications over the last decade indicates a growing interest in this area for future exploration.

The findings emphasize the vital role of bioremediation technologies in cleansing the environment from various contaminants like heavy metals,

petroleum derivatives, and pesticides as sustainable and environmentally friendly solutions. This signifies an escalating focus on utilizing bioremediation strategies to address diverse forms of pollution effectively. In conclusion, the trends observed in bioremediation technologies from 2013 to 2023 underscore the significance of biological interventions in environmental remediation endeavors. The integration of innovative approaches, such as biosurfactant-mediated bioremediation, presents a promising pathway towards achieving efficient and sustainable environmental cleanup.

Keywords: Bioremediation technologies, environmental pollution, scientific publications

Contacts: jelenamilic@chem.bg.ac.rs (+381 64 2508377),
javdalovic@chem.bg.ac.rs, tsolevic@chem.bg.ac.rs,
milailic@chem.bg.ac.rs

Collection of High-Definition Screening Data to Streamline the Evaluation of Subslab Conditions at Vapor Intrusion Sites – A Case Study

Craig A. Cox, CPG

Cox-Colvin & Associates, Inc.

craig_cox@coxcolvin.com

614-246-2040

Abstract

Vapor intrusion sites can be complicated and costly to evaluate because most often the locations of volatile organic compound (VOC) sources are poorly understood. In addition, releases of VOCs to the environment at industrial sites likely occurred long before modern environmental regulations eliminated the practice of open dumping. This means that on-site environment personnel are likely not to understand how or where VOCs were used or disposed of in the past.

Developing a thorough Conceptual Site Model (CSM) is a crucial first step in the evaluation process. However, the second step, Site Screening, is equally, or perhaps more important as it provides the information used to support and refine the CSM before moving forward in the formal assessment of the VI issues. High-definition site screening data collected in an efficient and minimally intrusive manner can cost-effectively reduce the number of unknowns, improve the CSM in the matter of a few days, and streamline the evaluation of subslab conditions at the site.

The subject of this presentation is how a high-definition site screening approach was used to evaluate subslab vapor conditions at a former aerosol can manufacturing facility. The goal of the assessment was to quickly determine what, if any, steps should be taken to address potential vapor intrusion issues prior to placing the facility up for sale. The results of the initial screening efforts were available to the client within two days of the start of work. Results of vapor samples collected for laboratory analysis were available within one week of the start of work.

The 23,000 square meter, slab-on-grade facility produced 100,000 aerosol cans per day for nearly 30 years. As a result, they used a large number of VOCs both in their products and as propellants. They had a few VOC releases to the environment such as overfilling of above ground tanks, but most of the spills and drips were contained within the building footprint.

To assess the location and concentration of VOCs in soil gas beneath the slab of the Facility, Cox-Colvin personnel installed thirty-seven Vapor Pin® sampling points in a modified grid pattern in areas of interest (where VOCs were stored or used, including Fill Rooms and Gas Houses within the building). A few Vapor Pin® devices were installed near the centerline of the building to assess potential extent of VOC migration. The Vapor Pin® devices were then screened via a multi-gas meter to understand where localized concentrations of VOCs may be present beneath the slab.

Once the locations were screened, Cox-Colvin personnel collected ten sub-slab soil gas samples from areas of high concentration as well as from interior locations established to evaluate extent. The samples were collected into 1-liter Summa Canisters equipped with 200 ml/min regulators. At the conclusion of sample collection, all Vapor Pin® sampling devices were extracted, and the penetrations repaired using hydraulic cement. The canisters were shipped via courier under chain of custody to the analytical laboratory for analysis via EPA Method TO-15.

In addition to the collection of field screening data and sub-slab samples for analysis, some general observations were made concerning the condition of the slab(s) and construction of the building. All of these activities were completed in a single day by three people using handheld equipment.

The site screening activities provided important information to the client so that an informed decision could be made concerning the marketability of the site.

Keywords: (High-Definition, Subslab, Vapor, Screening Evaluation)

*Contacts: emma.bauer@gmail.com (+49 151 4968021),
olivia.mertens@icloud.com, jeroen.dejong@outlook.com (All authors e-mail addresses are needed, phone number of speaker is appreciated for organizational reasons).*

Decision support tool for contaminated land remediation option appraisal within the EiCLaR project

*Matthias Loschko¹, Paul Bardos², Jonas Allgeier¹, Helen McLennan³,
Simon Kleinknecht⁴*

¹BoSS Consult GmbH, Stuttgart, Germany; ²r3 Environmental Technology Ltd, Reading, United Kingdom; ³Chateau9, Limoges, France, ⁴VEGAS: Research Facility for Subsurface Remediation, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany

Abstract

Multiple attempts have been made in the past to popularise generic software remediation decision support tools (DST). However, these often have little market penetration as service providers tend to maintain in-house systems that are customised to their own specific business interests. The presented approach aims at providing a more technical diagnosis of remediation options benchmarking a range of technologies including the four developed within the EU/China project EiCLaR (Enhanced In-Situ Bioremediation for Contaminated Land Remediation) to provide outputs that can be used within standard consultancy / contracting services. EiCLaR's tool will be a web-based decision support tool providing site-specific screening of a range of well-known and emerging remediation techniques to provide a ranked listing. This will be supported by a report engine that can generate technical annexes for technologies selected from the ranking list by the user and also provides access to a technical support panel. The screening tool can be used to identify initial remediation technique shortlists for more detailed appraisal, to benchmark selections made by other means, and to support technical meetings, for example discussions over remediation strategies between clients, consultants, and regulators. The DST is based on rules extracted from a series of technology Operating Windows collating relevant information of each technology's performance against critical site parameters to identify where its use is likely to be successful, where there is potential for use and where use is unlikely to be successful. The DST employs a fuzzy-logic algorithm to interpret the information stored in the Operating Windows of around 20-25 remediation techniques. It can be easily extended to include other technologies, for example to accommodate expanding interest on Nature Based Systems. A user-friendly graphical interface (front end) has been

programmed to allow users to manipulate site-specific input data, gain further information from the knowledge base, and access supporting services to complete the user journey.

Keywords: decision support, option appraisal, contaminated land remediation, fuzzy logic, EiCLaR

Contacts: matthias.loschko@bosscon.de (+49 711 601606821), paul@r3environmental.co.uk; jonas.allgeier@bosscon.de, helen@chateau9.com, simon.kleinknecht@iws.uni-stuttgart.de

Combined reprotoxic effects of polystyrene microplastics and bisphenol A in the sea urchin *Paracentrotus lividus*

Rosaria Notariale¹, Raffaele Boni^{1,2}, Lisa Locatello³, Patrizia Bovolin⁴,
Alessandra Gallo^a

¹Department of Biology and Evolution of Marine Organisms, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Vill Comunale, 80121, Naples, Italy

²Department of Sciences, University of Basilicata, Via dell'Ateneo Lucano, 10, 85100 Potenza, Italy

³Department of Biology and Evolution of Marine Organisms, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Fano Marine Center, Fano, Italy

⁴Department of Life Sciences and Systems Biology, University of Turin,

Abstract

The marine environmental risk posed by microplastics is exacerbated by their ability to absorb pollutants from seawater. Research has overlooked the impact of microplastics loaded with contaminants on the reproductive processes of marine invertebrates. This study aims to fill this gap by evaluating the effects of virgin polystyrene microplastics, bisphenol A, and polystyrene microplastics pre-absorbed with bisphenol A on the quality and fertilization competence of female and male gametes as well as embryo development of the Mediterranean Sea urchin *Paracentrotus lividus*. Eggs and spermatozoa of *Paracentrotus lividus* were exposed to the three experimental conditions, such as 100 mg/L microplastics, 25 μ M bisphenol A, and microplastics pre-absorbed with bisphenol A, for 1 and 2 hours. After that gamete quality assessment was performed by evaluating diverse parameters including viability, plasma membrane lipid peroxidation, mitochondrial activity, intracellular ROS, and pH levels, using fluorescence spectroscopy. Besides these, in spermatozoa, motility and respiratory efficiency were also analysed by using the Computer Assisted Sperm Analysis system and a microfiber optic oxygen meter, respectively. Moreover, *in vitro* fertilization assays were carried out to investigate the effects on gamete fertilization and developmental competence. The obtained results indicate that BPA and polystyrene microplastics pre-absorbed with bisphenol A differently influenced female and male gamete physiology along with fertilization and developmental competence. Indeed,

fertilization success decreased and most embryos developed abnormally. Otherwise, microplastics exposure negligibly affected gamete quality, fertilization competence, and embryo development. In conclusion, the ecotoxicity data indicate that acting as a pollutant carrier, polystyrene microplastics may be a potential threat to the reproductive processes of sea urchins severely damaging gamete quality and, in turn, compromising species fitness and survival with serious environmental and economic implications.

Keywords: Bisphenol A; Fertilization; Gamete quality; Sea urchin, Polystyrene microplastics

*Contacts: rosaria.notariale@szn.it; raffaele.boni@unibas.it;
lisa.locatello@szn.it; patrizia.bovolin@unito.it; alessandra.gallo@szn.it.*

Mapping and investigation of PFAS suspected sites in Flanders

Johan Ceenaeme¹

¹ Johan Ceenaeme, OVAM (Public Waste Agency of Flanders), Policy coordinator department Soil Management

Abstract

In Flanders, standards were published in the spring of 2021 for PFAS for soil and groundwater. During the same period, measurements in a residential area near a 3M site in Antwerp (Zwijndrecht) found elevated PFAS levels in the soil. This was the beginning of a PFAS crisis, which meant that these forever chemicals dominated the news and the political world in Flanders for several months. The experiences and the knowledge gained are explained in the presentation.

A large number of locations in Flanders were flagged for further investigation on PFAS. Typically, the most worrying of these are industrial sites where PFAS is/was produced and used, as well as the training grounds of fire departments and sites of historical fire incidents where extinguishing foams containing PFAS have been used.

The OVAM started a campaign to map and investigate the locations with suspected PFAS contamination. The inventory of risk sites in Flanders shows that 3/4 of the training locations for firefighters have PFAS contamination of the groundwater and soil. It concerns hundreds of contaminated sites spread across Flanders. The inventory of industrial sites is still ongoing, but based on examples in different sites, we can expect that several additional contaminated sites will be identified.

The evaluation of the necessity and the method for remediation for these locations must be made on the basis of further (descriptive) soil investigation. The investigation must ensure the demarcation of the contamination and the prevention of further spread or exposure. In hot spots, different sources or routes of exposure come together, vulnerable groups are present and there is possible prolonged exposure. A coordinated and integrated approach to reduce that exposure is required. In addition to

the remediation, discussions are conducted with local actors to establish which additional measures can be taken to limit exposure and risk.

Instruments to arrive at a substantiated remediation approach are: the assessment values soil remediation standard, the methodology for 'clear indication of serious soil contamination, the codes of good practice and the S-risk model. The responsibility for the elaboration of the remediation approach lies with the certified soil remediation experts. The development of soil remediation techniques poses another important challenge.

From the many studies on PFAS and the ongoing social debate, it became clear that the existing Flemish standards frameworks must be tightened. Several gaps in knowledge remain in order to arrive at a conclusively human risk assessment framework: transfer from soil to crops/eggs, contribution of inhalation, uncertainty on measured values at very low concentrations, mixture toxicity. The background exposure through food already leads to the threshold value being exceeded. The experiences lead to a tightening of the action framework for soil and groundwater.

In Flanders, a great deal of attention and effort went into measuring and mapping PFAS contamination in the past year. This went hand in hand with the gathering of new knowledge about the risks and spread of PFAS. The presenter brings the insights that these experiences have yielded concerning the mapping and investigation of PFAS suspected sites.

The session will also focus on a case study regarding the investigation of PFAS in soil and groundwater, the exposure of the potentially affected communities as well as the measures for organizing the remediation response.

Keywords: PFAS, soil investigation, training locations for firefighters, trigger values, soil and groundwater

Contacts: johan.ceenaeme@ovam.be (+32 475 98 91 06)

Modified natural zeolites: innovative solutions for the removal of hexavalent chromium from contaminated waters

Francesco Panattoni¹, Marianna Tardani¹, Bruno de Azevedo¹, Cosimo Masini¹

¹ *Zeocel Italia by DND Biotech, Pisa, Italy*

Abstract

Increasing industrial activity generates large amounts of wastewater containing different chemicals, such as nitrogenous compounds, heavy metals, anionic species (e.g., chromium) and surfactants. If improperly disposed of, these species may have negative effects on the environment and on human health. Removal of contaminants from wastewater requires cost effective technologies and, among these, adsorption is one of the most promising and investigated techniques.

Zeolites are low-cost, environmentally friendly natural minerals with excellent adsorption capacity. These crystalline aluminosilicate minerals have a symmetrical structure which forms a porous, open three-dimensional framework. Thanks to their cation-exchange ability and to their molecular sieve properties, natural zeolites are already largely used as adsorbents in separation and purification processes, especially for the removal of cations such as ammonium and heavy metals.

The present study is focused on the development of natural modified zeolites that act as anion exchanger, specifically targeting chromate (CrO_4^{2-}) and dichromate ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) species. The latter are two primary forms of hexavalent chromium [Cr (VI)] in water, known for their toxicity and potential harm to both human health and the environment. Two different zeolite formulations, ZIB and ZIT, were prepared through saline exchange and surface metal modification methods, respectively. The two modified zeolites were prepared starting from a natural zeolite, composed of 85% clinoptilolite, 8% cristobalite, 4% illite and 3–4% plagioclast, with a Si/Al ratio of 4.8–5.5. The structural and morphological properties of both zeolite formulations were investigated using powder X-ray diffractometry (XRD) and transmission electron microscopy (TEM). The performance of the two modified zeolites in removing chromium species from water was evaluated with adsorption experiments, using batch and column tests with both synthetic and real water samples coming from contaminated sites.

Results confirmed the inefficiency of natural zeolite in removing Cr (VI) from water. The chemical modifications of the zeolite enhanced selectivity towards Cr (VI) species and allowed the level of retention to be greatly increased through different mechanisms, such as surface adsorption, chemical reduction and anion exchange. While ZIB showed higher absorption capacities, ZIT exhibits faster kinetics for the removal of chromium from water.

Keywords: water, zeolites, filtration, chromium

Contacts: francesco@zeocelitalia.it, marianna@zeocelitalia.it, bruno@zeocelitalia.it, cosimo@zeocelitalia.it

Laboratory degradation tests as first step for the design of a bioremediation strategy

Federica Brogioli¹, Cosimo Masini¹

¹ DND Biotech, Pisa, Italy

Abstract

Degradation tests are an effective way to determine whether the contaminants present in a specific matrix from a definite site can be degraded biologically, and what are the optimal conditions to achieve the fastest degradation rates. Tests can be conducted both on soil and groundwater, under aerobic or anoxic conditions.

In a case study, a contaminated soil sample from a coastal area of South America was used for a laboratory study. The sample was taken from a former petroleum deposit and thus it was contaminated by hydrocarbons (about 4.000 mg/kg) and marginally related compounds such as BTEX and PAH. Several conditions were examined, involving biostimulation with nutrients, addition of soil improvers, bioaugmentation with autochthonous bacteria and fungi enriched from the soil sample. Monitoring during the test was performed by chemical analysis of the contaminants as well as nutrients availability (nitrogen and phosphorus), bacterial and fungal plate count, CO₂ and O₂ levels, ecotoxicology with specimen *Vicia faba* and parameters such as soil pH and moisture.

The composition of the enriched cultures was analysed by means of metagenomic analysis. The analysis highlighted the dominance of aerobic species involved in the degradation of hydrocarbons and relative compounds (i.e. *Rugosibacter aromaticivorans*, *Rhodococcus spp*, *Immundisolibacter cernigliae*, *Phlebia radiata*, *Aspergillus*). In the best performing cases (T1, T4 and T8), the desired concentrations (750 mg/kg) for C10-C40 were reached after about 40 days.

TPH (C10-C40 mg/kg)								
Sampling time	T0	T1	T2	T3	T4	Degradation rate	Degradation rate to RTC	Total days to RTC
Days	0	11	25	40	54			
T1_BS, BA1	3,014	3,129	2,214	1,099	550	82%	109%	44
T2_BS, BA2	4,372	3,412	2,454	2,477	1,268	71%	86%	77
T3_BS, no BA	5,153	4,537	5,668	5,416	3,082	40%	47%	202
T4_BG, BA1	3,014	2,523	1,642	1,199	478	84%	112%	41
T5_BG, no BA	5,153	4,366	4,776	3,218	2,462	52%	61%	141
T6_BS, BA2FS	4,372	3,587	2,292	2,196	934	79%	95%	62
T7_BG, BA2FS	4,372	3,540	2,526	2,515	833	81%	98%	57
T8_BS+F, BA1	3,014	2,203	1,913	1,414	390	87%	116%	37
T9_BG+F, BA2FS	4,372	3,424	2,363	2,254	723	83%	101%	53
T10_CTRL	4,956	-	-	-	2,280	54%	64%	131

These tests (T1, T4 and T8) were amended with nutrients (urea and potassium dihydrogen phosphate), zeolite 2% and green compost 10% as soil improvers, and either autochthonous bacteria or fungi. The ecotoxicological assay also showed a strong decrease in plant toxicity in the successful cases.

The results of the lab test were used to implement a pilot scale test on site for the use of static biopiles as remediation strategy.

Keywords: bioremediation, soil, hydrocarbons, testing, metagenomics

Contacts: cosimo@dndbiotech.it, federica@dndbiotech.it

PHYTOREMEDIATION: A Green and Sustainable Technology for the Remediation of Urban Brownfields Contaminated with Organic Compounds

Faezeh Eslamian, Ph.D.¹

1 Environmental Project manager, Contaminated Sites Remediation, GHD Consultants, Montreal, Canada (speaker)

Abstract

In the recent years, the need for sustainable remediation technologies has been widely increasing as brownfield reclamation becomes an emerging redevelopment approach with economic, social, and environmental benefits. Brownfields are abandoned and vacant industrial and commercial lands. Due to the nature of the former activities on these sites, they are often contaminated with organic or inorganic compounds. The EPA estimates that there are approximately 450,000 brownfields in the USA, while in Canada it is estimated at around 30,000 sites. In Europe, it has been difficult to quantify brownfields due to a lack of common definition and the variety of contaminated industrial sites.

Phytoremediation is a green and sustainable remediation technology that uses plants and their associated microorganisms to decontaminate soil or groundwater through degradation, extraction, stabilization, transformation or volatilization. Phytoremediation is a method that is innovative, aesthetic, sustainable and low-cost compared to traditional remediation technologies such as soil vapour extraction, bioremediation or even excavation especially for sites with high surface areas. Additional benefits are also expected in terms of quality of the living environment, biodiversity and ecosystem services. Furthermore, it enhances the collaboration between municipal governments, research institutes and industrial stakeholders for the benefit of the public and the environment.

Phytoremediation allows the treatment of a wide variety of contaminants, including petroleum hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and heavy metals. There are five major mechanisms associated with phytotechnologies: phytosequestration, rhizodegradation, phytoextraction, phytodegradation and phytovolatilization.

While there has been a wide number of laboratories, green house and bench trial studies, the quantity of large-scale phytoremediation studies and field applications are limited.

A new large-scale phytoremediation project on an approximately 3-hectare brownfield (former bulk plant) is under implementation in Quebec, Canada, following promising laboratory-scale feasibility study results.

The selection of plant species to cultivate for soil phytoremediation is generally based on the type and depth of the contaminants to be treated as well as the groundwater depth. Additionally, the plant species selected must be tolerant of the climatic conditions of the region. Therefore, these factors make phytoremediation applications relatively site specific.

The most efficient plant species in Quebec for the remediation of soils contaminated with petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons are willows, plant species of the genus *Salix* spp. and poplars of the *Populus* spp. both native to temperate and cold regions of the northern hemisphere. According to literature, the removal capacity of these two plant species for hydrocarbons is more than 10 µg/l per month in groundwater, and approximately 45% (m/m) per year for PAH removals in soils.

With the selection of appropriate and efficient plant species in relation to site conditions, phytoremediation has a huge potential to serve as a green and sustainable technology in remediating brownfields, therefore reclaiming these sites as municipal parks which contribute to social engagement, flora and fauna biodiversity, aesthetic landscaping, air pollution attenuation and erosion prevention.

Keywords: Phytoremediation, Organic Compounds, Petroleum Hydrocarbons, Decontamination, Sustainability (*Up to 5 keywords*)

Contacts: faezeh.eslamian@ghd.com (+1 514 475-6922) or Faezeh.eslamian@mail.mcgill.ca

Pyrolysis temperature effects on wood-derived biochar and its potential for organic pollutant removal from water

Tamara Apostolović¹, Nina Đukanović¹, Tajana Simetić¹, Jasmina Anojčić¹, Sanja Mutić¹, Snežana Maletić¹, Jelena Beljin¹

¹University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia

Abstract

With the continuously rising concerns regarding environmental pollution on the global level, developing sustainable remediation technologies has become a key point in addressing environmental challenges. Wood-derived biochar (BC) is a versatile and sustainable material with high potential for environmental application, due to its abundance, renewability, and diverse properties. Thus, this work aimed to investigate the effect of pyrolysis temperature on the properties of wood-derived BC and its potential for the removal of organic pollution from water.

Two BCs derived from the same wood biomass were prepared by slow pyrolysis for 1 hour in an inert atmosphere at pyrolysis temperatures of 400 °C and 700 °C. The BCs were labeled BC400 and BC700. For the characterization of the BCs, a wide range of advanced techniques were employed: Brunauer-Emmett-Teller method (BET), X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy, thermo-gravimetric analysis (TGA), scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS).

The surface area (SA) determined by BET significantly increased from 177 m²/g for BC400 to 284 m²/g for BC700. The XRD analysis resulted in similar diffraction patterns for both BCs. Two broad humps in the range of 2θ=20-30° with a peak at about 2θ=23° and in the range of 2θ=38-50° with a peak at about 2θ=43° were observed which indicate the presence of graphite aromatic layers. A sharp peak at about 2θ=29.5° was also observed for both materials, which could correspond to graphite carbon's (002) plane reflection. Raman spectroscopy further confirmed graphitic structure, distinguishing two main peaks at approximately 1350 cm⁻¹ and 1588 cm⁻¹, identified as the D-band (indicating the presence of disorder in the graphene structure), and as the G-band (representing the stretching band of the sp²-bonded carbon), respectively. The ratio of the intensities of these

two bands was <1 for both BCs indicating a high degree of graphitization. The total weight loss during TGA was about 96% for both materials, with the highest thermal decomposition observed between 400 and 600 °C (about 88% of the total weight loss) which could be associated with the decomposition of intermediate organic matter, such as cellulose and hemicellulose residues in the BC. Images obtained by SEM show a relatively open and interconnected pore structure of the BC400, whereas, BC700 exhibits more closed and compact pores, indicative of a more extensive carbonization. The elemental composition of the produced BCs was determined by EDS. The major elements of both BCs were carbon (about 92%), oxygen (about 5.5%), and calcium ($<1\%$).

Based on the extensive characterization of the wood-derived BC produced at 400 °C and 700 °C, both materials show high potential for utilization as sorbents for removing organic pollutants from contaminated water. The results of this study could contribute to the advancement of biochar-based remediation technologies and their implementation in real-world environmental scenarios.

Keywords: biochar, pyrolysis temperature, characterization, organic pollution

*Contacts: tamara.apostolovic@dh.uns.ac.rs,
nina.djukanovic@dh.uns.ac.rs, tajana.djurkic@dh.uns.ac.rs,
jasmina.anojcic@dh.uns.ac.rs, sanja.mutic@dh.uns.ac.rs,
snezana.maletic@dh.uns.ac.rs, jelena.spasojevic@dh.uns.ac.rs*

Acknowledgment: This research was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, #10810, Sustainable solutions in environmental chemistry: exploring biochar potential–EnviroChar.

Permeable contaminant filters for interrupting pollutant pathways in sediments and soils

Niewerth, S¹.; Simini, A.; Feest, J.
HUESKER Synthetic GmbH
niewerth@huesker.de +49 (0)2542701 - 327
a.simini@huesker.it
jamesf@huesker.co.uk

Abstract

Geotextile contaminant filters (GCF) consist of two geotextile layers and an internal core of amendments. They are permeable to liquids and gases whilst at the same time act as a barrier for dissolved pollutants. GCF trap contaminants from diffuse sources enabling leachate or gas treatment and offer an in-situ alternative to dredging or excavation of soils and sediments. In addition, they provide opportunities for the management of contaminated soils if there is no alternative to excavation. Although the basic idea of a thin contaminant filter mat sounds simple, various aspects have to be taken into account to design and build durable, effective permeable barriers. The results of laboratory and field studies allow an insight into the science of amendments in thin layer applications. It becomes apparent that the available data from pump & treat measures cannot be readily transferred to the use of amendments in GCF. In addition to the obvious difference in layer thickness, such as fluctuating moisture content, loading/contact time functions, and co-contaminants must be considered. The experience gained from both successful and failed trials show the system strengths and limitations, enabling long-term performance forecasts to be made. Ideal applications for GCF include thin-layer active capping of sediments in off- and on-shore contaminated sites. Contaminated sediments and soils have been isolated at comparatively low energy and cost. Today, GCF has been utilized to isolate contaminants from surface water or the atmosphere in the long-term for projects in Europe, the USA, Australia, and Asia. In addition to capping applications, new options for soil management in conjunction with PFAS compounds are available. Studies from Germany and Belgium show the possibility of constructing highly effective filter layers for temporary PFAS contaminated soil storage or landfill mono-cells. Furthermore, permanent emplacement of contaminated soil fills in technical structures is possible with the help of

GCF and can contribute to sustainable construction with reduced carbon cost. The use of GCF rather than impermeable 'umbrella' like cover sealings is beneficial especially in complex structured slopes, such as mechanically stabilized earth walls. If a defined amount of soil above the GCF is not exceeded, the remediation amendment in the core of the filter will not reach its capacity limit and the subsoil is permanently protected.

Active Geotextiles, Remediation, Filters, Contamination Barrier

Contacts: emma.bauer@gmail.com (+49 151 4968021),
olivia.mertens@icloud.com, jeroen.dejong@outlook.com

Portable X-Ray Fluorescence Analyzers to Characterize Heavy Metals in Soil: Persistent Arsenic from Historical Sodium Arsenite Application as Herbicide

Silvia Gianetti Barber

¹ *Integral Consulting Inc.*

Abstract

Arsenical pesticides were widely used from the early to mid-1900 and persist in soil to this day. For herbicidal use, they were directly sprayed to land as sodium arsenite for weed control in sugarcane plantations in tropical regions and along roadsides and railroad rights-of-way in the continental United States. In Hawaii, where sugarcane and pineapple plantations once covered most of the land, persistent arsenic in soil from historical herbicide application is a widespread issue and a human health concern. X-ray fluorescence (XRF) is an exceptional tool to efficiently identify where the risk is and where remediation is needed, especially when there are very large tracts of land or multiple sites to investigate.

XRF is an established, non-destructive method for analyzing element concentrations in various media. Field portable instruments use energy dispersive XRF. X-rays excite the sample, resulting in characteristic fluorescent X-rays, captured by a detector as photon counts for a series of energy-level bins. The software transforms photon counts into concentrations. Hand-held analyzers provide a rapid and cost-effective field screening method for metals—significantly reducing the scope and cost of investigations. Accurate elemental analyses are performed with custom corrections for site-specific matrix and moisture content, as moisture reduces the signal. Applications include both screening-level and quantitative analysis for a wide array of elements of environmental interest, such as arsenic, cadmium, copper, lead, mercury, and zinc.

The presentation will discuss a few case studies in Hawaii to showcase the use of XRF to characterize and remediate land with elevated arsenic from historical herbicide application.

Soil Assessment and Remediation at More Than 150 Public Schools: We designed and performed a study to assess potential human health hazards in soil outside school buildings located on or near former sugarcane plantation land in Hawaii. The use of a portable XRF analyzer enabled rapid results by providing preliminary indications of where elevated arsenic was distributed in the soil. Thanks to initial XRF screening, we were able to immediately identify a common distribution pattern and tailor the following soil investigations across all state schools, with significant cost and time savings. XRF was incorporated into the sampling design for decision-making, aiding in the identification of areas for soil sampling and reducing the total number of samples collected for conventional laboratory analyses. XRF was also used in areas of known contamination to identify hot spots and target remediation. The presentation will offer a few specific examples at school campuses and describe how XRF screening was implemented.

Keywords: arsenic, XRF, lead, investigation, heavy metals

Contacts: sbarber@integral-corp.com (+1 808.374.4435)

The influence of low molecular weight organic acids on the uptake and translocation of heavy metals in plants

Nina Đukanović¹, Jelena Beljin¹, Tijana Zeremski², Marijana Kragulj Isakovski¹, Srđan Rončević¹, Nadežda Stojanov², Snežana Maletić¹

¹University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department for Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia;

(2) Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, 21000, Serbia.

Abstract

Environmental pollution in the last few decades stands out as one of the most important consequences of industrialization and rapid development. In water and sediment as an integral part of the aquatic environment, it is necessary to remove pollutants of organic and inorganic origin so that the pollution does not spread further and affect the health of living organisms. Using plants to reduce pollution, i.e. phytoremediation, from an environmental point of view is the most acceptable method of decontamination. In this process, plant species are used to remove pollutants or render them harmless. This study is focused on the phytoremediation of sediment from Begej, near the Serbian-Romanian border, which, based on previous research, was classified as sediment with high concentrations of heavy metals. The POT experiment contained 18 pots with 5 kg of polluted sediment each, in which rapeseed (a plant with high phytoremediation capacity) was planted. Five treatments were applied in triplicates, as well as three control samples without treatment:

1. Citric acid in concentrations of 10, 20 and 40 mmol/kg (CA 10, CA 20, CA 40),

2. Citric acid in concentrations of 20 and 40 mmol/kg, successively added, 10+10 mmol/kg and 10+10+20 mmol/kg, with an interval of 7 days between additions (CA 10+10, CA 10+10+20).

The first amendments were added five weeks after sowing. Plants were collected twice from each pot. From the pots in which the acid was added once, the first plant was collected one week after the treatment, and the second plant three weeks after the treatment. From the pots in which acid was successively added (10+10 mmol/kg), the first plant was collected one week after the second

treatment, and the second plant two weeks after the second treatment. From the pots in which acid was successively added (10+10+20 mmol/kg), the first plant was collected one week after the second treatment, and the second plant one week after the third treatment. The roots and above-ground parts of the plants were separated, they were dried and ground in the laboratory, and then prepared by microwave digestion (with cHNO_3 and H_2O_2) and analyzed for metal content using ICP-MS. The translocation factor (TF) after the first and second harvest was calculated based on the metal content in the above-ground and underground parts of the plants. After the first harvest, for all treatments, TF for Cd and Cu was above 1, while TF for Cr was less than 1 in all treatments except CA 20 and CA 40. TF for Pb was less than 1 only in treatment CA 10+10. TF for all metals decreased in the second harvest and was below 1 for all metals and all treatments, except TF for Cd in treatments CA 10, CA 20 and CA 10+10 and TF for Cu in treatment CA 10+10, indicating a high degree of bioaccumulation and translocation for Cd. The lower TF in the second harvest can be attributed to the loss of leaves and seeds in the aboveground biomass.

Acknowledgements

This study has funded by the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant Agreement No. 101006912-Phy2Climate.

Keywords: Phytoremediation, Soil, Sediment, Heavy metals.

Contacts: nina.djukanovic@dh.uns.ac.rs (00381654011467), jelena.beljin@dh.uns.ac.rs; tijana.zeremski@ifvcns.ns.ac.rs; marijana.kragulj@dh.uns.ac.rs; srdjan.roncevic@dh.uns.ac.rs; nadezda.stojanov@ifvcns.ns.ac.rs; snezana.maletic@dh.uns.ac.rs

Assessment of the Potential Application of Sewage Sludge and Compost Derived from Sewage Sludge as Organic Soil Amendments

Marijana Kragulj Isakovski, Jelena Beljin, Nina Đukanović, Marko Šolić,
Tamara Apostolović, Srđan Rončević, Snežana Maletić

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Trg Dositeja Obradovica 3, 21000, Novi Sad, Serbia

Abstract

Organic conditioners, which are rich in organic matter, can enhance soil properties and biological activities. Sewage sludge and compost are potential organic conditioners that require comprehensive physical-chemical characterization before application. This characterization includes determining pH, electrical conductivity, polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) content, mineral oil content, point of zero charge, and heavy metal content. The pH values indicate that both sewage sludge and compost are neutral to slightly acidic. The point of zero charge ranges from 6.8 to 8.0. Sewage sludge has a higher PAH content (approximately 700 µg/kg) and a mineral oil content of 0.14 mg/kg. In contrast, compost has a lower PAH concentration (around 121 µg/kg) and a mineral oil content of 0.29 mg/kg. The heavy metal content is higher in sewage sludge compared to compost, with levels reaching 1723 mg/kg. Analyzing these organic soil amendments provides insight into their harmful substance content, which is essential for determining for agricultural soil application.

Keywords: sewage sludge, compost, organic soil amendments, characterization

Corresponding author's full address, phone, and e-mail: University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Trg Dositeja Obradovica 3, 21000, Novi Sad, Serbia +381604991990, marijana.kragulj@dh.uns.ac.rs

Soil bioremediation efficiency: the impact of bioaugmentation and mineral or green compost additive in PAHs and TPH contaminated soil

Martin Nicolas, Grybos Malgorzata, Le-Guet Thibaut, Dupuy Fabrice, Joussein Emmanuel

E2Lim (UR 24 133), Université de Limoges, , Faculté des Sciences et Techniques, 123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges Cedex, France

Abstract:

Soil contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) is a widespread environmental issue with significant implications for human health and ecosystem integrity. Soil bioremediation has emerged as a promising approach for mitigating PAHs and total petroleum hydrocarbons (TPH) contamination, offering a cost-effective and environmentally friendly solution. Bioremediation relies on the metabolic activities of microorganisms to degrade contaminants into less harmful substances. However, the efficiency of bioremediation processes can vary depending on various factors, including nutrient bioavailability and the input of specialized microorganisms (bioaugmentation). The objective of our study was to evaluate the efficiency of the bioremediation process by adding mineral or organic additives and the interest of bacterial candidates for bioaugmentation at a pilot scale.

The bioremediation assay was conducted on diesel-polluted excavated earth from a logistic platform dedicated to valorizing public works waste (COVALI, Truyes, France). This excavated earth (TPH C16-C40: 3293 mg.kg⁻¹; Σ16 PAHs: 11.49 ± 0.2 mg.kg⁻¹) was spiked with *Sphingobacterium* sp. and *Pseudomonas* sp. isolates, chosen for their ability to enhance the degradation of phenanthrene and pyrene and for their capacity to produce anionic biosurfactants, potentially increasing the bioaccessibility of hydrophobic pollutants. Bioaugmentation assays were amended with mineral additive ($C_{total}/N_{total} = 193$) or green compost ($C_{total}/N_{total} = 10$). The experimental setup included 23 modalities with 10 kg of soil in stainless steel sinks, positioned outdoors and shielded from rain. The experiment spanned 118 days, featuring six measurement points. The data were modeled using pseudo-first-order (PFO) degradation kinetics.

Globally, the pilot allowed the reduction of PAHs and TPH content by $65.8 \pm 18.1\%$ and $51.7 \pm 33.4\%$, respectively, following the average PFO degradation constants of $0.011 \pm 0.003 \text{ day}^{-1}$ and $0.006 \pm 0.003 \text{ day}^{-1}$, respectively. More specifically, the mineral types impacted the PFO constant of the different hydrocarbons. For instance, without bioaugmentation and compared to the mineral additive, green compost tended to extend the 90% degradation day time (t90) for some PAHs. The t90 of Pyrene (PYR) increased from 122 ± 38 days to 204 ± 37 days. However, the type of nutrient did not alter the degradation times for benzo(a)anthracene (BaA) and TPH (around 220 days and 500 days, respectively).

In the context of mineral additive, bioaugmentation tended to increase the t90 of the compounds followed. The addition of *Sphingobacterium* extended the PYR's t90 from 122 ± 38 to 256 ± 76 days. Bioaugmentation with *Pseudomonas* alone extended the BaA t90 from 215 ± 71 to 380 ± 172 days. Combining both species with mineral additive extended the BghiP t90 from 170 ± 112 to 782 ± 516 days, suggesting an antagonistic effect. Conversely, bioaugmentation with *Sphingobacterium* and/or *Pseudomonas*, alongside mineral additive, reduced their t90 from 452 ± 28 to 254 ± 40 days. Conversely, with green compost, PYR's t90 decreased from 204 ± 37 to 140 ± 10 days, and the TPH's t90 increased from 523 ± 75 to 794 ± 112 days when *Pseudomonas* and/or *Sphingobacterium* were added with the green compost.

In the context of soil diesel pollution, using mineral additive with bioaugmentation appears to be a promising approach to shorten depollution times for TPH (the main pollutant) while effectively managing soil bioremediation costs.

Keywords: bioaugmentation, PAHs, pseudo-first order, soil, TPH,

Contacts: nicolasmartin468@gmail.com (+336 79 07 29 83), malgorzata.grybos@unilim.fr, thibaut.le-quet@unilim.fr, fabrice.dupuy@unilim.fr, emmanuel.joussein@unilim.fr

Evaluation of sources and sinks of hexachlorocyclohexane (HCH) isomers within a contaminated aquifer using compound-specific stable carbon isotope analysis (CSIA)

Anko Fischer¹, Hans-Hermann Richnow¹, Kevin Kuntze¹

¹ *Isodetect GmbH, Leipzig, Germany*

Abstract

Hexachlorocyclohexane (HCH) isomers are pollutants of particular concern because of their widespread distribution in the environment, toxicity and persistence. Especially at sites of pesticide production, formulation and dumping, significant soil and groundwater pollutions of HCHs have been detected. For cost-efficient and highly productive remediation strategies of contaminated sites, it is necessary to investigate pollutant sources and sinks. In recent years, compound-specific stable isotope analysis (CSIA) has gained more and more attention as a tool for characterizing and assessing contaminant sources and in situ degradation of organic pollutants, respectively.

The applicability of compound-specific stable carbon isotope analysis (CSIA) for assessing degradation of hexachlorocyclohexane (HCH) isomers was investigated in a contaminated aquifer at a former pesticide processing facility. A CSIA method was developed and tested for efficacy in determining carbon isotope ratios ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) of HCH isomers in groundwater samples using gas chromatography - isotope ratio mass spectrometry (GC-IRMS).

The carbon isotope ratios of HCHs confirmed contaminant source zones at former processing facilities, a storage depot and a waste dumpsite. This finding was confirmed by the concentration patterns of the contaminants and historical information.

The ^{13}C -enrichment in HCHs provided evidence for degradation of HCHs especially downstream of the contaminant source zones. CSIA from monitoring campaigns in several years revealed temporal trends in HCH degradation. Thus, the impact and progress of natural attenuation processes could be evaluated within the investigated aquifer. Conservative calculations based on the Rayleigh equation approach yielded extends of HCH degradation ranging from 30 to 86 %. Moreover, time- and distance-dependent in situ first-order degradation rate constants were estimated.

In summary, our study highlights the applicability of CSIA for evaluating sources and sinks of HCHs within contaminated aquifers located at sites of pesticide production, formulation and dumping.

Keywords: CSIA, pesticide, hexachlorocyclohexane, HCH, biodegradation

Contacts: fischer@isodetect.de (+49 341 35535855), kuntze@isodetect.de

Assessment of pesticides residues in European agricultural soils

Diana Vieira, Antonio Franco, Felipe Yunta, Arwyn Jones , Piotr Wojda

European Commission, Joint Research Centre (JRC). Ispra. Italy

Abstract

Soil remediation technologies utilize physical, chemical, or biological processes to decrease, remove, isolate, or stabilize potentially harmful elements. When it comes to pesticides, the effectiveness of remediation technologies depends on a variety of factors, including site characteristics, the type of contamination (point source or diffuse), pesticide concentration and type, reactivity in soils, and the intended use of the contaminated media. The EU Soil Observatory conducted a study targeting residues of active ingredients of pesticides used as crop protection products in soil samples collected from the 2018 LUCAS survey. This analysis intended to define a baseline for EU included the analysis of 118 active substances and metabolites of selected pesticide residues, such as neonicotinoids, conazoles, organochlorinated compounds, and organophosphorus compounds, and was performed in soil samples from 3,473 agricultural land. .

The results of the study were Indicate pesticide residues in soils are widespread in the European agricultural lands (75%), whereas most of the sites (57%) present mixtures of substances. A quarter of the samples analyzed (26%) show no presence of pesticides residues. The 57% presents at least two different residues, and of those, 30% presented more than five different pesticide residues, while 11% total presented more than 10 pesticides residues. The 38% total show pesticide residues concentrations above 0.05 mg Kg⁻¹, being 18% of the total above the 0.15 mg Kg⁻¹ threshold, and 4% total above the 0.5 mg Kg⁻¹.

Among targeted land used, cropland present the highest incidence of pesticide residues with 86% of samples presenting at least one pesticide residue, while in grassland areas the no incidence class is more represented, whereas 48% of the samples present at least one pesticide residue. Given the fact that sites under cereal crops were the most sampled within LUCAS 2018 survey, it is important to highlight that 86.9% of those investigated sites present at least one pesticide residue, and 45.9% of the site reveal

maximum pesticides residues concentrations above 0.05 mg Kg⁻¹. The results show a higher incidence and pesticide content among soils under vegetables and melons, root/tuber crops, and sugar crops classes, in which pesticides residues are found in most of the analysed samples (97.4 to 100 %). In addition, the soils associated with these crops also present a substantial contribution (32.2 to 55.3 %) on the extreme incidence class (more than 10 pesticides). The pesticide total concentration in most samples was found in the highest class (above 0.5 mg Kg⁻¹) only in 4.6% of the samples. The main classes of pesticides residues used for this analysis correspond to Herbicides, Insecticides and Fungicides.

Additionally, an indicator of the ecotoxicological impact for soil organisms was developed, identifying areas at higher risk (14%), for which also was possible to estimate increase in ecotoxicological risk when compared with a previous assessment (2015-2018) and future works including LUCAS 2022 topsoil survey and the LUCAS pesticides module. The assessment of pesticides residues in soils should be made in parallel with other substances typically considered for diffuse pollution in soils such as heavy metals, and pharmaceuticals, to ensure remediation efficiency. The findings of the study provide valuable insights into the current status of soil pollution in the EU and emphasizes the need for continued monitoring and remediation efforts to address pesticide residues in European soils.

Keywords: LUCAS topsoil survey, pesticides, soil pollution, remediation technologies, ecotoxicological risk

Contacts: diana.simo-es-vieira@ec.europa.eu (+351 914233748),
antonio.franco@ec.europa.eu , felipe.yunta-mezquita@ec.europa.eu
(+34 627923238), arwyn.jones@ec.europa.eu ,
piotr.wojda@ec.europa.eu

Soil Pollution in the European Union

Diana Vieira, Felipe Yunta, Panos Panagos, Arwyn Jones, Piotr Wojda

Joint Research Centre – European Commission. Ispra. Italy

Abstract

Soil pollution within the European Union (EU) remains a pressing concern, yet the quantification of its extent is hindered by years of insufficient attention and funding for soil research and monitoring. Despite these challenges, progress has been made, thanks to initiatives like EUSO and the LUCAS soil module, and efforts from the scientific community. However, these advancements are deemed insufficient given the magnitude of the problem. In anticipation for future policy demands - such as the proposal for a Soil Monitoring Law - and in pursuit of a cohesive strategy to address soil pollution, it is imperative to outline the current knowledge gaps and uncertainties surrounding the issue.

Effective remediation strategies can only be developed through evidence-based science, particularly in the interdisciplinary field of soil science. Possible solutions can be focused investments on Research and Innovation for knowledge development on contamination, transport and remediation of contaminated soils. On the table are solutions such as the creation of a network of field sites (e.g. lighthouses) to develop research on soil pollution remediation and integrate soil variability. Notwithstanding, we still need to tackle research gaps at the level of fundamental research, such as the investigation of contamination processes and determination methods, at the level of applied sciences, to improve risk assessment and remediation techniques, but also research for policy, in the definition of limit values towards soil pollution control.

In this work we provide some insights into soil pollution at the EU level, focusing on the most recent assessments, identifying key drivers of pollution, and evaluating its impacts on health and ecosystems. Only by assessing the current state of knowledge, we can better understand existing uncertainties and knowledge gaps, and propose solutions for addressing them through innovative remediation technologies and policy interventions. Our recommendations align with the increasing emphasis on Research and Innovation by EU Member States (MS), including initiatives

such as the Soil Mission. We also advocate for a set up of a European monitoring system of soil pollution, incorporating solutions such as advanced remediation technologies.

Keywords: soil health, diffuse pollution, point source pollution, ecosystem, soil remediation

Contacts: diana.simoese-vieira@ec.europa.eu (+351 914233748),
felipe.yunta-mezquita@ec.europa.eu (+34 627923238),
panos.panagos@ec.europa.eu , arwyn.jones@ec.europa.eu ,
piotr.wojda@ec.europa.eu

Identification of soils exceeding heavy metal concentrations in Europe by using the limit values from Sewage Sludge Directive

Felipe Yunta^{1,2}, Diana Vieira¹, Elise Van Eynde¹, Calogero Schillaci¹, Panos Panagos¹, Arwyn Jones¹, Piotr Wojda¹

¹Joint Research Centre – European Commission. Ispra. Italy

²Autonoma University of Madrid. Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain

Abstract

The Sewage Sludge Directive 86/278/EEC (SSD) lists six limit values (LVs) for concentrations of heavy metals in soils, including Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, and Zn. These LVs were transposed by each EU member state using different criteria, such as single values or based on soil factors like pH and texture. The first quantitative analysis of the SSD at the European level was performed using the LUCAS 2009 topsoil database, which collected 14,726 points in agricultural lands for EU countries and the UK (excepting Croatia). Pseudototal concentrations of arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), mercury (Hg), nickel (Ni), lead (Pb), and zinc (Zn) were measured using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) after acid digestion with aqua regia and microwave-assisted acid digestion. The LVs were arranged considering the less stringent upper limit values (EU_UL), the most stringent lower limit values (EU_LL), and the national ones for each heavy metal, as well as taking into account soil pH as introduced in the SSD Annex IA. Single and integrated contamination rate indices were developed to identify agricultural soils that exceeded the reference values for each heavy metal. It was found that 10%, 36%, and 19% of the LUCAS 2009 agricultural soil samples exceeded the LVs when EU_UL, EU_LL, and national ones were used, respectively. When considering soil pH as a criterion for fixing the LVs, it was concluded that 12% and 16% of agricultural soils exceeded the LVs when comparing EU and national ones. Different accounting of soils exceeding limit values was observed, depending on not only the limit values considered but also soil parameters affecting heavy metal availability. The soil parameters from the LUCAS 2009

topsoil database could be used by policy stakeholders to set LVs for concentrations of heavy metals in soils and for monitoring the SSD compliance grade using the LUCAS surveys over time. The study also pointed out that choosing other reference values, such as threshold values, screening values, NOEC values, or background values, quantitatively affects further actions such as monitoring and remediation of contaminated soils. Any significant difference in the accounting of soils exceeding the limit values directly impacts identifying contaminated sites and the remediation activities to be carried out.

Keywords: soil pollution, heavy metals, limit values, sewage sludge, soil remediation technologies.

*Contacts:*mailto: Felipe.yunta-mezquita@ec.europa.eu, felipe.yunta@uam.es, (+34627923238), Diana.SIMOES-VIEIRA@ec.europa.eu, Elise.VAN-EYNDE@ec.europa.eu, Calogero.SCHILLACI@ec.europa.eu, Panos.PANAGOS@ec.europa.eu, Arwyn.JONES@ec.europa.eu, Piotr.WOJDA@ec.europa.eu

Assessment of accumulation of heavy metals in soils of Europe due to diffuse pollution

Felipe Yunta^{1,2}, Diana Vieira¹, Elise Van Eynde¹, Calogero Schillaci¹, Panos Panagos¹, Arwyn Jones¹, Piotr Wojda¹

¹Joint Research Centre – European Commission. Ispra. Italy

²Autonoma University of Madrid. Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain

Abstract

The Sewage Sludge Directive (SSD) aims to increase Sewage Sludge (SS) use in agriculture while preventing harm to the environment and human health by ensuring that heavy metals in soil and sludge do not exceed set limits. Member States shall lay down the maximum quantities of SS that can be applied to agricultural fields (Mg ha⁻¹ yr⁻¹). For that, both limit values for concentrations of heavy metal in soils and limit values for heavy metals concentrations in sludge for use in agriculture are listed in the SSD (Annex IA and IB respectively).

Motivated by the provision of a methodology to help identifying potential contaminated sites and to tackle potential remediation technologies in agricultural lands after the application of SS in Europe and UK. This work analyzed soil samples from LUCAS 2009 located in croplands (9,765 locations) and grasslands (4,961). Pseudo-total HMs concentrations (mg kg⁻¹) of cadmium (Cd), copper (Cu), mercury (Hg), nickel (Ni), lead (Pb), and zinc (Zn) were extracted with aqua regia and microwave-assisted acid digestion before determination with ICP-OES. Accumulation of HMs in soils was modeled by using a representative SS composition (in mg kg⁻¹; 1.82 Cd, 292 Cu, 1.04 Hg, 39.2 Ni, 77.0 Pb, and 781 Zn), applied over 10 successive years at 5 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ rate and by correcting for the losses for each HM in soils via leaching, in accordance with the European Chemicals Agency guidance (ECHA, 2016). Maximum quantities of SS that be safely applied on agricultural soils in Europe were estimated to be 45 Mg ha⁻¹ at country level. In cumulative terms it means that more than 97% of the initial concentration for each of HMs will remain in the soil after 10 years. Application of representative SS increases the average overall concentration of Cd, Cu, Ni, Pb, Zn and Hg in soil by 20%, 33%, 2.4%, 9.0%, 33% and 47% respectively. However, the number of countries exceeding the lower reference limit values for concentrations of HMs in soils (Annex

IA of SSD) was not increased after a long-time SS application. Representative SS formulation used in this work show a low load of pollutants when comparing to their lower reference limit values (Cd 9%, Cu 29%, Hg 7%, Ni 13%, Pb 10%, and Zn 31%). However, land spreading of sewage sludge with content of heavy metals aligned to maximum limits will largely effect on soil quality as all agricultural soils will show average overall contamination rates above 70% only considering inputs from sewage sludge.

Our methodological framework can be employed by member states to conduct customized calculations utilizing local data on SS compositions, soil HM content, background levels, bulk densities, partitioning coefficients, and other input and output factors of metals in soils. The proposed methodology serves as a guideline for policymakers to identify potential contaminated sites and to tackle potential remediation technologies as part of a soil monitoring plan.

Keywords: soil pollution, heavy metals, limit values, sewage sludge, soil remediation technologies.

Contacts: Felipe.yunta-mezquita@ec.europa.eu (+34627923238),
Diana.SIMOES-VIEIRA@ec.europa.eu, Elise.VAN-EYNDE@ec.europa.eu,
Calogero.SCHILLACI@ec.europa.eu, Panos.PANAGOS@ec.europa.eu,
Arwyn.JONES@ec.europa.eu, Piotr.WOJDA@ec.europa.eu

Microbial Electrochemical Snorkels to boost anaerobic oxidation of petroleum hydrocarbons

Gabriele Beretta¹, Elena Sezenna¹, Sabrina Saponaro¹

¹ *Politecnico di Milano, Department of Civil and Environmental Engineering - DICA*

Abstract

Soil and groundwater contamination by hydrocarbons poses significant risks to human health and the environment. Current remediation methods range from physical and chemical treatments to biological approaches. In-situ bioremediation techniques like biostimulation and bioaugmentation are increasingly favored for their environmental friendliness. However, a frequent limitation to bioremediation is the availability of electron acceptors, the addition of which to the soil can be both energy and cost-intensive.

Microbial Electrochemical Technologies (METs), utilizing solid-state electrodes as electron sources or sinks, offer a promising option to stimulate microbial metabolism, reducing reliance on externally provided chemicals and energy consumption. Among these, microbial electrochemical snorkels stand out as a simple yet effective technology, employing a single electrode strategically placed to facilitate electron transfer between different redox zones.

This laboratory-scale study aims to evaluate the efficacy of METs in remediating hydrocarbon-contaminated soil. The study consisted of two sequential steps: first, enhancing the development of the electroactive community in the soil and on graphite felt electrodes, and second, assessing hydrocarbon degradation by previously acclimated microbial communities. Three different types of saturated hydrocarbon-contaminated soil columns were set up in duplicate, to simulate different in-situ treatments: i) Snorkel treatments (S1, S2), ii) Microbial Fuel Cell treatments (MFC1, MFC2), and iii) control treatments (C1, C2) with no electrodes.

The soil columns were incubated in the dark at a controlled temperature of 17 ± 1 °C, with regular monitoring of Oxidation Reduction Potential (ORP), Electrical conductivity, pH values. Acetate was replenished periodically in the first phase to prevent substrate rate-limiting conditions for the anodic reaction, whereas nitrate was introduced as the terminal electron acceptor for the cathodic reaction. In the second step, hydrocarbons served as

carbon sources and electron donors at the anode, whereas nitrate in the circulating groundwater served as the electron acceptor at the cathode. At fixed times, the water and soil in the different treatments were sampled for hydrocarbon analysis (total petroleum hydrocarbons (TPH) by GC–MS and analyses of the microbiome composition and key functional genes quantification. At the end of the tests, the microbial characterization was carried out on the electrodes, too.

Preliminary results from the acclimation phase indicate that acetate promotes the formation of electroactive communities on MFC anodes. All systems showed a decrease in nitrate concentration, with BES treatments exhibiting higher nitrate removal efficiency compared to controls. Additionally, both MFC treatments displayed measurable current values due to the presence of electroactive biofilms on the anodes. Soil chemical analyses for hydrocarbon concentration and microbial characterization of soil and electrode-attached biofilms are ongoing.

Keywords: (Up to 5 keywords) Microbial Electrochemical Technologies (METs), Petroleum hydrocarbon biodegradation, Microbial electrochemical snorkels, Soil electroactive microbial communities.

Contacts: gabriele.beretta@polimi.it, elena.sezenna@polimi.it (+39 0223996405); sabrina.saponaro@polimi.it

Potential application of phosphogypsum for sediment remediation

Nataša Slijepčević¹, Dunja Rađenović¹, Slaven Tenodi¹, Dejan Krčmar¹, Milena Bečelić-Tomin¹, Đurđa Kerkez¹, Dragana Tomašević Pilipović¹

¹University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: natasa.slijepcevic@dh.uns.ac.rs)

Abstract

Amidst the intensifying wave of industrialization and uncontrolled discharge of untreated wastewater into surface water bodies, environmental pollution has become an ever-present and pressing challenge. Contaminated sediment, laden with potentially harmful metals, poses a significant hazard as it gradually releases toxins into aquatic ecosystems, ultimately affecting humans through the food chain. Phosphogypsum, a byproduct of phosphoric acid production essential for manufacturing phosphate fertilizers, shows potential as a substance for solidifying polluted sediment. However, despite its promise, a mere 15% of global phosphogypsum production is recycled, with the rest left untreated and deposited into landfills. Stabilization/Solidification (S/S) emerges as a widely adopted method for managing contaminated sediments, with leaching tests serving as a means to assess the effectiveness of solidified sediment forms for controlled utilization.

This study focuses on sediment from the Begej canal, examining its properties before and after treatment with phosphogypsum at varying mass percentages. The research unfolds in two phases: firstly, a sediment risk assessment study, and secondly, the characterization of sediment solidified with phosphogypsum. Characterization involves evaluating pseudo-total metal concentrations, sequential extraction, ANS 16.1 leaching test. Results from sequential extraction underscore the high risk posed by zinc, cadmium, and copper in untreated sediment to the aquatic environment. Following treatment, leached values for these metals decrease, categorizing zinc and cadmium as low risks, and copper as a medium risk in both mixtures (sediment and 3% or 5% phosphogypsum). Notably ANS 16.1. test showed that the percentages of all leached metals

after 90 days of the experiment in both mixtures did not exceed 10% of the initial concentration, so represent low risk to aquatic environment. This work underscores the potential of phosphogypsum in solidifying polluted sediment, offering a sustainable approach to mitigate environmental risks associated with industrial pollutants.

Acknowledgement

The research was financed by the Science Fund of the Republic of Serbia, #7753609, BEuSED.

Keywords: sediment; remediation; metals; phosphogypsum; leaching test.

Contacts: natasa.slijepcevic@dh.uns.ac.rs (+381 64 9100926), dunja.radjenovic@dh.uns.ac.rs; slaven.tenodi@dh.uns.ac.rs; dejan.krcmar@dh.uns.ac.rs; milena.becelic-tomin@dh.uns.ac.rs; [djurdja.kerkez@dh.uns.ac.rs](mailto:djurdjia.kerkez@dh.uns.ac.rs); dragana.tomasevic@dh.uns.ac.rs; (All authors e-mail addresses are needed).

Enhancement of the properties of municipal sewage sludge for sustainable utilization

Nataša Slijepčević¹, Dragana Tomašević Pilipović¹, Anita Leovac Mačerak¹, Nataša Duduković¹, Milomirka Obrenović², Milena Bečelić-Tomin¹, Đurđa Kerkez¹

¹University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia

²University of East Sarajevo, Faculty of Technology Zvornik, Karakaj 34A, 75400 Zvornik, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Abstract

This study investigates the potential of recycling municipal sewage sludge from wastewater treatment plants (WWTP) using the process of stabilization and solidification (S\S). Waste sludge generated from WWTPs or ash after incineration poses significant environmental challenges due to its high organic content and potential for contamination. However, through S\S technique, this research explores methods to stabilize the sludge or ash and transform it into a safe and usable material for various applications. The abstract outlines the key objectives of the research, including the evaluation of different immobilization agents and their effects on the stabilization and solidification process. It emphasizes the importance of recycling waste sludge to reduce environmental pollution and conserve natural resources. Additionally, the abstract highlights the potential benefits of utilizing stabilized and solidified sludge or ash in construction materials, land reclamation, and other applications. Furthermore, the abstract discusses the methodology employed in the research, which includes laboratory-scale experiments to assess the mechanical, physical, and chemical properties of stabilized and solidified sludge samples. It also emphasizes the significance of conducting leaching tests to evaluate the long-term environmental impacts of the recycled material.

In conclusion, by transforming waste sludge into a safe and usable material, this research contributes to the development of sustainable waste management solutions and promotes the circular economy principles in the wastewater treatment sector.

Acknowledgement

This research has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme, Horizon Europe - Work Programme 2021-2022 Widening participation and strengthening the European Research Area, HORIZON-WIDERA-2021-ACCESS-02, under grant agreement No [101060110], SmartWaterTwin

Keywords: sludge; circular economy; wastewater treatment; stabilization; solidification.

Contacts: natasa.slijepcevic@dh.uns.ac.rs (+381 64 9100926), dragana.tomasevic@dh.uns.ac.rs; anita.leovac@dh.uns.ac.rs; natasa.varga@dh.uns.ac.rs; milomirkaskrba95@gmail.com; milena.becelic-tomin@dh.uns.ac.rs; djurdja.kerkez@dh.uns.ac.rs;

Microbial defluorination of TFA, PFOA, and HFPO-DA by a native microbial consortium under anoxic conditions

Zhiwen Tang^{1,2}, Timothy M. Vogel³, Qing Wang¹, Changlong Wei¹, Mukhtiar Ali^{1,2}, Xin Song^{1,2*}

¹ Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

² University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

³ Ecologie Microbienne, Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne F-69622, France

Abstract

In this study, the biodegradability of trifluoroacetate (TFA), perfluorooctanoic acid (PFOA), and perfluoro-2- methyl-3-oxahexanoic acid (HFPO-DA) by a native microbial community was evaluated over a 10-month incubation period. The observed microbial defluorination ratios and removal efficiency were 3.46 (\pm 2.73) % and 8.03 (\pm 3.03) %, 8.44 (\pm 1.88) % and 13.52 (\pm 4.96) %, 3.02 (\pm 0.62) % and 5.45 (\pm 2.99) % for TFA, PFOA and HFPO-DA, respectively. The biodegradation intermediate products, TFA and pentafluoropropionic acid (PFA), of PFOA and HFPO-DA were detected in their biodegradation treatment groups. Furthermore, the concentrations of the PFOA metabolites, perfluorohexanoic acid (PFHxA) and perfluoroheptanoic acid (PFHpA), in the aqueous solutions after incubation were quantified to be 0.21 and 4.14 μ g/L. TFA, PFOA and HFPO-DA significantly reduced the microbial diversity and changed the structure of the community. The co-occurrence network analysis showed that low abundance species, such as *Flexilinea flocculi*, *Bacteriovorax stolpii*, and *g_Sphingomonas*, are positively correlated with the generation of fluoride ion, implying their potential collaborative functions contributing to the observed biodefluorination. The findings in this study can provide insights for the biodegradation of perfluoroalkyl carboxylic acids and their emerging alternatives by indigenous microorganisms in the environment.

Keywords:

PFCAs, Biodegradation, Defluorination, Native microbial consortium

Contacts: : xsonq@issas.ac.com (+86 181 2013 0800), zwtang@issas.ac.cn, vogel@univ-lyon1.fr, qwang@issas.ac.cn, clwei@issas.ac.cn

Extended-Release Oxygen Source to treat Petroleum Hydrocarbon Contamination

Brant Smith¹, Alberto Leombruni²

¹ *Evonik Active Oxygens, USA (speaker)*, ² *Evonik Operations GmbH*

Abstract

Introduction and Objectives

Aerobic bioremediation is a proven remediation technology often used to treat low levels of oxidizable contamination such as petroleum hydrocarbons from Petrol stations or former Manufactured Gas Plants (MGP) and even oxidizable chlorinated compounds such as chlorobenzene or vinyl chloride. Maintaining the dissolved oxygen concentrations over an extended the extended timeframe necessary to allow for diffusion of low contaminant concentrations can be problematic. PermeOx[®] Ultra is a specially engineered extended oxygen release reagent that is designed to be applied as a solid slurry into the subsurface and release oxygen over a period of up to a year. The continuous release of oxygen can be used as an electron receptor for aerobic bioremediation treating BTEX, PAH's and petroleum hydrocarbons. The extended release over months and up to a year creates conditions that allows for treatment well suited to low levels of contamination. This presentation will present the science and mechanisms of oxygen released from calcium peroxide, key design considerations, and application methods will be highlighted by case studies of successful PermeOx[®] Ultra case studies.

Approach / Activities

This presentation will present fundamental chemistry behind oxygen release from a calcium peroxide, discuss how these compounds are combined with other reagents such as sodium persulfate to form Klozur[®] CR, key design considerations and application methods and goals. How these considerations are applied in the field will be illustrated using full scale case studies.

Results and Lessons Learned

Calcium peroxide is an established remediation technology with over 20 years of history. Petroleum hydrocarbons are often reduced by several orders of magnitude such as benzene being reduced from an average of 1,400 ug/L to 1.8 ug/L in a contaminant plume after a solid slurry application of PermeOx® Ultra. Groundwater volume, velocity and alkalinity can be key parameters in designing a proper dose and understanding the persistence of the calcium peroxide product.

Keywords: (Aquifer, Organic Compounds, Calcium Peroxide, Micronutrients, Aerobic Bioremediation)

Contatti: brant.smith@evonik.com , alberto.leombruni@evonik.com

A European approach for Healthy soils - a reflection from Germany

Joerg Frauenstein

Umweltbundesamt (Germany), Woerlitzer Platz 1, 06844 Dessau,

Abstract

The European Commission's proposal for an EU-wide Soil Protection Directive is driven by the ambition to achieve a healthier soil status in Europe. Based on data collection and monitoring, the Directive aims to use indicators to comprehensively assess and evaluate soil conditions and significantly improve the status of soils in Europe. It also aims to remediate contaminated soils so that they do not pose a risk to humans or the environment. To this end, measures must be developed and implemented to restore soils to a healthy state in the long term. From a German perspective, this is challenging, but urgently needed to counteract the ongoing loss of healthy soils and the associated management of terrestrial ecosystems. These issues require clear definitions, reliable data and their monitoring, as well as comprehensive soil indicators and meaningful descriptors to support differentiated methodological approaches and practical implementation.

In our view, the draft Directive text lacks clear political messages that highlight the complex interrelationships of soil protection with other legislative areas of environmental policy. This is particularly important for implementation by Member States in order to better justify and substantiate the intended regulatory approaches. The focus must be on a proportionate effort to obtain evidence-based data and information and to be able to transfer and further use data once obtained at the interfaces. This requires effective data networking and the transfer of collected site and monitoring data.

An important issue in this context is the handling of excavated soil, substitute building materials, etc., which needs to be better addressed in the context of the protection of natural resources, media protection law and waste management. Otherwise, the circular economy could be significantly impaired and the recycling rate significantly reduced.

We see a weakness in not emphasising the priority of reducing land consumption, and the reuse of brownfield sites for future industrial,

infrastructure and commercial locations, as opposed to greenfield sites, contributes to reducing land consumption.

The draft directive lists indicators and descriptors for some inorganic pollutants, but leaves the much larger and more problematic category of organic pollutants entirely to Member States. At the very least, the selection of organic pollutants to be covered EU-wide on the basis of the EU POPs Regulation (EU 2019/1021) should be named for legal consistency.

In addition to soil monitoring, the draft directive focuses on the identification, investigation and management of contaminated sites. What we miss is that the draft directive does not clearly strengthen pollution prevention. First, competent authorities should systematically identify and register concrete suspicions or findings of soil and groundwater contamination. In the case of potentially contaminated sites, priority should be given to verifying the suspicion using alternative data and sources of information. Sites where the suspicion is not confirmed need to be eliminated before further costly soil and groundwater investigation and assessment is undertaken. Depending on the risk assessment, measures may need to be taken to protect pathways and receptors. Practical experience has shown that a step-by-step approach is the most sensible way to keep costs and efforts reasonable.

For the assessment of soils, it is necessary to clarify the extent to which contaminants pose a risk to the associated pathways and receptors. However, this process requires criteria and values, i.e. the definition of thresholds that can be used for case-specific risk assessment. As long as (potentially) contaminated sites are still active industrial sites, the pollution they may cause is subject to the Industrial Emissions Directive (IED; DIRECTIVE 2010/75) or the Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Directive and their national regulations. It is therefore all the more important that these indications, information and data on possible soil contamination are transferred to the soil registers and used there.

In addition, diffuse soil contamination, often associated with emerging contaminants, is of great importance and should be addressed here. A regulated approach is needed for diffuse pollution and for organic pollutants, otherwise we may be faced with soil protection policies that depend on the economic strength of Member States and an unequal level of protection.

Nevertheless, the Federal Environment Agency is in favour of European legislation to protect soils and particularly welcomes the strengthening of the precautionary approach in the draft directive. There is still a need to develop and harmonise comparable methods for assessing soil status and

binding measures for soil improvement, to create a comparable level of protection and to establish effective soil-related interfaces at European level.

From the Federal Environment Agency's point of view, deterioration and binding soil improvement measures should therefore be specified. To this end, the definition of soil health - limit values and indicators for material and non-material pollution for the assessment of soil health - has not yet been sufficiently defined and presented.

Soil descriptors and criteria for soil health have so far provided inadequate evidence of chemical, physical and other soil contamination, use-related soil changes and the state of soil biology. However, soil status assessment is the linchpin for remediation and mitigation measures. However, we do not believe that a use-independent definition of healthy soil status is appropriate or proportionate.

In analogy to the WFD, we would like to propose the introduction of a watch list of priority substances in order to advance the regulation of critical organic compounds in particular.

Both the Spanish and the Belgian Presidencies can be credited with having significantly advanced the draft text of the Directive through their dedicated work.

In particular, the presentation will address issues that are not yet in line with other European and national legislation and that are necessary for the management of contaminated sites in order to achieve a comparable level of soil protection in Europe.

Keywords: (Up to 5 keywords)

European soil regulation, Monitoring, Management of contaminated Land, Soil Health, soil pollution,

Contact: joerg.frauenstein@uba.de, (+49 340 2103 3064),

Application of Multiyear Miscanthus Phytotechnology Supported by Soil Amendments to the Post-Military/Post-Mining Land: case of Chomutov, Czech Republic

Robert Ato Newton¹(speaker), Valentina Pidlisnyuk¹, Sergey Ust'ak², Aigerim Mamirova³, Vojtech Vana²

¹ Department of the Environmental Chemistry and Technology, Jan Evangelista Purkyně University, 400 96 Ústí nad Labem, Czech Republic

² Crop Research Institute, Drnovská 507/73, Ruzyně, Praha 6, 161 06 Prague, Czech Republic

³ Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract

The NATO SPS MYP project “Mitigation of climate change through the Advanced Miscanthus Phytotechnology” is focused on recovery the war-degraded environment by revitalization of the degraded military-polluted land and mitigation of the climate change by using biochar from agricultural waste of military origins as a real tool. Project’s ongoing activities included remediation of post-military soil by phytotechnology, supported by microorganisms and biochar; production from the biomass vegetated on the military-polluted lands “green” materials: energy, insulation materials, pulp; evaluation the level of soil remediation; estimation the efficiency by life cycle assessment and technical-economic analysis. In parallel the social acceptance and willingness of citizens to implement the Advanced Miscanthus Phytotechnology, and public's perception of actions is under the surveying.

One of the key aspects of the project is about the multiyear testing of the Advanced Miscanthus Phytotechnology at the field scale while supported by different soil amendments. A multiyear study was conducted on post-military/post-mining site in Chomutov, Czech Republic where plantation was established in spring 2021. The soil is marginal and randomly slightly contaminated by the trace elements. Prior the planting the soil was treated with various organic

amendments, i.e.: biochar at 5% and 10% dosages (BD1 and BD2), digestate (D), sewage sludge (SS), and hemicellulose waste (HW).

The experimental field was a randomized complete block with four replicates for each soil amendment. Each plot was 2.5 m × 2 m and contained 30 *M × g* rhizomes planted at a depth of 10–12 cm, with 1 m passageways between plots. The amendments were added to the soil on 26 April 2021, and the rhizomes were planted on 27 April 2021. Each rhizome was planted at the pointed place in the soil pre-treated with a targeted amendment. The planting material was *M × g* obtained from the Miscanthus d.o.o. deposit field (Popovača, Sisak-Moslovina County, Croatia), the rhizomes were three years old and had an average weight of 20 ± 2 g.

Growth parameters were monitored over three vegetation seasons. Results indicated that in the second and third growing seasons, the number of *M × g* plants per plot was highest in soil amended with BD2, while the lowest numbers were observed in SS- and HW-amended soils. In the second growing season, plant height was tallest in BD1-treated soil and shortest in SS-treated soils, whilst in the third season plant height was tallest in BD2-treated soil followed by the BD1-amended soil. Dry weight (DW) measurements revealed that in the second season, *M × g* grown in BD1-amended soil had the highest DW value, with other amendments resulting in significantly lower DW values compared to the control. In the third growing season, BD1, BD2 and D resulted in the increase of DW of harvested biomass of *M × g* by 41.1%, 35.8%, and 6.5% respectively compared to the control. This study demonstrates the potential of *M × g* cultivation on post-military/post-mining land and highlights the positive effects of biochar and digestate amendments on the crop's growth parameters and harvested value.

Keywords: energy crop, biochar, harvest, growth parameters, biomass

Contacts: sirbobbynewton@gmail.com (+420 774165290),
pidlisnyuk@gmail.com, ustak@vurv.cz, amamirova95@gmail.com,
vana@vurv.cz

PFAS Source Differentiation at Airports

Dr. Janet Anderson, DABT¹, Dan Schneider, P.E., CHMM², Mat Knutson³,
Zachary Puchacz, C.M., ACE⁴

¹ GSI Environmental, Inc,^{2,3}Terracon Consultants, Inc.⁴Mead & Hunt, Inc.

Abstract

Today airports around the world are facing increased scrutiny from stakeholders and regulatory agencies related to the historic use of aqueous film forming foam (AFFF) for fire protection and response. For decades, AFFF has been used at airports as part of the active firefighting training and in response to airport incidents.

The National Academy of Science, Engineering and Medicine (NASEM), through the Transportation Research Board (TRB), provided grant funding through its Airport Cooperative Research Program (ACRP) sponsored by the US Federal Aviation Administration (USFAA) to support informed decision making related to source differentiation of PFAS at airports. The resulting research discusses a “lines of evidence” approach to evaluating both on- and off-airport PFAS source differentiation, based partially on the data mining of over 800,000 PFAS test result across the United States. The results are categorized into broad industry segments complete with PFAS data visualizations, as well as a discussion related to data forensics to assist the user in evaluating the potential complexities of site-specific PFAS analytical data. Also, the research team developed a “PFAS Assessment Progress Tracker” to indicate progress of areas that could be considered to inform on PFAS sources both on-airport and off-airport.

The developed approach has a broader applicability to PFAS source differentiation beyond airports. The research on PFAS source differentiation is both timely and important in light of continuing scrutiny and regulation in the United States and globally as the widespread use of PFAS-containing products and commercial and industrial processes continue to be a concern both in terms of health risks and adverse impacts to the environment.

Keywords: PFAS Source differentiation, Airport AFFF

Contacts:

Dan Schneider (dan.schneider@terracon.com) +1 303-748-5725

Janet Anderson (jkanderson@gsi-net.com)

Mat Knutson (mat.knutson@terracon.com)

Zach Puchacz (Zachary.Puchacz@meadhunt.com)

Converting iron ore tailings into soil like growth medium for ecological rehabilitation

Songlin Wu^{1,2}, Longbin Huang²

¹ State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Centre for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

² Centre for Mined Land Rehabilitation, Sustainable Minerals Institute, The University of Queensland, Brisbane, Queensland 4072, Australia

Abstract

Billions of tons of mine tailings are generated annually from extracting and processing of metal and mineral ores. So far, there are more than 5,000 tailing storage facilities (TSFs) worldwide, including iron (Fe) ore tailings from extracting Fe-ores for steel production to sustain world economy. Sustainable rehabilitation of tailings landscapes is significantly hindered by topsoil shortage. Current rehabilitation method is not sustainable as it resorts to excavating soil from natural landscape and generate a significant CO₂ footprint associated with excavating and transporting large volumes of soil. Ecological engineering of tailings into soil is advocated as a nature-positive method, by upcycling the tailings in situ into soil-like growth substrates for reconstructing soil-plant systems as the building blocks of sustainable ecosystems. In the eco-engineered soil formation, soil aggregate formation is a critical step which results from the integrated processes of mineral weathering and organic matter decomposition and stabilization. By enhancing microbial and rhizosphere processes in the tailings amended with renewable resources (i.e., plant mulch), we show here that the weathering of Fe-bearing primary minerals is accelerated in the tailings. Resultant colloidal ferric-silicon rich amorphous minerals serve as core nuclei for organic matter stabilization and soil aggregate development. This nature-based approach opens a sustainable pathway to achieve tailing rehabilitation without resorting to excavating natural soil resources.

Keywords: soil aggregate; mineral gels; eco-engineering; pedogenesis; Fe ore tailings; mine site rehabilitation

Contacts:

Songlin Wu, Tel: +86 10-62849839, Email: slwu@rcees.ac.cn

Longbin Huang, Tel: +61 07 33463130 Email: l.huang@uq.edu.au

Simultaneous removal of Cd(II) and As(V) by ferrihydrite-biochar composite: Enhanced effects of As(V) on Cd(II) adsorption

Changxun Dong¹

¹ College of Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract

The coexistence of cadmium (Cd(II)) and arsenate (As(V)) pollution has long been an environmental problem. Biochar, a porous carbonaceous material with tunable functionality, has been used for the remediation of contaminated soils. However, it is still challenging for the dynamic quantification and mechanistic understanding of the simultaneous sequestration of multi-metals in biochar-engineered environment, especially in the presence of anions. In this study, ferrihydrite was coprecipitated with biochar to investigate how ferrihydrite-biochar composite affects the fate of heavy metals, especially in the coexistence of Cd(II) and As(V). In the solution system containing both Cd(II) and As(V), the maximum adsorption capacities of ferrihydrite-biochar composite for Cd(II) and As(V) reached 82.03 $\mu\text{mol/g}$ and 531.53 $\mu\text{mol/g}$, respectively, much higher than those of the pure biochar (26.90 $\mu\text{mol/g}$ for Cd(II), and 40.24 $\mu\text{mol/g}$ for As(V)) and ferrihydrite (42.26 $\mu\text{mol/g}$ for Cd(II), and 248.25 $\mu\text{mol/g}$ for As(V)). Cd(II) adsorption increased in the presence of As(V), possibly due to the changes in composite surface charge in the presence of As(V), and the increased dispersion of ferrihydrite by biochar. Further microscopic and mechanistic results showed that Cd(II) complexed with both biochar and ferrihydrite, while As(V) was mainly complexed by ferrihydrite in the Cd(II) and As(V) coexistence system. Ferrihydrite posed vital importance for the co-adsorption of Cd(II) and As(V). The different distribution patterns revealed by this study help to a deeper understanding of the behaviors of cations and anions in the natural environment.

Keywords: Ferrihydrite Biochar Cadmium Arsenate Simultaneous sequestration

Contacts: Changxun Dong.dongcx@njau.edu.cn (+86 138 51805473),

Regenerating Ion Exchange Resins to Reduce the Life Cycle Cost of PFAS Water Treatment

Steven Becker¹, Aaron Kavanagh², John Wilson²

¹ *SciDev Ltd (speaker),* ² *SciDev Ltd.*

Abstract

Granular activated carbon (GAC) and ion exchange (IX) resin sorption systems are the two most prevalent technologies for treating PFAS in water and wastewater streams. Compared to GAC, IX resins have a greater overall capacity for PFAS and exhibit better sorption of short-chain PFAS, although they may require more pretreatment to address co-contaminants or water quality parameters than comparable GAC systems. While capital costs of the two system types can be comparable, the higher PFAS capacity, smaller volumes of media required, and reduced waste volumes generally result in lower long term operational costs. The ability to regenerate and reuse IX resins further reduces the long-term operational costs of PFAS treatment in groundwater and wastewater. This presentation will discuss case studies from PFAS treatment systems in Australia, present a comparative life cycle cost analysis performed for a 6,600 m³/day PFAS groundwater treatment system for a U.S. Department of Defense installation in the southwestern United States, and briefly discuss two ongoing demonstration projects in the European Union.

Keywords: PFAS, Water Treatment, Life Cycle Cost, Regenerable Resin, Resin Regeneration

*Contacts: steve.becker@scidevltd.com (+1 907.687.8760),
aaron.kavanagh@scidevltd.com, john.wilson@scidevltd.com*

Application of ash as a soil amendment in phytoremediation

Abdulmannan Rouhani¹, Valentina Pidlisnyuk¹, Karim Suhail Al Souki¹

¹ Faculty of Environment, Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem, Czech Republic

Abstract

The European Union is actively attempting transition from a linear to a circular economy, in which available resources such as organic matter and nutrients contained in "waste" materials—are going to be recycled in an effective manner. In this context, ash usage is at the focus of c studies, referring to a viable way toward circularity. Utilizing ash could increase the value of a material that is currently regarded as waste and frequently disposed of in landfills. It has been proven that addition of biomass ash can significantly enhance the soil properties, promote plant growth, and increase the yield of crops. The majority of studies conducted on biomass ash have primarily focused on wood biomass ash, while ash generated from herbaceous plants and agricultural crops are received less attention. Therefore, the main objective of this study is overviewing the effect of biomass ash on the soil properties and plant growth in phytoremediation practices, specifically the return of nutrients from biomass ash to the natural cycles in order to ensure sustainable biomass utilization.

It was proven that biomass waste ash raised plant yields, lowered soil acidity, and/or increased the amounts of total nutrients in well-targeted sites. Combustion ash residues from rye grain, wheat straw, and alfalfa stem riched in nutrients Ca, P, K can be used as an economical soil fertilizer and/or amendment. The study shown that the addition of rice husk ash enhanced the effectiveness of phytoremediation with *Ricinus communis* and *Vetiver Grass*. However, there are some disadvantages to consider when using biomass ash for soil improvement and phytoremediation, as these materials may contain harmful contaminants. Thus, the utilization of ash necessitates careful evaluation and comprehensive chemical monitoring.

Keywords: herbaceous plant; agricultural crop; biomass ash; circular economy; soil amendment

*Contacts : a.rohani70@gmail.com (+420 773 179 034),
valentya.pidlisniuk@ujep.cz, Karim.Souki@ujep.cz.*

Thermal Pre-Processing Techniques for Reactive Aluminum Alloy Waste Powders

Piero Ferrari¹, Mentore Vaccari², Roya Biabani³

¹ Senior Manager, Research and Innovation at Brixiamambiente Srl, 22 Via Molino Emili, Maclodio, Italy (p.ferrari@brixiamambiente.it)

² Associate Professor in Sanitary and Environmental Engineering, University of Brescia, Department of Civil Engineering, Architecture, Land and Environment, Via Branze 38, 25123 Brescia, Italy (mentore.vaccari@unibs.it, <https://orcid.org/0000-0003-1611-6772>),

³ Phd in Sanitary and Environmental Engineering, University of Brescia, Department of Civil Engineering, Architecture, Land and Environment, Via Branze 38, 25123 Brescia, Italy (r.biabanireshteh@unibs.it, <https://orcid.org/0000-0002-5334-3555>)

Abstract

As a result of its high efficiency, safety, and minimal secondary pollution production, thermal desorption has been widely used for processing various pollutants. Thermal desorption is not only an efficient and permanent method of removing pollutants from contaminated soils due to its ability to meet clean-up standards quickly and reliably, but it can also be used as a treatment method for unconventional wastes.

Reactive aluminum waste powders often require a pre-treatment method prior to disposal and storage to reduce the difficulty and cost of subsequent disposal. In this study, the regularity and efficiency of the thermal pre-treatment of aluminum alloy waste powders were examined to aid their subsequent treatment and disposal. Five samples originating from aluminum surface finishing industries were studied using thermogravimetric analyses (TGA) and tubular furnace simulation experiments. Four set temperatures of the tubular furnace were selected based on the TGA results. The ignition delay time was obtained by post-processing the sequential images of the samples inside the tubular furnace. Moreover, the optimal retention time was determined by running six groups of parallel experiments. In addition, the reduction reactivity efficiencies of thermal pre-treatment were determined by the gas volume method.

Results showed that the shot blasting samples had shorter ignition delay times than those of the sandblasting and one of the polishing samples. The effect of ZnO alloy content on the ignition delay time of the samples originating from sandblasting and the sample originating from the polishing process was tested. The ignition delay times for the sandblasting and polishing samples decreased with increasing ZnO alloy content. The raw and pre-treated materials were subjected to analyses of morphology, composition, and reactivity. The pre-treatment efficiency of the samples was significantly enhanced, especially when the retention time was longer than the ignition delay of the samples.

Keywords: Aluminium powder; Reactivity; TG analysis; Tubular furnace; Waste;

*Contacts: p.ferrari@brixiambiente.it (+39 3356907581),
mentore.vaccari@unibs.it, r.biabanireshteh@unibs.it.*

PFAS removal by activated carbon: adsorption and thermal reactivation

*Rachel HOUSIERE¹, Francesco CRESCENTI², Timothy MOSSELMANS¹,
Mauro MAGI¹*

¹ CHEMVIRON, Industrial Park, Zone C, 7181 FELUY Belgium

² Chemviron Italia S.r.l. Via Malon, 2 - 37045 S. Pietro di Legnago (VR) - Italy

Abstract

Over the decades, activated carbon has established itself as a solution that is now universally recognized for its effectiveness in various water treatments, including remediation. Virgin and reactivated activated carbon can meet the many challenges of a constantly evolving sector, which is legitimately increasingly concerned about water quality and requires high-performance products and services. Many per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS) have been industrially produced and released to air, soil, and water. Being persistent and accumulative, treating these compounds today represents a challenge, especially for remediation applications.

CHEMVIRON, a manufacturer, supplier, and designer of activated carbon, supports remediation stakeholders to use activated carbon. FILTRASORB® granular activated carbon has been referenced for decades for capturing a wide range of contaminants (pesticides, herbicides, medicinal decomposition products, etc.) and has shown to be an effective barrier against PFAS. To avoid contaminating the environment with PFAS compounds it is essential to destroy them after capturing them.

CHEMVIRON offers a service for recycling saturated activated carbon by thermal reactivation under specific conditions. The process allows activated carbon to be recycled while mineralizing and destroying PFAS compounds. CHEMVIRON has the expertise in treating persistent compounds by selecting the activated carbon best suited to the conditions encountered. The aqueous matrix impacts the effectiveness of activated carbon. It is now possible to quickly characterize the capabilities of activated carbon removal of emerging persistent contaminants in the CHEMVIRON laboratory through an accelerated activated carbon column (ACT) test. The ACT Column Test is an accelerated laboratory-scale pilot test that can simulate one year of operation in a few weeks by defining the dynamic conditions of the proposed design.

CHEMVIRON offers a service of CYCLESORB® mobile carbon filters that are pre-loaded with activated carbon. Mobile carbon filters can be promptly delivered and easily integrated into water treatment systems.

CHEMVIRON also offers a thermal reactivation recycling service. Once the activated carbon is saturated in the mobile carbon filter, it is replaced by a new one. The mobile carbon filter with the saturated activated carbon returns to CHEMVIRON's facility to be thermally reactivated at high temperatures. CHEMVIRON's reactivation process is unique and uses multiple destruction technologies, including thermal oxidation and gas washes. In this unique process, and due to a particular atmosphere and conditions, PFAS compounds are mineralized and removed, which has been demonstrated on a large scale.

Analyses of reactivated activated carbon, flue gases, or at the outlet of the individual process steps showed that PFAS concentrations were below the detection limits. In addition, a list of peer-reviewed academic articles supports these findings, and several independent, peer-reviewed research studies have confirmed these findings. This dedicated service meets the environmental need to minimize waste while reducing CO₂ emissions, thus legitimately accounting for the needs related to climate change. Thermal reactivation allows the spent activated carbon to return to a level of activity necessary for reuse in the application.

Keywords: Activated carbon, Reactivation, PFAS, Remediation, Purification, Destruction, mobile carbon filter, accelerated column test

Contacts:

Rachel.houssiere@kuraray.com (+32 478 700 888),

francesco.crescenti@kuraray.com (+39 33 38 86 73 88).

Direct spectrofluorimetric method for analysis of phenothrin and permethrin insecticides in Senegalese surface and groundwater

Thiaré Diène Diégane¹, Ndiaye Astou¹, Coly Atanasse¹ Giamarchi Philippe²

¹ *Laboratoire de Photochimie et d'Analyse (LPA), Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, BP 5005, Dakar, Sénégal,*
² *Laboratoire OPTIMAG, Université de Bretagne Occidentale (UBO), 6 Av. Victor Le Gorgeu, 29285 Brest Cedex, France*

Abstract

The use of pesticides largely contributes to the increase in agricultural yields and constitutes a means of combating undernourishment in developing countries which are experiencing strong population growth. However, the use of pesticides is not without drawbacks as their toxicity causes huge health problems. In Senegal, pesticides are widely used in the peri-urban agricultural zone of Niayes. In order to prevent these risks, it is necessary to develop rapid and reliable sensitive analysis methods, perfectly adapted to the detection of pesticide residues in environmental matrices (water, soil). It is with this aim that we undertook a study of insecticides, phenothrin (PHE) and permethrin (PER), used in the agricultural zone of Niayes in Senegal by direct fluorescence.

The analytical parameters, including wavelength excitation and emission, pH, and solvent, were optimized. Both pesticides exhibit two excitation bands and one emission band. The first excitation band is between 215 and 221 nm for PHE and 210 and 223 nm for PER, while the second excitation band is at 273 nm in all solvents. However, one emission band was observed at 300-321 nm for PHE and 300 nm for PER. The optimal percentage of MeOH in a water-methanol mixture is 10/90 v/v for PER and 80/20 v/v for PHE. Optimal pH conditions were considered at pH = 7 for PHE and pH = 8 for PER.

For both pesticides, the fluorescence signal is lowest in MeOH, but increases by a factor of 4.7 in water (pH = 8) for PER and 2.0 in the H₂O-MeOH (80/20) for PHE. Calibration curves ranging from 0.04-6 µg mL⁻¹ were established and their linearity was evaluated by calculating the variance analysis. The regression variance was greater than the residual variance (p-

value ≤ 5), indicating a significant regression. Moreover, the lack of fit variance was not significantly greater than the pure error variance (p-value $> 5\%$), thereby validating the linear model. A Student's t-test indicated that the intercept of the calibration curves was not significantly different from zero (p-values $>5\%$). The repeatability and reproducibility of the measurements were satisfactory, as indicated by the low daily precision (0.7 to 1.6%) and the intraday precision values below 4%. The limit of detection was found to be between 0.9 and 14.30 ng mL⁻¹, while the limit of quantification was between 2.96 and 47.20 ng mL⁻¹. The recovery results for the determination of the two pesticides in spiked natural waters were satisfactory, ranging from 95.4-109.5%. The interfering effects of foreign species that may be present in natural waters were studied to test the selectivity of the analytical method. This work has enabled us to establish a practical and reproducible method that allows us to contribute to the safe use of pyrethroid insecticides in the environment.

Keywords: Pesticides; insecticides; direct fluorescence; surface and groundwater.

*Contacts: thiaredienediegane@yahoo.fr (+221 77 5705016),
maguidadou@yahoo.fr, atanasse.coly@ucad.edu.sn,
philippe.giamarchi@univ.brest.fr.*

Controlling risks during industrial construction works through sustainable and data-driven groundwater management using real-time monitoring of groundwater flows

Marjan Joris, iFLUX; Steven Van den Bussche, Arcadis; Karen Van Geert, Arcadis; Timothy De Kleyn, iFLUX

On an industrial construction site, Arcadis has set up an extensive measurement and follow-up tool to monitor permit requirements. iFLUX has set up a groundwater monitoring network on behalf of and in collaboration with Arcadis to monitor groundwater levels, flow and dynamics as a result of dewatering works in the nearby groundwater-dependent nature and settlement-sensitive buildings and to prevent the contaminants present in soil and groundwater from spreading as a result of groundwater extraction during construction works. By providing the measuring network with telemetry, the presence of employees at the locations is limited. The measuring network also makes it possible to easily monitor the situation at high frequency and during the entire period of the works and even afterwards. The requested frequency for carrying out the measurements and transmitting the data partly determined the choice of sensors and telemetry from the measuring network. In addition to 56 level sensors and 5 CTD sensors, 5 innovative iFLUX flows have been installed, spread over 4 sub-locations. With the telemetric groundwater monitoring network, we remotely monitor the quality, groundwater levels, groundwater flow velocity and direction at the construction work and on the surrounding areas. The use of iFLUX flow sensors is unique for monitoring changes in groundwater flow (velocity & direction) at critical locations such as separation between groundwater of different quality (contamination contours) and on the flow paths between extraction and groundwater-sensitive infrastructure and -nature. Arcadis weekly evaluates the data from the groundwater monitoring network together with other data (precipitation data, extraction rates, etc.) and available information (permitted flow rates, other permit conditions, contamination contours, etc.) and communicates the findings, changes and deviations with the customer and operators of the surrounding areas.

The real-time continuous and accurate data flow allows the influence of groundwater-related activities, events and to detect trends. The data

platform and Power BI allow you to quickly make observations, draw conclusions and communicate these easily and clearly with the various parties. During the presentations, insight will be given into the design of the follow-up tool and the groundwater monitoring network and some remarkable findings and unexpected developments during the works will be highlighted. We show how iFLUX flow sensors and combining different types of sensors provide new insights and allow you to more quickly determine the cause of changing circumstances, as well as take appropriate measures and monitor the results of the measures and adjust them if necessary. With the help of the measurement and follow-up tool, Arcadis relieves the customer of his worries. It facilitates communication with the various stakeholders and, thanks to real on-site data with high accuracy and resolution, a good insight is gained into the impact of groundwater-related works, both on the site of the structures themselves and on nearby sites. This means that the risks of the works are under control and there is smooth cooperation with the parties involved.

Keywords : controlling risks, real-time monitoring, groundwater flows, flux, data-driven groundwater management

Contacts : marjan@iflux.be (+32 (0)498902742);
steven.vandenbussche@arcadis.com ; Karen.vanGeert@arcadis.com ;
timothy@iflux.be

Use of smart wells in the execution of DPE and P&T remediation pilot tests

¹Pedro Rosado, ²André Souza, ³André Pozzetti, ⁴Majhal Pinheiro

¹ CETREL, ²CETREL, ³CETREL, ⁴CETREL

INTRODUCTION AND OBJECTIVES

The execution of pilot tests is extremely important for assessing the applicability of remediation techniques, defining design and operational parameters for the full scale system. Furthermore, it enables the collection of information that can improve the understanding of the area's conceptual model

In this regard, the frequency, quality, and reliability of data collection become fundamental points for planning a pilot test. Based on this, the use of IoT (Internet of Things) sensors in pilot tests transforms simple observation wells into "smart wells" that collect data in high resolution.

Smart Wells enable the collection of various data such as negative pressure variation, VOC vapors, physicochemical parameters of groundwater, and hydraulic head variation. Such data is autonomously collected 24 hours a day and transmitted via the internet to a platform that allows real-time monitoring of the collected data, enabling just-in-time adjustments.

Within this context, this study aims to gather data using IoT sensors in a pilot test of pump-and-treat (P&T) remediation and dual-phase extraction (DPE) processes, both at two different depths (4m and 8m). Additionally, it aims to evaluate the applicability of these two distinct techniques for the study area and define the capture zone for pumping and soil vapor extraction.

METHODOLOGY

In this case study, Smart Wells were installed in observation wells to monitor pilot tests of Pump and Treat (P&T) and Dual Phase Extraction (DPE) techniques. A total of 10 wells were used for monitoring, at different depths, to observe hydraulic head variation and negative pressure.

The P&T and DPE pilots were conducted in 4 stages with two different pumping depths (4m and 8m). The first stage involved pumping at 4m depth (P&T), and in the second stage, vacuum application was initiated concurrently with pumping at 4m depth (DPE). The third and fourth stages followed a similar process, but with pumping at 8m depth. During the pilot

execution, all data acquisition was performed remotely and directed to a database where it was processed to define the study parameters.

RESULTS AND DISCUSSION

The use of Smart Wells in these tests allowed for the collection of a large amount of data reliably and with low operational costs, as the number of site visits to monitor the test was reduced.

The vast amount of collected data assisted in understanding the interrelation of hydraulic head at different depth levels, accurately identifying trends and changes in negative pressure in the installed zone, and water level variation in the saturated zone with and without vapor extraction.

CONCLUSIONS

In summary, the test quality substantially improved with reduced field team time, which was converted into time for better result interpretation.

The high volume of data helped validate influence radius and led to a better understanding of hydraulic conductivity variation with depth when pumping and soil vapor extraction (vacuum application) were applied.

Keywords: Pilot Test, Smart Wells, Pump and Treat, Dual Phase Extraction, Remediation

Contacts: pedrorosado@cetrel.com.br (+55 11 95309 9320), andresouza@cetrel.com.br, andrepozzetti@cetrel.com.br, majhalpinheiro@cetrel.com.br.

Mobilization of PFAS from Heterogeneous Soils: Desorption By Alcohol/Bio-Polymer Mixture

Ali Batikh^{1,2,3}, Stéfan Colombano¹, Maxime Cochenec¹, Dorian Davarzani¹, Arnault Perrault³, Julie Lions¹, Julien Grandclément³, Dominique Guyonnet¹, Anne Togola¹, Clément Zornig¹, Nicolas Devau¹, Fabien Lion¹, Amir Alamooti¹, Sébastien Bristeau¹, Mohamed Djemil¹, Eric D. van Hullebusch²*

¹BRGM (French Geological Survey), 3 Avenue Claude Guillemin, Orléans, 45100, France

²Université Paris Cité, Institut de physique du globe de Paris, CNRS, F-75005 Paris, France

³COLAS Environnement, 91, rue de la Follieuse, 01700 Miribel, France

Abstract

Remediating soils contaminated with per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) is a challenging task due to the unique properties of these compounds. In-situ soil flushing using solvents has been considered as a remediation technique for PFAS-contaminated soils. The use of non-Newtonian fluids, which exhibit variable viscosity depending on applied shear rate, may offer advantages by improving the efficiency of the process, especially in heterogeneous porous media. In this study, the effectiveness of an alcohol/bio-polymer (AP) mixture in recovering a mixture of PFAS from soil was tested at the laboratory scale. The non-Newtonian behavior of the AP mixture was examined through rheological measurements, confirming that the addition of alcohol did not alter the non-Newtonian behavior of the polymer. Batch desorption with alcohol showed PFAS recovery rates of over 95%, increasing to over 98% with the addition of the biopolymer. 1D-column experiments revealed breakthrough exceedances of PFAS during alcohol and AP mixture injections, attributed to over-solubilization. The AP blend enabled recovery of more than 95% of PFAS.

Keywords: *Poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS), Non-Newtonian fluids (NNF), Desorption, Alcohol, Heterogeneity of porous media*

Contacts:

- *Speaker: **Ali Batikh:** a.batikh@brqm.fr / ali.batikh@cer.colas.fr
(+33 7 66651405)*
- *Authors: s.colombano@brqm.fr ; m.cochennec@brqm.fr ;
d.davarzani@brqm.fr ; Arnault.perrault@cer.colas.fr ; j.lions@brqm.fr ;
Julien.grandclement@cer.colas.fr ; d.guyonnet@brqm.fr ;
a.togola@brqm.fr ; c.zornig@brqm.fr ; n.devau@brqm.fr ;
f.lion@brqm.fr ; a.alamooti@brqm.fr ; s.bristeau@brqm.fr ;
m.djemil@brqm.fr ; vanhullebusch@jppp.fr*

Comparative Analysis of Lignin Peroxidase and Laccase Activities in the Presence of Graphene-Related Nanomaterials

Humberto Castillo-González¹, Fabio Candotto-Carniel¹, Mario Mardirossian¹, Mauro Tretiach¹

¹ Department of Life Sciences, University of Trieste, Trieste, Italy.

Abstract

Lignin peroxidase (LiP) and laccase are key enzymes in lignin breakdown, showing significant promise for various industrial applications due to their ability to degrade complex molecules. Our research investigated the influence of graphene-related nanomaterials (GRMs) on the activity of LiP compared to laccase—an exploration crucial for understanding their role in degrading 2D nanomaterials such as graphene oxide (GO), few-layer graphene (FLG), and reduced graphene oxide (rGO). It was previously determined that *P. chrysosporium* can initiate the biodegradation of GRMs; however, an unexpected inhibition of LiP was observed, while laccase remained active and exhibited signs of GRM interaction, prompting further investigation into the involved mechanisms and interactions. Experimental assessments at varying GRMs concentrations (12.5, 25, and 50 µg/mL) revealed that laccase activity was not affected, whereas LiP showed a significant decrease in product formation, particularly GO at the highest concentration. A sequestration study using a BCA Protein Assay Kit validated these effects, highlighting substantial interactions, especially with GO at 50 µg/mL. These findings prompt a comprehensive exploration of the inhibition dynamics of LiP, uncovering the intricate relationship between GRMs and the enzyme's catalytic processes. The study sheds light on the complex interplay between GRMs and lignin-degrading enzymes, providing insights into their roles and considerations for the sustainable management of these materials in environmental contexts.

Keywords: Biodegradation, Enzyme Inhibition, Few Layers Graphene, Graphene Oxide.

Contacts: humberto.castillogonzalez@units.it (+506 6160 4801), fcandotto@units.it, mmardirossian@units.it, tretiach@units.it

Development of a Qgis toolbox for the assessment of emissions of volatile organic compounds (VOCs) from the subsoil

Marco Pitardi¹, Sofia Costanzini¹, Nicolò Tonolo², Alessandra Cecconi², Sergio Teggi¹, Iason Verginelli², Simona Berardi³

¹ *University of Modena e Reggio Emilia, Via Università 4, 41125 Modena, 059 2056203*

² *University of Rome 'Tor Vergata', Via del Politecnico 1, 00133 Roma, 0672597033*

³ *INAIL, Department of Technological Innovations and Safety of Plants, Anthropic Products and Settlements, Via Ferruzzi 30/40 00143 Roma*

Abstract

Understanding the migration of Volatile Organic Compounds (VOCs) in polluted areas and the consequent emissions from the subsurface is crucial to evaluate impacts on indoor and outdoor air quality. For commercial or industrial contaminated areas, due to the high contaminant concentrations that may be present in the soil, it is necessary to monitor and assess workers' exposure to VOCs to mitigate risks and comply with worker safety guidelines of Italian Legislative Decree 81/2008.

The present work is part of an INAIL research project "Monitoring system of air concentrations and subsurface VOCs emissions at contaminated sites", in collaboration with the University of Modena and Reggio Emilia, the University of Rome "Tor Vergata" and ATS of Milan.

The main objective of this project is to develop and validate a continuous low-cost monitoring system for subsurface VOCs emissions and their concentration in the atmosphere. The VOCs monitoring system consists of automated flux chambers and devices for air concentrations, provided with low-cost Photoionization detector (PID) based sensors. The data collected from the system are transmitted to a remote server via a 4G/5G connection and are stored in a PostgreSQL database, accessible through the QGIS platform.

In this work, a Python-based model was developed to simulate soil VOCs emissions into the atmosphere, using soil and pollutant parameters stored in a pre-built database. The model simulates the presence of multiple VOCs in the subsurface, their linear distribution among separate phases, the possibility of reaching saturation conditions with the consequent formation of Light Non-Aqueous Phase Liquids (LNAPL), and the diffusive gas transport in a variable moisture soil profile. Using the software Qt Designer, the Python-based code was implemented into the QGIS platform, to create a fully functional toolbox that allows the model to be georeferenced. The toolbox interface enables users to input site-specific parameters, such as soil type, contaminants of interest, groundwater table level and source depth. The plugin has been designed with the objective of providing a tool to assist in the interpretation of monitoring data from on-site flux chambers. Moreover, the output concentrations from the toolbox can be used as an input for contaminants dispersion models in the atmosphere, like the Gaussian model known as CAREA (Teggi et al., 2018). This will facilitate the development of a unified model that can be employed to investigate the migration of contaminants in the subsurface, their emissions from the soil surface, and their dispersion in the atmosphere.

References:

Teggi, S., Costanzini, S., Ghermandi, G., Malagoli, C. and Vinceti, M. (2018). A GIS-based atmospheric dispersion model for pollutants emitted by complex source areas. Science of the total environment, 610, 175-190.

Keywords: Air Quality, Volatile Organic Compounds (VOC), Geographic Informative Systems (GIS), Risk.

Contacts: marco.pitardi@unimore.it (+39 3207632898),
sofia.costantini@unimore.it, nic.tonolo@gmail.com,
cecconi@ing.uniroma2.it, sergio.teggi@unimore.it,
verginelli@ing.uniroma2.it, s.berardi@inail.it.

Application of bacterial remediation products in an oil-water interceptor at a motorway depot in the UK

Bastian Saputra¹, Cecilia MacLeod²

^{1,2} Advanced Bacterial Sciences (ABS), Lancaster, UK

Abstract

Oil-Water Interceptors (OWIs) separate hydrocarbons from oil spills, vehicle runoff, or washing areas at motorway depots, preventing them from polluting sewer systems and natural water bodies. Regular maintenance of OWIs is necessary to ensure that the discharged water meets the Environmental Quality Standards (EQS) specified by the Environment Agency or the Discharge Consents of the water provider. Typically, OWIs are emptied using suction into a truck, which then transported for disposal as hazardous waste. This process is both costly and time-consuming, and it also increases the carbon footprint due to the fuel required for transportation. Unfortunately, the sludge in the 3rd stage of the interceptor is not always removed, it builds up and hydrocarbons repartition into the water phase are discharged into the environment.

ABS carried out a field application of our bacterial remediation product, Carbonzap, to break down the hydrocarbon sludge inside the OWI at a Motorway Depot in Bolton, England. The objectives of this project were to evaluate the product's effectiveness in treating hydrocarbons within the OWI, to observe its impact on microbial communities, and to assess the potential risk of residual hydrocarbons and heavy metals to receiving waters after product application.

After six weeks of dosing, the bacterial product was found to effectively degrade hydrocarbons in the OWI, as evidenced by a 60% reduction in sludge level and an 81.43% reduction in Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs). This decrease in TPHs led to a lower concentration of hydrocarbons being discharged into the receiving water. The application of the product did not result in the release of heavy metals into the OWI or the receiving water. Metagenomic analysis revealed that the product application caused Firmicutes to become the dominant microbial phylum in the OWI, which is beneficial due to its role in improving hydrocarbon biodegradation.

Additionally, the product application did not significantly alter the microbial communities in the receiving water.

ABS has demonstrated that the product can effectively digest interceptor sludge in-situ with minimal environmental risk. Incorporating this product into the OWI maintenance program can significantly reduce the frequency of sludge transportation and disposal, potentially lowering maintenance costs. Additionally, the product could be effectively utilised for tank decommissioning, spill cleanup, and soil remediation.

Keywords: Oil-Water Interceptors (OWIs), hydrocarbons, bacterial remediation product

Contacts: Bastian Saputra (Bastian.Saputra@abs.eco, phone: +44 7470559524) (1st author), Cecilia MacLeod (Cecilia.MacLeod@abs.eco)

Fungal-assisted bioremediation for the treatment of TPH contaminated soil - a case study

*Ilaria Chicca*¹, *Maxime Dessily*¹, *Johan Deroover*², *Caroline Zaoui*¹

¹NOVOBIOM, avenue Jean Monnet 1, 1348, Louvain-la-Neuve, Belgium

²SARPI Remediation, Westvaardijk 97, 1850 Grimbergen, Belgium

Fungal-assisted bioremediation shows significant potential for the restoration of TPH-contaminated soils, offering advantages over classical bioremediation due to fungi's adaptability to harsh environments and ability to degrade heavy TPH fractions. Typical bioremediation operations require careful laboratory-scale design to select appropriate fungal strains, optimize configurations, and balance of nutrients, followed by a well-planned scalability strategy. This study presents a case where comparable fungal-assisted bioremediation modalities were performed at both lab and multimeter scales (2*75t) on TPH-contaminated soil.

Fungal biostimulation and bioaugmentation modalities were implemented in aerated soil columns equipped with a proprietary monitoring system for the real-time recording of temperature, water content, CO₂ and electrical conductivity. For each modality, soil was adjusted to 3 distinct values of carbon/nitrogen ratio (10, 15, 20); two species of white rot fungi (SP1 and SP2) were chosen for the bioaugmentation modalities. Fungal strains and bulking agents were applied at 5% w/w. TPH starting concentration in soil was 3100 ppm.

In parallel, two 75-ton biopiles were constructed at a soil treatment center. Two distinct modalities were implemented: a static biopile equipped with an air injection system (TPH starting concentration: 5415 ppm), and a dynamic biopile (biweekly mechanical mixing, TPH starting concentration: 4383 ppm). Both biopiles were bioaugmented with the fungal strain SP2, and amended to meet typical bioremediation conditions, with a carbon/nitrogen ratio of 10.

Lab scale results showed that modalities with a C/N ratio originally set at 20 could yield the highest TPH depletion rate, achieving after 8 months 65% and 62.5% TPH depletion for biostimulation and bioaugmentation, respectively. Comparatively, fungal bioaugmentation and biostimulation modalities originally set at a C/N 10 displayed a 21% and 28% TPH depletion rate, respectively, while a typical bacterial biostimulation modality yielded 43%. Moreover, fungal biostimulation and bioaugmentation modalities with an original C/N ratio of 20 achieved a higher depletion rate for the

heaviest TPH fractions (63%), compared to the other modalities. Overall, the most successful lab fungal modalities could bring soil TPH content close to the remediation threshold target of 1000 ppm. Concomitantly, a 46% TPH abatement could be observed in the large scale bioaugmented static biopile (C/N 10) after 8 months (final TPH content: 2890 ppm).

These findings point at the need to reconsider the use of typical C/N ratio in bioremediation, especially when fungal biostimulation and bioaugmentation strategies are envisioned for the treatment of TPH contaminated soil. Further investigation is currently ongoing, combining both experimental testing and in silico reconstructions of SP2 and the soil microbiota metabolic networks to simulate and predict key success factors and blocking points towards TPH remediation targets.

Keywords:

biotreatability, TPH, fungal bioremediation

Contacts:

caroline.zaoui@novobiom.com (+32485983861)

ilaria@novobiom.com (+393348623694)

maxime.dessily@novobiom.com

johan.deroover@veolia.com

Aiming at precision bioremediation: modeling TPH removal in soil via fungal bioaugmentation

*Ilaria Chicca*¹, *Maxime Dessily*¹, *Margit Heiske*², *Rémi Peyraud*², *Xin Zhang*¹, *Laurent Thannberger*³, *Caroline Zaoui*¹

¹NOVOBIOM, avenue Jean Monnet 1, 1348, Louvain-la-Neuve, Belgium

²iMEAN, 135 avenue de Ranguel, INSA Bâtiment 50, 31077 Toulouse Cedex 4, France

³VALGO, 72 Rue Aristide Briand, 76650 Petit Couronne, France

Bacterial bioremediation of TPH (total petroleum hydrocarbons) contaminated soil is limited by factors such as the bioavailability of the contaminants, which can be hindered by the complex and often hydrophobic nature of TPH compounds, making them difficult for bacteria to access and degrade. Environmental conditions such as pH, temperature, and oxygen levels must be carefully controlled to optimize bacterial activity, which can be challenging in diverse and fluctuating soil environments. Additionally, the indigenous microbial community may lack the necessary catabolic pathways to efficiently degrade all components of TPH, necessitating the introduction of specialized strains that may struggle to compete or survive in the native soil ecosystem. These challenges create significant uncertainty and risk of failure in large-scale bioremediation works, often leading to a preference for non-biological, energy-intensive solutions.

Soil microbial communities are commonly studied using tools like high-throughput sequencing (16S rRNA gene sequencing) for bacterial identification and quantification, metagenomics for comprehensive genomic insights, and quantitative PCR (qPCR) for precise measurements of specific microbial taxa or genes. However, these tools are mainly descriptive and often overlook soil fungal communities, lacking an integrated approach that combines the dynamic evolution of physical, chemical, and biological data during the process of bioremediation.

Here we propose a new soil biotreatability methodology which aims to provide a reliable, scalable and successful bioremediation output to de-risk the use of bioremediation solutions for the treatment of complex TPH contaminated soil matrices. This methodology consists of an *in silico* modeling approach that enables to simulate and predict the impact of soil bioaugmentation with an allochthonous TPH-degrading fungal strain on the evolution of soil TPH content. In short, the digital twin of a previously identified TPH-degrading fungal strain (SP1) has been reconstructed

through genome-scale mathematical representations of complex molecular networks of the living fungus and modeled in a TPH contaminated soil environment.

This methodology is presented here through a first use case where the model is being refined with experimental data of TPH soil bioremediation pilots at the cubic meter scale obtained in the scope of the LIFE MySOIL project.

Keywords: biotreatability, predictive bioremediation, TPH, fungal metabolism, digital twin

Contacts:

caroline.zaoui@novobiom.com (+32485983861)

ilaria@novobiom.com

maxime.dessily@novobiom.com

margit.heiske@imean.com

remi.peyraud@imean.com

xin@novobiom.com

laurent.thannberger@valgo.com

Enhanced remediation of Inapl-contaminated soil using polymer-alcohol emulsion

Bexultan Sabyrbay^{1, 2, 3}, Dorian Davarzani¹, Christophe Dicharry³, Sagyn Omirbekov⁴, Fabien Lion¹, Mélanie Lorthioy², Mohamed Krimissa², Stéfan Colombano¹

¹ BRGM (French Geological Survey), 3 Avenue Claude Guillemin, Orléans, 45100, France

² EDF R&D (Electricity of France), 6 Quai Watier, Chatou, 78400, France

³ CNRS/TOTALENERGIES/UNIV PAU & PAYS ADOUR, Pau, 64000, France

⁴ Nazarbayev University, Astana, 010000, Kazakhstan

Abstract

Background/Objectives. Environmental pollution, notably soil contamination, is one of the most urgent problems today. Light-refined petroleum products (gasoline, diesel, engine oil, etc.), representing light non-aqueous phase liquids (LNAPL), are among the most widely spread environmental pollutants. Injecting non-Newtonian fluids such as aqueous polymers presents a significant industrial application interest for in situ remediation of contaminated soil, especially for aquifers with significantly high permeability and strong heterogeneity. However, after flushing with the polymer solution, some LNAPL ganglia will remain trapped in pore space and cannot be mobilized anymore. In addition, there are some limitations on the use of high-viscosity fluids. For instance, injecting a high-viscosity polymer solution during soil remediation may increase the injection pressure and lead to injection difficulties or soil uplift. Consequently, developing eco-friendly, sufficiently viscous, and biodegradable fluid is highly in demand. Therefore, in this study, we show how the injection of polymer-surfactant-alcohol emulsion can improve the recovery of residual LNAPL (here, diesel fuel) in porous media.

Approach/Activities. In this study, we prepared a new formulation using biopolymer Xanthan Gum (XG), eco-friendly surfactant sodium dodecyl sulfate (SDS), and water-insoluble biodegradable alcohol “1-pentanol”. This mixture forms a stable emulsion in which the alcohol is dispersed in an aqueous solution. Batch experiments were conducted in small glass vials to test the mechanisms of alcohol partitioning in the presence of aqueous and diesel phases. To evaluate the emulsion’s performance, diesel recovery experiments were conducted using 30 cm long one-dimensional (1D) silica sand-pack columns. The 1D column experiments consider different fluid

injection methods, such as direct and post-injection. The concentration of diesel fuel in the effluent was measured using refractive index analysis. Furthermore, the effectiveness of the emulsion will be assessed using a Hele-Shaw cell (2D cell) to evaluate the diesel displacement mechanism at a pore scale.

Results/Lessons Learned. Batch experiment results demonstrated that water-insoluble 1-pentanol in the presence of aqueous and diesel phases promotes partitioning into the diesel phase. As a result, swelling of the diesel phase was noted, which is typical for the LNAPL mobilization mechanism. Moreover, a stable homogeneous emulsion was formed when 1-pentanol was mixed with the XG-SDS solution.

We further studied the direct injection of this newly developed emulsion for diesel removal in 1D column experiments. The results demonstrated that using the emulsion achieved high LNAPL recovery rates, reaching 100%. The primary displacement mechanism during emulsion injection is the 1-pentanol partitioning into the diesel phase, causing it to swell and mobilize simultaneously.

The remediation of diesel-contaminated porous media using post-conventional methods involved a sequential process of waterflooding followed by emulsion injection. The post-injection of the emulsion demonstrated high diesel recovery efficiency, reaching 100% and eliminating all residual diesel remaining after waterflooding.

In conclusion, injecting an emulsion that combines a viscous polymer solution and a swelling alcohol is an effective approach to enhance the recovery of residual diesel in heterogeneous porous media.

Keywords: LNAPL, emulsion, biopolymer, swelling alcohol, enhanced remediation

Contacts: b.sabyrbay@brgm.fr (+33 769909611), d.davarzani@brgm.fr, christophe.dicharry@univ-pau.fr, sagyn.omirbekov@nu.edu.kz, f.Lion@brgm.fr, melanie.lorthioy@edf.fr, mohamed.krimissa@edf.fr, s.colombano@brgm.fr

Surfactant foam injection for enhanced in-situ remediation of hydrocarbon polluted soil

Adil Baigadilov^{1,2,3}, Stéfan Colombano¹, Maxime Cochenne¹, Dorian Davarzani¹, Fabien Lion¹, Laurent Oxarango², Hugues Bodiguel³, Sagyn Omirbekov⁴

¹ BRGM (French Geological Survey), F-45060 Orléans, France; ² Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LRP, Grenoble 38000, France; ³ Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LRP, Grenoble 38000, France; ⁴ National Laboratory Astana, Nazarbayev University, Astana 010000, Kazakhstan

Abstract

Light Non-Aqueous Phase Liquids (LNAPLs) are immiscible organic liquids, with refined petroleum hydrocarbons (diesel, gasoline, motor oil) being a typical example. Hydrocarbons are among the most common sources of groundwater contamination. Their physico-chemical properties (e.g. high viscosity, low density) and the physical heterogeneity of soils pose challenges for conventional in-situ remediation technologies, such as pump-and-treat, with recovery yields rarely exceeding 60%. Therefore, there is a high interest in unconventional remediation methods like the injection of viscous shear-thinning fluids. Aqueous foam is one of these fluids. However, during its flow in porous media (i.e., soil) foam stability can be strongly deteriorated by LNAPL, impacting its sweeping efficiency. This concern is poorly examined in the context of environmental remediation. Thus, study objectives are: (i) to highlight the challenges associated with foam stability in the presence of LNAPL (e.g., diesel fuel), (ii) to develop the most promising foaming formulation, and (iii) to better understand foam flow in porous media in the presence and absence of LNAPL, in order to optimize injection strategies and remediation yields.

To accomplish the objectives of the study, two types of screening were performed: (i) Bulk foam screening: all foaming solutions were investigated for their foaming ability and stability, both in presence and absence of LNAPL, using Dynamic Foam Analyzer (DFA-100). This time- and cost-effective screening allowed us to test a significant number of foaming solutions by varying the components at different concentrations. (ii) Sandpack screening: the most promising formulations were evaluated for their Resistance Factors (RF) (i.e., the ability to strengthen the foam in the soil matrix) by injecting foam into a 1D column (L = 30 cm, ID = 4 cm) packed

with sand (0.4 - 2 mm) saturated with diesel. This method evaluated the LNAPL sweeping efficiency of each solution in porous medium by monitoring the pressure drop along the column and collecting the effluents. We also used a well-equipped 50 cm long 1D sandpack with additional ports for measuring local pressures and saturations. The presence of a glass window enabled us to visually identify the events occurring during foam flow at the pore scale.

Our results showed low stability and performance of widely used, biodegradable sodium dodecyl sulfate (SDS) in the presence of diesel. The half-life of the bulk SDS foam decreased 8 times, and RF decreased by 2.3 times in the soil. Environmentally friendly co-surfactant, cocamidopropyl hydroxysultaine (CAHS), improved the foam stability. In contrast to SDS, the mixture of SDS+CAHS (SC) showed a 7.5-fold increase in half-life for bulk foam and a 2.2-fold higher RF. The superior performance of the SC mixture was further confirmed by increased recovery yields of diesel. The SC mixture was selected for an in-depth analysis of the effect of injection velocities and fractional flows on foam using the well equipped column. The first set of experiments revealed the noticeable influence of injection conditions on the foam's texture (i.e., bubble size). Foam texture significantly impacts the sweeping efficiency through the apparent viscosity of the foam during its flow through the soil. These and other promising findings, which will be discussed at the conference, expand our knowledge of foam flow in porous media and contribute to the improvement of remediation strategies.

Keywords: (Hydrocarbon contamination, Soil remediation, Aqueous foam, Surfactant formulation, Foam stability)

Contacts: emma.bauer@gmail.com (+49 151 4968021), olivia.mertens@icloud.com, jeroen.dejong@outlook.com (All authors e-mail addresses are needed, phone number of speaker is appreciated for organizational reasons).

Adil Baigadilov (speaker) : a.baigadilov@brgm.fr, +33 658 97 34 78

Stéfan Colombano : s.colombano@brgm.fr

Maxime Cochenec : m.cochennec@brgm.fr

Dorian Davarzani : d.davarzani@brgm.fr

Fabien Lion : f.lion@brgm.fr

Laurent Oxarango : laurent.oxarango@univ-grenoble-alpes.fr

Hugues Bodiguel : hugues.bodiguel@univ-grenoble-alpes.fr

Sagyn Omirbekov : sagyn.omirbekov@nu.edu.kz

PFAS source zone stabilization: a zero-waste solution to a global problem

Marcello Carboni¹, Gareth Leonard²

^{1,2}REGENESIS

Abstract

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) contamination in soils and groundwater is a widespread issue, particularly associated with Aqueous Film Forming Foams (AFFF) used at fire training facilities. When discharged onto a permeable surface, PFAS will move downward through the soil column by dissolution into infiltrating precipitation (rainfall). PFAS will then bind to the soils through air-water interface accumulation and soil sorption. Due to the recalcitrance of PFAS to natural degradation, this can result in the long-term retention of significant reservoirs of contaminant mass in the soils under the discharge location.

Leaching of this sorbed contamination may result in PFAS discharge to groundwater, plume creation and risk to downgradient receptors. The mobility of the PFAS compounds, combined with the toxicity of longer chain compounds, means that these source areas can create and maintain widespread environmental risk long after the discharge event has occurred.

The risk to downgradient receptors from this contaminant mass can be removed by prevention of significant PFAS mass flux from soil and within groundwater. This can be achieved through the *in situ* application of a multi-format colloidal activated carbon technology (SourceStop™). The solid formulation comprises a solid composite aggregate material of colloidal activated carbon and powdered activated carbon. This can be applied by simple *in situ* mixing using an excavator or continual flight auger. The aggregate is designed to disintegrate easily upon mixing, releasing the colloidal activated carbon which improves distribution and coating of the impacted soils. The treatment results in stabilisation of the PFAS contamination bound to the soils in the vadose zone. This minimises the leachability of the PFAS contamination in the soils and prevents further discharge into the groundwater. The liquid formulation comprises 1-2µm colloidal activated carbon particles suspended in water that are injected into the capillary fringe and saturated zone within the source area. This coats the aquifer material with a thin layer of activated carbon, which

adsorbs and retards the transport of groundwater contamination, preventing further plume development. The result is enhanced attenuation of the contaminant plume, eliminating the risk to downgradient human or environmental receptors.

In situ treatment using this approach avoids the need for disposal of contamination or filtrate to landfill or for destruction, minimising wider potential exposure. By avoiding soil disposal or the use of long-term pumping equipment, the cost and carbon footprint of the remediation is minimised.

This presentation will explain the processes through which the source area can be treated and how they can be tailored to each site. Laboratory data will demonstrate sorption efficacy and leachability reduction. Onsite application approaches will be shown and discussed. This presentation will be of interest to practitioners, site operators and regulators interested in how to practically and safely manage PFAS contamination.

Keywords: (Up to 5 keywords)

PFAS, Source area, Colloidal Carbon, In situ, Stabilization

Contacts:

Marcello Carboni, mcarboni@regensis.com, +39 335 5867213

Gareth Leonard, gleonard@regensis.com, +44 (0) 7966 010 386

We Can't Stop Breathing – Why Assessing Vapor Intrusion is so Important

Laurie A. Chilcote, Craig A. Cox, CPG¹

Cox-Colvin & Associates, Inc., Plain City, OH

Soil vapor studies have been used by environmental professionals for more than four decades to locate sources of volatile organic compounds (VOCs) in the subsurface and to track the migration of contaminated groundwater. As the tools used to collect and assess soil vapor improved, it became apparent that these vapors were migrating into inhabited buildings through processes commonly referred to as vapor intrusion.

Vapor intrusion assessments have revealed that chemical vapors released from contaminated sites can affect a much wider area than previously thought, impacting the indoor air quality of nearby homes, businesses, or entire neighborhoods. Many times, these vapors have been found to migrate through preferential pathways such as sewer lines and utility corridors.

Vapor intrusion is insidious because some of the most dangerous (and common) VOCs associated with contaminated sites are not detectable by humans at concentrations that can lead to irreversible harm. The risks to human health and the environment associated with contaminated soil and groundwater can be easily mitigated by eliminating the direct contact pathway through land use restrictions (barriers, caps, and restrictive covenants) or alternative drinking water supplies. However, we all need to breathe the air within the indoor spaces we inhabit. Because of this, vapor intrusion mitigation must be completed one building at a time. You can't mitigate unless you investigate. You must investigate to protect human health.

Contatti: craig_cox@coxcolvin.com

Beyond Sustainable Business Models: Realistic Future for Enterprises

Asia Guerreschi^{1,2,3} and Roberto Mario De Stefano¹

¹*Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Economia e Management, Via Voltapaletto, 11 Ferrara 44121 (Italy)*

²*SEEDS, Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Economia e Management, Via Voltapaletto, 11 Ferrara 44121 (Italy)*

³*Climate Circular Coop, Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Economia e Management, Via Voltapaletto, 11 Ferrara 44121 (Italy)*

In a context dominated by strong societal challenges such as global climate change and increasing environmental degeneration, there is a tightening of sustainability standards on a global scale. Moreover, businesses are taking an increasingly central role in promoting ethical and sustainable work practices, with an attempt to mitigate the effects arising from climate change and uphold social and natural rights, so the imperative to re-evaluate traditional business models, untethered from a more purely economic logic, becomes evident.

The quest for sustainability within the realm of business models is a complex and multi-faceted endeavour, as highlighted by the authors' research question investigating how a business model can facilitate the application of sustainability measures in all its needs.

This inquiry forms the basis of the exploration into the potential of sustainable business models to forge a truthful future for enterprises, as encapsulated in the tentative title. Inspired by Guerreschi and Diaz Lopez (2023)'s work that proposed the readaptation of what it means to be a socially and environmentally sustainable circular cooperative (SECC), this paper delves into the critical need to discover and evaluate sustainable, alternative, non-mainstream business models, scrutinizing framework(s) that are most effective.

The fact that the definition of circular economy (CE), or the process of production and consumption in closed loop economy is yet to be agreed upon highlights that it is unclear what makes it sustainable. If we consider that regeneration is an underlying concept already included in CE, such as the image of waste becoming another new product (by product), regeneration is not only a concept that requires further research in CE but should support reimagining the mindsets behind efficiently sustainable enterprises.

In the specific context of CE, regeneration has multiple interpretations: "all systems, from agriculture onward, could be orchestrated regeneratively." This is shared by Webster (2013), for whom CE aims to "regenerate human, social, natural and economic capital." In this sense, Ghisellini et.al (2016) [8] point out that regeneration is "an improvement of the whole life and economic pattern compared to the previous business-as-usual economy and resource management." We wish to push this concept on a social and cultural level.

Overall, the premise that while sustainability (understood also via eco innovation, CE, and regeneration) is a noble and highly sought-after goal, its measurement presents significant challenges due to the complexities of navigating layered regulations (EU, regional, national) sets the stage for discussion. Additionally, we recognize that efforts have been made to ensure standardization and efficient reporting of sustainable actions by companies, but these may have lost credibility when considering incidents such as higher environmental, social, governance (ESG) scores provided in exchange for high fees, certifications based on self-assessments that have unclear audit systems or none at all, or consulting firms whose model revolves around providing standardization measures that, because they are not internationally or nationally agreed upon, may not always work. We should also consider that consumer confidence indicator has lowered (Figure 1) therefore potentially influencing or reducing margin of choice for purchase. Theoretically, it could be assumed that those who still have purchase power, may spend to purchase less than they used to, able to pick more expensive but sustainable products, while also choosing otherwise. On the contrary, those who are now less able to acquire purchase power may choose to purchase less and what is available, which at times may result less sustainable.

A 2021 survey in Italy highlighted that in the case of biological and circular products, certification can serve as a tangible indicator to consumers of the genuine sustainability of these products. Additionally, the greater price sensitivity of conventional products indicates that even modest price hikes could notably sway consumer preference towards more sustainable options. However, in this latter a social component is mentioned as crucial. Therefore, it is not about what the enterprise tells the consumer but the consumers' surrounding community. However, it is important that companies adequately communicate truthful and clear information. In fact, another survey always in Italy highlighted that if consumers could purchase were willing to pay less for a used t-shirt, a pillar of the circular economy process (e.g., buying second-hand) they were less willing to purchase at all highlighting that a perception of "used" affected their willing to pay for an

item, regardless of cost (Colasante and D'Adamo, 2021) also true in another study outside of Italy.

Furthermore, the development of sustainable business model archetypes offers a tangible framework for businesses to reimagine their strategies through a sustainability lens. These archetypes serve as a blueprint for innovation, guiding enterprises in the creation of products and services that minimize environmental impact while maximizing social and economic benefits. By adopting such models, businesses can lead the way in demonstrating how commercial success and sustainability are not mutually exclusive but mutually reinforcing goals. This strategic approach to innovation positions sustainability as a central driver of business value, challenging companies to rethink their purpose and operations in the context of a broader societal and environmental mission.

It is hypothesized that a truthful business model finds a compromise between the challenges of transitioning and becoming a sustainable enterprise that is ambitious, but realistic with the challenges at hand to avoid using fraudulent measures, such as money-making ESG scoring systems or weak certification providers. The latter and former must be audited because their aim is not to support enterprises in communicating and validating their sustainability measures, but as watchdogs, where their existence was born to guarantee, not to act as a shopping incentive. Overall, it is about being able to provide a more honest and alternative way of communicate environmental achievements that provides a cultural and entrepreneurial regeneration where transparency is key rather than greenwashing, which overall does not achieve results. Therefore, while we keep aiming to use slogans, ever changing environmental indicators, labels to guarantee the sustainability of products or services, these actions are rendered null. It is necessary to modify our purchase culture adapting the corporate communication, reduce greenwashing, and increase honesty about the challenges of this ecological transition since actions such as greenwashing will only slow down the process.

Contatti: grrsai@unife.it

Enhancing Sustainable Growth through Energy Management in the Municipality of Quezon, Bukidnon, Philippines

Engr. John Michael

¹Pambansang Samahan ng Inhinyero Mekanikal;²Association of Plumbing Engineers in the Philippines;³Pollution Control Association of the Philippine;⁴Philippine Institute of Industrial Engineers; ⁵Philippine Project Managers Association ⁶Philippine Institute of Environmental Planners

The Municipality of Quezon, situated in Bukidnon, Philippines, has experienced remarkable economic growth over the past decade. This thriving municipality, comprised of 31 barangays and home to roughly 90,000 individuals, has substantially expanded its public infrastructure and workforce. The influx of offices and the employment of additional personnel have played pivotal roles in fostering this growth. However, this unprecedented development has raised a critical concern—the escalating energy demand.

The burgeoning number of government offices and the associated increase in their operations have led to a rapid surge in energy consumption within the municipality. If left unmanaged, this unbridled energy consumption could significantly burden the local government's budget, hindering its capacity to allocate resources for the welfare and advancement of the community.

Recognizing the imperative of addressing this issue, as a Mechanical Engineer as well as an Urban and Environmental Planner, in collaboration with the Municipality of Quezon, is embarking on an extensive audit and assessment of the municipality's energy consumption and demand. This comprehensive audit explores the intricate energy patterns and behaviors underlying the municipality's infrastructure and operations.

The primary objective of the case study is to comprehensively evaluate energy consumption and demand across various sectors within the municipality by meticulously examining energy usage patterns, identifying areas where efficiency can be enhanced, and quantifying the potential for energy conservation.

Moreover, this audit will extend its focus to individual infrastructure units within the municipality. A comprehensive report highlighting areas where

energy-saving measures can be implemented will be created by collecting and analyzing data related to energy consumption in specific government buildings and facilities.

The case study endeavor aligns with the overarching goal of fostering sustainable growth in the Municipality of Quezon. By managing energy consumption, the local government can reduce costs and contribute to environmental sustainability. Furthermore, the findings from this audit will serve as a foundation for developing informed policies and strategies that promote responsible energy usage, ultimately benefiting the municipality and its residents.

Quezon Municipality in Bukidnon has undergone a decade of remarkable economic growth, characterized by an infrastructure expansion, a surge in government offices, and an increasing population of approximately 90,000 residents across 31 barangays. This progress, however, has resulted in a significant and rapid rise in energy consumption, primarily due to the increase in the number of government offices and the hiring of additional personnel. If left unmanaged, this unchecked energy usage poses a severe fiscal threat to the local government, straining budgets earmarked for community welfare.

To address this pressing issue, I as a Mechanical Engineer and an Urban and Environmental Planner, in partnership with Quezon Municipality, am proposing to launch a comprehensive energy audit and assessment.

First, an energy audit is a systematic and practical approach to understanding energy consumption patterns and behaviors. By scrutinizing energy utilization across sectors and infrastructure units, inefficiencies and conservation opportunities will be identified.

Second, the data gathered during the audit will serve as the cornerstone for constructing accurate energy models that depict the municipality's energy landscape. These models will facilitate evidence-based policy and strategy formulation to counter the escalating energy consumption and demand.

This endeavor aligns harmoniously with Quezon's overarching objective of promoting sustainable growth. Efficiently managing energy consumption and expenditure is integral to responsible governance. The municipality can reduce costs and contribute to environmental sustainability by implementing policies grounded in audit findings.

Furthermore, data visualization will be instrumental in this research. Presenting information in an accessible format will ensure transparency and enable engagement by a broad range of stakeholders.

The primary objective of the case study is to comprehensively evaluate energy consumption and demand across various sectors within the

municipality by examining energy usage patterns, identifying areas where efficiency can be enhanced, and quantifying the potential for energy conservation. Specifically, the case study aims to accomplish the following:

- 1.To analyze and document the existing energy consumption patterns and behaviors across various sectors and government infrastructure units within Quezon,
- 2.To identify specific inefficiencies in energy utilization,
- 3.To quantify the current and projected energy demand of the Municipality,
- 4.To create energy models that provide a detailed representation of the municipality's energy landscape.

Keywords: Energy Audit, Sustainable Development, Energy Conservation, Environmental Planning, Energy Utilization, Energy Landscape, Environmental Sustainability, Sustainable Growth, Energy Management

Study of e-DNA and soil biodiversity through microbiome: from water reuse to food

*Federica Cattapan*¹

¹*Mérieux NutriSciences Italia*

Water scarcity is projected to increase with the rise of global temperatures as a result of climate change: one of the possible answers for agriculture is water reuse for irrigation purposes.

However, water is increasingly polluted by pesticides, drug residues, chemicals that are persistent and difficult to treat. How will the soil system will respond? Is this practice sustainable?

Environmental DNA is the genetic material released by organisms in the environment. By studying how it varies in the soil, we can learn about the biodiversity of its microbiome and thus understand how the reuse of wastewater can influence, for example, the agricultural food production system. In the soil microbiome, microbes have developed the ability to resist antibiotics and other drugs. This phenomenon is favored by human activity and can be transmitted to the soil and the food chain. With obvious health consequences.

Using metagenomics it is possible to discover how the genetic characteristics of microbes interact with the environment, transport nutrients, help plants grow, and also changes when in contact with irrigation water.

Interesting case studies can refer to agricultural crops or aquaculture for food purposes, the use of compostable mulching films, soil bio-remediation techniques.

She heads the NGS Centre of Excellence at Mérieux NutriSciences Italia, where she is focused on the improvement and development of new technologies in DNA analysis in several areas: from Food Microbiology to the development of molecular biology analyses for GMOs and species identification, in Vitro, in vitro and in vivo Ecotoxicology and viral inactivation studies.

She participated in the international conference “Microbiomes, Biodiversity, and their Impacts on Global and One Health: Engaging microbiomes to address the Global and One Health challenges linked to biodiversity, food security, nutrition, animal and human health.” October 2023, Annecy, France. She is part of the working group together with the

University of South Florida Micorbiomes Institute, Principality of Monaco (Scientific Center of Monaco and Fondation Prince Albert II), Fondation Mérieux, and Global Virus Network.

Keywords: e-DNA, Microbiome, Biodiversity, Metagenomics

Contatti: francesca.faraon@mxns.com, federica.cattapan@mxns.com, paola.verza@mxns.com

Thermal Conduction Heating Case Studies: Reducing Heat Losses, Groundwater Management, and Lessons Learned

Clayton Campbell¹

¹McMillan-McGee Corporation, Calgary, Alberta, Canada

Background/Objectives. This paper explores the practical applications of thermal conduction heating in both high and low-temperature regimes for in-situ and ex-situ remediation processes. The primary objectives are to provide an analysis of recent case studies to glean valuable lessons learned in the field. Specifically, the paper delves into strategies for managing groundwater influx and other thermal management techniques, emphasizing the importance of understanding site-specific conditions.

Approach/Activities. The study adopts a multifaceted approach, encompassing an in-depth review of high-temperature and low-temperature thermal conduction heating projects through case studies. These real-world examples offer insights into the application of thermal conduction heating, the challenges faced, and the strategies employed. The paper looks into some of the common challenges faced, such as: variability in soil properties, groundwater influx, buried utilities and infrastructure, energy consumption and costs, monitoring and control, to name a few. Furthermore, the paper discusses various techniques for managing groundwater influx, such as sheet pile walls, insulated covers, and groundwater pumping.

Results/Lessons Learned. The analysis of high and low-temperature thermal conduction heating case studies reveals lessons learned in terms of achieving successful remediation while minimizing environmental impacts and project costs. The paper underscores the importance of proactive groundwater management in ensuring project efficiency and minimizing risks. It highlights the effectiveness of thermal management techniques, such as sheet pile walls, insulated covers, and groundwater pumping, in optimizing the remediation process. Lastly, the paper emphasizes that a comprehensive understanding of site-specific conditions, including the presence of buried utilities, infrastructure, and water ingress routes, is pivotal for the successful implementation of thermal conduction heating for in-situ and ex-situ remediation projects.

Keywords: TCH, heat loss, groundwater

Contact: ccampbell@mcmillan-mcgee.com

Environmental lessons learned from an oil spill

Oscar Gómez¹

¹ *Tema Litoclean SAC2*

The clean-up plan (rehabilitation plan as called by Peruvian administration) is an Environmental Management tool aimed at recovering structural and functional elements or altered functions of the ecosystem. The first step corresponds to the design of the initial conceptual model:

- ✓ Time of the event occurrence
- ✓ medium-light crude oil (28 °API)
- ✓ weathering processes
- ✓ First response actions were implemented (based on SCAT)
- ✓ Intense marine-coastal dynamics
- ✓ Oceanic and climatological phenomena
- ✓ Anthropically intervened ecosystem
- ✓ Sediments and seawater as the environmental matrix affected
- ✓ Contaminants of interest: F2/F3 hydrocarbon, TPH and PAHs
- ✓ Human receptors: artisanal fishermen, tourists, and the local population.
- ✓ Ecological receptors: marine and terrestrial fauna and flora
- ✓ The concentrations of contaminants associated with the spilled crude oil tend to decrease over time.

The detailed conceptual model confirms the decrease in the concentrations of contaminants of interest in the environmental matrices evaluated, in some cases, even below the limit of quantification. On the other hand, the dynamics of the marine- coastal system and the activation of crude oil degradation processes (weathering), and the geographical spatialization of the characterization results, allow us to infer that there are no areas that are identified as contaminated, using for this analysis, national or international EQS, applied worldwide in this type of studies. A technical analysis of the results leads to proposing the Environmental Surveillance Plan as the environmentally best practice. However, prior to this, as an additional support for this decision, a Net Environmental Benefit Analysis (NEBA). The result of the analysis indicates a positive balance to the proposal of non-intervention of the ecosystem, since the impact of any intervention would be much greater than allowing the continuity of the degradation processes of the remaining crude oil or contaminants, better known as natural attenuation. In accordance with this NEBA analysis and

with the results of the environmental characterization and the ERSA, and the detailed conceptual model, the Environmental Monitoring Plan is proposed. The objective of this Plan is to corroborate, for a period of two (2) years, that the premises and conclusions established in the detailed conceptual model are met and that the structural elements of the ecosystem have been recovered, thanks to the concurrence of different processes, in particular, natural attenuation. The proposed Environmental Surveillance Plan includes:

- Environmental Patrol
- Natural attenuation evaluation
- Environmental and ecotoxicological monitoring
- Aerial assessment

Keywords: Natural attenuation, weathering, characterization, NEBA, EQS

Contacts: ogomez@tema.com.pe (+51 941 471035)

Submarine cables in the energy transition: Ispra's role focusing on the marine environmental protection

Ornella Nonnis, Tiziano Bacci, Daniela Berto, Rossella di Mento, Malgorzata Formalewicz, Claudia Gion, Alessia Izzi, Paola La Valle, Loretta Lattanzi, Pasquale Lanera, Barbara La Porta, Cristian Mugnai, Seta Noventa, Daniela Paganelli, Maria Elena Piccione, Federico Rampazzo, Claudia Sebbio, Monica Targusi, Elena Romano

*Italian Institute for Environmental Protection and Research - ISPRA
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 - Rome*

Abstract

All continents are interconnected and interdependent thanks to a complex network of linear infrastructure that crosses the seabed to transport fossil fuels, electricity and communications.

The interconnection via cables or pipelines, while requiring a very high initial investment, enables safe transportation over long distances with an expected low environmental impact and low operating costs. Technological advances and the continued search for innovative solutions for laying such infrastructure, even in extreme conditions, have made it possible to meet the growing demand on a global scale for efficient and continuous transport of both energy and internet data through the marine environment.

This topic is recently gaining importance because of the need to strengthen and implement high-voltage electricity interconnection and the strong drive for energy production from renewable sources which may contribute to energy transition.

ISPRA has been dealing for years with the environmental impacts associated with handling the seabed for the laying of submarine cables. It also provides technical and scientific support to the Ministry of the Environment and Energy Safety to authorize seabed handling for laying submarine cables (Italian Legislative Decree 152/2006, Art. 109). Furthermore, since last year there has been a significant increase in development interventions for the National Transmission Grid together with the launch of countless offshore wind farm projects connected to the mainland by submarine cables.

In this context, ISPRA provides its scientific expertise in compliance with current regulations to ensure the protection of the coastal and marine environment.

The interaction of these activities with the marine environment may cause disturbance to marine ecosystems, depending on how cables are laid and protected, the environmental characteristics and the vulnerability of the area involved. In particular, cable laying can interfere with some protected habitats or species and ecosystems of high naturalistic value (i.e., *Posidonia oceanica* meadows, coralligenous outcrop) due to the routing on the seabed and for handling of seabed associated with the positioning of cables causing habitat fragmentation, increase of turbidity, resuspension of potentially contaminated sediments etc.

The acquisition of an environmental authorization for the construction of submarine cables requires multidisciplinary environmental investigations to be carried out before (characterisation), during and after the laying and protection of the cables (monitoring).

In order to enhance the knowledge and the protection of the marine environment, ISPRA, according to its role, intends to acquire these data, create a cartographic database and make it available to all interested parties.

Keywords: submarine cable, environmental characterization and monitoring, sensitive and protected marine ecosystem, seabed handling.

Contacts: emma.bauer@gmail.com (+49 151 4968021), olivia.mertens@icloud.com, jeroen.dejong@outlook.com (All authors e-mail addresses are needed, phone number of speaker is appreciated for organizational reasons).

Optimizing Waste Water Treatment: A Numerical Case Study on Innovative Bioreactor Design with integrated Knitted Fabrics

Kneer^{a,b,}, D. Kneera, A. August^{b,c}, J. Sarsourd, B. Nestler^{b,c}*

*^aTinniT Technologies GmbH, Essenweinstr. 25, 76131 Karlsruhe, Germany
^bHochschule Karlsruhe, University of Applied Sciences, ^bInstitute of Digital Materials Science (IDM), Moltkestrasse 30, 76133, Germany*

*^cKarlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Materials, Microstructure Modelling and Simulation (IAM-MMS), Strasse am Forum 7, 76131 Karlsruhe, Germany
^dDeutsche Institute für Textil- und Faserforschung, Kompetenzzentrum Textilchemie, Umwelt und Energie, Körtchtalstraße 26, 73770 Denkendorf, Germany*

Biofilm production can be enhanced through various means, primarily by providing favorable conditions for microbial growth and attachment. Choosing an appropriate substrate for biofilm formation the biomass production can be increased. Substrates can be solid surfaces, such as various materials like plastics, ceramics, or metals, or they can be porous materials like textiles. The surface properties of the substrate, such as roughness, hydrophobicity, and chemical composition, influence significantly microbial attachment and biofilm formation.

Knitted fabrics indeed are very interesting candidates for substrate. They are made from polyester and are open pored and they have a threedimensional structure leading to an increased inner surface for biofilm production. The intermittent flow conditions alternating between periods of flow and no-flow create dynamic conditions that favor biofilm formation. Intermittent flow regimes promote nutrient availability, facilitate microbial attachment, and prevent detachment of newly formed biofilms. Due to the open pored structure of knitted fabrics it can be flown through such that the arrangement of the textiles inside a bioreactor becomes essential for the intermittent flow in the reactor.

Within this presentation we will show a numerical study of the flow conditions in reactor design with a specific arrangement of textiles. To ensure a dynamic flow behavior, the bioreactor concept has been enhanced using recirculation wells as well as a novel design for air injection which have been developed and numerically analyzed. Furthermore a desktop

testmodel has been designed and the interior of the system has been printed out and then integrated into the set-up. We will show some basic experimental studies to underline functionality of the recirculation wells for cross flow behavior and bubble generator for air injection. The effectiveness and potential of both is analyzed applying physical-based fluid dynamics simulations.

Keywords: bioreactor, knitted fabrics, biofilm, computational fluid dynamics (CFD)

Contacts:

Aron Kneer / a.kneer@tinnit.de / +49 721-18316-51

Deniz Kneer / d.kneer@tinnit.de / +49 721-18316-32

Anastasia August / anastasia.august2@kit.edu / +49 721-608453-13 Jamal

Sarsour / jamal.sarsour@ditf.de / +49 711-9340-225

Britta Nestler / britta.nestler@kit.edu / +49 721-608453-10

Addressing Key Uncertainties in Risk Assessment through the Latest Sampling and Analytical Methods for Sites Impacted by PFAS Contamination

Geraint Williams, Manuela Boronovo, Laura Castelletti Brunelli, Matteo Pagnucco

Zdenek Jirak, ALS Laboratories

Introduction

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) comprise a broad group of over seven million persistent synthetic chemicals (Schymanski, 2023). Our understanding of the presence, toxicity and potential effects of this group of contaminants continues to advance. Although PFAS have been used for decades, only recently, due to advances in laboratory techniques, has it been possible to reliably quantify the presence and potential impact of a wider class of PFAS. Key uncertainties, however, still remain.

The sources of PFAS in the environment, such as Aqueous Film Forming Foam (AFFF), involve complex mixtures of individual PFAS constituents. The past focus of risk assessment has been on a very narrow sub-set of perfluoroalkyl acids (PFAAs), notably the perfluorocarboxylic and perfluorosulfonic acids (PFCAs and PFSAs respectively) such as perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) which are extremely persistent.

Not all PFAS share the same fate, transport and toxicological properties. Zwitterionic PFAS, can sorb more strongly to soils by mechanisms such as electrostatic interactions and partitioning into organic matter. Neutral PFAS, such as Fluorotelomer Alcohols (FTOHs), show greater volatility than charged PFAS. FTOHs can biotransform to more regulated PFCAs. As well as reviewing these less established classes of PFAS, consideration is given to PFAS in concrete as a secondary source of contamination. Concrete can be impacted by PFAS at sites through fire training activities and other AFFF discharge events.

A robust, site specific Conceptual Site Model (CSM) remains the basis for assessing potential risks. It is necessary to have a detailed understanding of the topography, geology, hydrology and hydrogeology for all sites. In addition, knowledge that PFAS can have different fate and transport characteristics and polyfluoroalkyl substances can biotransform to terminal PFAAs are all crucial aspects in conceptualising PFAS sources, pathways and

receptors. Assessment of sites impacted by PFAS require decisions to be made on the most accurate and reliable data.

Three key uncertainties are described below which are now being addressed by further research and development into new sampling and analytical methods:

6:2 FTAB, An Important Zwitterionic PFAS

While PFAS sources are varied, the release of AFFF is a common source of PFAS contamination at airports, military bases, major oil and gas facilities and many other affected sites in Europe. The combination of complex AFFF compositions and numerous types of foams used throughout decades of fire training, and emergency response scenarios has resulted in highly diverse mixtures of PFAS being present in the subsurface. The presence of cationic and zwitterionic precursors in many Class B firefighting foams (used for the extinguishment of flammable liquid fires) can act as an on-going source of the more frequently regulated and measured PFAAs.

Conclusion

The implementation of new sampling and analytical methods is required to assess different classes of PFAS such as zwitterions and the volatile FTOHs which are PFAA-precursors. These PFAS exhibit very different fate and transport characteristics. Consideration of concrete as a potential secondary source of contamination is also required when developing a reliable and robust CSM for sites with fire training areas or those that have experienced AFFF discharge to ground.

Using these new techniques improves the quality of site investigation, provides confidence in the subsequent risk assessment, and will better inform the potential remediation options.

Key words: CSM, uncertainties, fate and transport, zwitterionic, 6:2 FTAB, FTOHs, concrete.

Contact: geraint.williams@alsglobal.com,

Sustainable Remediation Strategies and Community Engagements in Niger Delta Oil Spill Sites: A Path to Resolving Environmental and Socioeconomic Challenges

Mariam Yahaya-Shiru, Yusuf O. Rigasa, Chizoba Okorie Kama, Enogenyi Aunam

National Oil Spill Detection And Response Agency (NOSDRA)

The remediation of crude oil-contaminated sites presents significant environmental and social challenges, particularly in regions like Nigeria with a history of oil spills and community agitations. According to The Nigerian Oil Spill Monitor, the oil producing region has experienced roughly 10,870 oil spills between 2013 and 2023, resulting in the release of 450,461.83 barrels of oil. The environment, which includes contaminated surface and subsurface water, biodiversity; the economy, which is primarily dependent on farming and fishing for local subsistence; and the general health of the local communities have all been negatively impacted by oil spills in this ecologically sensitive area. These issues have led to agitations and resistance from the affected communities seeking justice, accountability, and remediation for the damages caused by oil companies operating in the area.

This abstract explores sustainable strategies for remediating oil spill sites while addressing community concerns to achieve environmental and social harmony. By examining the complexities of soil and groundwater contamination by crude oil in the Niger Delta region, highlights of the need for multidisciplinary research to develop effective cleanup solutions would be discussed. This study emphasizes the importance of understanding the physical, chemical, and biological processes governing the fate and transport of crude oil contaminants in soil and groundwater systems. It also underscores the critical role of community engagement in remediation projects to foster trust, transparency, and cooperation.

Through a comprehensive analysis of global examples with a focus on Nigeria, this study aims to provide insights into sustainable remediation practices that balance environmental protection with social well-being. By exploring sustainable remediation strategies and addressing community concerns, a path towards resolving both environmental and social issues at oil spill sites can be paved.

Keywords: (Oil Spill, Contamination, Sustainability, Environment, Host Community, Remediation)

Contacts: shiru.mariam@nosdranigeria.ng (+234 7011121100),
rigasa.yusuf@nosdranigeria.ng, okorie-
kama.chizoba@nosdranigeria.ng, aunam.enogenyi@nosdranigeria.ng

Sustainable Remediation of Aluminium Smelter Waste – A Case Study of Hydro Aluminium Kurri Kurri Smelter

Kirsty Greenfield¹, Andrew Walker²

¹ Ramboll Australia (speaker),² Hydro Aluminium Kurri Kurri Australia

The Hydro Aluminium Kurri Kurri (HAKK) Smelter, located in regional New South Wales, Australia, operated from 1969 until closure in 2014.

Aluminium smelting produces a waste that is a global issue – spent pot lining. This waste is an issue due to highly leachable concentrations of fluoride and cyanide.

In Australia, aluminium smelter waste cannot be disposed off-site. At the HAKK Smelter, spent pot lining was stockpiled on swampy ground within the footprint of the smelter until the mid-1990s. At this time, the unlined stockpile was capped with low permeability clay to limit infiltration of rain and generation of leachate. Purpose-built sheds were then constructed for secure storage of spent pot lining.

At the time of closure in 2014, the capped waste stockpile (CWS) was the main environmental issue and driver for remediation. Ramboll prepared a Remedial Action Plan (RAP) to identify a suitable remediation option to render the site suitable for industrial redevelopment without the need for on-going management.

The RAP identified seven options:

1. Do Nothing
2. Encapsulate in situ
3. Move to specifically designed engineered containment cell adjacent to the capped waste stockpile
4. Encapsulate in purpose-built containment cell
5. Treat and encapsulate in purpose-built containment cell
6. Excavate, sort and dispose offsite
7. Onsite treatment to achieve complete destruction.

A Remedial Options Study was undertaken to assess these seven options against a set of criteria including likelihood of approval, cost, legacy, timeframe, risk and a sustainability analysis. The sustainability analysis assessed the following factors: ecological impacts, Aboriginal impacts, greenhouse gas/energy use, climate change, local community impacts, community perception, ethics and equity.

Demolition of smelter infrastructure, including subsurface infrastructure to a minimum depth of 1.5 m below ground surface was

completed between 2017 and 2020. Process wastes and contaminated material identified during decommissioning and demolition works were placed into interim storage.

Remedial works were then completed between 2021 and 2024 and included the construction of the engineered containment cell; excavation, treatment with gypsum and transport of aluminium smelter waste from the CWS and contaminated soil from other locations at the Smelter Site including materials in interim storage; and capping of the cell.

Ten years of post-closure work has been completed at the HAKK Smelter and these works have achieved a sustainable outcome:

- Contaminated materials were retained on-site aside from a small volume of soil contaminated with polychlorinated biphenyls (PCBs) and with per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS), which were managed via thermal treatment off-site
- Geosynthetic liner materials were used in the construction of the engineered containment cell
- Capping materials for the cell were generated on-site aside from specialist materials
- Suitable backfill material was generated on-site during the demolition works via crushing of concrete, brick and masonry and milling of asphalt roads
- Aside from the footprint of the cell, the remainder of the HAKK Smelter footprint has been remediated to a level suitable for future industrial redevelopment without the need for long-term management.

Hydro has made a positive long-term contribution to the community of Kurri Kurri by remediating aluminium smelter waste in sustainable way.

Keywords: (Up to 5 keywords) contamination, closure, sustainable remediation

Contacts: kgreenfield@ramboll.com (+61407149176),
Andrew.Walker@hydro.com

Engineering contaminated soils for re-use

Tommy Shearer

*Chartered Waste Manager, Chartered Institute of Waste Management,
Member - Society of Environmentalists, Member - Institute of
Engineers of Ireland*

Duraflex Global Solutions is based in Canada with offices located in North America, Latin America, Europe and Asia. Specialising in developing effective products, assisting the construction and environmental industries, we have developed Duraflex™ Admixture to enhance the engineering and remediation capabilities for soils.

Duraflex™ Admixture (DfA), is a revolutionary mineral, transforming the landscape of construction materials by offering a sustainable solution to the encapsulation of contaminants within soils. When mixed with cement and soils, DfA creates a high-strength, workable, and waterproof/oilproof construction material, addressing environmental concerns associated with contaminated sites while meeting the demands of modern construction projects.

DfA exhibits exceptional strength capabilities, durability, and resistance to water and oil infiltration. Its unique composition allows it to effectively encapsulates hydrocarbon and heavy metal contaminants within a stable matrix, preventing their migration into the surrounding environment. This process typically utilizes a cement binding agent, forming a durable and chemically inert material. By encapsulating contaminants, their mobility and bioavailability are reduced, minimizing environmental risks and facilitating safe reuse.

From a waste management/soil classification perspective, contaminated soils previously classified as non-hazardous and hazardous can be demonstrated as inert via laboratory analysis (refer to Case Study – Titanic Quarter, Belfast below).

The encapsulation process involves mixing contaminated soils with 10% cement by weight and 2% Duraflex™ Admixture by weight of the cement to form a homogenous mixture, enhancing the adhesive properties of the cement, enabling it to bind with soil particles and encapsulate contaminants effectively. The mixing process is managed to ensure a thoroughly blended material, throughout the contaminated material. The resulting material is immediately placed for its engineering application with

the initial curing phase occurring several hours after production. The curing process lasts over a 5-day period.

Benefits of DfA encapsulation & engineering:

The encapsulation of contaminants using DfA offers numerous benefits for environmental remediation and construction projects:

1. Environmental Protection: By encapsulating contaminants within a durable matrix, DfA helps prevent leaching and dispersion into soil and water bodies, minimizing environmental risks and safeguarding ecosystem health.

2.Sustainable Remediation: DfA provides a sustainable alternative to traditional soil remediation methods, reducing the need for excavation, transportation, and disposal of contaminated soils. This not only conserves natural resources but also minimizes carbon emissions associated with soil disposal.

3.Enhanced Construction Materials: The addition of DfA improves the properties of cement-based composites, resulting in high-strength, workable, and waterproof/oilproof materials. These materials can be used for various construction applications, including road base, embankments, building foundations, and retaining walls.

4.Cost Savings: DfA encapsulation offers cost savings compared to traditional remediation methods, as it eliminates the need for extensive excavation, transportation, and landfill disposal of contaminated soils. Additionally, the durable nature of encapsulated materials reduces long-term maintenance costs associated with infrastructure assets.

5.Regulatory Compliance: DfA encapsulation helps meet regulatory requirements for soil remediation and construction projects, ensuring compliance with environmental standards and regulations. Its proven effectiveness in immobilizing contaminants provides assurance of environmental safety and regulatory compliance.

Contatti: tommy@duraflexglobal.com

In-Situ Thermal and Bioremediation of a CVOC Source Zone in South America: Challenges and Findings

Sadjad Mohammadian¹, Ralf Engelhardt¹, Pedro Aquino², David Forster²

¹ TAUW GbmbH, Richard-Löchel-Straße 9, 47441 Moers, Germany,

² EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda. Rua Dr. Paulo Vieira, 153. Perdizes. São Paulo – SP, Brazil

Background/Objectives: A former industrial site is being redeveloped with the intention of future residential use. The site is approximately 4500 square meter and is located in a mixed commercial and residential area. Sourcezones were characterized by the presence of both LNAPL (C8-C10) and DNAPL (primarily TCE). Extensive plumes of dissolved PCE, TCE, and 1,1,2-TCA and their degradation products were characterized. Contaminants are distributed throughout the site in soil and groundwater to depths of 11m below ground surface. The subsurface consists of highly stratified silty-sandy clays with compact

lenses of sandy units. Maximum remediation of the contamination is sought in order to comply with local regulations for residential use.

Approach/Activities: A feasibility study was conducted to determine the most appropriate remediation strategy, taking into account sustainability criteria, including a quantitative estimate of the carbon footprint. In situ thermal desorption (for source treatment) combined with in situ bioremediation (for plume treatment) was selected as the remediation approach. The two hot spot zones were treated by in-situ thermal remediation using electrical resistance heating (ERH). The total treatment zone in the two hotspots compromised of 8200 cubic meters. A total of 60 electrodes were in the saturated and unsaturated

zones. Vapor extraction wells were co-located with the electrodes to minimize drilling waste. The extracted vapors were treated with both vapor phase carbon adsorbers and a catalytic oxidizer, where the VOCs were converted to CO₂ and water (H₂O). Plume remediation is to be accomplished by injection of a substrate to enhance the in-situ biodegradation of CVOCs, while partially raising the aquifer temperature to approximately 35-40 degrees Celsius to stimulate microbial to enhance microbial activity.

Site conditions and Project constraints presented unique technical challenges that required creative solutions. Due to the complex geology of the site and other constraints, an accurate estimate of the

DNAPL phase was not possible. This required an adaptable design for vapor treatment. At times, a high-efficiency treatment method was required due to the extremely high mass recovery rate. An automated, remotely controlled system was designed to log all data and events during operation. Site-wide groundwater leveling and monitoring during the thermal remediation operation, was required which necessitated flexible heating/cooling periods.

Results/Lessons Learned: The presentation will focus on selected findings and challenges encountered during the implementation of the remediation activities. For example, very high VOC concentrations in the vapor phase (>3000 ppm) were detected within the first 10 days of operation, which required very rapid adaptation of the treatment system. Accumulation of corrosive compounds downstream of the catalytic oxidizer also presented an operational challenge. Rapid solutions to these technical challenges were developed and applied, resulting in safe operation of the system.

E-mail contact: Sadjad.Mohammadian@tauw.com (+49 28 41 14 90 56)
Ralf.engelhardt@tauw.com, pedro_aquino@grupoepa.com.br,
david_forster@grupoepa.com.br

Safeguarding coastal critical infrastructures through integrated smart solutions

Giuseppe Di Stefano

Vice President of Sales, Security and Defense, NORBIT Oceans

New technologies and economic planning have recognized the coastline as a cornerstone of industrial production and commerce. The growth of investments in critical infrastructures along coastal areas has consequentially experienced tremendous growth in the past years. New and expanded ports, wind farms, nuclear plants, desalination plants, LNG loading and unloading facilities, high traffic bridges, underwater communication backbones, underwater energy transportation cables and pipelines are all coastal infrastructures benefitting the health of a country's economy.

However, the geopolitical landscape across the globe has made nations, their economies and their critical assets at sea, vulnerable to attacks. Current climate of heightened tension and instability is likely to increase the potential for asymmetrical threats, which are unconventional and unpredictable in nature, often bypassing traditional military techniques.

Several factors contribute to the rise of such threats: regional conflicts and power struggles (for example ongoing conflicts in regions like the Middle East, Eastern Europe, and the South China Sea), and also technological advancements (including cyber capabilities and drone technology almost available off-the-shelf) which are providing non-state actors with tools to launch significant attacks with minimal resources.

Governments must adopt comprehensive strategies to protect critical maritime infrastructure from asymmetrical threats including policy, technology, and international cooperation.

This paper will review, from a leading expert in security solutions, some of the areas of technological interest for governments, policymakers and decision-makers concerned with implementing a more stringent and efficient approach to the protection of critical infrastructures at sea. It will also address critical steps for planning, funding and implementing sensor-based coastal protection solutions.

NORBIT is one of the largest, most innovative, and most reputable providers of key technologies for underwater exploration, currently serving the majority of Governments, Navies, and Hydrographic Institutes around the globe. In the past decade, NORBIT has developed new sonar technologies aiming at safeguarding against asymmetrical threats to maritime

infrastructure. When combined with above-water surveillance tools (e.g. radar, long-range infrared camera, powerful Common Operating Picture software - which NORBIT also provides) they form a very powerful early warning system at the disposal of public and private actors in charge of protecting the well-being of the country's economy.

Keywords: Critical infrastructures Maritime surveillance, Energy, Windfarms, Intruder detection systems

Contact: gds@norbit.com
www.norbit.com

Groundwater and mass FLUX for better groundwater management and tackling emerging contaminants

Marjan Joris & Erik Bosmans

iFLUX

PFAS is widely distributed in all environmental compartments. It is important to effectively phase out PFAS components or to only use them under strict supervision and monitor so that no new sources can arise. The contaminants already present should be removed from the environment where possible.

However, remediation and treatment of PFAS are often very drastic. Actions are often associated with high costs, high CO₂ emissions, high water consumption, loss of biodiversity and are time-consuming. This also means that the contaminants are not always completely removed or are only replaced (e.g. excavation and dumping or from groundwater to surface water, ...).

Relocation or partial removal may be an option if there are serious risks related. However, it must always be carefully checked that drastic measures are sustainable, and benefits outweigh costs, economic, ecological and social. Clear priorities must be set when tackling PFAS contamination.

If it is not feasible remediate contamination(s) completely, source zones but also high flux zones should be given priority with attention to good management by monitoring limits, IN and OUT flow of the contamination. Based on a soil survey at an industrial site where PFAS components have been used in the production process, we show how groundwater and PFAS FLUX measurements allow to:

- map the preferential pathways
- determine the influence of artificial drainage under the building on the spreading of the contamination
- quantify the movement of the contamination
- determine the appropriate priorities.

Subsequently, due to the relatively long exposure period of the measurement campaign (31 days), a PFAS compound was identified that had not been detected during conventional groundwater sampling. The parameter may have come from an upstream site.

A longer exposure period together with low LOQ of the analyses increases the chance of detecting the contaminants present. Mass FLUX is a time-averaged result, excluding high or low peak values. FLUX and mass discharge are good measure of exposure for downstream receptors.

Finally, the possibility to measure FLUX at different depths, create vertical flow profiles and refine the conceptual model of the site.

The combination of conventional sampling with FLUX measurements has contributed to a better remediation concept with lower costs for mapping the contamination.

FLUX measurements will also be used to follow up effectiveness of the remediation.

Key words: groundwater, PFAS, emerging contaminants, FLUX, flow

Marjan@iflux.be +32(0) 498 902 742

Erik@iflux.be

Real-time groundwater sensor networks for sustainable land and water use in changing conditions

Marjan Joris, Jeroen November, Niels Van Putte, Goedele Verreydt

iFLUX sampling, Galileilaan 18, 2845 Niel, Belgium

Digital real-time sensor networks are set up to preserve and restore the water balance and quality, to improve groundwater extraction, to observe the effects of climate change and the measurements taken against it. We'll show how digital (ground)water sensor networks give insights in the relation between different events relevant for dynamics in groundwater so appropriate and dynamic measurements can be taken.

The groundwater sensor network is installed at a site of Dunea, a drinking water company, helps to understand the effect of the nature based dune fortification (sand motor) on the inland hydrogeology and to adjust and optimized the groundwater exploitation. Dunea is one of the three drinking water companies in the Netherlands producing in the dunes, with a specific coastal setting delivering drinking water to part of the coastal area near The Hague. The total productive volume of Dunea is about 78 million m³/year, via infiltrated surface water in the dunes. Due to climate change, dune fortification and the presence of a landfill in the dunes, the groundwater catchment is at risk of pollution from sea water intrusion and contamination. Therefore, protective drainage wells have been installed in the past along the coastline, pumping and discharging saline groundwater to keep these risks oriented towards the coastline and the watershed between the catchment and the dump site. The prevention of pollution reaching the catchment is vital to safeguard the entire installation.

The goal of the project is to reduce the likelihood of pollution (chemical and salt intrusion) reaching the catchment. Ensure resilient and sustainable production in response to increased demand and climate change, while minimizing additional costs and risks. The sensor array will also help to optimized pumping regimes at coastal and inland areas to prevent either further saline intrusion, overextraction or loss of infiltrated fresh water to the sea. At the same time the system will be operating as a real-time early warning system so remedial actions can be undertaken when flux sensors indicate potential harmful velocities and/or orientations.

Sensors are installed in September 2023, and the project will initially run for twelve months, likely expanding into a long-term continued monitoring as an extra safeguard for sustainable and resilient exploitation of the

catchment area. This presentation will serve as introduction to the project and the specific problem setting at Dunea, an introduction to the flux-measurement technology, including real- field data and relevant lessons learned from iFLUX sensing solution in Belgium, the Netherlands and Poland, and an invitation for discussion.

Keywords: real-time, dynamics, early warning, FLUX, climate change

Contacts: Marjan@iflux.be (+32(0) 498 902 742) , Jeroen@iflux.be, Niels@iflux.be, Goedele@iflux.be

Re-purposing legacy lagoons as an engineered wetland system

Nicoletta Cavaleri

Jacobs, Via A. Volta n. 16, Cologno Monzese (Mi), Italy

A portion of the site, initially part of a river estuary, has been isolated with the construction of a dyke and railway and dewatered for industrial purposes in the 1960-80s. In the early 1980s with the end of operations, pumping ceased, and the area became flooded forming several independent lagoons. These lagoons were initially seen as a liability with little potential for re-use.

Modelling indicated that the lagoons would have sufficient residence time and treatment capacity to treat contaminated effluents coming from different parts of the site.

With little modifications the lagoons have been upgraded as an engineered wetland system, used as a natural treatment system for the contaminated effluents.

Among these effluents, deep groundwater effluent with elevated content of chlorinated solvents is treated. Treatment includes a passive pre-treatment step (40m³ pre-treatment chamber using pumice) implemented to reduce concentrations of chlorinated solvents and avoid any potential adverse impact to local ecology.

The flow is gravity driven and the lagoons represent a sustainable, cost-effective, nature based and low footprint solution for the treatment of contaminated effluents.

Three-dimensional contaminant modeling in thermal remediation for performance assessment

Marcelo Silveira¹, Aline Setti¹, Edson Arakaki¹, Jonas Oliveira¹, Isabela Lima¹

¹ *Worley. Avenida das Nações Unidas, 14401. São Paulo (SP)*

The thermal remediation project covers an area of 3,100 m² with a vertical extension up to 8 meters below ground surface with an estimated heated volume about 28,500 m³ of soil, which is being heated via resistivity up to a target temperature of 90°C.

The main contaminants in soil are Dichlorobenzenes, Monochlorobenzenes and Trichlorobenzenes, with the highest concentration of total VOC being 71,496.4 mg/kg (ST-20).

To evaluate and technically interpretate the remediation performance, a three-dimensional model was made using Leapfrog Works[®] software. The software brings together three-dimensional representations of the geological structure and distribution of substances of interest in the subsurface, in addition to allowing a temporal assessment of the evolution of impacted volumes throughout the remediation project, thus facilitating interpretations for evaluating remediation performance and planning heating optimization.

Initially, the main data is input into the software, through tables, with the data being: point identification; UTM coordinates; lithologies; sampling depth; water level and analytical results.

From this, the data is visualized in a three-dimensional environment, where the geological modeling of the area begins, where 03 different lithological layers were identified, with the shallowest layer being characterized as landfill with a clayey-sandy fraction with sandy portions, for the presence of rubble and crushed stone was sometimes observed. Followed by alluvial sediments composed of organic clay, plastic clay, silt and sand, where most of the contaminants are concentrated, finally we have the layer of tertiary sediments characterized by a hard green clay interspersed with silty and sandy layers with increasing gradation with the increase in depth.

The next step takes place through the mathematical modeling of the plume through a radial base function (RBF – radial base function), where the parameters of this modeling are calibrated.

From the modeling carried out, it was possible to identify the areas with the greatest environmental impact of contamination, as well as the spatial configuration of the plume.

From the analysis, it is possible to observe the spatial configuration of the Total VOC soil plume in a three-dimensional environment, and the depths and areas of greatest impact can be visualized before the start of heating, thus facilitating the understanding of the geology where it is located. Contamination is localized, making thermal remediation reach targets with greater precision.

Keywords: Thermal remediation, 3D volumetric modeling, performance evaluation

Contacts: marcelo.silveira@worley.com (+55 19 992679781),
aline.setti@worley.com, edson.arakaki@worley.com,
jonas.oliveira@worley.com, isabela.lima@worley.com

Mass of chlorobenzenes removed in in situ thermal remediation

Isabela Lima, Edson Arakaki, Jonas Oliveira, Aline Setti

Worley. Avenida das Nações Unidas, 14401. São Paulo (SP)

An in situ thermal remediation project conducted on an active industrial site, with target remediation volume of 22,000 m³ and vertical extension up to 8 m. The project aimed to remove volatile organic compounds (VOCs), Monochlorobenzene, Dichlorobenzenes and Trichlorobenzenes. Semi-volatile chemicals (SVOCs), such as organochlorine pesticides, were also sometimes observed during the mass removal.

Heating was reached by the application of alternating currents to the soil, using the resistivity of the environment to achieve the target temperature of approximately 90°C and cause the mobilization and evaporation of the VOCs present in the soil or groundwater. Extraction was made through a network of extraction wells and trenches, with the contamination being directed to the vapor and liquid treatment plant installed on the surface.

Daily VOC monitoring using a photoionization gas detector was carried out at the inlets, at strategic points in the process and at the outlets of the vapor and liquid treatment systems. In addition to various system performance indicators, weekly samples of vapors and effluents were collected at these same points for laboratory analysis of the chemical substances of interest: VOC, SVOC and Organochlorine Pesticides.

The quantification of recovered mass from the subsurface was based on the sum of the masses recovered from the 03 matrices (vapor, liquid, and non-aqueous phase liquid - NAPL generated by type of treatment system installed on surface. Density, VOC, SVOC and Organochlorine Pesticide analyses were carried out on this product monthly, allowing us to understand the variation in its composition over the project operation, and the mass evolution.

The first NAPL samples collected showed densities of 1.06 and 1.08 g/cm³, with an upward trend over the following 09 months of thermal remediation operation, reaching maximum values of 1.23 g/cm³ and 1.25 g/cm³ just before the end of heating. These results suggest that in the initial stage, with increasing temperatures, it is more likely to recover

lighter compounds, which are probably more volatile and more massive, while denser substances were detached and recovered after a longer heating time.

The highest mass recovery rate occurred with temperatures at an average of approximately 75°C (Figure 1), which may be associated with the greater availability of volatile SQIs at the beginning of the target volume heating. Subsequently, the daily removal rate fluctuated between 30 and 90 kg, this variation may be related to operational adjustments for optimizations and intensifications in different portions of the target volume. Figure 1 also confirms that the NAPL phase accounted for most of the mass among the 03 matrices of the treatment system (steam, liquid and NAPL).

Keywords: Remediation; thermal; chlorobenzenes.

Contacts: aline.setti@worley.com (+55 11 98555 1725),
edson.arakaki@worley.com, jonas.oliveira@worley.com,
isabela.lima@worley.com

Optimizing data processing during thermal remediation using a power bi dashboard

Jonas Oliveira, Aline Setti, Edson Arakaki, Isabela Lima

Worley. Avenida das Nações Unidas, 14401. São Paulo (SP)

The operation of a thermal remediation generally involves the continuous monitoring of various parameters, both environmental and process related, at different frequencies, with data of many types and from multiple sources. To optimize the description of all this information and avoid repetitive efforts, the Weekly Report for monitoring operations was replaced by an Operations Dashboard, consisting of a series of visualizations (graphs, cards, etc.) updated weekly, semi-automatically, through the data flows established in Power BI.

All the input data was stored in Microsoft Excel™, in .xlsx, .xls or .csv formats. The tables were acquired manually, downloaded from websites, or received from other sectors (civil engineering, HSE, etc.). Other manual work required included some extra adjustments to certain spreadsheets, renaming files and saving them in specific folders. Once inserted into Power BI, the program takes care of processing the tables and transforming them into graphs, up to the final stage of sharing them with the client, subcontractors, and internal staff. The click of a button is all it takes to trigger these data flows and update the graphs. As the journey from data acquisition to the final sharing stage involves both manual and automatic steps, the updating process was called semi- automatic.

There was one exception, however, which represented a major gain for the project. To avoid transcription steps, daily data acquisition using printed field forms was replaced by digital forms in Microsoft Forms™. The forms were filled out in the field using a cell phone, which accessed the form via a QR Code; as soon as the concentration values were entered by the technician, an input spreadsheet in Power BITM was fed in almost instantaneously. In this way, the manual steps of making extra adjustments, renaming the file, and saving it in the folder were eliminated, and the data flow operated almost 100% automatically throughout the entire period.

The advantages of the process described include: (i) savings in man- hours worked and a reduction in repetitive tasks; (ii) rapid updating with the latest results; (iii) ease of sharing with internal staff, clients, and subcontractors; (iv) optimized visualization of results and decision-making. Updating the Operations Dashboard was weekly and took between 50 minutes and 1

hour, a time consumed exclusively by the manual stages. Compared to total manual updating, estimated at 1 hour and 50 minutes, this represents a saving of approximately 54%.

Keywords: dashboard; Power BI; data; thermal remediation.

Contacts: jonas.oliveira@worley.com (+55 11 953243182),
 aline.setti@worley.com, edson.arakaki@worley.com,
 isabela.lima@worley.com

Contatti:

ESG law & policy in 2024: climate considerations for contamination management & sustainable remediation

Gabrielle Guthrie

Specialist Environmental Lawyer, Founder & Principal of Guthrie Legal, Melbourne, Victoria, Australia

Abstract

Environmental, Social & Governance (ESG) considerations have been growing in importance for business, investors and the community for many years, with many corporations and governments taking voluntary action on climate change and other environmental and social concerns. However, as Paris Agreement targets are progressively enshrined in state laws, ESG regulation, particularly around carbon disclosure, has also been on the rise. There are notable developments in Europe and Australia.

In this session, Gabrielle will share her legal insight into the corporate significance of ESG law reform, impacts on contemporary business practice and supply chains, particularly for corporate transactions. It will explore potential opportunities for sustainable remediation project participants and compliance considerations for remediation service providers. It will also consider how climate change is being taken into account in contaminated land management and remediation in Australia.

Background

Globally 2024 is likely to be an important year for ESG laws. This session will explore the legal and policy framework using Australia and the EU as an example, and evaluate the opportunities and compliance implications for the remediation sector.

On 15 March 2024, the European Union Council adopted the Corporate Sustainability Due Diligence Directive. Large companies domiciled in the EU and foreign companies generating significant revenues in the EU will be obliged to comply with the new sustainability due diligence obligations. The directive will need to be formally approved by the European Parliament before being transposed into national law throughout the EU.

In Australia, the Federal Government has proposed reform, to commence on 1 July 2024, to introduce climate-related financial disclosure, with implications for a wide range of organisations and supply chains.

About the speaker

Gabrielle Guthrie is a leading specialist environmental lawyer, based in Melbourne Australia. She holds a BSc Hons in Geoscience and is dual qualified as a lawyer in England & Wales and Australia. She is recognised as a leading Environment & Climate Change lawyer in the State of Victoria by Doyles Guide.

Gabrielle has particular interest and experience in contamination and remediation, corporate transactions and environmental compliance. She is a member of the Australasian Land and Groundwater Association (ALGA) and a speaker at Ecoforum (Melbourne) in 2023 and Perth in 2024.

Keywords: Law, ESG, Sustainable Remediation, Due Diligence

Contacts: gabrielle@guthrie-legal.com (+61 450 266 779)

Microplastics associated with shoreline marine organisms at the Eastern Cape in South Africa

Cornel-Mari van der Merwe, Carlos Bezuidenhout, Hindrik Bouwman and Rialet Pieters

Research Unit: Environmental Sciences and Management, North-West University, Potchefstroom, South Africa.

Microplastics (MPs) (<5 mm) are found worldwide, also in the marine environment, causing great concern (Karlsson et al., 2017). MPs have a durable nature; therefore, it can withstand harsh conditions and small size, it can be transported over long distances, and have contaminated every habitat on earth. MPs can be divided into two categories: primary plastics and secondary plastics (Sharma & Chatterjee, 2017). Primary plastics are intentionally manufactured in small sizes, which are unintentionally exposed to the environment. Secondary plastics, on the other hand, are larger plastic waste that are degraded into smaller pieces. Land-based sources are responsible for around 80% of plastic waste in the marine environment (Ariefdien et al., 2024). MPs' large surface area-to-volume ratio makes it a possible vector for other contaminants in the surrounding environment to adhere to. The presence of inherent (from production) and accumulated (from the ambient) toxic substances in the MPs may facilitate the transfer of toxic substances to the biota that it meets.

Evidence of the trophic transfer of MPs in marine food webs is inconclusive. Trophic transfer refers to the transfer of contaminants to higher trophic levels, but not necessarily accompanied by bioaccumulation. Bioaccumulation is the uptake of contaminants from the surrounding environment through various pathways such as ingestion, ambient exposure and/or respiration (Miller et al., 2020). Biomagnification into higher trophic levels through a food web is defined as the increased concentration of a contaminant in one organism compared with its prey through trophic transfer (Miller et al., 2020). Here we report on evidence of trophic transfer of MPs in biota on the rocky shores of a marine protected area of South Africa.

This study focuses on measuring the trophic of MPs in a nearshore marine food web (Table 1) and how MP profiles (colour, morphotype, and size) correspond with associated sand- and water. Sampling took place at Nature's Valley (Figure 1), a marine protected area on the south coast of South Africa on the Indian Ocean. The only published data on MPs at

Nature's Valley that we are aware of is by Nel & Froneman, (2015) who compared bays and open stretches of coastline for MP content in water (MP density of 1000 mp.m^{-3}) and sand (MP density of 2000 mp.m^{-2}). We predict that MP profiles would concur between the trophic levels of the food web but would be different from the MP profiles in water and sand, suggesting trophic transfer rather than bioconcentration from the environment.

In total 160 individual invertebrates were sampled, 60 fronds of seaweed, 9 kg of sand and 180 L of seawater that was filtered onsite.

During the sampling trip for the current study, plastic waste (Figure 2) was observed on the sandy shore of Nature's Valley, which further motivated investigation into the infiltration of MPs in this marine protected environment.

Transfer of MPs based on the morphotypes did have a statistical significance ($p < 0.004$) (Table 2). Both fibres and fragments transfer from water, primary producers, primary consumers, tertiary consumers, and deposit feeders but not from sand ($p > 0.004$). Overall, the type of MPs found in the sand did not have an association with the MPs that were recovered from water and biotic samples. A possible explanation for this can be due to feeding strategy by the various biota collected in the study.

MPs in marine food webs have raised concern due to their potential health risk for the organisms as well as to humans, that consume contaminated seafood (Smith et al., 2018). This research will contribute to filling the research gap focusing on whether MPs bioaccumulate and biomagnify in different trophic levels. Trophic transfer did occur in this near shore marine food web at Nature's Valley, South Africa.

Contacts: cornelmarivdmerwe@gmail.com & rialet.pieters@nwu.ac.za

Evaluation of pollutant biodegradation and its stimulation at a large-scale industrial site based on the combination of innovative monitoring methods

Kevin Kuntze¹, Annika Beckmann², Anko Fischer¹

¹*Isodetect GmbH, Leipzig, Germany,*

²*HPC AG, Leipzig, Germany*

Decisions to implement bioremediation techniques for the clean-up of contaminated field sites require a comprehensive characterisation of the site-specific biodegradation processes. A combination of innovative monitoring methods was applied for investigating the intrinsic biodegradation of phenol, alkylphenols, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) as well as benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX) in an aquifer with high levels of aromatic hydrocarbon contamination.

Compound-specific stable isotope analysis (CSIA) were conducted in order to evaluate BTEX biodegradation. It provided evidence for the removal of benzene and m/p-xylene. Moreover, biodegradation rate constants were determined for these pollutants based on the CSIA results. To demonstrate the intrinsic biodegradation of phenol, in situ microcosms in combination with amino acid-stable isotope probing (BACTRAP) were employed. BACTRAPs were loaded with ¹³C₆-phenol and deployed for 12 weeks in groundwater wells located in the center and the fringe of the phenol plume. Significant ¹³C-incorporation into microbial amino acids extracted from the in situ microcosms was found, providing clear evidence of phenol biodegradation at the field site. Evidence for the in situ biodegradation of PAH, BTEX and phenol were provided additionally by the detection of specific intermediates formed during biodegradation. 2-Naphthoic acid, toluic acids and hydroxy benzoic acid, intermediates of the naphthalene, BTEX and/or phenol biodegradation, were detected solely in groundwater samples collected from the contaminant source zone. In wells with lower BTEX concentrations, concentrations of metabolites may be below detection limits. In contrast, methyl naphthoic acid, a putative metabolite in the anaerobic degradation of methyl naphthalene, was found solely at the fringe of the contaminant plume. For evaluating the biostimulation potential of mono- and polyaromatic hydrocarbons, a laboratory microcosm study was conducted under anoxic and oxic

conditions using groundwater and sediments from the site. Biodegradation was detected by analyses of decreasing contaminant concentrations. Under anoxic conditions, biodegradation was only observed for phenol and methylphenols.

Addition of oxygen resulted in the stimulation of biodegradation processes with a rapid decline of phenol, alkylphenol, PAH, and BTEX concentrations.

The integrative approach combining innovative monitoring methods provides a strong basis for evaluating the in situ biogeochemical processes at contaminated field sites and for selecting best strategy for a biostimulation measure.

Keywords: Biodegradation assessment, CSIA, BACTRAP, Metabolite analysis, laboratory microcosm study

Contacts: kuntze@isodetect.de (+49 341 35535851),
annika.beckmann@hpc.ag, fischer@isodetect.de

Vapor Intrusion Assessment: Utilizing Subslab Tools, Vapor Pin Sampling Devices, HybridSS Tubes & Bottle Vacs

Kelly Horiuchi

Managing Partner, VSOL Group, 4014 Camino Ranchero, Suite B, Camarillo, CA, USA

Introduction and study objectives

Vapor intrusion investigations are critical to human health and risk determination. Subsurface contamination below slabs can vary significantly depending on various factors such as the type and extent of contamination, soil and groundwater conditions, building construction, and site-specific factors. In some cases, a significant portion of contamination may be present below concrete slabs, especially if the source of contamination is located nearby or if there are pathways for contaminants to migrate beneath the slabs.

The Vapor Pin[®] Sampling Device, Hybrid SS tube and Bottle Vacs are tailored specifically for soil gas sampling applications, offering rigorous testing and user-friendly solutions. They are easy, simple, practical, efficient, and reliable method for soil gas sampling, adding a valuable quantitative tool for environmental assessments, site remediation, and long-term monitoring programs.

Sub-slab soil gas sampling methods can be time-consuming and labor-intensive, and costly. The Vapor Pin[®] Sampling Device is effortlessly inserted into any hard surface, reducing set up time and providing the potential for a higher number of samples to be collected in a shorter time period. Attaching the Hybrid SS tube creates a unique soil gas sampling system that reduces the training of personnel and decreases the risk of field sampling errors. The Hybrid SS tube is lightweight and portable, making it convenient for field sampling. Their size and selectivity reduces logistical issues associated with transport and storage, and allows for the collection of a higher number of samples to generate a more conclusive site profile. The sampling procedure is straightforward, requiring only the exposure of the sorbent material to the soil gas for a specific time period.

Results and Discussion

The Vapor Pin® Sampling Device and Hybrid SS system is simple and easy to use and designed specifically for soil gas sampling. It consists of a stainless steel probe and a sealing gasket with an attachment for the sorbent tube. The design makes it easy to install and operate in various sub-slab soil types, including sandy, clay, and loamy soils. Its design minimizes the potential for leaks and provides a reliable simple, easy to use sampling technique.

The Vapor Pin® Sampling Device/Hybrid SS system minimizes cross-contamination because the Vapor Pin® Sampling Device's sealing gasket ensures a tight fit between the probe and slab, reducing the potential for cross-contamination between sampling locations. The Hybrid SS system check valves and syringe allow for the collection of various sample volumes without requiring pumps and additional calibration equipment.

Conclusions

Field sampling has many challenges and training staff to collect accurate samples without ambient air intrusion is critical for precise data and site assessment. The utilization of the Vapor Pin® Sampling Device, Hybrid SS system and Bottle Vacs represents a pioneering and dependable approach to soil gas sampling, offering a crucial quantitative assessment tool for environmental evaluations, site remediation endeavors, and ongoing monitoring initiatives. The streamlined and efficient nature of the Vapor Pin® Sampling Device/Hybrid SS system demands fewer resources, equipment, and personnel, rendering it a cost-efficient choice for environmental investigations. This ease of use facilitates the collection of a larger volume of samples effortlessly, thereby enhancing the comprehensiveness of site survey profiles.

Contacts: kelly.horiuchi@vsolgroup.com, rafael.sato@vsolgroup.com,
craig_cox@coxcolvin.com, laurie_chilcote@vaporpin.com

Soil washing case studies within the remediation sector

Andrew Wilson, Amy Conway, Michael Nesbitt

Business Development Manager at CDE Global

Abstract:

Soil washing is a rapidly growing technique within the remediation sector. The need for soil remediation on contaminated land has increased significantly in the last decade due to increased knowledge around current and emerging contaminants, legislation and the development of bespoke processing technologies allowing cost effective processing at high volume. Within this presentation we will cover three recent CDE soil washing case studies.

Landfill reclamation

CDE was selected as the supplier of choice for the project which saw the development of a custom recycling solution to efficiently process contaminated soils containing heavy metals and other contaminants from a historic landfill site set in a prime location along the Netanya coastline. The 260-acre site, which holds 400,000 metric tonnes to be processed and washed, is set to be restored to create space for new residential developments. The simplest approach would have been to redistribute the material to other landfill sites, however trucking vast quantities of contaminated soil and other waste material from one landfill to another would have increased operational costs. From an environmental perspective, it would have also resulted in a greater environmental impact due to the subsequent carbon emissions. A long-lasting solution that would yield both commercial and environmental benefits was essential

Oily sands washing

Following the destruction of some 700 oil wells in the early 1990s, approximately 26,000,000m³ of soil was contaminated with crude oil, signalling the launch of one of the most extensive remediation programmes involving the cooperation and expertise of a consortium of international partners.

Working alongside industrial and engineering services firm Gulf Center United Industrial Equipment Co., CDE's longstanding partner in Kuwait, and KAK-LAMOR JV/C, a joint venture between Kuwaiti EPC contractors Khaled Ali Al-Kharafi & Brothers Co. and Finnish remediation specialists Lamor, CDE

wet processing technology is utilised for the treatment of up to 800,000 tons of contaminated soil per year.

PFAS remediation

CDE have installed and commissioned a semi-mobile washing plant for PFAS impacted soils. The customer was focused on a system which could be easily transported and relocated to other sites.

Keywords: Soil washing, hydrocyclone, oily sands, landfill remediation

Contatti: awilson@cdegroupp.com

Three dimensional site conceptual models (3D CSM)

Willem J.M. Havermans

TAUW Netherlands

Understanding the nature and extend of complex site contaminations and how to monitor remediation performance results

To gain a better understanding of the extent of soil contamination situations, in the past and still today, TAUW uses a method developed for this purpose in which soil structure, geohydrology and monitoring results are interpolated and visualized three-dimensionally. Brought together they form a clear and distinct three-dimensional conceptual model (3D CSM) that is ideally suited for visualizing complex contamination situations and for sharing with all parties involved stake holders, the competent authority and third parties. Surfer and Voxler (Golden Software) were used for modelling and purpose of visualisation.

Within the 3D CSM, differences in soil structure are related to groundwater potential heads that already give an idea in advance of the possible spreading of a groundwater contamination. Three-dimensional interpolations of contaminant concentrations are used to represent contours and contaminated soil volumes based on, for example, a logarithmic distribution. The concentrations relate to a specific substance or sum parameter. Unlike when only an intervention value contour would be used, the logarithmic distribution provides insight into the mass present within the contaminated soil volume. In addition, this representation provides quick insight into the change of a contamination situation over time, when comparing results measured over a longer period of time. In addition, automatically calculated soil volumes can be derived directly from the model for the different concentration areas. Based on this, the diffusion behavior of the contamination is explained. In active remediation, the progress of remediation is assessed by comparison over time; in passive monitoring, it is assessed whether a stable final situation has been reached.

In conclusion

The monitoring and visualization process applied to the site investigation and contamination clean-up projects provided a better way to comprehend the complexity of a soil contamination clean-up project and to assess the effectiveness of the remedial process. 3D visualization of underground

models makes it easy for anyone. The ability to show progress over time and the combination with other geospatial data allows stakeholders to be better informed and to make better decisions. Effective data visualization not only facilitates decision making but also creates awareness of the environmental situation. Educating people about this situation can help engagement efforts within the community and the acceptance of clean-up projects.

TAUW has used this methodology with great success over the past decades for the assessment and interpretation of complex soil contamination and has developed an automated tool to interpret data within a 3D CSMs have recently been developed for governmental and industrial sites, both within Europe and beyond.

We kindly like to take the opportunity to give a glimpse on the RemTech platform of our experiences in this field in recent years and how we apply this tool.

Contact: willem.havermans@tauw.com

Microbiomes for the depletion of hexachlorocyclohexane in contaminated environments: the power of biodiversity

Giacomo Bernabei¹, Giampiero De Simone¹, Simone Becarelli¹, Riccardo Di Mambro¹, Alessandro Gentini², Simona Di Gregorio¹

¹BIOUNIPI, University of Pisa, Italy; ²Teseco Bonifiche srl, Pisa, Italy

Introduction and study objectives

Despite global production of Hexachlorocyclohexane (HCH) decreased and usage restrictions being imposed, it remains a significant toxicological concern. The production of 1 ton of Lindane generates approximately 8-12 tons of various isomers as waste. Additionally, the presence of unused Lindane stockpiles poses challenges, with concentrations of HCH in nearby environments reaching exceptionally high levels. Remediation of HCH-contaminated areas is imperative, necessitating a sustainable approach. A promising solution lies in bio-based methods due to their environmental and cost sustainability. However, it's important to note that complete microbial mineralization of Lindane has only been observed under oxidative conditions, which is crucial when designing effective decontamination processes. Microbial aerobic degradation of the HCH isomers has been observed frequently in both mixed and pure microbial cultures, however, never characterized in details and for this reason, among others, never exploited for sustainable intervention in the environment.

While various bacterial strains have demonstrated partial transformation capabilities for multiple HCH isomers, there's still a notable absence of single strains efficiently mineralizing all HCH isomers simultaneously.

This gap in evidence, poses a significant challenge to devising a bio-based approach for HCH decontamination in the environment. In the realm of bio-based environmental decontamination, bioaugmentation with selected strains capable of depleting contaminants is often considered a promising strategy. However, the success of bioaugmentation hinges on the identification and isolation of suitable microbial degrading strains, along with their ability to survive and remain active once introduced into the target environment. In this regard, leveraging autochthonous microbiomes native to the matrices is crucial for initiating degradation processes in their ecological habitat.

In the case of HCH, a microbial cooperative degradation process targeting all HCH isomers is sought after.

Although microbial consortia capable of degrading multiple HCH isomers simultaneously have been identified, little is known about their composition.

The objective of this study was to select and enrich microbiomes capable of degrading all four isomers of HCH. These microbiomes were isolated and enriched from a HCH-contaminated dumpsite in Italy, the SIN of Colleferro, where Teseco Bonifiche is managing a permanent safety securing process of the dumpsite. The microbiomes were enriched both in the presence of HCH as the sole carbon source and under co-metabolic growth conditions. A quantitative metabarcoding approach was employed to taxonomically characterize the compositional changes of four promising microbiomes. The kinetics of HCH degradation were described, with a particular emphasis on the most recalcitrant to biodegradation β -HCH isomers. The inclusion of a co-metabolic substrate during the isolation and enrichment of HCH-degrading microbiomes proved essential for selecting microbiota with greater biodiversity and resilience to the toxicity associated with increasing concentrations of the contaminant.

Conclusions: The successful depletion of HCH by microbiomes is achievable, suggesting the feasibility of providing effective microbiomes for environmental decontamination through innovative bioaugmentation strategies.

Contacts: simona.digregorio@unipi.it

Pre-Remediation Characterization of petroleum Fractions and Ecotoxicity at the Heating Plant Site

Mila Ilic¹, Jelena Avdalovic¹, Nenad Marić², Gordana Dević¹, Jelena Milic¹

¹University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Njegoševa 12, 11000 Belgrade, Serbia

² University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Viseslava 1, 11000 Belgrade, Serbia

Petroleum is a complex mixture of liquid, gaseous, and solid hydrocarbons, typically found in a liquid state under normal conditions. It is lighter and more viscous than water, and both flammable and combustible with a high heat of combustion. Today, crude oil poses a significant global environmental hazard. Proper characterization of petroleum contamination before the remediation process is crucial for understanding the nature of the contaminants, including the specific types of hydrocarbons, their concentrations, and their distribution within the affected area. Without this initial characterization, the remediation process may be inefficient, ineffective, or even counterproductive, potentially leading to incomplete cleanup or further environmental damage.

This study aimed to identify polluting substances at the heating plant, understand how they reached the soil, and assess their environmental impact. To achieve these objectives, we conducted fractional analysis of total extractible organic matter and toxicological analyses of soil samples to determine the type, extent and toxicity of the pollutants. According to the obtained results, the most contaminated sites are not always the most toxic. Acute toxicity wasn't high and didn't correspond with high concentrations of pollutants, likely due to long-term petroleum pollution and the natural degradation and evaporation of acute toxic components over time. Because of that, these findings suggest that microbiological biodegradation is the best method for cleaning up the site.

Introduction

Human industrial activities have various impacts on environmental quality, affecting water, air, and soil. Changes in one environmental domain often led to changes in others due to their interconnected nature. Pollution sources are diverse, and hazardous substances can travel through water and air, eventually accumulating in soil, sediments, and plants. Through the food chain, these contaminants can move into animal tissues and ultimately reach humans, potentially causing adverse health effects. The widespread

use of fossil fuels in daily life—for heat and electricity production (thermal power plants, boiler houses, heating plants) and mechanical processes (internal combustion engines, jet engines, rocket engines)—is necessary but significantly contributes to environmental pollution. This creates a paradox where the pursuit of higher standards of living and better quality of life through fossil fuel use results in the degradation of essential living conditions .

Petroleum is a complex mixture of liquid, gaseous, and solid hydrocarbons, typically found in a liquid state under normal conditions, lighter and more viscous than water. It is flammable and combustible, with a high heat of combustion. Today, crude oil represents a significant global environmental hazard. When petroleum contaminates soil, it alters soil quality and reduces usable land area. Soil pollution from petroleum and its derivatives significantly impacts both the physical and chemical properties of the soil. These changes manifest in various ways, including alterations in the soil's microelement composition, water and air properties, and oxidation-reduction regime. Organic compounds from petroleum disrupt the natural carbon-to-nitrogen ratio, leading to deficits in oxygen, nitrogen, and phosphorus, which degrade soil quality. Additionally, the presence of petroleum in the soil influences the development of specific microorganisms that utilize petroleum components as energy and food sources .

Conclusion

When assessing petroleum contamination soil, several factors must be considered: the types and concentrations of contaminants, the depth and stratification of contamination through soil layers, soil characteristics such as texture and composition (sand, silt, clay), and the feasibility of sampling, which can be hindered by rocky layers, as was the case in this field sampling. Additionally, various factors can influence the evaluation of toxicity in petroleum contaminated soil. The most contaminated sites are not always the most toxic, as demonstrated by sample Z16. Acute toxicity is often assessed in preliminary studies, but it can be low in cases of long-term petroleum pollution due to the natural degradation and evaporation of toxic components over time. When high contaminant concentrations do not correspond to high acute toxicity, microbial remediation is preferred. The preliminary results of the pollution assessment at the heating plant site suggest that microbiological biodegradation is the best method for cleaning up the site. This approach leverages the environment's natural self-purification capacity using microorganisms and enzymes, resulting in no secondary waste.

Contacts: milailic@chem.bg.ac.rs, javdalovic@chem.bg.ac.rs,
jelenamilic@chem.bg.ac.rs; gdevic@chem.bg.ac.rs,
nenad.maric@sfb.bg.ac.rs

Biological aspects of PFAS contamination and remediation

Emilio Brivio Sforza^{1}, Valeria Tatangelo¹, Sara Villa¹, Andrea Franzetti¹, Valeria Mezzanotte¹*

¹DISAT, Università degli Studi di Milano Bicocca

Introduction

LIFE CAPTURE project is developing a new approach for monitoring PFAS contamination and treating contaminated soil and groundwater by a composite treatment train, which will be implemented at pilot scale in several contaminated sites across Europe. The treatment train starts from the soil foam fractionation, aiming at removing PFASs from soil and concentrating them in the resulting foam [1], followed by biological treatment of the foam to remove oxidizable substances derived from soil and by advanced oxidation and GAC adsorption. The project also includes the ecotoxicological assessment of selected compounds and mixtures

Ecotoxicological assessment

The toxicity is significantly related to the C chain length: shorter-chain PFASs exhibit higher toxicity. EC50 values are one order of magnitude lower for *Aliivibrio fischeri* than for *Daphnia magna*. Further, *A. fischeri* test needs just 15 minutes exposure time, while *D. magna* needs 48 hours.

For a predictive assessment of the hazard posed by ultra-short chain compounds, it becomes imperative to acknowledge the observed rise in environmental concentrations of ultra-short chain perfluoroalkyl acids.

Evaluation of the viability of activated sludge bacteria in SFF extract

12 soil samples were analyzed for TSS, VSS, total C and organic C. Then, lab-scale Soil Foam Fractionation (SFF) was carried out after spiking the soil samples with aqueous film forming foam (AFFF) containing PFAS by adding 500 mL of distilled water and 5 mL of AFFF to 25 g of soil. The generated foam containing PFAS was then analyzed for COD, phosphorus and total nitrogen and inoculated with bacteria from activated sludge (2 g TSS/L of SFF foam). Optical counts were made at time 0 and after 24 hours, using the double staining technique (with Sybr Green and Propidium Iodide) to distinguish live and dead bacteria.

Lab-scale testing of activated sludge treatment

COD removal was not inhibited by AFFF. The % removal increased with the increased CODin due to the addition of AFFF, reaching 87%. In contrast, a

transient impact on nitrification was observed with 10 mL AFFF/L, and a significant effect was related to the addition of 20 ml AFFF/L. reaching its maximum on day 7 (over the initial value). The highest dose (20 mL AFFF/L) caused an even more pronounced decrease in TAN removal efficiency, and only a slight recovery occurred at day 7. The final value was still much lower than the initial one.

Microbial community analysis

The microbial community in the two bioreactors was analysed by sequencing the V5-V6 hypervariable regions of the 16S rRNA. The analysis of Operational Taxonomic Units (OTUs) obtained by clustering sequences with 97% similarity allowed to calculate alpha diversity, basing on Chao index¹. Both time and dose affected significantly the composition of the microbial community, as confirmed by PCA, but this was not reflected in the COD removal.

Conclusions

It is interesting to observe that the obtained EC₅₀ values are well above the usual environmental concentrations. Accordingly, the foam from SFF had no effect on the viability of the inoculated sludge bacteria. Estimating the concentrations in the foam according to the applied dose of AFFF and assuming that SFF Σ PFAS remove of approximately 60% of the Σ PFAS [3] the concentrations in the sludge/foam mixtures should have been well below the EC₅₀ determined by *A.fischeri* assay. No inhibition by AFFF was observed on COD removal in the lab-scale activated sludge process. The microbial community changed but the bacteria maintained or improved their initial activity level. The only observed effect concerned nitrifying bacteria which are well known as a particularly sensitive group.

Contacts: *emilio.briviosforza@unimib.it

Electro-nanobioremediation Technology for In-situ Degradation from Low Permeable Aquifer

*Vojtech Antos¹, Vaclav Sredl¹, Petr Kvapil¹,
Jaroslav Nosek², Tomas Pluhar², Pierre Matz³, Salvador Asensio
Gimenez³, Jose-Javier Garrido³*

¹Photon Water Technology s. r. o., ²Technical University of Liberec, ³SOLVAY s.a.

Electro-Nano-Bioremediation (ENB) is an integrative in-situ technology for in-situ application combining nanoremediation and bioremediation, while using electrical current. Nanoremediation involves the application of (nano and micro-scale) zero-valent iron (nZVI/ μ ZVI) for the remediation of contaminated soils. Electrokinetic system enhances the process of chemical reduction of target contaminants, extends lifetime of nanoiron and at the same time allows to effectively control pH to maintain favorable conditions for bioremediation.

Bioremediation refers to stimulation of microbial communities (such as organohalide-respiring bacteria), to degrade contaminants. The combination of both with electrokinetic treatment, which is the application of low-voltage direct current across a section of contaminated aquifer material, further improves their efficiency. For a successful application of ENB, the choice of the ZVI formulation is critical to achieve a widespread distribution in the soil, effective reactivity with the contaminants and to reduce harm to existing microbial communities already degrading the contaminants. Special substances are utilized to alter the surface of the nZVI material aiming for improved mobility and reactivity. Moreover, they are biologically active substances and may act as substrates for bacteria. The application of an electric field affects the environment and mainly alters the pH value in the groundwater. This can be used as advantageous for the reactivity of nZVI and for the microbial environment. Hence, a thorough selection of monitoring parameters plays a vital role for the successful application of ENB.

Pilot site is situated in Spain. It is industrial area with a complex geological conditions. The site is contaminated with chlorinated hydrocarbons, the dominant pollutant being perchloroethylene - PCE.

At this site was done 12 wells in the application zone and a total of 20 wells in whole area of interest. A DC System Control and Groundwater Real-time Monitoring System was installed at this site.

The first phase of the ERB technology has been implemented, the aim was to reduce the concentrations of pollutants and thus to reduce the toxicity of the rock environment. The dominant pollutant at this pilot site is chlorinated hydrocarbons - mainly PCE. Real-time monitoring of physico-chemical parameters (GW-RTMS) and DC System Control was operated at the pilot site. As a part of the DC-SC technology 100 monitoring and power electrodes were installed for the creation of DC field and DC potential monitoring.

After the installation of both systems, 200 kg of ZVI was injected into the application zone and thanks to electrokinetic system was the iron maintained reactive for the period of time over 12 months, DC current also allow effectively control pH in the aquifer. Physico-chemical monitoring allows to observe and document the expected changes around the anodes and cathodes. Near the anodes, the pH dropped from initial pH10 to values around pH6 and near the cathodes it increased to values over pH11. The redox potential values decreased to values between - 500 to - 200 mV in the vicinity of the cathodes. Regular monitoring for CHC and end products of the degradation was carried out at the site and shows an average relative decrease of 80% in the concentrations of chlorinated hydrocarbons in the surroundings of the cathodes and 47% in the surroundings of the anodes when comparing the baseline and post-injection conditions. A large increase of the end products concentrations (methane, ethane, ethene) of 216% around anodes and 426% around cathodes was observed. As a part of the implementation of the second phase of the ERB, a carbon substrate was injected to support the bacteria.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement N°965945 (project EICLAR).

Keywords: chlorinated hydrocarbons remediation, Electro-Nano-Bioremediation, in-situ degradation technology, zero-valent iron

Contacts: petr.kvapil@photonwater.com (+420 704 296 693),
vaclav.sredl@photonwater.com (+420 724 142 418)

In-situ Electrochemically Enhanced Nanoremediation for PFAS - Successful Site Trial

*Emily Brown¹, Ian Phillipps¹, Petr Kvapil¹, Vaclav Sredl¹,
Jaroslav Nosek²*

Photon Water Technology s. r. o.; 2 Technical University of Liberec

Nanoremediation relies on the use of zero-valent iron nanoparticles (nZVI) in reducing water contaminants. An additional electric field enhances the transport of nanoparticles in an aquifer environment and improves the remediation performance of nZVI. The applied electric field both reduces the adhesion force between nZVI particles and the surfaces of sedimentary rocks and enhances their reactivity and longevity in contaminated groundwater environments. The combination of iron reduction and DC current substantially reduces PFAS concentrations in the aquifer. Large-scale demonstrations at contaminated sites have confirmed the performance of Electro-nanoremediation technology. The overall costs are reduced substantially thanks to the transfer for chemical reduction from the cathodes to contaminants through nZVI and then increasing its longevity. An additional means of reducing costs is the use of less reactive nanocomposite material of zero-valent iron.

The unique stability and surfactant properties of PFAS in combination with its extensive industrial adoption, have created an environmental remediation challenge. With an increasingly stringent regulatory landscape, combined with social and environmental awareness, priority has shifted towards in-situ immobilisation, removal, and destruction in support of traditional and ex-situ PFAS technologies. With a focus on potable and groundwater, effective in-situ technologies will support the pragmatic risk-based combination of synergetic approaches required.

The Trial Location was in Australia at Airport site contaminated by AFFF. Our objective was to confirm the applicability of in-situ electrochemical nanoremediation to reduce the PFAS concentration in groundwater and prevent subsequent migration of PFAS contaminants to the surrounding area.

The presentation delineates a successful application of one such emerging in-situ solution within a contaminated aquifer hotspot. The global first field application of electrochemical nanoremediation of PFAS was delivered with the support of the Australian Government Department of Defence with the objective to empirically demonstrate the technology's efficiency in achieving mass reduction in concentration and flux of PFAS contaminated

groundwater. The successful operation of this pilot project has provided a platform for further investigation and research in soil documented below, in addition to constitute scaled-up opportunities in groundwater remediation.

Showing the technology can be applied and optimized for recreational and drinking water requirements, trial findings reinforced that despite preferential patterns of reduction (aforementioned C-C > C-S) all present species show a decrease in mass concentration. All findings (trial and reactor tests) of mass reduction was consistent with conclusions from post-trial reactor tests and experimental results.

Desktop dilution studies previously distributed establish that this concentration reduction as reflective of a complete bulk reduction as opposed to a dilution affect from injection.

While analysis and correlation factors can be found well by well and as a trial site, the positive correlation for all PFAS species, confirms that reduction in long chain species does not result in short chain PFAS and that precursors or intermediates are not created. Where wells performed well/influenced we saw reduction of PFAS concentrations over 90%.

The combination of iron reduction and DC current substantially reduces PFAS concentrations in the aquifer. In-situ Electrochemical Nanoremediation in this trial demonstrated the ability to reduce the mass and flux of PFAS in groundwater, at a very low environmental impact compared to traditional treatment methods.

The tests performed show that significant reductions in PFAS concentrations average 93%, and up to 100% for specific wells.

- It was made a compliance with NEMP 2.0 drinking and recreational water standards.
- No related by-products and intermediates were detected.
- The immediate effect of concentration reduction of PFAS delivered a sustainable value to the environment and a local community.

Keywords: Nanoremediation, Electro-nanoremediation, PFAS, in-situ degradation technology, zero-valent iron

Contacts: petr.kvapil@photonwater.com (+420 704 296 693),
vaclav.sredl@photonwater.com (+420 724 142 418)

Ab ISCO remediation case in the mountains of Colombia

MSc. María José Villalobos¹, MSc. Eglee Borregales², PhD. Alberto Uribe Jongbloed³, MSc. Sebastián Castellanos⁴

¹CEO Novambientti Soluciones Ambientales; ²Project Director Novambientti Soluciones Ambientales, ³Consultant Novambientti Soluciones Ambientales; ⁴ Project leader Novambientti Soluciones Ambientales

Introduction and study objectives

This is the case of a transformer oil spill (without Polychlorinated Biphenyls - PCB) which occurred in a power substation located in the Colombian forest mountains. This is a region where there is lack of water supply system and as consequence most of surrounding families take water from non-authorized groundwater wells. The spill happened just 20 m away from a small creek putting in risk the water supply. Unfortunately, causes and details of the spill are unknown, and the situation was noticed when personnel from the station felt hydrocarbon smell during an inspection in the area, finding a spill downhill from the station.

As soon as the personnel detected the spill, a contingency plan was kicked off which consisted in the excavation of impacted soil. Excavation was not an easy task, taking into account the difficult access to the area, a high slope and the risk of landslides. The first action was to dispose 40 tons of material in a hazardous waste landfill and from this moment Novambientti executed an environmental inspection in the area which concluded with the removal of 90 additional tons of contaminated soil. The excavation still showed material with hydrocarbons at 2.5 m depth. However, considering the risk of stability at the zone it was decided implement three actions:

- Immediately put the the excavation on hold
- Refill with clean material
- 6 groundwater wells were installed in order to monitor the groundwater quality

Site investigations revealed concentrations of TPH C16 – C35 up to 12.000 mg/kg at a depth of 3 m attached to the silt fraction of the soil; it was also found that the groundwater had no concentration of hydrocarbons. At the end, the Health Risk Assesment with RBCA methodology concluded that the area to be remediated was around 155 m² to a remediation goal of 5.000 mg/kg. Remedial options such as ISCO, PRB and confinement were evaluated. Based on the depth of impact, the slope of the site, the difficult access and the local ecosystem, ISCO was selected as the best available option.

Results and conclusions

According with exploratory studies, the TPH concentration in soil at the site, previous to the beginning of the process, ranged from 1.0 to 1.2×10^4 mg/kg in the immediate vicinity to the substation (north side, around PM-2) at depths between 2.5 to 1.0 m. In the mid-section, near PM-8, concentrations ranged from 6.7×10^3 to 1.1×10^4 mg/kg at depths between 1.5 and 0.5 m. In the lower section, around PM-1, concentrations were measured around 1.1×10^4 mg/kg at a depth of about 1.5 m.

Samples taken near the same points, after about half of the intended treatment had been taken place, showed reductions in concentration to undetectable levels in the lower section (near PM-1); in the mid-section the concentration decreased to 5.5×10^3 mg/kg and remained practically the same (1.1×10^4 mg/kg) in the upper (northern) section. This apparent lack of performance in the latter section might be explained by the presence of free phase, previously unobserved. Nevertheless, the thickness of the free phase diminished as the first treatment went on (Figure 2). Later, with the oxygen diffuse tubes treatment, concentrations in PM-2 decreased one order of magnitude below TPH C16 – C35 aqueous solubility value, while concentrations in the monitoring wells in the site limits were below the analytical method detection limit.

At the end of the treatment, soil affected area was reduced in 44%. An update of the Risk Health Assessment with this new site conditions resulted in acceptable risk for the surrounding families. Also vegetation overtook the area, recovering the original site landscape.

Contacts: mjvillalobos@novambientti.com;
eborregales@novambientti.com; auribej@gmail.com;
scastellanos@novambientti.com

Computational simulation of in situ Thermal Conductive Heating for soil remediation to predict process performance: preliminary results

Filippo Fazzino, Stefano Mauro, Federico Vagliasindi, Pietro Paolo Falciglia

Department of Civil Engineering and Architecture, University of Catania, Viale Santa Sofia, 64, Catania, Italy

Thermal desorption is one of the methods widely applied to remediate soil when contaminated by volatile organic compounds (VOCs) and semi-volatile organic compounds (SVOCs). Thermal desorption relies on soil heating for the vaporization, evaporation, and subsequent desorption of organic pollutants. Among the technologies used for heating up contaminated soils, Thermal Conductive Heating (TCH) is one of the most performing and effective ones for in situ implementation. TCH applications include cylindrical elements, inserted into the contaminated soil, containing electrical resistances capable of heating them up to 1000 °C through Joule effect. The generated heat is then transferred to the surrounding soil through mechanisms of conduction (i.e., exchange of thermal energy by direct contact) and convection (i.e., transport of thermal energy by motion of a fluid). When organic pollutants reach the respective vaporization temperatures and pass to vapor state, they are extracted by extraction wells.

Water vaporization is depicted where the volume fraction of water in liquid phase is reported. Water changed its phase from liquid to gas (blue area corresponding to the 0% of liquid phase) in proximity of the heating elements where heat transfer was larger and quicker. After 10 days, the volume involving such phase transition increased and involved even the part of the volume between the heating elements.

In a perspective of a real TCH application to remediate soil from contamination, it can be concluded that water content in soil on the one hand can facilitate the heat transfer so that making temperature raising quicker as demonstrated by larger values of temperature reached for water saturated soil respect to the dry scenario on the other hand, water is observed to use part of the energy to evaporate so that competing with possible organic contaminants and negatively affecting their desorption rates. These assumptions are consistent with previous findings.

To sum up, this preliminary attempt to model a basic TCH application through Ansys Fluent software would allow to increase the knowledge about how fluid dynamics can affect heat transfer and, thus, process performance. Indeed, as a result of such modeling approach, remediation times and energy consumption of in situ TCH application could be easily estimated already at its design stage. However, more realistic process conditions are planned to be implemented. Indeed, the same operating conditions will be investigated at different contamination states (in terms of type of organic pollutant and its concentration) of the soil. Secondly, the electrical supply needed to heat the elements through Joule effect should be considered. Finally, the numerical simulation should be validated with data obtained from real full-scale in situ TCH applications.

Contacts: filippo.fazzino@unict.it

Green gutter as a Natural Based Solution for mitigation and adaptation strategy in urban environments

Ludovica Bellani¹, Ole Schultz², Fulvio Boano¹, Lineker Max Goulart Coelho²

¹Polytechnic University of Turin, Department of Environmental, Land and Infrastructure Engineering (DIATI), Torino, 10129, Italy, ²Technical University of Denmark, dept. Of Engineering Technology, Ballerup, 2750, Denmark

Introduction

In recent decades, the predominant dissertation has revolved around the issue of climate change, and how human can act to tackle this problem in the urban environment [1]. The overarching goal is the reduction of the causes and the sources of climate change, in order to promote the well-being of the environment, doing the best for it [2]. However, this altruistic pursuit often contends with human predispositions toward self-interest, which are its first concern. A loftier pursuit entails not only mitigating the repercussions and proactively adapting to the yet evolving circumstances, but also doing it in the most natural and environmentally friendly way. Within this paradigm, urban environments emerge as ideal fields where to develop this prospect, particularly through the application of Nature Based Solutions [3]. Cities areas represent focal points where the impacts of climate change will be intensively felt, as they are the heart of the problem, being both victims and sources of it. Numerous sources of pollution and their consequential impacts stem from human activity [4]. Cities must enact integrated policies to achieve greater sustainability, resource efficiency, energy conservation, pollutant reduction, and effective water management [5]. The main goal of this study is to evaluate the efficacy of a gutter as a prospective green wall, in managing water rainfall. The aim is to develop and propose a system capable of mitigating the risk of inundation and flooding, since it would be able to handle extreme rainfall events.

Conclusion

In conclusion, the green gutter system demonstrates significant potential as a mitigation and adaptation strategy for urban water management in the context of climate change. Key finding is the ability to manage the shorter rainfall, so the most intense precipitation events. This could be a significant contribution to enhanced resilience against flooding and inundation, supporting sustainable urban development and climate change adaptation efforts. By effectively delaying peak flow and managing runoff, this system

can contribute to establishing a comprehensive framework for water management within a larger project. This may involve incorporating multiple gutters within a catchment area, strategically distributed at key points. Furthermore, it could be necessary to test the robustness of the system in terms of its ability to handle successive rainfall events and using more realistic rainfall events.

Contacts: ludovicabellani@gmail.com, linco@dtu.dk

Real-Time ISCO Scaling Using HRSC

Elisandra Hernandes da Fonseca¹, Felipe Pereira de Sisto², José Eduardo Blanco Querido³, Carlos Cesar Malta de Oliveira⁴, Sandro Souto de Souto⁵

Industrialization has intensified soil contamination, posing significant threats to the environment and human health. High-resolution site characterization (HRSC) is crucial for understanding hydraulic dynamics and contamination in affected areas.

A lesser-known application of HRSC is facilitating real-time injection rescaling, using the Direct Push method.

During environmental remediation, improper injection and excessive use of oxidants can lead to unnecessary costs and disaggregation of cemented sands, compromising soil stability and increasing contamination pathways. Studies indicate that calcium percarbonate, an oxidant used in environmental remediation, can disrupt the bonds that hold sand particles together by releasing oxygen and creating alkaline conditions. To mitigate this risk, Electrical Conductivity (EC) and Hydraulic Pressure Testing (HPT) measurements can be used to adjust the parameters injection in real time. The current study examines the combination of the ISCO (In Situ Chemical Oxidation) remediation techniques and its rescaling using HRSC.

The study was conducted in an area where the contamination reached significant depths, exceeding 28 meters in some areas, and where the storage zone was composed of silty and concreted sand. This concreted sand exhibited rapid disaggregation in response to chemical oxidation evidenced by an abrupt drop in hydraulic profiling tool(HPT) values. These conditions posed an additional challenge to the site's remediation.

In this context, EC was used to identify the layers where the injection was retained in the soil, while HPT provided data on soil permeability and resistance, helping to monitor the onset of overpressure and disaggregation. The use of HRSC alongside oxidant remediator injection allowed the tracking of these changes and the adjustments of oxidant concentrations, injection pressures and flow rates, preventing the formation of air and water pockets and maintaining soil integrity during remediation.

The proposed methodology optimizes remediation, preserves soil integrity and enhances the sustainability and effectiveness of operations, particularly in areas with cemented sand and tropical soils. This study underscores the importance of innovative techniques in the investigation and remediation of hydrocarbon-contaminated areas.

Keywords: Remediation; HRSC; Injection; ISCO

Contacts:

¹ elisandra@finkler.eng.br (+55 53 98476-1040),

² felipes@finkler.eng.br

³ eduardo@finkler.eng.br

⁴ cesar@finkler.eng.br

⁵ sandro@finkler.eng.br

Compound-Specific Isotope Analysis (CSIA) to Assess Bioremediation and Source Forensics of Chlorinated solvents in Groundwater: Applications and Field Case Studies

Sergio Gil Villalba¹, Erica Oldani², Luca Alberti², Orfan Shouakar-Stash¹, Massimo Marchesi³

¹Isotope Tracer Technologies Labs, Viale Lombardia, 11, 20131 Milano, Italy (speaker) and 608 Weber St. N., Unit 3, Waterloo, Ontario, Canada N2V 1K4, ²Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Piazza L. Da Vinci 32, 20133 Milano, Italy, ³Department of Earth Sciences, Università la Sapienza Roma, Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma

Abstract

Compound-Specific Isotope Analysis (CSIA) is an advanced and reliable analytical tool with significant application potential in contaminant hydrology for characterization and remediation purposes. In multiple-line-of-evidence approaches, CSIA often provides key information for developing conceptual site models and implementing pollution control measures, making it a widely recommended method by numerous guidelines and environmental authorities internationally.

Multi-element CSIA, such as two-dimensional (¹³C and ³⁷Cl) stable isotope analysis, represents an advanced approach for tracing and characterizing groundwater contamination plumes, distinguishing different sources, and determining the time-frame of release. It can also provide direct evidence of organic contaminant degradation in bioremediation projects, enabling the assessment of remediation performance and differentiation of microbial metabolic pathways.

Despite its increasing importance in contaminated site management and environmental forensic investigations, broader adoption of CSIA is often limited by the availability of validated methods and specialized laboratories. Our work aims to combine isotopic data with biogeochemical and molecular lines of evidence to provide integrated, result-oriented analytical and consulting solutions, as well as to advance knowledge in the field.

We present an overview of the principles and potential applications of CSIA, along with relevant field-scale studies. Examples will include multi-isotope fingerprinting of tetrachloroethylene in a historically contaminated aquifer, as well as a case of long-term use of CSIA to assess Enhanced Natural

Attenuation (ENA) at a complex, heterogeneous chlorohydrocarbon-contaminated brownfield. In these contexts, the use of CSIA allowed us to (i) identify pollution sources and differentiate clusters of contamination with a $^{13}\text{C}/^{37}\text{Cl}$ dual approach, and (ii) characterize biodegradation at all stages of the remediation project (pilot test, pre- and post-operation monitoring). Overall, in every case study, CSIA promoted more sustainable and cost-effective approaches to groundwater monitoring and remediation of legacy contaminants.

Keywords: stable isotope analysis, CSIA. Bioremediation, chlorinated hydrocarbons, groundwater pollution

*Contacts: sergiogilv@it2europe.com (+39 3755761962),
erica.oldani@polimi.it, luca.alberti@polimi.it,
shoukarstash@it2isotopes.com, massimo.marchesi@uniroma1.it*

Large scale risk assessment methodologies for potentially contaminated sites and diffuse contamination

Giulia Minolfi^{1,2}, Elisa Giubilato², Alex Zabeo², Lisa Pizzol²

¹ Ca' Foscari University Venice, Italy (speaker), ²GreenDecision srl, Italy

In the framework of the EU Soil Strategy for 2030, as part of the European Green Deal, the European Commission published in 2023 the text for a proposal of a Soil Monitoring and Resilience Law with the aim of adopting a common risk-based approach for managing potentially contaminated sites, necessary to reach the long-term objective, by 2050, to reduce soil pollution to levels no longer considered harmful to human health and natural ecosystems.

The medium-term objective, by 2030, is to achieve a significant progress in the remediation of contaminated sites and in that context stands the Information-based Strategies for LAND Remediation (ISLANDR) project, funded by H2020 Programme. One of the main ISLANDR objectives is to develop Regional Risk Assessment (RRA) methodologies for the identification of contamination hotspots where soil contamination should be managed to avoid further diffusion.

To this aim, we will improve the traditional Source-Pathways-Receptor (S-P-R) conceptual model to be applied at regional scale starting from the state-of-the-art methods in this field (EEA, 2005, Pizzol et al., 2011, Minolfi et al., 2016). Accordingly, two different methodologies are being developed and applied to a case study selected among ISLANDR Test Areas (ITAs).

The first methodology aims to prioritize the potentially contaminated sites to be further characterized, by means of the relative risk generated by the identified sources to potential regional receptors. The potentially contaminated sites are those where an anthropic activity is or has been operated and may have caused soil contamination (Van-Camp et al., 2004). Potentially point sources from industrial and commercial land use are considered, including current activities, industrial plants no longer in operation, improper municipal and industrial waste disposals, etc. Once the sources of pollution have been identified, it is necessary to assess the pathways contaminants follow from soils towards human receptors and other environment's compartments. The main recognized regional receptors are i) humans that can be exposed to contaminants in soil through ingestion (eating or drinking), dermal exposure (skin contact) or inhalation (breathing); ii) groundwaters; iii) surface waters; iv) protected areas. Groundwaters and surface waters are considered at the same time as

potential receptors and as contaminant transport media towards other receptors.

The second methodology will be extended to assess regional diffuse soil contamination by including EU-wide monitoring data reviewed and elaborated in the project. Diffuse contamination deriving from large-scale atmospheric transport or several dispersed sources such as agriculture or flooding events, can diffusely contaminate the topsoil. From there contaminants can further migrate through the identified pathways: they can be spread by wind, or leached to deeper soil layers or groundwater, or be transported to surface waters through run-off (Van Gestel et al., 2022). The starting point for diffuse contamination risk assessment is to collect available data on soil contamination. The quantitative information of inorganic and organic compounds will constitute the hazard analysis. In both methodologies geospatial analysis in a GIS platform will help to address the spatial relationship between the sources and the receptors, and to effectively identify the sites or areas posing the most significant risk at the regional scale.

Keywords: (Up to 5 keywords) soil, monitoring, regional assessment, risk, contamination

*Contacts: giulia.minolfi@unive.it (+39 3334659168),
elisa.giubilato@greendecision.eu, alex.zabeo@greendecision.eu,
lisa.pizzol@greendecision.eu.*

Environmental Modelling and Simulation for Decision-Making in Health Risk Mitigation: A Case Study on Dengue

Ferdinando Spagnolo^{1,2,3}, Alberto Autore¹, Claudia Curcio³, Florigio Lista¹

¹ Istituto di Scienze Biomediche della Difesa, ² Centro Alti Studi della Difesa, ³ Università di Torino Dipartimento di Biotecnologie Molecolari e Scienze per la Salute

Introduction

The increasing incidence of vector-borne diseases like Dengue represents a significant global health risk, particularly in the context of climate change that alter habitats and living conditions of vector-pathogen pairs. The European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) reported 3,350 dengue cases in the EU/EEA in 2019, with a rate of 0.7 cases per 100,000 population [1]. The likelihood of dengue becoming endemic in southern Europe, including Italy [2], due to climate change, along with the rising cases reported by Italy's National Institute of Health, serves to highlight the study's relevance. As of June 10, 2024, Italy reported 259 confirmed cases of dengue fever, all associated with travel abroad, indicating potential local transmission [3]. It is important to note that dengue in Italy can be transmitted by both *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, necessitating the implementation of proactive measures.

Traditional methods for monitoring and surveillance these diseases are often reactive and resource-intensive. This paper presents an innovative conceptual model and simulation for automated data collection and processing to support decision-making aimed at mitigating health risks, using dengue epidemiological models and open-source tools. The conceptual model developed includes territory classification based on morphological and climatic characteristics, population density, insect population dynamics, and dengue epidemiological models. These models consider the spread of all four dengue serotypes (DENV-1, DENV-2, DENV-3, and DENV-4) and vaccination coverage in the population. Data from health monitoring and surveillance campaigns will be used to recalibrate these models, enhancing simulation accuracy and precision.

Conclusion

The study indicates that while the introduction of infected mosquitoes had a limited impact, the importation of dengue-positive individuals from high-

prevalence areas during peak mosquito suitability periods can result in a significant local outbreak. In the absence of mitigation measures, the prevalence of dengue can reach 15-20% within 40 days. Nevertheless, the implementation of timely interventions, such as targeted disinfestation by day 10, can significantly reduce the incidence of cases, limiting their occurrence to a brief window between 60 and 70 days. Consequently, prompt decision making is essential to prevent the introduction of dengue. The Environmental suitability index could be employed as a proxy to plan any efficient environmental mitigation measure.

Future Work

Future research should focus on refining the model by incorporating more detailed data on human movement patterns and mosquito behavior. Additionally, exploring the impact of different vaccination strategies and improving real-time data integration from surveillance systems could enhance the model's predictive accuracy and effectiveness in guiding public health interventions. Furthermore, extending the study to include other regions and vector-borne diseases will facilitate a more comprehensive understanding of disease management strategies.

Contacts: casezramb@isbd.difesa.it

High Chain Hydrocarbon Soil Remediation with Advanced Oxidation T.E.S.T Technology Case Study

Jamie Davidson, Remy Kalai,

BEng Hons American Petroleum Institute

Oil-contaminated soil is one of the most concerning problems due to its potential damage to humans, animals, and the environment. Currently industry worldwide is facing significant challenges following increasing focus on environmental rules, regulations, and compliance. As a result, Companies and Governments are facing increased current and historical liabilities and pressure to achieve the highest levels of environmental performance.

This presentation will cover a real-life case study for the world's first economically advanced oxidation solution for effective and rapid treatment of high chain hydrocarbons in soil. It will provide an overview of the T.E.S.T technology, treatment plant process overview and project progress and results to date (successful treatment below 1% TPH) including enhancements in technology/treatment process for separation and removal of Asphaltenes, Paraffins, and Waxes.

This project case study is for a United Nations Compensation Commission (UNCC) supported program and the largest environmental treatment and rehabilitation project in the world, with a total impacted area of approximately 114 square kilometers and an estimated volume of over 29 million cubic meters of highly contaminated soil (<15% TPH).

Keywords: Soil, Remediation, Hydrocarbons, Advanced-Oxidation, Ex-Situ

Contacts: JDavidson@amerapex.com, RKalai@amerapex.com

INTECH4WATER: contaminant removal using microalgae towards an integrated wastewater treatment approach

**M. Melis¹, C. Baldisserotto¹, T. Chenet¹, L. Ferroni¹, M. Blosi², A. Costa²,
B. Esposito³, L. Sciubba⁴, R. Guzzinati⁴, S. Busi⁴, E. Carfagna⁵, S.
Pancaldi^{1,6,*}**

¹Department of Environmental and Prevention Sciences, University of Ferrara, C.so Ercole I d'Este, 32, 44121 Ferrara, Italy, ²Institute of Science, Technology and Sustainability for Development of Ceramic Materials, National Research Council, Via Granarolo, 64, 48018, Faenza (RA), Italy, ³Proambiente S.C.r.l. Via P. Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy, ⁴ENEA—LEA Laboratory for the Environment, Via Martiri di Monte Sole 4, 40129 Bologna, Italy, ⁵Department of Statistical Sciences, University of Bologna, Via Belle Arti 41, 40126 Bologna, Italy, ⁶Terra&Acqua Tech Laboratory, Technopole of Ferrara University, Via Saragat, 13, 44122 Ferrara, Italy

Introduction and Study Objectives

Population growth and industrial development over recent centuries have led to increasing use of water resources and consequent production of wastewater (WW), which can contain a wide range of contaminants such as inorganic nutrients (N and P), potentially pathogenic microorganisms, and heavy metals. However, a new category of emerging pollutants (EPs) is causing concern: these include pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) such as antibiotics, microplastics (MPs), bisphenols and phthalates. These substances are often not removed by conventional methods used in municipal wastewater treatment plants (WWTP) and are released into the environment with obvious risks to the ecosystems and human health. The imperative to develop treatment methodologies that effectively address both traditional pollutants and EPs has given rise to the project Integrated TECHNOlogies for pollutants in (waste)WATER services (INTECH4WATER). The main aim of the project is to develop an innovative integration of advanced biological and physico-chemical methods to design a flexible and modular prototype for treating WW from the sludge thickening process at the HERA SpA treatment plant in Ferrara, Italy. This WW contains high levels of nutrients, MPs, EPs and harmful bacteria (e.g., E. coli). The project involves the collaboration of five working groups: Terra&Acqua Tech from the University of Ferrara (T&A Tech) brings specific expertise in using microalgae-based methods and chemical-analytical skills for analysing EPs. The ENEA-Ambiente Laboratory (ENEA LEA) is specialised in UV-based technologies for monitoring and treating WW

containing EPs. Proambiente SCrl has expertise in purifying water from EPs using Advanced Oxidation Process (AOP) techniques. Additionally, in collaboration with ENEA, Proambiente will set-up an ozonisation methodology. The Institute of Science, Technology, and Sustainability for the Development of Ceramic Materials (CNR-ISSMC) will focus on constructing ceramic/photocatalytic/adsorbent filters for removing heavy metals, organic pollutants, and pathogenic microorganisms. Finally, the Interdepartmental Centre for Industrial Research, Renewable Resources, Environment, Sea and Energy (CIRI FRAME) at the University of Bologna will perform statistical analyses of all experimental data, using machine learning and artificial intelligence to optimise the experimental design and reduce time and resource use. The companies participating in the project are HERA SpA Ferrara, where a prototype for WW treatment with microalgae is already installed; CIFO srl and Biolchim SpA, which is active in the formulation and production of agricultural products; and Naturedulis srl, which operates in the mollusc farming sector. The involvement of these companies allows for the transfer of laboratory-scale results and the testing and validation of technologies on different industrial WW. The project involves three phases: the first phase consists of laboratory-scale testing of the five selected technologies for the removal of contaminants, both on synthetic and real wastewater (TRL4). Moving to the second phase, the focus shifts to transferring the laboratory-developed technologies to an existing prototype at the HERA treatment plant. This prototype will serve as a field laboratory for validating data and refining a second prototype that integrates the most effective technologies (TRL8). In the third phase, the tests will expand to prototype scale using wash water from agricultural product production processes and WW from mollusc farming (TRL7). By implementing these technologies, the project aims not only to develop safe and sustainable treatment processes, but also to enhance the value of municipal and industrial WW by-products, aligning with principles of a circular economy. The project is currently in the first phase, which involves analysing wastewater provided by HERA-Ferrara, preparing synthetic water samples, and conducting phycoremediation tests on wastewater from CIFO. Specifically, these tests aim to reduce the nutrient and zinc load using the green microalgae *N. oleoabundans*.

Results and Conclusions

The microalgal cultures initially recorded limited growth, likely due to the adhesion of algae to the walls of the flasks caused by the high production of mucopolysaccharides, as highlighted by Alcian blue staining. Following the mechanical removal of the adhered algae, the data obtained from

optical density measurements and dry biomass showed significantly higher values than the initial ones. Electron microscopy revealed significant cellular changes likely caused by zinc-induced oxidative stress. The analyses showed a 60% reduction of P-PO₄³⁻ concentrations compared to the control and a complete reduction of zinc load. These results indicate promising potential for the use of *N. oleoabundans* in reducing phosphorus and zinc concentrations and suggest interesting developments in algal biomass separation strategies for phytoremediation.

Contacts: imonetta.pancaldi@unife.it

LNAPL Infiltration and Redistribution in Heterogeneous Porous Media under Water Table Fluctuations

Lazzat Amangaliyeva^{1,2}, Nurzhaugan Omiraliyeva³, Maxime Cochennec¹, Eric van Hullebusch², Stéfan Colombano¹, Sagyn Omirbekov³, Dorian Davarzani¹

¹ BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), 3 avenue Claude Guillemin, Orléans, 45100, France

² Université Paris Cité, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, F-75005, Paris, France

³ National Laboratory Astana, Nazarbayev University, 53 Kabanbay batyr Ave., 010000, Astana, Kazakhstan

Abstract

Background/Objectives. LNAPLs (light non-aqueous phase liquids), such as petroleum hydrocarbons, can adversely impact groundwater quality and necessitate effective remediation strategies. The behavior of LNAPLs is influenced, among other phenomena, by the complex interplay between the heterogeneity of the porous media and the dynamic fluctuations of the water table. Therefore, a comprehensive experimental investigation is crucial to unravel the intricate mechanisms governing LNAPL infiltration and redistribution in heterogeneous subsurface environments. This study aims to provide valuable insights into the impact of porous media heterogeneity on LNAPL behaviour under varying water table conditions, thereby enhancing our understanding of subsurface contaminant transport and aiding the development of improved remediation approaches.

Approach/Activities. The experimental setup involved the use of a rectangular cuboidal tank made of polyvinylidene fluoride (PVDF) with dimensions of 50 cm × 30 cm × 8.5 cm, referred to as the 2D tank. To simulate heterogeneity, the tank was packed with sand of 1-1.3 mm size, containing low permeability lenses in the centre part. The tank was equipped with 15 Time Domain Reflectometry (TDR) probes to measure bulk permittivity and convert it to phase saturation. Relative permittivity data was acquired and saved using a data logger. Injection/pumping nozzles, a digital camera, and light adjustment equipment were installed for photographing and optimizing image contrast.

The experimental process began by saturating the tank with water and then draining it to 2/3 of its height, creating unsaturated and saturated

zones. LNAPL (diesel fuel) infiltration was subsequently performed from the top centre of the tank. Imbibition and drainage scenarios were conducted at constant flow rates, while photographs were taken and permittivity measurements were recorded using TDR probes. The entire process was repeated for three scenarios of imbibition and drainage, with two different temperatures of 10°C and 20°C employed in the experiments.

Results/Lessons Learned. An increase in the number of drainage-imbibition cycles leads to an increase in the trapped LNAPL in the water-saturated zones during imbibition. Heterogeneity plays a significant role in the redistribution of LNAPL in porous media during water table variations. During imbibition, a portion of the LNAPL becomes trapped beneath low-permeable lenses and is subsequently remobilized during drainage. We found that a 10°C temperature increase significantly reduces the residual LNAPL saturation in the unsaturated zone during drainage. This reduction can be attributed to the decrease in interfacial tension between the two-phase fluids and the decrease in diesel viscosity with increasing temperature. The results of the current study are noted to be of deep importance in understanding of the LNAPL distribution in the subsurface environment. It brings us closer to a deeper understanding of the pollutant behaviour in heterogeneous conditions, which is the subsurface environment. According to the results of the current study, we can state that the geological condition of the natural source zone of depletion and temperature should be taken into consideration. It is also significant to consider the fluctuations in the groundwater level for proper management of future remediation actions.

Keywords: LNAPL pollution, soil remediation, multiphase flow, characterization of groundwater pollution, water table fluctuation

Contacts: l.amangaliyeva@brgm.fr

Sustainability of PFAS-remediation: Comparison of in situ Barriers and Pump&Treat

Matthias Sumann¹, Jarno Laitinen², Gareth Leonard³ and Marcello Carboni⁴

¹ Ramboll Germany, ² Ramboll Finland, ³Regenesi UK, ⁴Regenesi Italy

Abstract

The group of substances known as Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances (PFAS) have gained attention in the field of contaminated land contamination due to their special properties. These properties are also responsible for the fact that currently available technical remediation options are often limited to migration risk containment, mostly through Pump & Treat systems. As a supposedly more sustainable alternative, colloidal activated carbon (CAC) has been available for some years. In this process, CAC is introduced into PFAS-contaminated soils and groundwater to coat solid surfaces with a thin layer of activated carbon that adsorbs PFAS. By retaining PFAS within an injectable, permeable, and reactive barrier, pollutant concentrations in the downstream plume can be reduced to a level that diminishes or obviates the need for further remediation measures.

Ramboll has conducted a study to analyze whether the use of CAC leads to increased sustainability compared to the conventional Pump & Treat approach. For the Pump & Treat system, two decontamination processes were considered alternatively. The CAC product compared was PlumeStop® by Regenesi. Ramboll carried out a life cycle analysis (LCA) with respect to remediation costs and the production of greenhouse gases (carbon footprint) in accordance with ISO standards for LCAs. Furthermore, a sustainability assessment was performed for each method using the SURE (Sustainable REmediation) model by Ramboll, which considered 15 sustainability indicators.

The presentation will briefly examine the two remediation methods and then describe the comprehensive sustainability analysis using multiple methodologies. Finally, the results of the comparative study will be presented and the most important lessons from the analysis concerning the sustainable remediation of PFAS will be discussed.

Keywords: PFAS, LCA, Sustainability, Multi-Criteria-Analyses, reactive barrier

Contacts: matthias.sumann@ramboll.com (+49 1520 9395630), jarno.laitinen@ramboll.fi, gleonard@regenesi.com, marcello.carboni@regenesi.com

Exploring the Potential of Reduced Graphene Oxide (rGO) to Mitigate Copper and Nickel Stress in *Lemna minor* plants

Marco D'Eugenio^{1,2,3}, Barbara Casentini², M. Adelaide Iannelli³

¹ Department of Environmental Biology, Sapienza Università di Roma, Rome, Italy

² Water Research Institute, National Research Council (IRSA-CNR) Montelibretti (Rome), Italy

³ Institute of Agricultural Biology and Biotechnology, National Research Council (IBBA-CNR), Montelibretti, Rome, Italy

Abstract

Graphene-based materials (GBMs), like reduced graphene oxide (rGO), are attracting interest due to their unique properties. These materials are being explored for various uses, including environmental cleanup where they can potentially remove and capture metal ions from the environment. This study explores the potential of reduced graphene oxide (rGO) to mitigate metal stress in *Lemna minor* 5500 through its adsorption capacity. We investigated the co-exposure effects of nickel (Ni) and copper (Cu) on the duckweed plant, leveraging their documented differences in affinity for rGO to gain insights into the underlying mechanisms. *L. minor* is a widely used model aquatic plant in ecotoxicology due to its sensitivity to environmental pollutants, including heavy metals like Ni and Cu, frequently released into the environment through human activities.

Experimental set-up included different treatments (in triplicate): control plants (CP) in mineral water, plants with rGO (1 mg/L) (PG), plants exposed to either Cu (1 mg/L) or Ni (1.3 mg/L) (PM) and plants exposed to a combination of rGO (1 mg/L) and either Cu (1 mg/L) or Ni (1.3 mg/L) (PGM).

The physiological effects of the different treatments on *Lemna* plants were evaluated after 0, 7 (T7) and 14 (T14) days through: growth analyses and relative growth rate (RGR) to quantify plant biomass accumulation; pigments (chlorophyll and carotenoids) content to determine potential changes in photosynthetic activity; oxidative

stress response to investigate the induction of cellular stress mechanisms; metal content in plants and medium to quantify metal uptake and potential rGO influence on metal mobility; relative bioconcentration factor (BCF) to evaluate metal accumulation within the plants respect to the surrounding medium. Ni exposure resulted in a statistically significant reduction (11%) in biomass at T14 respect to the CP. Conversely, PG plants displayed a statistically significant increase (27%) in total chlorophyll content already after 7 days respect to PM.

Cu exposure significantly reduced biomass (20%) by T14 in PM compared to CP. This effect was not statistically significant at T7, although a similar trend of RGR was observed. Interestingly, rGO treatment appeared to mitigate Cu stress. After 14 days, PGM plants showed a statistically significant increase in carotenoid content (43%) compared to PM, while total chlorophyll content also increased by 65% (though not statistically significant). These findings suggest rGO may alleviate Cu-induced stress on *L. minor*, potentially through enhanced chlorophyll and carotenoid production.

Copper accumulation in the PGM treatment was 25% lower than in the PM treatment after only seven days, suggesting its greater effectiveness in reducing copper accumulation. Our findings from the Cu co-exposure experiment support the hypothesis that GBMs can reduce metal bioavailability for plants. Ni uptake wasn't affected by rGO, suggesting a need for further study on this metal-rGO interaction. These results suggest a potential link between the observed effects and the differing affinities that Cu and Ni may have for rGO. While *L. minor* accumulated both metals but showed reduced biomass, requiring investigation for phytoremediation suitability. Large-scale experiments with various GBMs and selected Lemna clones could be valuable for phytoremediation applications.

Keywords: (Up to 5 keywords) Graphene based materials; Reduced graphene oxide; *Lemna minor*; Copper; Nickel.

REMTECH e REMTECH EUROPE risanamento e riqualificazione

Contacts: (+39 3 marco.deugenio@uniroma1.it484247308),
barbara.casentini@cnr.it, mariaadelaide.iannelli@cnr.it

Synergism of Endophytic Microbiota and Plants Promotes the Removal of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from the Alfalfa Rhizosphere

Longfei Jiang¹, Xianghui Cheng¹, Chunling Luo¹

¹ Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences

Abstract

Microbial remediation is a low-cost and environmentally friendly biotechnology for the degradation of organic pollutants. Endophytes survive in plant tissues and show higher activity in the rhizosphere compared with other microbes and can promote plant growth and accelerate pollutant degradation. However, it is unclear whether endophytic consortia (Consortium_E) are capable of stable colonisation and with high organic pollutants degradation ability. Here, we isolated polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degrading Consortium_E from alfalfa and inoculated them into the rhizosphere to enhance endophytic bacteria survival and promote PAHs degradation. Rhizosphere-inoculated Consortium_E enhanced PAHs degradation rates by 11.5–13.1% compared with sole bioaugmentation and plant treatments. Stable-isotope-probing (SIP), a method directly associate microbial identity and function without isolation and culture, were introduced to identify the degraders *in situ*, and the results showed that the rhizosphere-inoculated Consortium_E had the largest number of degraders (8 amplicon sequence variants). Partical microbes from Consortium_E were labeled by ¹³C in bioaugmentation treatments, indicating their directly participated in phenanthrene metabolism. Interestingly, Consortium_E reshaped the community structure of degraders without significantly altering the rhizosphere community structure and strengthened the core position of degraders in the network, facilitating close interactions between degraders and non-degraders in the rhizosphere, which were crucial for ensuring stable functionality. The coupling effect between plants and Consortium_E significantly enhanced the upregulation of aromatic hydrocarbon degradation and auxiliary degradation pathways in the rhizosphere.

These pathways showed a non-significant increasing trend in the uninoculated rhizosphere compared with the control, indicating that Consortium_E primarily promotes rhizosphere effects. Besides, the interaction between plants and Consortium_E significantly increased the gene abundance related to coenzymes, iron carriers, hemoglobin, and vitamins, which positively correlated with the degradation rate of PAHs, suggesting that they may provide nutrients and suitable environments for degraders to enhance PAHs metabolism. Our results explore the Consortium_E bioaugmentation mechanism, providing a theoretical basis for the ecological restoration of contaminated soils.

Keywords: Polycyclic aromatic hydrocarbons; Endophytic consortia; DNA-stable isotope probe; Plant-microbial interaction

Contacts: jianglongfei@gig.ac.cn (+86 18620671184), Xianghui Cheng23@163.com, clluo@gig.ac.cn.

Photoelectrocatalytic advanced oxidation of PFAS in groundwater and liquid waste

*Silvia Franz*¹, *Alessandro Pietro Tucci*¹, *Massimiliano Bestetti*^{1,2},
*Paolo Ronco*³

¹ *Politecnico di Milano, Dept. of Chemistry, Materials and Chemical Engineering “G.Natta”, SurfaceLAB – Laboratory of Surface Engineering and Applied Electrochemistry “Roberto Piontelli, Milano, Italy.*

² *The Weinberg Research Center, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia.*

³ *Viacqua spa, Vicenza, Italy.*

Abstract

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) are a class of man-made organofluoride compounds (> 10000) which have been widely employed in several industrial and commercial applications. However, the majority of PFASs are persistent, mobile in the environment and bioaccumulative. Recent studies claim that PFASs pose severe risks to public health and to the environment, and initiatives are being implemented to address both regulatory and remedial measures. In this context, in 2022 CAPTURE was selected by the EU among the projects aimed to manage PFAS contamination. The overarching objective of LIFE CAPTURE is to develop sustainable management methods for dealing with PFASs in soil and groundwater.

Photoelectrocatalysis (PEC) is among the remediation technologies proposed as part of the LIFE CAPTURE project. PEC has been applied to liquid waste, as part of a treatment train aiming to remediate polluted soil, and to groundwater from the Veneto region, where a well-known PFAS contamination is still present. The total concentration of PFASs was in the range 24 – 873 ng/L in groundwater and 35 – 47286 ng/L in the liquid waste. PEC experiments were performed in a laboratory-scale reactor fully described elsewhere. Photolysis tests were also performed for comparison.

Based on the available analytical protocol, which included more than 50 target PFASs, liquid waste mostly contained 6:2 FTS. After 13 h of

PEC processing, the concentration of 6:2 FTS decreased from 44.5 µg/L to 3.6 µg/L. Short- and long-chain PFASs were transiently formed and finally oxidized during the process, suggesting the presence of a large quantity of untargeted long-chain PFASs.

Based on electrical energy for order (E_{EO}) values relative to PFOA degradation, the energy requirement of PEC was comparable to the less energy-consuming techniques known in literature, i.e. plasma treatment and advanced reduction processes.

Current results demonstrate that PEC can be a viable technology for the oxidation of PFAS in liquid waste and groundwater. Further efforts are needed in order to deepen the knowledge on reaction mechanisms and scale-up the process.

Keywords: Photoelectrocatalysis; PFAS; liquid waste; groundwater; Electric energy for order of magnitude

*Contacts: silvia.franz@polimi.it (+39 3894717516),
alessandro1.tucci@polimi.it, massimiliano.bestetti@polimi.it,
paolo.ronco@viacqua.it.*

High concentration of odor waste gas was important for the maintenance of a deodorant microbial community of Biological trickling deodorant tower

QiuLi Wang(Hyacinth wong)

Introduction and study objectives

Biological trickling filter deodorant technology has much Advantages such as cost effective , free from secondary pollution, good deodorization effect, low operation cost etc. Factors that may affect the biological trickling fiber deodorizing efficiency include : composition and concentration of inlet odorous gas, pH and temperature of biological trickling filter tower, nutrients for microbial, the microbial community as well as packing material. The availability of nutrients had important effect on the growth and metabolism of microorganisms on the Biological trickling deodorant tower.

In this study, Bio-tricking filter was used for removal of odorant gas which contain hydrogen sulfide of B3 pump station of Shanghai Songjiang Municipal Domestic Sewage Treatment Plant. To investigate the difference of microbial community composition of Biological trickling deodorant tower under condition of deodorant process with odor waste gas supply and no-deodorant process without odor waste gas, a metagenome approach was adopted.

Conclusion

After one years of operation without nutrient supply to the deodorant tower, the efficiency of deodorant treatment remain steady, the biological trickling towers of B3 pumping stations operated well. B3 pumping station meets the emission standard of Shanghai Emission Standard DB31/1025-2016, and B3 pumping station discharge outlet meets the factory board level 1 standard of GB14554-93 "Emission Standard of Odor Pollutants". This indicates that , due to the high concentration of ordorours gas pollutants emitted by wastewater such as hydrogen sulfide (H₂S) and ammonia (NH₃) with .

B3 pumping station can perform well without nutrient supply for one year. The bacteria used for the odor treatment system of Shanghai Songjiang B3 Pumping station include chemergic inorganic autotrophic sulfur bacteria, such as thiobacillus ferrooxidans, thiobacillus thiooxide, , and facultive autotrophic sulfur oxidizing bacteria. While, under process without odor waste gas, the microbial community composition of biological trickling filter deodorant tower changed dramatically, which suggested that high concentration of odor waste gas was important for the maintenance of a deodorant microbial community.

Contacts: susannawql@hotmail.com

SMART4ENV Project: Enhancing the Scientific Capacity of TUBITAK MAM in the Field of Smart Environmental Technologies For Climate Change Challenges

Selda Hocaoglu¹, Burcu Kiran^{1*}, Sebnem Aynur¹, Fatone, F.², Salas, S.P.³, Maletsky, Z.⁴, Piccinetti, L⁵.

¹*TUBITAK Marmara Research Center (TUBITAK MAM) (Speaker)*

²*Università Politecnica delle Marche (UNIVPM)*

³*Fundacio Universitaria Balmes (UVIC-UCC)*

⁴*Norges Miljø-Og Biovitenskaplige Universitet (NMBU)*

⁵*Sustainable Innovation Technology Services Limited (SITES)*

The EU Green Deal Strategy defined tackling climate and environmental-related challenges as “this generation’s” defining task. Digital solutions have the power to deliver substantial environmental gains through increased efficiencies and have increasingly been deployed in improving environmental sustainability. One of the key areas the European Council encourages the Commission to act in are digital solutions for climate mitigation. Digital technologies offer hardware, software, and equipment infrastructure to enable more connected, intelligent, efficient, and responsive systems and services. All this translates into concrete benefits for environmental resources management utilities. SMART4ENV Project aims to improve capacities for stimulating scientific excellence in key applications of Smart Environmental Solutions (SES) for the mitigation and adaptation to climate change of economies while strengthening consortium’s scientific reputation, attractiveness and networking channels. At scientific level, it is expected to enlarge the community of competitive prestigious researchers in SES, stronger and better-connected to a core of international and relevant R&I systems, supported by skilled R&I managers with their international networks. At social level, it is expected an improvement in environmental quality, public health,

improved customer experience and communication, a better mitigation and adaptation to climate change because of new SES for intelligent, connected, and responsive environmental services and a sustainable use of water and resilient treatment systems with stable effluents quality. At an economic level, the project will contribute to the development of an innovative SES industry and the profitability of regional companies through new product development, process improvements, innovation support, and job creation.

The project strategy is based on building a sustainable framework for research capacity, step up excellence and active international networking. First pillar assesses current capacity while analysing capabilities to gain experience and competence for achieving targeted aims. Then, based on the gap analysis, actions will be determined by considering Turkiye's national priorities and a roadmap will be established, which will evolve throughout the project. In the second pillar, sustainability actions will be carried out to improve viable institutional networking and collaboration. The third pillar includes a continuous outreach and stakeholder-oriented events following the implementation of Project communication and dissemination strategy. The research part is composed of 6 case studies. The case studies will favour innovative solution finding and transferring know-how, lessons learnt and best practices through networking activities while developing capacity building and dissemination.

SMART4ENV is funded by the European Commission's Horizon Europe Widera Programme for three years starting in November 2022 (GA No:101079251). The project is led by TUBITAK MAM, and involves partners UNIVPM (Italy), UVIC-UCC (Spain), NMBU (Norway), SITES (Ireland).

Keywords: smart environmental solutions, digitalization, climate change

Contacts: burcu.uyusur@tubitak.gov.tr (+90 262 677 2919),
selda.murat@tubitak.gov.tr, sebnem.aynur@tubitak.gov.tr,
f.fatone@staff.univpm.it, sergio.ponsa@uvic.cat,
zakhar.maletskyi@nmbu.no, leonardo@sinnovations.org

Application of biosorption technology for PFAS removal in water

Marta Senofonte¹, Giulia Simonetti¹, Stefano Parisi¹, Carmela Riccardi², Marco Petrangeli Papini¹

¹ *Department of Chemistry, University of Rome "La Sapienza", Rome, Italy*

² *Department of technological innovations and safety of plants, products and anthropic settlements, National Institute for Insurance against Accidents at Work (INAIL), Rome, Italy*

Abstract

PFAS are a variety of ecologically persistent compounds of anthropogenic origin, loosely included in many industrial products, in which the carbon chain can be fully (perfluoroalkyl substances) or partially (polyfluoroalkyl substances) fluorinated. Because of their increasing ubiquitous presence in many environmental compartments over the years, and highly long-lasting nature, the scientific community had to deal with the possible adverse effects of PFAS on ecosystem and human health. Among the wide range of technologies, adsorption is the most cost-effective and environmentally sustainable method for the removal of PFAS in aqueous media. In this study, it was tested an eco-friendly adsorbent (Pinewood biochar, PW) in comparison to the well-known activated carbon material (AC) used in remediation, and a functionalization procedure with surfactants was also developed in order to enhance its adsorption [2]. This work focused on the treatment of aqueous solutions contaminated by 4 PFAS compounds belonging to the subgroup of perfluoroalkyl acids (PFAA), which are the most prevalent in terms of environmental contamination (Perfluorobutanoic acid, PFBA; Perfluorobutansulfonic acid, PFBS; Perfluorooctanesulfonic acid, PFOS; Perfluorooctanoic acid, PFOA), sorted by chain-length (4 and 8 carbon atoms) and functional group (carboxylic and sulphonic). Adsorption tests were carried out using a continuous flow reactor configuration, in order to obtain a satisfying robustness of the experimental data. First

adsorption tests showed promising results but limited, especially for short-chain PFAS. A functionalization procedure using ionic surfactants (CTAB) was then developed and tested. Laboratory set-up consisted of packed columns with the adsorbent of choice (pinewood 850° biochar; pinewood biochar sieved $\leq 200 \mu\text{m}$; functionalized pinewood biochar; pinewood 1000° biochar; activated carbon) and inert material (glass beads), through which contaminated water by PFAS is continuously passed in a closed system. Sorption tests were carried out in 24h (concentration at equilibrium). Adsorption isotherms (Freundlich and Langmuir) were also attempted to assess the removal capacity of the adsorbents. All the samples of liquid phase collected were analysed by high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with mass spectrometry (MS-MS). Results evidenced a higher removal capacity of the activated carbon for all 4 PFAS, compared to the pinewood 850° biochar; while both sieved, functionalized pinewood biochar showed both similar and greater adsorption capacities. However, between the adsorbents investigated, pinewood 1000° biochar showed the best performances for all 4 PFAS. Such premises may lead to a promising path for the replacement of well-known manufactured adsorbents as AC with biosorbents materials for PFAS removal in the remediation field.

Keywords: PFAS, water treatments, biosorption technology, biochar functionalization

Contacts: marta.senofonte@uniroma1.it (+39 3333179817), giulia.simonetti@uniroma1.it, parisi.1841331@studenti.uniroma1.it, ca.riccardi@inail.it, marco.petrangelipapini@uniroma1.it.

Circular Economy: Challenging Lessons

Daniela Lud¹

¹ Rhein-Waal University of Applied Sciences, Faculty Communication and Environment, Friedrich-Heinrich-Allee 25, D-47475 Kamp-Lintfort (speaker)

Abstract

The circular economy is both a blessing and a curse for sustainable soil protection and land use. Waste streams from the construction industry make up a significant proportion of the total waste generated in the EU. In order to achieve the EU's climate change targets, it is important to implement a circular economy in the construction and demolition sector. A literature review of recent scientific studies on circular economy and soil remediation shows that the risks of closing loops in waste management are not or insufficiently considered. Using examples of different categories of materials identified in the research, the question is discussed as to whether sufficient lessons have been learned from past mistakes or whether the pursuit of a circular economy is bringing familiar problems back to the table in a new constellation.

Keywords: Circular economy, soil remediation, waste management

Contacts: daniela.lud@hochschule-rhein-waal.de (+49 2843 90825 236).

Study and optimization of continuous regeneration of the catalyst CR-401 for catalytic reforming.

Ould Brahim Insaf¹, Merdas Mohamed El Amine, Belkhen Islem

¹ Faculty of Mechanical and Processes Engineering, USTHB, BP 32, El-Alia, Bab- Ezzouar, 16111 Algiers, Algeria, Laboratory of transfer phenomena,

Abstract

To address the issue of naphtha's low octane number, one can enhance its composition by increasing the presence of isomers and aromatics. Catalytic reforming is the most appropriate method for this objective, since it involves processes like isomerization, dehydrogenation, and dehydrocyclization. These reactions transform the low octane number constituents of naphtha into high octane number constituents, hence enhancing the anti-knock properties of gasoline. Platinum, when supported on a silica or silica-aluminium basis, acts as a catalyst that ensures the proper reaction kinetics and produces high RON yields in mobile-bed catalytic reforming processes. The study will focus on investigating the optimal circumstances for expediting the regeneration of this crucial organ. The focus of our investigation will be to enhance the combustion chamber characteristics in the regenerator in order to optimize the process of regeneration.

Keywords: Ron, catalytic reforming, experimental design, naphta

Contacts: ouldbrahimpubli@gmail.com; iould-brahim@usthb.dz; iouldbrahim@gmail.com

I am very grateful to Mr. Maaleg Mohamed Amine (RAIG)

Combined strategies for trichloroethylene-contaminated groundwater: Biological Reductive Dechlorination coupled with adsorption on biochar and supported by alternative materials from organic wastes

M. Abruzzese^{1}, L.Lorini¹, B. Matturro², M. Petrangeli Papini¹*

¹*Department of Chemistry, University of Rome La Sapienza.*

²*Institute of Water Research (IRSA-CNR)*

** Corresponding author: micaela.abruzzo@uniroma1.it*

Abstract

In the context of the remediation of groundwater contaminated with chlorinated solvents, the issue of circularity appears essential for the design of truly sustainable environmental remediation interventions. In this regard, an approach to remediation of chlorinated solvent (SC)-contaminated groundwater, using combined technologies, is proposed. Specifically, we exploit the dechlorinating capacity of microorganisms of the genus *Dehalococcoides*, which typically select in situations of SC contamination, capable of degrading high-chlorinated compounds by successive steps of hydrogenolysis, producing 1,2 cis-dichloroethylene (c-DCE), vinyl chloride (VC) and finally the nontoxic ethylene. This approach is subject to limitations mainly due to the slow degradation kinetics of the contaminant, which typically conflicts with low residence times in the aquifer, and the lack of an electron donor. To solve the first critical issue, the possibility of combining Reductive Biological Dechlorination (BRD) with adsorption onto a Biochar from pine wood (PWB), a solid by-product of gasification of wood waste for energy valorization, was investigated [1]. For the electron donor, a biomass, taken from a water treatment plant, enriched in polyhydroxyalkanoates (PHAs), consequently to a stress condition, and using a solution rich in volatile fatty acids from the fermentation of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste (FORSU) was used [2]. The experimental set-up included a vertical cylindrical mini-pilot-scale reactor, 144 cm high with a diameter of 10 cm, filled with sand and 4% w/w biochar, along the entire length, plus

4% w/w PHA, in the initial section. First the reactor was inoculated recirculating a dechlorant suspended culture, then the experiment started with continuously feeding with tap water with 0.1 mM in TCE, chosen as representative of SCs in real sites. The experiment was conducted continuously by varying the feed rate to investigate the process for widely varying residence times. In particular, the results show that the combination of adsorption with BRD supported by slow fermentation of PHA-rich biomass resulted in complete abatement of TCE up to 728 pore volumes passed. To date, more than 5000 liters of contaminated water have been treated, the system is still active, and the process has not yet required material replacement. The 3 phases differs for the flow rate, because we intended to understand the resilience of the system in different situation: first of all at the beginning of the experiments, with fresh substrates and culture, using an optimal flow rate that permits microorganisms to complete the dechlorating metabolism; second stressing the system in a moment in which the VFAs were no more detectable in GC analysis and so it could seem that the electron donor was exhausted and no longer the dechlorination could be carried out by microorganism for this kind of limitation. We will see that we discover the system was in a pseudostationary state in which the rate of production of VFAs was equal to the consumption rate, so even if we couldn't detect VFAs we are sure that there still was fermentation, electron donor production and so dechlorination; Third, analyzing the state of the system when the dechlorination product started to decrease significantly. The very comforting results suggest the possibility of scaling up the process for both in-situ applications (PRB/RZ) but also for on-site systems with possible recirculation of treated water.

Keywords: Sustainability, valorization, Bioremediation, Biochar, Dehalococcoides.

Phytoremediation Potential of Native Species in Oil-Contaminated Soils of Khuzestan Province, Iran

**Akram Bagheripour¹, Ziaedin Badehian², Ebrahim Adham³,
Mehrdad Zarafshar³**

*¹Forest Science and Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran(Speaker),
²Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Islamic Republic of Iran, ³Department of Soil Science, College of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, ⁴Faculty of Technology, Department of forestry and wood technology, Linnaeus university Växjö, Sweden.*

Khuzestan Province, covering 64,057 square kilometers in southwestern Iran and adjacent to the Persian Gulf, is recognized as the country's primary oil and gas production center. Oil pollution in soils and oil fountain near rivers and residential areas poses a serious threat to the region's health and environment. Phytoremediation, which utilizes plants to absorb and degrade oil pollutants, is considered an effective and low-cost method for mitigating oil pollution. The Sidr tree (*Ziziphus spina-christi*) and the Mesquite tree (*Prosopis juliflora*) are identified as native species resistant to oil pollution in this region, demonstrating high performance in phytoremediation of contaminated soils .

Soil sampling was conducted in spring from the habitats of these species at various levels of oil pollution concentration, near oil springs, extraction wells, and pipelines. Sampling sites were chosen based on the main pollution focus, with a control area of similar physiographic conditions selected for comparison. Surface soil samples (0-20 cm) were collected from oil fields, including oil springs and industrial facilities, with each sampling plot approximately 50 square meters, chosen randomly .

Results indicated that soil texture in sites directly exposed to crude oil pollution significantly differs from the control area. Additionally, significant differences in macronutrients were observed between the habitats of the studied species in polluted sites and the control area .

Investigating the physical and chemical properties of soil in the habitats of native species in oil-contaminated sites is crucial. Native species, due to their ecological adaptation, are the most cost-effective and impactful method for restoring and rehabilitating oil-contaminated soils. These species can improve soil quality and reduce pollutant concentrations, creating healthier habitats and aiding the gradual return of local ecosystems to their natural state. Phytoremediation can significantly contribute to sustainable development and environmental conservation in polluted areas .

Keywords: Khuzestan Province, oil pollution, phytoremediation, Sidr tree, Mesquite tree, soil contamination, environmental conservation

Contacts: Bagheripourakram@yahoo.com(+989168441987), zd-badehian@fasau.ac.ir, eadhami@gmail.com, mehrdadzarafshar@gmail.com.

Microbial characterization of multicontaminated marine sediments in Mar Piccolo site (Taranto, Italy) and selection of aerobic and anaerobic hydrocarbon-degrading bacteria

***Bruna Matturro*^{*1,2}, *Maria Letizia Di Franca*¹, *Barbara Tonanzi*^{1,2}, *Carolina Cruz Viggì*¹, *Federico Aulenta*^{1,2}, *Magda Di Leo*¹, *Santina Giandomenico*¹, *Simona Rossetti*¹**

¹*Istituto di Ricerca Sulle Acque-Consiglio Nazionale delle Ricerche, IRSA-CNR (*speaker);* ²*National Biodiversity Future Center-NBFC*

Introduction

Polychlorinated biphenyls (PCBs) contamination poses significant ecological and health risks. Despite their challenging degradability, specialized microorganisms have evolved the capacity to biodegrade or biotransform PCBs through anaerobic and aerobic pathways. Specialized microorganisms have garnered attention for their pivotal roles in PCB reductive dechlorination processes, contributing to our understanding of the intricate mechanisms underlying PCB biotransformation. Among them, *Dehalococcoides mccartyi* (Chloroflexi phylum), a well-documented dechlorinating organism, has been associated with PCB reductive dechlorination, together with functional genes also known as reductive dehalogenase genes. Also, various bacterial species, including *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Burkholderia*, *Acinetobacter*, *Comamonas*, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*, and others, are capable of PCB oxidation. The majority of these bacterial strains harbor the biphenyl dioxygenase gene (*bphA*), which encodes biphenyl dioxygenase, initiating the catabolic pathway associated with PCB degradation and also other organic pollutants, including polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Marine sediments exposed to multiple contaminants represent rich sources of microbial diversity, potentially capable of cooperatively metabolizing a broad spectrum of hydrocarbons, although the full extent of the diversity and role of uncultivable microbes in PCB degradation remains unclear. Hence, there is still a need for research

to identify the key biological players involved in these processes, with the goal of implementing effective bioremediation strategies either by enhancing microbial consortia or by isolating novel species from the native communities within the impacted environment. In this study, we established aerobic and anaerobic microbial consortia from a multicontaminated marine sediment collected from the highly polluted basin Mar Piccolo in Taranto, Italy. The methodological approach used included advanced biomolecular tools and high-throughput sequencing techniques, in combination with traditional microbial cultivation techniques.

Results and conclusions

We have conducted a comprehensive investigation into the bacterial communities involved in the biodegradation PCBs within multicontaminated marine sediment collected from one sampling point of the Mar Piccolo basin (Taranto, Italy). The bacterial composition observed in the original marine sediment was typical of environments favoring anaerobic processes, consistent with previous studies in the same area. Indeed, a significant presence of Epsilonbacteraeota, Gammaproteobacteria, Deltaproteobacteria, Bacteroidetes, and Chloroflexi was ascertained. Among these, the prominent taxa included sulfur-oxidizing bacteria that utilize various reduced sulfur compounds as electron donors for their growth (*Sulfurimonas* species), H₂-scavenging species (Desulfobacteraceae) and species typically involved in dechlorination processes, such as Dehalococcoidia. Incubations under both aerobic and anaerobic conditions resulted in shifts in the bacterial community structure, exhibiting a diverse response to these varying conditions. These shifts indicate the selection of specific bacteria adapted to each condition and responsive to the diverse contamination present at the site. In the aerobic consortium, we observed shifts in microbial composition, with Gammaproteobacteria dominating early stages of incubation, followed by transitions to Alphaproteobacteria, Bacteroidetes, and Nitrospirae at later stages. The identification of specific bacterial species, such as *Neptuniibacter* and *Marinobacter*, known for their ability to degrade hydrocarbons, highlights their potential importance in the aerobic conversion of PCBs in marine sediments. The isolation of *Marinobacter salinus* and *Rhodococcus cerastii* has provided

evidence of their presence in the native bacterial community and their potential contributions to hydrocarbon degradation within the ecosystem. In the anaerobic consortia, bacterial communities exhibited slower changes compared to the aerobic culture. Epsilonbacteraeota and Chloroflexi became the predominant taxa, with Sulfurimonas species indicating their potential role as sulfur-oxidizing bacteria in chemoautotrophic processes. The presence of members of the class Dehalococcoidia within Chloroflexi suggests the potential for the reductive dechlorination of PCBs. Genes involved in reductive dehalogenation, such as rdhA genes, were detected in the anaerobic consortia, further supporting the hypothesis that certain microorganisms in the culture were capable of PCB dechlorination under anaerobic conditions. Our study has provided valuable insights into the potential microbial factors and processes involved in PCB degradation under various incubation conditions. The observed shifts in bacterial communities have shed light on the adaptation of microorganisms to the tested conditions and their potential roles in PCB transformation processes, but also the biodegradation potentialities of other co-contaminant hydrocarbons such as PHAs. From the indigenous microbial community in the highly contaminated sediment, we successfully obtained three distinct enrichment cultures and two isolates. One bacterial consortium showed the potential to reduce the presence of PCBs and PAHs under aerobic conditions (consortium Ae), and allowed us to extrapolate two bacterial isolates (Marinobacter salinus and Rhodococcus cerastii) known to play a role in the biodegradation of hydrocarbons. Two anaerobic cultures were obtained, able to perform PCB biodegradation via reductive dechlorination (consortium Ana) and to perform the complete reductive dechlorination of chlorinated ethenes (consortium Ana*). The establishment of consortia with biodegradation and biotransformation capabilities expands the toolkit available for effectively implementing bioremediation strategies, thus enhancing the comprehensive nature-based restoration approach.

Contacts: *bruna.matturro@irsa.cnr.it

From the isolation and characterization of hydrocarbon-oxidizing bacterial strains to the assessment of their capabilities for bioremediation

***Cavone C.¹, Monaco P.¹, Fantasma F.¹, Rizzo P.², Celico F.²,
Naclerio G.¹, Bucci A.¹***

¹ Department of Biosciences and Territory, University of Molise, C.da Fonte Lappone, 86090 Pesche, Italy

² Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability, University of Parma, Parco Area delle Scienze 157/A, 43124 Parma, Italy

Recent years have seen an increase in the concentration of petroleum hydrocarbons in soil and water, mainly due to accidents or human activities, with major ecological and public health implications.

Various remediation techniques have been proposed and are in use for the reduction of oil contamination. Microbial remediation has emerged as a promising and sustainable solution for mitigating the effects of hydrocarbon contamination.

The aim of this study was to isolate and characterize novel hydrocarbon-oxidizing bacterial strains and to assess their potential for the use in bioremediation applications.

To this end, water and soil samples were collected from naturally hydrocarbon-contaminated springs and water-soil interface sediments in the municipality of Tramutola (Basilicata region). Combining molecular and culture-dependent methods, four bacterial strains were isolated by enrichment cycles in Bushnell-Haas (BH) mineral medium supplemented with diesel oil and subjected to morphological, metabolic, and genetic characterization.

Partial 16S rDNA gene sequencing allowed the four bacterial isolates to be classified at the genus taxonomic level. The strains were then subjected to whole-genome sequence analysis for the detection of genes encoding enzymes involved in hydrocarbon degradation pathways.

In addition, a bacterial consortium consisting of the four isolated strains was established and used in mesocosm experiments set up with artificially polluted lake water collected from the Castel San Vincenzo Lake, Molise region.

The experimental design aimed at assessing the hydrocarbon removal capacity of the indigenous microbial community, the additional contribution of the bacterial consortium, and any non-biological hydrocarbon leakage.

After 28 days of incubation, chemical and molecular analyses were performed to determine hydrocarbon concentrations in the mesocosms and to analyze the composition of the prokaryotic communities.

The analyses revealed that in the control mesocosm, consisting only of sterile lake water artificially contaminated with diesel oil, there was a loss of 11.84% of hydrocarbons due to abiotic processes. Mesocosms integrated with the microbial consortium showed a decrease of 30.95% of the total hydrocarbons, whereas mesocosms with only native microbial community showed a loss of 17.85%. In both cases, the observed loss of hydrocarbons is due to a combination of biotic and abiotic processes.

Anyway, the results indicate that the bacterial consortium enhanced the efficiency of the native microbial communities, demonstrating that the isolated strains were competent biodegraders.

Whole-genome sequencing supported this evidence and revealed the presence of genes encoding enzymes involved in hydrocarbon degradation pathways, such as benzene 1,2-dioxygenase complex, alkene and alkane monooxygenase, and alkane hydroxylase system.

With reference to the study of microbial communities, it has been observed that the artificial contamination of the lake waters and the bioaugmentation induced significant changes of the relative abundance and richness of the different taxa.

In conclusion, environments that are naturally contaminated with hydrocarbons can be valuable reservoirs in which to find potential candidates for bioremediation. The integration of traditional microbiological techniques with advanced genomic approaches can provide crucial insights for the proposal of effective strategies in the restoration of oil-contaminated ecosystems.

Keywords: oil contamination; microorganisms; bioremediation; environment; mesocosms.

*Contacts: crisrina.cavone@gmail.com (+39 3714455255),
antonio.bucci@unimol.it, naclerio@unimol.it,
pamela.monaco@unimol.it, pietro.rizzo@unipr.it,
fulvio.celico@unipr.it, f.fantasma@studenti.unimol.it*

Understanding the synergies between Port Receiving Facilities and Contaminated Land Remediation

Joshua A. Kelly¹, Manel Fernandez²

¹Global Manager Materials Recycling, Lamor Corporation Oyj (speaker),² Director Materials Recycling, Lamor Corporation Oyj

Rather than presenting an advancement in the technological “state of the art”, we will be discussing a novel approach to the economic model of land remediation in Low and Middle Income Countries.

Whilst notable to RemTech attendees for delivering some of the world’s largest contaminated land remediation projects (SKETR and NKETR in Kuwait the subject of a presentation at the last session of RemTech), Lamor also has a rich history of mitigating, containing and preventing Marine spills.

As a natural consequence of our expertise in pollution prevention for the marine sector, we have become engaged in the development, delivery, and operation of Waste Treatment and Recovery facilities for wastes produced by marine transport activities.

Broadly speaking, this work has been concentrated in Low and Middle Income Countries, driven by two groups:

- governmental clients seeking to fulfil their obligations to the IMO under the MECP 55 action plan, and
- commercial port operators who view being the first to offer MARPOL Annex V discharge facilities in their geographic region as a competitive advantage.

In both cases, constructing a sound business case to deliver an unavoidably capital-intensive facility which will service a highly cost-sensitive and inherently mobile client base is challenging.

However, the cross-pollination of ideas between our technical experts in soil remediation, marine and waste treatment has revealed a key opportunity:

- the facilities required to effectively deal with key Marine Pollutants in shipborne waste, apply similar techniques we use to manage the remediation of oil-ponds and ex-situ treatment of heavily contaminated soils, and
- many of the markets seeking to install PRF's also have substantial land contamination issues, which they need to address with limited budgets.

Consequently, we are developing a robust model for dual-use facilities which can both:

- reliably provide the core service of waste treatment/recovery to Vessels, and
- provide a hub for the delivery of soil decontamination projects, using "appropriate technology" to the development of the region, which uses excess capacity within the PRF to drive down the cost of ensuring the most challenging portions of contamination are decontaminated to globally recognized standards.

We believe that this hybrid approach will result in a major net benefit to the regions we work in at all three points on the sustainability triangle: Economic, Social, and Environmental.

Keywords: MARPOL, Oil Ponds, Oil Sludges, Oil Contaminated Solids, Developing Markets

*Contacts: Joshua.Kelly@Lamor.com (+44 7986 855 986)
Manel.Fernandez@Lamor.com, Pia.Hoffren@lamor.com*

Pilot test of injection: design and mistakes

Jeroen Vandenbruwane¹, Lionel Counet², Bram Vandekerhove³

¹Injectis Belgium, CEO (speaker),² Injectis South Europe, Business Manager (speaker),³Injectis Belgium, Operational Manager

In situ remediation projects are expected to become a first-choice alternative in the years to come, in particular projects using reagent injections for their low ecological footprint, but of course also for their performance, their low cost and the multiple cases that can be treated in this way.

After a possible laboratory test, a crucial step in the reasoning and sizing of such a project is the carrying out of a pilot test. If we never stop wanting to demonstrate, research, test the different reactions or treatment ways in the laboratory with different types of tests, the pilot test in the field is probably still underestimated when the design phases begin. work with limited budgets and design which does not allow maximum benefit from land injections to size a full-scale project. And the margin of error can be significant.

With several years of experience in the injection of reagents, Injectis has spent several years sizing pilot tests, but also carrying out, at the request of customers, numerous pilot tests, sometimes well thought out, sometimes undersized and was able to observe often “low cost” pilot tests which provide no certainty and are therefore a waste of money and time.

Through this general presentation and some basic reminders, attention will be paid to the importance of this phase when one wants to venture into such projects in order to place emphasis and investment on the project priorities: the objectives, the challenges of the pilot test, how to obtain them and ensure the result through monitoring.

Keywords: Pilot test, Injection, In situ soil remediation

Contacts: lionel@injectis.com; jeroen@injectis.com; bram@injectis.com

Assessing the Genetic Potential for Long-term Bioremediation in East Palestine, Ohio

Dora Taggart¹, Sam Rosolina¹, Frank Loeffler², Gao Chen²

¹Microbial Insights, Inc., Knoxville, TN, USA ²University of Tennessee, Knoxville, TN, USA

Abstract

In February of 2023, the derailment of a freight train in the village of East Palestine, Ohio resulted in the release of over 100,000 gallons of vinyl chloride (VC), along with other hazardous chemicals such as butyl acrylate. The decision by authorities to vent and burn these materials resulted in contaminated water systems, a pitch-black plume of smoke containing dangerous combustion products, and above all, an unclear future for every East Palestine resident overnight. Using Rapid Response Research (RAPID) funding from the National Science Foundation, our team sampled drinking water (groundwater), surface water, and surface water sediment from 20 different locations in East Palestine in June, 2023 and again in November 2023. Through the use of Molecular Biological Tools (MBTs), the samples were analyzed for microorganisms capable of degrading the contaminants that were known to have been released. Sediment samples were used to initiate benchtop microcosms to study biodegradation potential and biodegradation rates of multiple compounds under different conditions. This study offers crucial actionable data for the long-term remediation of East Palestine and provides key answers to the local community.

QuantArray[®]-Chlor was used to quantify over 20 different taxonomic and functional gene targets related to chlorinated solvent degradation. Additionally, a novel DNA isolation kit, Bio-Extract[™], was employed for in-field sample extraction and compared to lab-based DNA isolation for validation. Paired with a new portable field qPCR, the FieldQuant[™], Bio-Extract[™] provides value and flexibility to remote sites and emergency environmental response situations. Together, these MBTs provide insights into the overall potential for biodegradation based on the quantification of key species and

functional capabilities, as well as the impacts these contaminants had on the localized microbiomes.

The microcosm studies confirmed that indigenous microbial communities readily degraded butyl acrylate in every sediment sample. The QuantArray®-Chlor data illustrated the potential for VC destruction in 19 of the surface water and sediment samples based on abundance of Dehalococcoides along with additional halo-respiring organisms. This was further supported by microcosm studies, wherein VC biodegradation was observed to occur efficiently in many of the sediment samples under both anaerobic and aerobic conditions. Additionally, the study has provided strong evidence of direct interactions between the surface water and the groundwater, including the detection of Dehalococcoides in 100% of the drinking water wells and in nearby impacted surface waters. Despite a lack of hydrogeological surveys of East Palestine groundwater, MBTs have begun to provide information about the interactions with surface water. Further, the use of field-based methods such as Bio-Extract™ and FieldQuant™ illustrated the modern capabilities and value of portable technologies, specifically for use in emergency response situations or at contaminated sites that are difficult to reach. Along with the comparative validation against traditional lab-based methods, these new methods highlight how far we have come in relying on MBTs for site-management decision making. Thanks to the National Science Foundation's RAPID funding system, our team has begun answering some of the bigger questions revolving around the past potential impacts, and future well-being, of the people of East Palestine.

Keywords: (Bioremediation, Molecular Biological Tools, Field-based Methods, Emergency Response, Train Derailments)

Contacts: dtaggart@microbe.com, srosolina@microbe.com, frank.loeffler@utk.edu, gchen16@utk.edu

Application of ash as a soil amendment in phytoremediation

Abdulmannan Rouhani¹, Valentina Pidlisnyuk¹, Karim Suhail Al Souki¹

¹ Faculty of Environment, Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem, Czech Republic

Abstract

The European Union is actively attempting transition from a linear to a circular economy, in which available resources such as organic matter and nutrients contained in "waste" materials—are going to be recycled in an effective manner. In this context, ash usage is at the focus of studies, referring to a viable way toward circularity. Utilizing ash could increase the value of a material that is currently regarded as waste and frequently disposed of in landfills. It has been proven that addition of biomass ash can significantly enhance the soil properties, promote plant growth, and increase the yield of crops. The majority of studies conducted on biomass ash have primarily focused on wood biomass ash, while ash generated from herbaceous plants and agricultural crops are received less attention. Therefore, the main objective of this study is overviewing the effect of biomass ash on the soil properties and plant growth in phytoremediation practices, specifically the return of nutrients from biomass ash to the natural cycles in order to ensure sustainable biomass utilization.

It was proven that biomass waste ash raised plant yields, lowered soil acidity, and/or increased the amounts of total nutrients in well-targeted sites. Combustion ash residues from rye grain, wheat straw, and alfalfa stem riched in nutrients Ca, P, K can be used as an economical soil fertilizer and/or amendment. The study shown that the addition of rice husk ash enhanced the effectiveness of phytoremediation with *Ricinus communis* and *Vetiver Grass*. However, there are some disadvantages to consider when using biomass ash for soil improvement and phytoremediation, as these materials may contain harmful contaminants. Thus, the utilization of ash

necessitates careful evaluation and comprehensive chemical monitoring.

Keywords: herbaceous plant; agricultural crop; biomass ash; circular economy; soil amendment

Contacts : a.rohani70@gmail.com (+420 773 179 034),
valentyna.pidlisniuk@ujep.cz, Karim.Souki@ujep.cz.

New Integrated Biogeochemical/Electrochemical Method for Remediation of Contaminated Groundwater

Elie Elgressy, and Gil Elgressy, Troy Lizer and Will Moody

E. Elgressy, Netania, Israel; Provectus Environmental, Freeport, IL, USA

Background/Objectives. New technologies are desired for safe, cost-effective remediation of groundwater impacted by a wide variety of organic contaminants, including (rapidly) emerging contaminants such as perflourinated compounds, Ideally, the in-situ technology can be effectively employed in deep aquifers and mixed lithologies to easily manage large, dilute plumes often in remote areas. Other benefits would include low cost, small footprint, minimal energy consumption (solar), low maintenance and no external chemical requirements. One such method involves integrated electro-chemical reactions under controlled conditions. Direct oxidation at semiconductor films coupled with enhanced Electro-Fenton oxidation is achieved electro-chemically and controlled remotely. Secondary effects include enhanced contaminant desorption and stimulated biogeochemical destruction. Rapid oxidation of chlorinated solvents and petroleum hydrocarbons has been observed at pilot and full scales, and future applications could address perchlorate, perflourinated compounds, 1,4-dioxane, pharmaceuticals and other challenging contaminants.

Approach/Activities. The EBR[®] (US 9,975,156 B2) system is comprised of subsurface electrodes with high catalytic activity for O₂ generation which is constantly reduced to form H₂O₂. An additional electrode is used as constant source of Fe cations via forced corrosion and effective Fe²⁺ formation from Fe³⁺. The system radius of influence is increased by imposing an effective constant flux across the well interface due to boundary conditions effects and high chemical potential, in addition to the existing natural dispersion and advection forces. Furthermore, electro-osmosis induces groundwater flow between coupled wellbores yielding a more complete approach to

aquifer remediation, especially in fine-grained, low-permeability materials that typically harbor sorbed residuals because electrokinetics enhances the mobilization and therefore the availability of the contaminants. In terms of secondary processes to help manage contaminant rebound, the co-mobilization of nutrients and the oxidative nature of the method supports accelerated aerobic bioremediation. Here, bacterial distribution throughout an aquifer is often overlooked. But soil bacteria are like a colloid - with a surface charge – and are therefore also subjected to dynamics influenced by the effect of an applied electric field.

Results/Lessons Learned. Successful implementation of the EBR® technology at two locations for pilot evaluation of the technology will be presented. The two-phase pilot evaluated the efficacy of the technology for treatment of high levels of benzene contamination from a historic release. The two phase approach was designed to determine treatment level performance of native soil lithology versus an area that had undergone hydraulic fracturing. The presentation will provide site data from both phases of operation where groundwater benzene concentrations were as high as 850,000 ppb benzene and soil concentrations as high as 2,000 mg/kg. Site data was collected on a weekly basis for both geochemistry and contaminant levels. The presented data will show that the technology was successful in substantial contaminant reductions and predicted geochemical changes were observed. Information will also be presented on the system design and implementation as well as energy consumption and cost for system operations.

Contacts: Elie@elgressy.com ; troy.lizer@provectusenv.com,
will.moody@provectusenv.com

Enhancing Sustainability: Solar Energy Management via Soil Storage for Zero-Carbon Solutions

Jan Haemers, Hatem Saadaoui, Aline Jordens, and Aurelien Vandekerckhove

Abstract

Using zero-carbon energy by storing solar energy in soil as a medium offers an innovative and sustainable solution for meeting future energy needs. By capturing surplus solar energy and storing it underground, a natural thermal reserve is created, available for use during periods of insufficient solar production. This approach not only reduces reliance on fossil fuels but also mitigates greenhouse gas emissions, contributing significantly to combatting climate change.

Soil's high thermal capacity and long-term stability further enhance the efficiency and reliability of this storage system.

Moisture content, dry density, and temperature critically influence the optimal conditions for energy storage in soil. Academic research from various sources indicates that material conductivity, thermal capacity, and diffusivity reach their peak around the Proctor optimum. When properly insulated, these optimal characteristics make soil an ideal medium for storing solar energy.

This study introduces a solar thermal energy storage system for domestic heating. The system involves directly heating a specific mass of soil using solar power during warm seasons, storing energy for use in colder months. The targeted storage zone, ideally beneath or adjacent to buildings, features insulated boundaries with lightweight concrete secant piled walls. These walls, containing expanded polystyrene or air bubbles, ensure adiabatic conditions, preventing heat loss.

Solar collectors positioned on the ground within the storage zone or on building roofs heat water circulated through a closed-loop system, including vertical tubes in the soil. Water circulation is driven by one or more pumps, ensuring efficient heat exchange.

An alternative involves utilizing areas treated via In-Situ Thermal Desorption (ISTD) with conductive heating as storage zones. Here, external heating tubes remain in place during warm seasons, allowing

stored energy to be used in colder months. Depths of at least 10 meters optimize storage efficiency, with the number of tubes maximizing surface area for heat exchange. Combining thermal soil treatment via ISTD with a solar energy storage system for building heating presents a sustainable solution with added value. Numerical simulations using Ansys Fluent model the thermal dynamics of the storage system, optimizing design for peak efficiency. Energy balance estimates and cost calculators ensure the solution's technical viability and economic feasibility, paving the way for implementation and long-term benefits.

Keywords: Sustainability; Zero-carbon energy; Solar energy; Energy storage; In-Situ Thermal Desorption (ISTD); Ansys-Fluent.

Contacts: jan.haemers@haemers-tech.com (+32 2 219 13 42),
hatem.saadaoui@haemers-tech.com, aline.jordens@haemers-
tech.com, aurelien.vandekerckhove@haemers-tech.com

Thermal desorption of mercury: steps to full scale

Matthieu SANGELY¹, Laurent THANNBERGER¹, Pierre-Louis GUILLERM²

¹VALGO, 25, avenue de Larrieu, ²Ramboll, immeuble le Karré, 2
Introduction and study objectives

Thermal desorption (TD) is a remediation technique aiming to remove the pollutant from the matrix. Formerly applied in specialized centers, VALGO participated in the development of a portable technique, able to be implemented on site or in situ, to prevent excessive transport of hazardous material, and giving better carbon balance than expected. During the former session of Remtech 23, VALGO presented several steps of lab assays, driving to the dimensioning of the process and ending with the project of implementation on field. This actual presentation will show how VALGO's local team achieved this transfer till the recovery of tons of pure mercury, avoiding earthmoving works. Site's and pollution's characterization

In the eastern part of France, a former chemical factory produced, during decades, many specialties of technical organic compounds. Today most of the site is for sale and need to be remediated before the rehabilitation.

Sampling campaigns demonstrated the presence of 4 zones impacted by mercury, with concentrations leading to high health and environmental concerns (up to 17 g/kg of dw) ; metallic mercury beads are visible in the highly impacted samples. 130 m² need to be remediated till a depth of 10 m, containing an estimation of 3 to 4 tons of mercury.

Strategy of remediation

Due to the depth of the pollution, in situ thermal removal of the mercury was proposed and the feasibility was proved by VALGO's lab assays. The target temperature was established around 450°C and our internal computed model helped in the design of implementation for the optimization of drilling work and remediation duration.

Implementation of works

40 heating wells were drilled and completed with 15 venting pipes. To prevent any dispersion of the pollutant and health risks, the heating and recovery networks were installed under a tent, where a negative pressure was applied by pumping, the air being filtered before release.

Results

When starting the heating, the temperature raised rapidly, in accordance to modeled predictions.

6 weeks after this start, we began to recover continuously mercury in the condensers, leading to the collection of high amounts of pure mercury .

Contacts: matthieu.sangely@valgo.com; plquillerm@ramboll.com

Sustainable Remediation of Chlorinated Solvent Plumes: A Hydrogeophysical–Chemical Approach

Giulia Felli¹, Paolo Ciampi¹, Carlo Esposito¹, Christian Nielsen², Laura Ledda², Marco Petrangeli Papini³

¹ *Department of Earth Sciences, Sapienza University of Rome, Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Rome, Italy*

² *TAUW Italia, Piazza Leonardo da Vinci 7, 20133 Milan, Italy*

³ *Department of Chemistry, Sapienza University of Rome, Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Rome, Italy*

Abstract

This study presents a sustainable and minimally invasive approach to remediate a persistent contaminated plume in a densely populated urban area with limited accessibility. Chlorinated solvents, particularly dense non-aqueous phase liquids (DNAPLs) like tetrachloroethylene (PCE), present significant concerns due to their persistent nature and potential health risks. These solvents, characterized by high density and limited solubility, tend to become trapped in the microporosities of saturated and unsaturated zones during their downward migration, resulting in long-lasting contamination plumes through slow-release secondary sources.

This study addresses a heavily urbanized area impacted by chlorinated solvents, focusing on the remediation of a persistent PCE plume within a district marked by complex hydrological conditions and limited accessibility. A meticulous, multi-step approach was employed, beginning with the reconstruction of an integrated geodatabase. This database combined geological borehole data, membrane interface probe (MIP) investigations, and chemical analyses of water samples, facilitating detailed geomodelling that merged geological and hydrochemical information. This integration revealed the subsurface hydrogeological structure, providing critical insights into groundwater quality and the evolution of the contamination plume.

High-resolution site characterization data obtained with the MIP technique further refined the multi-source model. This fusion of hydrogeological and physicochemical data led to the development of a comprehensive conceptual site model (CSM), serving as a robust, data-driven decision support system. The CSM enabled the design and implementation of two innovative and non-invasive remediation technologies: coaxial groundwater circulation (CGC) wells with air sparging (AS) for the removal of chlorinated solvents, and the injection of micrometric zero-valent iron (S-MicroZVI®) and colloidal activated carbon (PlumeStop®) to enhance in situ chemical reduction and adsorption.

Hydrochemical monitoring played a crucial role in understanding the complex dynamics of the decontamination process. The results demonstrated the effectiveness of the physical containment strategy and the potential of the chemical-biological approach to reduce contaminant concentrations in urban groundwater. This study underscores the importance of remediation geology via a hydrogeochemical methodology to address complex contamination scenarios. By integrating advanced site characterization techniques, innovative remediation technologies, and comprehensive monitoring, this approach enables the development of efficient, adaptable, sustainable, and effective solutions tailored for contaminated industrial sites.

In conclusion, the combination of detailed geomodelling, innovative remediation technologies, and rigorous hydrochemical monitoring offers a promising pathway for addressing persistent urban groundwater contamination. This methodology not only facilitates effective decontamination but also promotes sustainable practices, ensuring long-term environmental health in densely populated urban areas.

Keywords: hydrogeochemical modeling, chlorinated solvent remediation, remediation geology, membrane interface probe

Contacts: giulia.felli@uniroma.it (+39 3275322235),
paolo.ciampi@uniroma.it, carlo.esposito@uniroma.it,
marco.petrangelpapini@uniroma1.it, l.ledda@tauw.it,
c.nielsen@tauw.com

Update in the management and securing of mercury-polluted sites

Boris DEVIC-BASSAGET

Sarpi Remediation Europe, Veolia Group Technical Director, Lyon, France

Mercury is a toxic metal widely used in the chemical, mining, and metrology industries in the past. The ancient sites of chlorine chemistry used it in the electrolysis of salt. Elemental mercury is liquid under current conditions, and poses health problems, mainly through inhalation of vapors and by ingestion.

The spatial dispersion of mercury (horizontal and deep in the soil) occurs mainly by volatilization and recondensation of mercury vapors, favored by atmospheric pressure gradients and by temperature differences between day and night.

For polluted soils : to stabilize the metallic mercury in the long term in a stable form, under pH ranges and wide oxido-reduction potential conditions, SARPI VEOLIA has developed a solution for the dry way soil-mixing sulphidation of elemental mercury, making it possible to create metacinnabar HgS type. This method makes it possible to secure the transport of mercury-containing soils to the treatment centers. This also makes it possible to accept for treatment by stabilization in the hazardous waste landfills.

For sites or buildings securing vapors of mercury : 2 types of reactive barriers can be applied (on polluted pits or concrete surface):

- Slim coating in spray of slurry lime-sulfur base reagent for short to medium term vapors contamination
- Sandy Clay + sulfur based reagent for long term vapors active barrier in capping

For groundwater : in situ reduction and sulphidation is also proposed with microscale calcium polysulfide reagent.

Results and experience are presented.

These multi-technical solutions therefore offer a whole range of treatment allowing global management of sites contaminated with mercury.

Keywords: Mercury, stabilization, cinnabar, vapors, groundwater

Contacts: emma.bauer@gmail.com (+49 151 4968021), olivia.mertens@icloud.com, jeroen.dejong@outlook.com (All authors e-mail addresses are needed, phone number of speaker is appreciated for organizational reasons).

Contacts: boris.devic-bassaget@veolia.com

Spider chart for chlorinated solvents remediation performance assessment

Antonio Molinari¹, Luca Sacilotto², Mauro Fortugno², Roberta Sauro Graziano²

¹ Ramboll Italy s.r.l. (speaker), ² Ramboll Italy s.r.l.

Abstract

One possible remediation approach for chlorinated solvents in groundwater is the In-Situ Biological Reduction (ISBR) which relies on the stimulation of microbial activity of endogenous dechlorinating microorganisms naturally occurring in groundwater, through the addition of a soluble organic substrate. After substrate addition, several geochemical parameters exhibit changes over time. Monitoring the evolution of selected parameters allows to evaluate the evolution of the process and assess if geochemical conditions are favorable or not for the ISBR. The classical approach based on temporal trends analysis is time consuming and can result in non-immediate interpretation. This study describes a new and original way for data aggregation resulting in one synthetic chart, so called spider chart, allowing to simultaneously analyze the evolution of several variables, distributed along n rays with equal angles, providing an easy and immediate view of the good/bad value of each parameter with a clear comprehension of the whole remediation performance. We selected 8 variables (Nitrates consumption, Mn-II production, Fe-II production, Sulphates consumption, Methane production, DO depletion, ORP evolution, TOC evolution) to figure out if the geochemical conditions, induced by the added substrate and tracked by TOC values, are favorable or not for the ISBR process. Different variables (e.g., pH or CO₂) can be employed to customize the chart on specific needs. The respective axes of single selected parameters are arranged differently to provide an easy view of the good/bad value of each parameter. Values close to graph center indicate that the process is favored while values far from graph center indicate that it is disadvantaged. Spider Charts have been implemented in Microsoft Power BI through a specific script developed in R code, which allows a

fast and easy update and customization of the chart by changing the type and the number of parameters to display. Due to the implementation of spider charts in Power BI, in the form of dashboards, it is possible to obtain automatable graphical tools always updated to simultaneously analyze the evolution of several variables in a unique compact form.

Data aggregation through such tool provides several added values:

- speeding up data importing: spider charts can be directly connected with local database where all historical and current data are stored, thus simplifying and reducing the time for data importing;
- user-friendly interface: rapidly acquire information about the performance of the ongoing treatment for each monitoring well with an immediate comparison of performances through different campaigns, obtaining an immediate view of parameters eventually limiting the process;
- tool always updated: possibility to query an efficient tool, always updated to the last sampling campaign and able to rapidly provide information about the evolution of the remediation process;
- reduce time and cost of reporting: spider charts dashboards significantly reduce the time for data processing, hence the overall costs of reporting;
- quick and portable visualization: spider charts dashboards can be optimized for mobile devices such as mobile phone, tablet, Ipad, etc., facilitating the analysis of charts in field or during technical meetings.

Keywords: (Up to 5 keywords)

Sustainable remediation, digital innovation, geochemical monitoring, dashboards, chlorinated solvents remediation.

Contacts: amolinari@ramboll.com (+39 334 6596486)

lsacilotto@ramboll.com, mfortugno@ramboll.com,

RSAURO@ramboll.com (All authors e-mail addresses are needed,

phone number of speaker is appreciated for organizational reasons).

Enhanced PFAS Mass Removal From Soil and Groundwater Via Novel Surfactant Flushing Column Study

George A. Ivey (Ivey International Inc.), David Holmes (Geosyntec Consultants Ltd, UK), Cecilia Macleod and Reshmi Prakash (University of Greenwich, UK)

Background/objectives

Removal of PFOA and PFOS (PFOS) from aquifers depends on groundwater pump and treat (P&T). Groundwater is recovered and PFAS is removed, most often by filtration and granular activated carbon (GAC), with ion-exchange resins having increasing usage. P&T can take decades to complete as the efficacy of the process is limited by contaminant sorption (i.e. adsorption and absorption) to soils, hydraulic conductivity (K), and the relative low concentrations of PFAS in groundwater, even when the PFAS source zone is relatively close by. Enhanced recovery of contaminants from source-zone areas has been demonstrated to be more cost-effective than using P&T alone. Operational time frames are lowered, in some cases, from years to months, or months to weeks, but to-date they have not been used for PFAS source zones. This work represents the first attempt to understand the potential of solvents and surfactants to increase the removal rates of PFAS, at a scale using reagent concentrations that are environmentally applicable.

Approach/Activities:

Tests were designed to measure the effectiveness of a specifically-developed surfactant [PFAS-SOL] to increase the concentration of PFAS compounds in water in a simulated enhanced recovery experiment. Methanol and surfactant extraction were compared. The experiments were run at the University of Greenwich, UK.

A series of column experiments were carried out using 75 cm high and 14 cm diameter columns. A mineral sand was used in the first instance, followed by the addition of 10% by mass activated carbon to show the impact of organic material. The columns filled with mineral sand and

were saturated from the base and spiked with high concentrations of PFOA and PFOS to mimic a source zone. They were then drained and the effluent sampled. They were filled again, one with methanol at 50% concentration and the other with a novel surfactant formulation, at 4% concentration, drained and the effluent sampled. The columns were then deconstructed and a moisture profile was measured, with soil samples taken to measure the retained PFAS.

Further samples of the same soil were then mixed with activated carbon and the columns were set up again. The same procedures were followed, with an additional drainage carried out. A moisture profile was again taken during column deconstruction with soil samples taken to measure retained PFAS.

Results/Lessons Learned:

The experiments showed the effect of both solvent-enhanced extraction and surfactant-enhanced extraction, as well as the mass of PFOA and PFOS retained following the drainage tests. The surfactant enhanced extraction achieved: 160% to 185% PFOA mass removal, 279% to 732% PFAS mass removal, and 242% to 622% total PFAS mass removal. Furthermore, the moisture profiles at the conclusion of the tests showed the positive effects of surfactant on the unsaturated soils. The addition of surfactant was demonstrated to lower the moisture content of soils, allowing more water to be drained and therefore greater mass removal of any liberated contaminant, including PFAS by greater than 200%, in the drained layers.

These repeatable experiments represented a novel approach for PFAS source zone treatment at an environmentally relevant scale, using around 12 L of specimen and reagent concentrations that are applicable to field-application.

Key Words: PFOS, PFAS, PFAS, Surfactant, PFAS-SOL, Remediation

Contacts:

George (Bud) Ivey, Ivey International Inc.

budivey@iveyinternational.com (+1 250 203 0867),

David Holmes, Geosyntec (UK)

David.holmes@geosyntec.com (+44 (0) 7490 998526)

AFFF Fire Suppression Systems Equipment PFAS Decontamination Via Heated Pressurized Surfactant Flushing Decontamination

George A. Ivey (Ivey International Inc.), Scott Poynor (Geologic Science and Technology)

Overview:

Aqueous Film Forming Foam (AFFF) containing Per- and Polyfluoroalkyl substances (PFAS), are often stored in a petroleum facility's firefighting equipment for decades. New regulations on PFAS has prompted AFFF removal and replacement. Usually involving draining AFFF followed by a potable water flush to resolved >90% of the PFAS, which left substantial residual PFAS concentrations on the involved on equipment surfaces.

Background/Objectives.

A petroleum storage facility removed Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) containing Aqueous Film Forming Foam (AFFF), stored in the station's firefighting equipment. The AFFF was removed from the equipment followed by a thorough high-pressure flush with municipally potable water from the fire-fighting system's water supply. Residual PFAS remained on the equipment's interior surface measured by wipe test at 342,643 ng/100cm².

Approach:

Subsequent AFFF system decontamination involved specialty surfactant uniquely formulated for PFAS liberation from solid surfaces. The patent pending non-ionic surfactant formulation used was pH neutral, non-caustic, non-corrosive, and biodegrade. University verified data showed it has the unique capacity for desorbing PFAS compounds, associated with AFFF, from a broad range of impacted surfaces.

Blending tanks were staged next to pipe fittings on the portion of the AFFF fire-fighting system to be decontaminated. The blending tanks were connected to the upstream and downstream piping connections to establish a closed-loop re-circulation system. The decontamination

was staged in sequential phases. Decontamination fluids were heated to 40°C, recirculated by redundant pumps at high velocity under increased pressure. Heat and pressure were carefully monitored to ensure gasket and fitting tolerances were not exceeded. Each decontamination phase included 1 to 1.5 hours of heated high pressure, high velocity recirculation.

Results/Lessons Learned:

Pre-decontamination equipment wipe sample testing did indicate that AFFF removal followed by high-pressure water flushing alone was inadequate to achieve the facility's goals. Removing AFFF and thoroughly flushing with high-pressure municipal potable water left a significant concentration of residual PFAS (342,643 ng/100cm²). Leaving behind a significant PFAS residue would have re-contaminated replacement non-PFAS synthetic AFFF, negating the reason for change out.

The proprietary decontamination process using a heated pressured application of patent pending surfactant solution was highly successful in achieving the facility's decontamination goals. The decontamination process reduced equipment surface residual PFAS contamination an additional 99.99998% (0.0838 ng/100cm²) beyond AFFF removal and potable water flush alone.

Keywords: PFAS AFFF, Surfactant, PFAS-SOL, Remediation
(Up to 5 keywords)

Contacts:

George (Bud) Ivey, Ivey International Inc.

budivey@iveyinternational.com (+1 250 203 0867),

Scott J. Poynor, Geologic Science and Technology

scott@gstg.net (+1 214 837 9587)

Sustainable Surfactant Enhanced Hydrocarbon, Chlorinated Solvent, and PFAS Remediation Resolving Hydro-Geo-Chemical Limitations

George A. Ivey (Ivey International Inc.)

Abstract

Hydrophobic organic chemicals (HOC) including: BTEX, Gasoline, Diesel, PAH, Motor Oil, Lubricants, to Bunker-C, across the C6 to C50 petroleum hydrocarbon range exhibit limited solubility in groundwater. This is also true of many chlorinated solvents, and PFAS. As a result, these contaminants tend to phase partition and sorb (i.e., absorb and/or adsorb) onto the soil and weathered bedrock surfaces. At high concentrations, they self-agglomerate to form thicker sorbed layers, globules, to measurable non-aqueous phase liquids (NAPL), which reside in the sub-surface pore spaces, physically interfering with transmissivity, and effective conductivity, causing a high degree of pathway interference.

The phase partitioned HOC in the soil and groundwater regimes will consequently exhibit limited 'Availability' to physical, biological and chemical remediation. This is evidenced by the USEPA 542-R-18-002 publication, where n=30 for the NAPL impacted sites studied, which took between 3 to 27 years to achieve site closure, with a median of 8 years. The duration was independent of hydrogeological simplicity or complexity, and the associated risks to receptors. While implementation of innovation remediation solutions significantly reduce the duration and cost for site remediation to closure.

This presentation will reveal the eight (8) generally overlooked hydro-geo-chemical factors, not limited to sorption, that significantly impede all forms of in-situ and ex-situ remediation. They are explained using visually driven models, medical analogies, and animation. The objective being to expose these hydro-geo-chemistry factors that are present to varying degrees at all contaminated sites globally, regardless of the type or concentration of contamination, the geology, and/or the hydrogeological complexity.

Challenging remediation case studies are used to convey how the innovative application of selective surfactants, can significantly enhance the physical, biological and chemical remediation methods, by overcoming these 8 limiting factors, individually or collectively. This process is termed surfactant enhanced remediation (SER), which consistently improves contaminant 'Availability' for all forms of remediation, with significant time and cost savings, toward a more sustainable remediation paradigm.

Keywords: Hydrocarbons, PFAS, Surfactant, Remediation

Contacts:

George (Bud) Ivey, Ivey International Inc.

budivey@iveyinternational.com (+1 250 203 0867)

PFAS Soil Treatment Processes – A Review of Operating Ranges and Constraints (Concawe Report No.8/24)

Jake Hurst¹, S. Hale¹, J. Miles¹, E. Dal¹, W. Gevaerts², J. Burdick³, Eleni Vaiopoulou⁴ and Markus Hjort⁴

¹Arcadis UK, ²Arcadis Belgium, ³Arcadis US, ⁴Concawe

The wide use, e.g., in certain firefighting foams, as well as the unique and diverse properties of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) represent complexity and challenges for traditional soil remediation technologies. Thus, there is the need to identify robust, cost effective and sustainable options which are acceptable to all stakeholders.

A total of 13 treatment technologies have been systematically evaluated including destructive, non-destructive and pathway management approaches considering technical, operational and commercial factors as well as identify current knowledge gaps. The technologies were then further sub-divided into 'field deployed' and 'innovative' based on their approximate Technology Readiness Level as well as whether there are established/ plausible treatment mechanisms. The evaluation was informed by a literature review of published scientific research and other documents as well as a vendor liaison process incorporating current implementation experience and results. Relevant treatment scenarios, treatment trains and material types and treatment goals were also discussed and considered during the review.

The report was undertaken by a global team of Arcadis PFAS experts working closely with the Concawe Soil and Groundwater Taskforce.

This presentation details the findings of this evaluation and aims consolidate current global practice to increase understanding and support soil experts and/ or practitioners to identify effective and resource-efficient soil treatment technologies for PFAS.

In summary, look-up tables were produced in order to easily compare the technologies per the following categories:

- Suitability to treatment scenarios
- Treatment efficacy vs. treatment goals
- Treatment efficacy for different PFAS

- Suitability to soil properties
- Suitability to co-contamination
- Potential impact on site operations
- Requirement for ongoing management
- Technology development / commercial availability
- Cost
- Durability and residual liability
- Sustainability / energy & chemical usage

The resulting look-up tables in conjunction with a report that details the findings of each technology will help both to identify suitable 'ready-to-use' technologies as well as to inform where additional research is needed in order to further advance bringing innovative technologies into application.

In addition, the depth and breadth of review has enabled overarching insights and conclusions to be developed. The conclusions highlight, for example, the need to accept and optimise existing soil treatment technologies with no 'game changing' technologies evident at least in the short term. There is a need to ensure remediation goals are achievable and sustainable and align with practical performance limits in real world applications and matrices. Data gaps are identified which speak to the need to holistically consider the types of PFAS present and the ultimate fate of PFAS within treatment by-products.

KEYWORDS: PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances), soil treatment technologies, waste treatment technologies, firefighting foam, remediation, comparative evaluation

CONTACTS: Speaker: Jake Hurst, , +44 7815 966201

Additional Contact: Wouter Gevaerts.,
wouter.gevaerts@arcadis.com, +32 0486642996

In situ Conductive Heating to Enhance Long-chain LNAPL Recovery

Thomas Meyer¹, Philipp Schiphorst², Alessandro Raffaldi³, Paolo Boitani³

¹ Zueblin Umwelttechnik GmbH - Nurnberg (speaker), ² Zueblin Umwelttechnik GmbH – Berlin, ³ Zueblin Umwelttechnik GmbH – Milano

Abstract

Zueblin Umwelttechnik is one of the worldwide leading companies for In-Situ Thermal Treatment soil remediation, with several full-scale successful project references completed by applying both its own specific electrical element and its own portable burners.

ZUT is now developing a new application (patent pending) of the In-Situ Thermal Treatment for the remediation of aquifers and saturated soils impacted by the presence of LNAPL composed by long-chain petroleum hydrocarbons (tar oil), rich in PAH, and characterized by elevated values of viscosity.

It is commonly known that the physical characteristics of these kinds of oils make neither technically nor economically feasible their recovery by using standard equipment such as pneumatic active skimmers or band skimmers.

By implementing a special control system for supplying and regulating electrical energy to thermal elements installed in the contaminated part of the aquifer, ZUT was able to smoothly increase the temperature of the saturated soil in the area of influence of each heating element, without the generation of steam nor volatilization of organic compounds.

The desired effect of the thermal heating is to decrease the viscosity of the heavy oils, to mobilize them from the soil matrix in a controlled way, in order to have them available for recovery as liquid phase.

This technology has been studied and developed on a batch scale and it is now applied in the field, as pilot test, at a contaminated site located in the center of Germany.

The results of the field application of this new technology confirmed its effectiveness, by increasing the recovery rate of long-chain heavy hydrocarbon oils up to almost one order of magnitude.

Further tests are ongoing to explore the applicability and limits of this technology in terms of the vertical extension of contamination and the type of oils/tars that can be removed. However, the results collected until now already demonstrated that this innovative application of the ISTh can be an effective and economical alternative for the remediation of aquifers and saturated soils contaminated by sticky heavy oils, that otherwise would require complex excavation activities and treatment off-site to reach remediation targets.

Keywords: ISTh, LNAPL Recovery, Heavy oil

Contacts: thomas.meyer@zueblin.de (+49 160 94143260), philipp.schiphorst@zueblin.de, alessandro.raffaldi@zueblin.de (+39 02 83987700), paolo.boitani@zueblin.de.

Microalgae biorefinery for a greener economy

Pierluigi Giacò¹, Costanza Baldisserotto¹, Natasha Damiana Spadafora², Luisa Pasti^{1,3}, Sara Amadori⁴, Ilaria Zanoni⁴, Magda Blosi⁴, Simonetta Pancaldi^{1,3,*}

¹ Department of Environmental and Prevention Sciences, University of Ferrara, C.so Ercole I d'Este, 32, 44121 Ferrara, Italy, ² Department of Chemical, Pharmaceutical and Agricultural Sciences, University of Ferrara, via Fossato di Mortara, 17, 44121 Ferrara, Italy, ³ Terra&Acqua Tech Laboratory, Technopole of Ferrara University, Via Saragat, 13, 44122 Ferrara, Italy, ⁴ Institute of Science, Technology and Sustainability for Development of Ceramic Materials, National Research Council, Via Granarolo, 64, 48018, Faenza (RA), Italy

Introduction and Study Objectives

Microalgae are photosynthetic microorganisms that can grow quickly while converting carbon dioxide into oxygen and biomass. Notably, they also produce a large variety of metabolites of interest, such as lipids, polyphenols, proteins and vitamins. Moreover, thanks to the presence of an overall negative charge on the surface of the cell wall, microalgae biomass itself is a promising material for the removal of heavy metals from contaminated water. Among microalgae, some groups present unique characteristics: for example, the diatoms produce a porous silica cell wall that is itself a promising material. Thanks to these characteristics, microalgae can be used for different applications for a greener economy, such as feed for aquaculture, as ingredients in beauty products and to produce biostimulants.

Interestingly, changes in environmental conditions (light quality and quantity, salinity, nutrient concentration) can lead to a biomass enriched in specific compounds. Changes in light quality and quantity have been reported to affect both pigment profile and growth, with red light having a positive effect on biomass production in some microalgae, while blue light increases lipid production in other species. Moreover, while most algae have an autotrophic metabolism and use carbon dioxide as a carbon source, some microalgae can also use organic matter (such as glucose or glycerol) changing their

metabolism to mixotrophy, with positive effects on growth and biomass production.

Understanding the effects of these different cultivation parameters and their interactions on microalgae growth and metabolite production is important for finding sustainable solutions for a sustainable future.

Results and Discussion

Mixotrophy had a huge impact on *N. oleoabundans* growth, with cultures grown with glucose supplements reaching densities 8 times higher, and faster, than those grown in autotrophic conditions. Mixotrophy also changed the lipid profile with a major increase in the percentage of monounsaturated fatty acids. Considering the effect of light, no significant difference was recorded in growth. On the other hand, red light increased the fraction of ω -3 fatty acids with interesting prospects for nutraceutical application.

Red light promoted growth in *P. tricornutum*. On the other hand, growth was negatively affected by reduced salinity when cells were cultivated under white and blue light. Interestingly, cultures grown under red light in 10% diluted artificial seawater reached the same concentration as the ones grown in undiluted medium, meaning that the positive effect of red light on growth completely balanced the effect of reduced salinity. Nile Red staining and TEM observations revealed a major presence of lipid droplets in cells cultivated under white light and reduced salinity. Regarding fatty acids, blue light increased the percentage of saturated fatty acids at the expense of polyunsaturated ones. Conversely, cultures grown under red light showed a slight increase in the percentage of ω -3 fatty acids of interest (EPA and DHA) compared to the other cultures.

Both algae showed interesting results for their application as adsorbents for water depuration. The hybrid granules containing the algae removed 10 times more Cu^{2+} than those composed exclusively of TiO_2 or $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, but less than the algae alone. Interestingly, the normalized data, as grams of algae in suspension, clearly showed that Cu^{2+} adsorption strongly increased for the hybrid granules compared to the algae alone. It is possible to hypothesize that this is due to a synergistic effect triggered by the biomass dispersion in the presence of the inorganic nanophases acting as support.

Conclusions

These promising results lay the foundation for a scale-up process that can lead to sustainable biotechnological application. Thanks to the higher concentration of fatty acids in both *N. oleoabundans* and *P. tricornutum*, and the higher growth of *P. tricornutum* regardless of salinity, the use of red LED light can be an interesting strategy for the exploitation of these microalgae in aquaculture. Both algae also showed incredibly promising results as adsorbent materials in hybrid granules. This opens the way for a sustainable and cost-effective solution for the depuration of water polluted by heavy metals.

Acknowledgements

Project funded under the National Recovery and Resilience Plan (NRRP), Mission 04 Component 2 Investment 1.5 – NextGenerationEU, Call for tender n. 3277 dated 30/12/2021 Award Number: 0001052 dated 23/06/2022

Contacts: : simonetta.pancaldi@unife.it

Navigating New Frontiers: The Role of Artificial Intelligence (AI) in Environmental Innovation

B.J. Min, M.Eng., P.Eng.

TRIUM Environmental Inc. / ecoAI innovates Inc.

In recent years, the integration of artificial intelligence (AI) technologies into various industries has revolutionized our abilities to address technical challenges. From autonomous driving to ChatGPT, AI has made significant strides. However, some industries still lag behind in adopting this revolutionary approach. Specifically, sectors where data interpretation heavily relies on manual data interpretation, such as the environmental industry, face unique challenges.

Advanced data analytical techniques powered by AI offer advantages such as the rapid analysis of large and diverse environmental datasets, facilitating real-time monitoring, prediction of environmental trends, and early detection of emerging environmental threats. This presentation explores the significant impact of AI applications across the environmental sectors, particularly in soil analysis, water & wastewater treatment, and environmental data collection and analysis. The session will begin with an introduction to fundamental AI and machine learning concepts, outlining the evolution of these technologies over recent years. Starting from their initial use in automating customer service through chatbots, AI technologies have significantly expanded into diverse markets and sectors. This presentation will highlight AI's journey from a novel technology to a transformative tool across various industries, with an emphasis on its adaptation to common environmental practices and further discuss the specifics of current AI development, including the creation of algorithms that can predict, analyze, and learn from environmental data with unprecedented accuracy and speed. The discussion will also address ethical considerations, such as privacy, bias, and the broader implications of automated decision-making in sensitive environmental contexts.

Attendees will gain an understanding of AI technology fundamentals and insights into their practical applications in the environmental sector which include improving the accuracy of soil contamination assessments, optimizing water treatment processes, and enhancing real-time data collection and analysis. This learning-oriented presentation aims to provide professionals with a deeper understanding of the opportunities AI presents for advancing environmental management and sustainability.

Mr. B.J. Min, M.Eng., P.Eng. is President & CEO at ecoAI innovates Inc. With over 29 years of experience as an environmental engineer, BJ brings expertise in environmental remediation engineering, invention of new technologies and commercialization. His strong business acumen and technological prowess have significantly contributed to both ecoAI Innovates and its parent company, TRIUM Environmental, a leading soil & groundwater technologies and service company in Canada. His responsibilities span various aspects of business management & new ventures, including corporate vision/goals, new market development, R&D funding, intellectual property planning & licensing, and international liaison.

Contacts: bjmin@triuminc.com

Remediation approaches for degraded military-polluted lands: case of Ukraine

Valentina Pidlisnyuk¹ (speaker), Larry Erickson², Tatyana Stefanovska³, Ganga Hettiarachichi⁴, Sergey Ust'ak⁵, Pavlo Shapoval⁶

¹ Department of the Environmental Chemistry and Technology, Jan Evangelista Purkyně University, 400 96 Ústí nad Labem, Czech Republic

² Faculty of the Environmental Engineering, Kansas State University, KS 66506, USA

³ Department of Entomology, Integrated Pest Management and Plant Quarantine, The National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, 03041, Ukraine

⁴ Department of Agronomy, Kansas State University, KS 66506, USA

⁵ Crop Research Institute, Ruzyně, 161 06 Prague, Czech Republic

⁶ Department of Physical, Analytical and General Chemistry, Lviv Polytechnic National University, 79013 Lviv, Ukraine

The former military sites are widely dispersed and polluted by oil, potentially toxic metal(loid)s, organics, lacking in background, possess health risks, negatively affect soil, water resources, and biodiversity. In Europe, where Ukraine is facing Russian invasion for 2.5 years, the tremendous devastation of the environment and economy has been overlooked: the war has caused more than \$56.4 billion in damage to the environment in Ukraine (Hryhorchuk et al., 2024). There has been widespread of the air, water, and soil contaminations; some 30% of Ukraine has been contaminated with landmines and unexploded ordnance.

Excavation and *in situ* or *ex situ* physical/chemical treatments are common approaches for remediation, however, they are highly energy- and resource-intensive and deteriorate the land functionality. Alternatively, the use of plants and associated microorganisms is environmentally friendly method. *Miscanthus × giganteus* is a prospective phytoagent showing high biomass yield, immense lignocellulose content, good tolerance to nutrient deficiency, promotes carbon sequestration.

NATO SPS MYP “The mitigation of climate change through the Advanced Miscanthus Phytotechnology” has a goal to recovery of war-degraded environment in Ukraine by revitalization of the degraded military-polluted land, utilization of devastated forest, and mitigation of the climate change by using of biochar from agricultural waste of military origins as a real tool. The multiyear lab observations confirmed the adaptability of *Mx g* to grow in the metal(loid)s, pesticides and diesel contaminated soils. The accumulation of contaminants took place predominantly in the roots, accumulations to the above-surface parts were significantly lower. The phytotechnology has been implemented in former military territories in Dolyna, Ukraine (7 years); Chomutov, Czechia (4 years), Ft-Riley, USA (8 years), and Irpin, Kyiv region, Ukraine (2 years). Incorporation of soil amendments, i.e.: class B biosolids, biochar, and organic fertilizers influenced the phytoremediation and enhanced biomass yield. The utilization of phytotechnology to Pb contaminated soil showed the decrease in Pb uptake in biosolids amended soil. The incorporation of biochar at 5 and 10% rate improved biomass harvest in Chomutov, Czech Republic and Irpin, Ukraine. The current activities included testing the phytotechnology with biochar produced from the military biomass waste and ash received after gasification, estimation the efficiency by life cycle assessment, and technical-economic analysis. In parallel the social acceptance and willingness of citizens to implement the Advanced Miscanthus Phytotechnology, possible barriers in implementation, and public's perception of actions is under the surveying.

Hryhorczuk et al., 2024. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 19, 1. <https://doi.org/10.1186/s12995-023-00398-y>.

Key words: military sites; Mxg; soil amendments, bioconcentration and translocation factors, soil quality indicators; biochar

Contacts: valentyina.pidlisniuk@ujep.cz (+420 776 051 475); lerick@ksu.edu; tstefanovska@nubip.edu.ua

LIFE NARMENA: Nature Based Remediation Techniques for heavy metals in sediment - Constructed Wetlands – monitoring post works of the Winterbeek site

Mineur Axelle¹, De Vos Jan¹, Kuijk Froukje², Viaene Karel³

¹ ABO nv, Derbystraat 55, 9051 Gent, Belgium

² OVAM, Mechelen, Belgium

³ ARCHE, Ghent, Belgium

Abstract

The industrial legacy of western Europe has caused several problems with contamination. One particular issue that will be targeted in the LIFE NARMENA project is contamination with heavy metals in small watercourses that flow through nature reserves. While the source activities are often no longer present, the contamination remains in the sediment and on the banks of the stream. The sediment and banks act as secondary source zones, gradually causing further spreading of the stored contamination, exacerbating the problems caused by this heavy metal contamination. Beside human exposure, ecological exposure is an important issue not only in the streams itself but also in nature reserves through which they flow. Traditional remediation techniques for contaminated sediment typically rely on the removal of contaminated material. While this might be an effective technique in residential or agricultural settings, it is often not desirable in areas with a high nature value as significant ecological damage can be caused by such conventional techniques.

The objective of the LIFE NARMENA project, is to demonstrate less intrusive, nature-based remediation techniques to manage heavy metal contamination in flood-prone watercourses.

The project consists of three test sites where different nature-based remediation concepts will be demonstrated. Two of the sites will be used to demonstrate the use of free water surface constructed wetlands. Both sites are primarily contaminated with cadmium, and additionally contain lower traces of other metals (mainly mercury and arsenic). The contamination on both sites was caused by a

combination of historical sediment deposition on the banks and significant seasonal flooding. The remediation concept consists of controlled inundation of the sites, hereby altering the geochemical conditions in the top of the soil/sediment, which results in a decrease in bioavailability and overall mobility of the contaminants.

Two of the sites will be used to demonstrate the use of free water surface constructed wetlands. Both sites are primarily contaminated with cadmium, and additionally contain lower traces of other metals (mainly mercury and arsenic). The contamination on both sites was caused by a combination of historical sediment deposition on the banks and significant seasonal flooding. The remediation concept consists of controlled inundation of the sites, hereby altering the geochemical conditions in the top of the soil/sediment, which results in a decrease in bioavailability and overall mobility of the contaminants.

For one of these two cadmium-contaminated sites, called the “Winterbeek”, the works started in the fall of 2022 and the constructed wetland will be finished in 2023. In the first year of monitoring post works, decreases in the bioavailability of Cadmium of more than 90% have been observed in some of the monitored areas. At the conference we will be able to share more details on the design of the nature-based remediation technologies, as well as the comparison between results from the baseline measurements before the construction of the constructed wetland and from the monitoring that happened since.

Keywords: Constructed wetland, heavy metal, bioavailability

*Contacts: axelle.mineur@abo-group.eu (+32 496 20 76 82),
Jan.DeVos@abo-group.eu, froukje.kuijk@ovam.be,
karel.viaene@arche-consulting.be*

A circular economy case history for a quarry restoration

Sara Ceccon¹, Aldo Trezzi², Mara Moggia², Elisa Bizzotto³

¹ Ramboll Italy srl (speaker),² Ramboll Italy srl, ³Fondazione Università Ca' Foscari

The subject area is a former quarry, morphologically reshaped from late '90s, through the use of red gypsum obtained as a by-product from the production cycle of a facility in Italy. After emplacement of the red gypsum in the former quarry, the area underwent spontaneous revegetation since 2003 and, currently, it is under the responsibility of the adjacent natural park.

The scope of work included a scientific assessment of the ecological status of the area, in order to communicate to both global and local stakeholders the benefits provided to the landscape and biodiversity of this circular economy approach, to engage with the local community to provide a different perspective.

Ramboll coordinated a team of subcontractors, including Fondazione Università Ca' Foscari di Venezia, to carry out investigations for a preliminary assessment of the ecological status, the level of naturalness and biodiversity of the former quarry.

A geopedological survey and a preliminary vegetation survey were conducted in October 2023; additionally, desktop studies were carried out to identify the expected vegetation series and habitats for the area. The observations were compared to the literature regarding the quarry restoration stages. A preliminary assessment was also carried out to identify the main Ecosystem Services (as classified in the CICES framework) currently provided by the subject area, in a context of Natural Capital Accounting.

A professional photographer was hired to take naturalistic pictures, to carry out a drone survey, to document the field activities and install photo traps for the wild animals.

Based on the survey we could identify the benefits of this use of the gypsum and some limitations, that can be managed. The use of red gypsum in the former quarry aimed at reshaping the pristine morphology of the area, providing geotechnical stability and a

substrate (although highly inorganic) for the subsequent phases of spontaneous revegetation.

The investigations have shown that, despite the absence of anthropogenic support for re-greening, and the soil still exhibits a modest rate of pedological evolution, the area currently presents elements of high ecological value: the southern portion of the area displays a diverse array of native plant species, different habitats and resources compared to the surrounding areas, with the possible presence of protected species. On the contrary, the northern part of the area is characterized by the presence of a dense bramble bush; although bramble can represent a limitation for plant biodiversity (due to its colonizing and competitive behavior), this species is of ecological value for wildlife since offering food/refuge/ habitat/ pollination (Wignall et al., 2020).

A preliminary comparison with an adjacent area, where reshaping is not yet completed and a first regreening test was conducted in 2017, indicates that human intervention (addition of organic matter and hydroseeding) may increase the rate of greening and pedological evolution.

The technical report preliminary assessed the ecological services provided by the area, including carbon storage, and made some recommendation to increase the biodiversity and the ecological services, taking actions (in agreement with the park authority) such as management of the bramble, creation of an apiary or organizing educational events.

*Contacts: scecon@ramboll.com (+393475281028),
 atrezzi@ramboll.com, mmoggia@ramboll.com*

The Characteristics of Soil Contamination in Industrial Complex in Korea

Kwon-Chan Park, Hui-jin Kim, Yonh-Hoon Seol, Dong-Hyeon Kim, In-Ho Hwang and Un-jae You

Korea Environment Corporation, Hwankyeong-ro 42, seo-gu, Incheon, Republic of Korea

It is expected that the possibility of soil contamination will be high as industrial complex will be treated with many harmful chemicals during industrial activities. Therefore, the Korea Environment Corporation has been conducting a environment inspection of Korea's industrial complex since 2004.

There are about 1,241 industrial complexes in Korea. A total of 91 industrial complexes, 7,929 business companies, were investigated between 2004 and 2023. Among them, 460 companies exceeded the standard for soil contamination, with a rate of about 5.8 percent.

The area of contaminated soil in the industrial complex is about 572,950m², the amount of contaminated soil is 523,895m³. 361 companies are contaminated with soil, 18 are contaminated with groundwater, and 75 are contaminated with both soil and groundwater. The most significant excess of these contaminants were TPH, Zn, Ni, As, Pb, Benzene, Toluene, Elthybenzene, Xylene.

The source of contaminants includes leaked storage facilities, mishandling and mismanagement, and brought in contaminated materials or contaminated land during industrial activities.

In the future, based on the results of this survey, we plan to improve the manual so that efficient investigations can be conducted in terms of time and cost, and use it to improve the system to prevent soil contamination.

Keywords: Soil Contamination, Industrial Complex in Korea, Contaminants, Source of contaminants

Contacts: rhck1202@keco.or.kr (+82 32 5903847), hjk@keco.or.kr, hoon3412@keco.or.kr, donghyun150@keco.or.kr, hih0914@keco.or.kr, yuj798@keco.or.kr

Ground Water Spatiotemporal Data Analysis Tool

Wayne Jones¹, Luc Rock²

¹Principal Data Scientist, Shell Global Solutions (UK),

²Soil and Groundwater Scientist, Shell Global Solutions International B.V.

Introduction and study objectives

Groundwater monitoring is a key component to assess risk of contamination to the environment and human health in areas subjected to an accidental release of a chemical of concern. Monitoring strategies are implemented to determine the status of impact and to evaluate the risk. Commonly this includes interpretation of time-series for individual wells or spatial analysis of a single monitoring event.

The GroundWater Spatiotemporal Data Analysis Tool (GWSDAT) has been developed by Shell Global Solutions and the University of Glasgow to provide a simple to use, but statistically powerful decision support tool for environmental engineers and practitioners who routinely report on the status of groundwater monitoring sites (Jones et al, 2014).

GWSDAT, through improved risk-based decision making and response, adds value in several different ways:

- Early identification of increasing trends or off-site migration.
- Evaluation of groundwater monitoring trends over time and space (i.e., holistic plume evaluation).
- Nonparametric statistical and uncertainty analyses to assess highly variable groundwater data.
- Reduction in the number of sites in long-term monitoring or active remediation through simple, visual demonstrations of groundwater data and trends.
- More efficient evaluation and reporting of groundwater monitoring trends via simple, standardised plots and tables created at the ‘click of a mouse.’

- Well Redundancy Analysis functionality to identify potential optimization measures with regards to monitoring well network sampling locations.

The aim of this presentation is to provide an overview of GWSDAT and its functionalities, and to illustrate its use via a published case study.

Methodology

GWSDAT applies a spatiotemporal model smoother for a more coherent and smooth interpretation of the interaction in spatial and time-series components of groundwater solute concentrations (Jones et al., 2014). The simultaneous statistical smoothing over space and time generally provides a more accurate, more consistent illustration of a contamination plume when compared against contour maps of individual sampling rounds. Benefits of a spatiotemporal model for data analysis have the following benefits compared to a discrete time-based spatial model (McLean et al., 2019):

- Significantly smaller sample sizes can be used while retaining estimation accuracy.
- Spatiotemporal modelling methods result in clearer more accurate plume estimations.

The tool's key functionalities are:

- trend analyses via linear and non-parametric trend analysis.
- spatiotemporal solute concentration smoothing
- determination of contamination plume characteristics (e.g. plume mass, area)
- well redundancy analysis

Accessing the freely available, open-source software is possible through three different ways including an EXCEL add-in interface, an online version (www.gwsdat.net), or via executing the GWSDAT R package. It is designed to work with simple time-series data for solute concentration and ground water elevation. Non-aqueous phase liquid (NAPL) thickness can also be plotted if required. Spatial data can be grouped into different aquifer units. In addition, it is possible to import a basemap of the site showing for instance surface infrastructure. GWSDAT generates trend and contour plots that can be exported directly to a range of different formats, such as Microsoft PowerPoint.

Results and conclusions

GWSDAT has been successfully used for over 10 years to analyse, visualize and communicate historical groundwater data for constituents of potential concern (e.g. Benzene), across the globe. Several case studies can be viewed at <http://gwsdat.net/case-studies/>. The latest version of GWSDAT together with installation instructions and supporting information can be found on the industry websites:

- American Petroleum Institute (API): www.api.org/GWSDAT
- Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE): www.claire.co.uk/GWSDAT.

Contacts: Wayne.W.Jones@shell.com

Stimulation of electro-active bacteria to degrade petroleum hydrocarbons

Azariel Ruiz-Valencia¹, Angélique Meunier¹, Timothy M. Vogel¹

¹ *Université Claude Bernard Lyon1, 69100 Villeurbanne, France.*

Abstract

Previous research has demonstrated that certain factors can influence bioremediation, specifically the bioavailability of pollutants, the number of competent bacteria, and the availability of electron acceptors. Regarding the latter, when effective electron acceptors such as O₂ and NO₃ are unavailable, other less efficient electron acceptors may be utilized. In the pursuit of a new electron acceptor, numerous innovative systems involving electro-active microorganisms have been developed, many of which are based on the pioneering concept of the microbial fuel cell (MFC). Our understanding of bacterial involvement in hydrocarbon degradation within these bioelectrochemical systems remains incomplete. Therefore, the primary objective of this study was to identify a bacterial strain capable of simultaneously facilitating extracellular electron transfer and hydrocarbon degradation. Additionally, a secondary aim was to gain insight into the functioning of these electro-active bacteria upon contact with hydrocarbons.

To identify a bacterial strain capable of simultaneously facilitating extracellular electron transfer and hydrocarbon degradation, strains present in hydrocarbon-contaminated MFCs were isolated using various agar media containing either a single electron donor, a single electron acceptor, or both, along with a predefined quantity of hydrocarbons. The electroactivity of the isolated strains was subsequently evaluated in MFCs supplied with hydrocarbons, with monitoring and measurements conducted weekly for one month. Finally, microbial characterization was performed using quantitative polymerase chain reaction (qPCR) and amplicon sequencing to identify genes associated with their electroactivity and those responsible for hydrocarbon degradation

In this study four strains were isolated and identified from a microbial fuel cell, it was also demonstrated that the isolated strains growth in presence of diesel hydrocarbons as carbon source. At least three out of the four strains exhibited electroactivity and generated electrical potential over time. However, the results regarding hydrocarbon degradation were inconclusive as the availability of the diesel is not homogenous. Nevertheless, this research represents progress towards understanding electron transfer mechanisms in relation to electrochemical performance and microbial community profiles in microbial fuel cells for soil remediation of sites polluted with hydrocarbons.

Acknowledgement:

The authors would like to thank the EU Horizon 2020 program for the financial support given in the project EiCLaR (grant number 965945)

Keywords: (Microbial-Fuel-Cells, electroactivity, hydrocarbons degrading, bioremediation)

Contacts: azariel.ruiz-valencia@univ-lyon1.fr (+33 64 873 6925); timothy.vogel@univ-lyon1.fr

Properly assessing PFAS risk: the SGS PFASafe®2.0 approach

Chiara Fiori¹

Luca Fagiuoli, Pieter Joos, Luc de Renⁿ

¹ SGS Group (speaker), ² SGS Belgium NV

Abstract

The text length of the abstract must not exceed 3000 digits excluding spaces

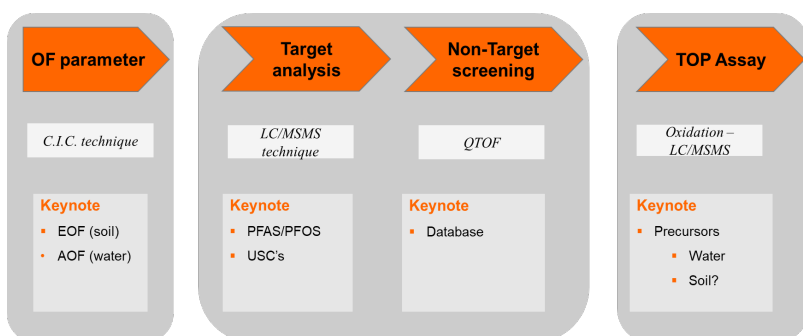
During the last years, PFAS attracted much attention since they are both omnipresent and have potential toxic effects. PFAS are considered as forever chemicals due to their high stability towards degradation in the environment, i.e., most of these compounds can be considered to be persistent. Moreover, some PFAS are surfactants, which enhance their mobility in the environment. Other PFAS congeners on their turn tend also to volatilize, which makes long distance transportation possible. Measuring PFAS in different environmental matrices is, however, a major issue, since over ten thousand of these compounds have been described and used in over 200 use and subcategories. Hence, it is impossible to measure all these PFAS compounds in a classical way, i.e., classical target analysis and this in a variety of matrices, like water, soil, waste, ... Therefore, to get an overview of the PFAS present in a sample SGS has elaborated the so-called PFASafe®2.0- concept, consisting of the following steps:

- Adsorbable Organic Fluorine (AOF): determination of organic fluorine in water samples (0.5-2 µg/L)
- Extractable Organic Fluorine (EOF): determination of organic fluorine in solid samples (in the same order of magnitude)

PFAS-analysis: classical target analysis of a selected number of classically known PFAS congeners (can be determined even below 1 ng/L), but also including other, 'newer' PFAS, like ultra-short chain (USC) PFAS and volatile PFAS.

- Q-TOF screening: purely qualitative determination of unknown PFAS (quantitative information is, by definition, unavailable)
- Total Oxidizable Precursors (TOP): oxidation of larger PFAS, consisting of weaker bonds and which are then cleaved and after identification result in stable, perfluorinated PFAS.

It is important to emphasize that data quality is of utmost importance. Therefore, a thorough validation has been performed for all of these steps to give the customer trustworthy results.



Keywords: PFAS, Risk evaluation, Ultra-short chains,

Contacts:

luca.fagioli@sgs.com +49-151 234 755 96

pieter.joos@sgs.com

luc.deren@sgs.com

A holistic nature based solution for PFAS pollution in soil and groundwater

Luca Fagioli¹, Luc de Ren², Erik De Bruyn³

¹ SGS Group (speaker), ² SGS Belgium NV, ³ C-Biotech

Abstract

The last couple of years PFAS has been abundantly on the radar as emerging pollutant of soil and groundwater. Ever since the discovery in soils, water, vegetables and in the blood of citizens around the 3M site in Zwijndrecht (Belgium), the family of „forever chemicals“ has not been out of the news. More close monitoring has now revealed that literally millions of hectares of land worldwide are polluted. When left untreated the PFAS tend to leach to the groundwater or erodes particles to which they are adhered and further disperse into the environment.

Given their nature to be indestructible, there is no easy solution to destroy the chemicals, let be in situ. Traditional soil remediation, consisting of excavating the topsoil and then washing it and give a thermal treatment is both expensive and non-sustainable, given that the C-F bond only gets destroyed at very high temperature. Moreover, the soil is lost as the organic matter does not survive such a treatment. Yet, for high levels of pollution, this seems to be the only way for treating the soil. For groundwater, a pump and treat strategy is used, where the water is pumped up and treated by an activated carbon filter.

For mild contaminations (i.e. <35mg/kg DM), however, we propose a different solution using phytoremediation by means of industrial hemp and willows. Both are natural pumps of groundwater and have been proven to take up PFAS along with it, where the PFAS concentrates in the leaf biomass. Shorter chain PFAS are more soluble and are, hence, taken up faster. Hemp focuses on the top soil and needs to be sown on a yearly basis, whereas willows go somewhat deeper and just need yearly pruning.

In this contribution, we show the results of a dedicated project that runs over summer 2024 at VESTA, the training campus of the Belgian firebrigade. The latter used fire extinguishing foams containing PFAS

for years. The site has a heterogeneous pollution. We separated the plot in subplots in which we will monitor the rate of PFAS-removal both in the soil and the leaves. In the different subplots we change soil enriching agents such as fertiliser, biochar,... As a part of the plot is on a subsurface concrete layer, we can use that to study removal in absence of groundwater dynamics. The pump and treat strategy will be extended with a specific enzyme treatment that has shown promising results with regards to attacking the CF-bonds and shortening the chain-length. A tedious sampling and analysis strategy was developed to support removal calculations during the entire study.

Given the fact that the pollutant concentrates in the leaves, the rest of the biomass can still be used to produce biobased (construction) materials such as insulation products, hemp wood or biochar. The latter can be used to remove and potentially destroy the PFAS molecules. Add to this that hemp sequesters up to 10tons of CO₂ per ha in 90 days, we arrive at a holistic solution that contributes to soil, water and air.

Keywords: PFAS, Bioremediation, Soil improvement

Contacts:

luca.faggiuoli@sgs.com +49-151 234 755 96

luc.deren@sgs.com

inqmar.nopens@c-biotech.eu

Bioplastic-degrading microbiome associated to the marine zooplankton: case study of the degradation of a polyester bioplastic

Luca Niccolini^{1,2}, Maurizia Seggiani³, Giovanna Strangis³, Nicoletta Barbani¹, Valentina Vitiello², Giulio Petroni¹, Xiaojun Yan⁵, Isabella Buttino^{2,4}, Simona Di Gregorio¹

¹Department of Biology, University of Pisa, Italy,

²Functional Biology and Plankton Genomic Lab. ISPRA - Italian Institute for Environmental Protection and Research, Livorno, Italy,

³Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa, Pisa, Italy,

⁴Sino-Italian Joint Laboratory Functional Biology of Marine Biota, ISPRA, Livorno, Italy

⁵Laboratory of Marine Biological Resources and Molecular Engineering, Marine Science and Technical College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan City, 316022, Zhejiang, China

Introduction and study objectives

Marine zooplankton is a set of heterotrophic organisms that include some of the most abundant organisms in the oceans. Zooplankton defines the key element between the CO₂ fixing organisms (phytoplankton) and the upper levels of the marine food chain. Interestingly, zooplankton promotes the proliferation of the microbes in the water column, releasing the macro and micro-nutrients during the feeding activity. Mostly zooplankters are filter-feeders and release significant quantity of organic substrates in their surroundings, promoting the formation of a high-density microbial community. These communities have adapted to the transformation of organic compounds with high molecular weight and intrinsic recalcitrance. In particular, they are adapted to the degradation of the polysaccharidic components of the cell wall of phytoplankton and the exoskeleton of the zooplankton-host at the end of the life cycle (e.g. chitin).

This suggests the possibility of exploring a plethora of potential microbial metabolic functions of interest for biotechnological applications, such as those involved in the biodegradation of recalcitrant macromolecules.

For instance, the plastics represent some of the most recalcitrant macromolecules for the marine ecosystems, affecting all the ecological compartments from the ocean trench to the surfaces. The low degradability rate, fossil origin and the recycle management promoted the development of a new generation of a sustainable alternative to the petroleum-derived plastics, the bioplastics.

Recently, a growing number of potential applications of bioplastics also in the marine environment leads to the need to identify most performing marine microbial candidates capable of promoting their biodegradation.

The most common bioplastics are the aliphatic polyester such as the polylactic acid (PLA), poly(butylene succinate) (PBS), poly(butylene succinate-co-adipate) (PBSA), polycaprolactone (PCL) and polyhydroxyalcanoates (PHAs).

Since the PBS and the PBSA are not the most produced bioplastics in Europe, they are considered a sustainable candidate to the petroleum-based plastics due to their good biodegradability in several natural environments, thermoplastic processability and balanced mechanical properties. In fact, PBSA was considered to produce the fishing nets.

The objective of this study was to characterize the bacterial community associated with a zooplankton culture of the calanoid copepod *Acartia tonsa*, routinely reared in the laboratory of the plankton ecotoxicology of ISPRA-Livorno. Specifically, a quantitative metabarcoding for the taxonomic profile and a predictive functional profiling were conducted on the bacterial communities associated to the copepods and a culture-dependent approach was also conducted, selecting the microbial candidates from the copepod microbiome that promote the PBSA degradation.

Results

The bacterial community associated to the 33-day olds carcasses showed a clear taxonomical segregation from the other communities. This was reflected on the predicted functional profiles that showed a high homogeneity in the distribution of the carboxyl ester hydrolase activities among the less abundant bacterial taxa. A bacterial strain was selected and identified from the 33-day olds carcasses that

showed the ability to hydrolyse the ester bonds in the PBSA structure acting on the crystalline regions of the polymer.

Conclusion

The taxonomical and functional results obtained from this study enriched the knowledge on plankton microbial ecology with interesting spill over in the biotechnological application, including new strategies to control the fate of new materials based on the evaluation of the plankton microbiome.

The assessment finds confirmation in the isolation of a bacterial strain that depolymerise the crystallin portion of PBSA. In perspective the implementation of different culturomics approaches might help to isolate further microbial candidates with promising hydrolytic activities on polymers.

Catalytic rehabilitation of PFAS contaminated groundwater

Rizwan Isap

Groundwater, vast reservoirs of water beneath the Earth's surface, acts as a vital lifeline for billions globally; drinking water for communities, sustenance for agriculture, and a life source for diverse ecosystems. However, a widespread contamination crisis is currently impacting this critical resource. Thousands of micropollutants, namely PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances), have infiltrated our groundwater posing a critical threat to both the environment and public health.

Tackling PFAS contamination within groundwater remediation efforts is an arduous task. Existing methods for PFAS extraction are often inefficient, costly, and generate secondary waste, leading to insufficient purification, and increased operational and financial challenges. These factors deter municipal and industrial entities from undertaking such environmental clean-up initiatives.

The described catalytic process marks a substantial breakthrough in PFAS elimination, offering an effective, efficient and waste-free solution. Characterized by its leading energy efficiency, this technology significantly reduces the costs associated with remediating PFAS-contaminated groundwater. With extremely high elimination rates (99%+), this finally makes treatment of PFAS from contaminated groundwater technically and economically feasible.

This technology was successfully applied to contaminated groundwater in a recent 6-month on-site pilot with a Swiss environmental remediation company. The pilot was conducted in two phases. In Phase 1, contaminated groundwater was collected through a pumping system and then directed into the Oxyle batch reactor. In Phase 2, the pumped groundwater was filtered via nanofiltration, increasing the concentration of PFAS by 3-4x, followed by treating this concentrated reject stream with Oxyle's reactor. 10m³ of this PFAS-concentrated water was channeled into Oxyle's reactor daily.

Activated only by the turbulence in the water, Oxyle's catalyst generated highly reactive radicals that broke down and mineralized the PFAS into harmless inorganic by-products. The technology demonstrated removal rates exceeding 94% in Phase 1 and 99% in Phase 2 (from 6790 ng/L to 55 ng/L), targeting both long-chain and short-chain PFAS variants. The performance remained consistent even in the face of substantial fluctuations in inlet concentrations, ranging from 3000 ng/L to 7000 ng/L, and with 180 days of continuous use. Throughout the pilot, the technology exhibited exceptionally low energy consumption, at 2.6 kWh/m³ in Phase 1 and 4.5 kWh/m³ in Phase 2. This efficiency offered a more cost-effective alternative compared to traditional treatment, which required 15x more energy for comparable performance.

Keywords: PFAS, Contaminated Groundwater, Emerging Pollutants, Environmental Remediation

Contacts: Rizwan.isap@oxyle.com

A Global Assessment of Climate Change Education and Education For Sustainable Development

Hacer AKSUNGUR ZENGİN

Adnan Menderes University, Türkiye

Institute of Health Sciences - Interdisciplinary Environmental Health Department

Abstract

Due to severe impacts of climate change on a global scale and the international agreements such as Article 6 of the United Nations Framework Convention on Climate, Climate Strengthening Action - Article 12 of the Paris Agreement and Sustainable Development Goals, Target 4.7., "Climate Change Education", has now gained more importance.

As underlined in the United Nations Sustainable Development Goals, Goal 4 -"Quality Education", education is a prerequisite for adapting to climate change as well as reaching United Nations Sustainable Developments Goals, EU Education Area 2025, EU 2050 Climate Action, EU Green Deal and Global Education 2030 Agenda.. In the fight against climate change, which is putting many economic, health, political and socio-cultural burdens especially during pandemic, the importance of Sustainable Development Education, Environment and Climate Change Education gain greater importance in terms of both adapting to international agreements in the realization of climate change adaptation policies.

In this review study, a comparative document and data analysis through climate change education were made by examining relevant reports of UNESCO in the last 10 years. The suggestions were presented by analysing 'how Climate Change Education is included in the national action plans and/or strategy documents'. In this research, Monitoring and Evaluation of Climate Communication and Education Project outputs, desk review reports and climate action plans, available to the public, were also evaluated.

As a result, there is a growing trend towards education for sustainability and climate change education in accordance with the

international climate diplomacy, there is still a lot to do to flourish climate change education. Thus, this paper includes some concrete suggestions to accelerate global climate change adaptation addressing the adoption of global climate change and environmental education principles.

Key Words: Global Climate Change Education, Sustainable Development Education, Environment and Climate Change Education, National Determined Contributions-NDCs, National Communications-NCs

Introduction

Upon reviewing the Synthesis and Assessment Reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the "Climate Change 2023 Assessment Report," comprised of member countries from the United Nations and the World Meteorological Organization, the severe impacts of global warming-induced changes in the climate system are evident. The pandemic exacerbates these impacts, challenging the world economically, politically, and socio-culturally. Examination of international organizations' country-specific reports Climate Change Adaptation Strategy and Action Plans reveals high vulnerability to the adverse effects of climate change. These effects, such as diminishing water resources, forest fires, drought, desertification, and ecological degradation, are conspicuously evident. Thus, strategies to combat environmental issues and climate change have become dominant subjects in the economic and political realms of the 21st-century world. Consequently, aligning with global climate diplomacy to include the education sector, formulating strategies to enhance educational institutions' adaptation to climate change, and developing preventative and novel policies to frame the educational ecosystem are of paramount importance.

Integrating education as the central focus of initiatives aimed at reaching broad audiences to foster awareness and consciousness about climate change is indispensable. In the process of adapting to the negative impacts of climate change, it is crucial to implement planning, application, and capacity- building activities that encompass national and regional adaptation strategies and support global efforts. In this context, education is crucial in enhancing human capacity to

build climate-resilient societies (Workshop Report on Integrating Climate Change Awareness into Basic Education, November 2022). Given the escalating global impacts of climate change felt each year, the extensive studies and adopted policies worldwide, and the implementation of Article 6 of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Action for Climate Empowerment (ACE) - Article 12 of the Paris Agreement, and alignment with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), this research aims to evaluate the current stage of "Climate Change Education" on a global scale.

Conclusion and Recommendations

In conclusion, while the development of a Climate Change Action Plan in line with the agreements to which our country is a party is a positive step, it is crucial to adopt global principles of climate change education that accelerate climate adaptation. In accordance with recommendations from international authorities, the following concrete recommendations are made to shape the national efforts from local to national levels, fostering inter-ministerial and sectoral cooperation:

1. Strengthen Integration: Enhance the integration of climate change education into all levels of the national curriculum.
2. Increase Public Awareness: Implement comprehensive public awareness programs focusing on the impacts of climate change and adaptation strategies.
3. Intersectoral Cooperation: Promote collaboration between different government ministries and sectors to create a unified approach to climate change education.
4. Global Best Practices: Adopt and adapt best practices from successful international climate change education initiatives.
5. Capacity Building: Invest in capacity building for educators to effectively teach climate change topics.
6. Monitoring and Evaluation: Establish robust monitoring and evaluation systems to assess the effectiveness of climate change education programs and ensure continuous improvement.

Contacts: haceraksungur@gmail.com

Innovative Foam Fractionation Technology For The Treatment Of Per- And Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) In Contaminated Water Using Biodegradable Amendments

Almouallem Wassim¹, Carronnier Hugo¹, Marechal Martin¹, Delor Louise¹, Branquet Eric²

¹ SPUMA, France

² ECOFIELD CONSUTLING, France

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are a group of man-made refractory compounds that have been widely used in various industrial and commercial products since the 1940s (MDPI) (US EPA). This extensive use has led to the contamination of groundwater and surface water systems. PFAS are persistent, bioaccumulative, and toxic chemicals (MDPI) (US EPA).

Foam fractionation is a promising technique for treating PFAS-contaminated water, leveraging the high surface activity of PFAS to remove them from the solution by adsorption onto air bubble surfaces. However, traditional foam fractionation technology faces challenges, especially in field applications, often necessitating the use of large, energy-consuming air bubbling units or additives to enhance foaming capacity or PFAS extraction. While various additives have been investigated for this purpose, most are toxic, expensive, and/or require post-treatment (MDPI). To address these challenges, SPUMA has developed and patented a more cost-effective, biodegradable, and environmentally friendly biological additive. This additive operates in two key manners: (1) it binds with high affinity to PFAS, and (2) it enhances foam formation, making extraction easier.

Since 2020, laboratory work has been conducted on spiked waters to identify the optimal additive formulation. Additional trials were carried out on AFFF-laced waters from the Lubrizol fire (Rouen, France, September 2019), which were highly contaminated by PFOS and PFOA. A first pilot-scale trial was also conducted using existing foam fractionation units and a custom continuous flow unit (50 m³/h) on spiked waters, leachate, and waters from a Normandy wastewater

treatment plant containing PFBA, PFOA, and 6:2 FTAB. An ongoing second-phase pilot study using a bench-scale continuous unit (1 m³/h) is being carried out to refine the final aspects of the process.

This dual-action mechanism allows for faster and more effective PFAS extraction, achieving removal rates of 99.9% for all PFAS with carbon chains longer than C7, including PFHxS and PFPeS, and 98% for PFHxA and PFBS under specific conditions. However, lower removal rates were observed for shorter chain carboxylic compounds, ranging from 15% to 52% for PFBA and PFPeA, depending on various treatment parameters (flow rate, bubble size, bubbling gas, and other chemical parameters). Similar removal rates were observed on both units designed specifically for this additive and existing foam fractionation units. Trials conducted in collaboration with ENVYTECH and ALLONNIA demonstrated a processing time reduction by a factor of 1.5 to 3.

In conclusion, the BioFoam Fractionation technology presents numerous advantages, including low waste production, cost and energy efficiency, and the use of a biodegradable additive that requires no separation step after treatment or post-treatment. These initial findings suggest that BioFoam Fractionation is a highly applicable treatment technology for PFAS-contaminated waters. Additional investigations are underway to optimize the process and develop an integrated solution for degrading PFAS in concentrates.

Keywords: PFAS, Foam Fractionation, Biodegradable Additive, Water Treatment, Environmental Technology

Contacts:

<i>w.almouallem@spuma.com</i>	<i>(+33 7 63080993)</i>
<i>h.carronnier@spuma.com</i>	<i>(+33 6 63245949)</i>
<i>m.marechal@spuma.com</i>	<i>(+33 6 47207815)</i>
<i>l.delor@spuma.com</i>	<i>(+33 7 61820609)</i>
<i>s.wojewodzki@spuma.com</i>	<i>(+1 786 452 6776)</i>
<i>eric.branquet@ecofield-consulting.com</i>	<i>(+33 6 85212758)</i>

UVOST® technology and laboratory analysis, a combined approach for a reliable environmental investigation

***Claudio Carusi¹, Luca Moresi¹, Federica De Santis¹, Marcello Pianu²,
Fabio Allegrini², Eugen Martac³***

¹*Mares S.r.l.,*

²*Eni S.p.A.,*

³*Fugro Germany Land G.M.B.H.*

The spatial extension (geometry) of a contaminated volume of soil is of pivotal importance to define remediation strategies. The best tool to obtain a detailed framework is given by the High-Resolution Site Characterization (here in after HRSC).

In general, traditional investigations provide quantitative data for each detected contaminant, but they are affected by several random errors and render a very fragmented model. On the other hand, HRSC provides, even if in a semi-quantitative way, a tangible added value in terms of precision in spatial and temporal distribution of the contaminants, as well as a continuous and well defined 3D model.

This study demonstrates the usefulness of the combined use of the two investigation methods in order to calculate the total mass of contaminants in the investigated volume.

Since 2017 Mares S.r.l. has an exclusive partnership with Fugro Germany Land GmbH, for the application of HRSC technologies (e.g., Ultra Violet Optical Screening Tool or UVOST® and Membrane Interface Probe or MIP®) in the Oil&Gas industry, and is collaborating with Eni S.p.A. in several field applications.

Here it is reported on a case study of UVOST® application, performed in a site affected by oil contamination due to a damaged pipeline.

The investigation aimed on the spatial delineation of the contaminant body, focusing on the LNAPL distribution in saturated and unsaturated soil. The project was developed through 30 x UVOST® and 9 x MIP® investigation points, aiming to make the client aware about the 3D architecture of the LNAPL and contaminant plume extension.

Following that, the client was able to perform the most suitable contamination containment.

UVOST® data elaboration showed a high level the thickness of the free phase in the investigated area. In general, UVOST® gives back %-based fluorescence results referred on the presence of hydrocarbon free phase (comprised of small drops, blobs, pools or residual phase within pores), instead of related to a direct concentration.

Then a new approach for a reliable quantitative estimation of the total mass in soil, including free phase, was developed.

On this regard, 8 x UVOST® points with different fluorescence values were chosen, and besides each point a drilling with core sampling at different depths was performed, corresponding to specific UVOST® signals. Every sample was split in two portions: one was used for the determination of Total Petroleum Hydrocarbons concentration C_{≤12}+C_{>12} (or TPH), whereas the other was subject to a new UVOST® fluorescence measurement. Lab analysis outcomes did not show good correlation with the UVOST® performed on site, underlining the need for a high consistency between the positioning of the UVOST and soil sampling. Conversely the replication of UVOST® test on the various soil samples showed a very good fitting with the lab results.

Thanks to this correlation, using the 3D model delivered by the UVOST® investigation, a further correlation between volumes with a specific fluorescence interval and a TPH concentration value was performed. Subsequently, an estimation of TPH total mass present in the investigated volume was calculated.

Keywords: High Resolution, Characterization, Fluorescence, Correlation, TPH

Contacts: claudiocarusi@maresitalia.it (+39 340 459 3804),
lucamoresi@maresitalia.it, federicadesantis@maresitalia.it,
marcello.pianu@eni.com, fabio.allegri@eni.com,
E.Martac@fugro.com

MIP-OMS experiences after one year of deployment: On-site mass spectrometry based high-resolution characterization technology with continuous monitoring of individual contaminant species

Eugen Martac¹, Claudio Carusi²

¹Fugro Germany Land GmgH, ²Mares S.r.l.,

Risk assessments and remediation studies require detailed knowledge of subsurface structures and the spatial distribution of pollutants in source and plume areas. Choosing the right technology is the key to addressing the specific issues of each site.

Membrane Interphase Probe (MIP) technology enables high-resolution detection of volatile organic contaminants (VOCs) along a continuous depth profile. In just one push, the vertical and horizontal distribution of VOCs is acquired simultaneously with the lithological (in combination with Direct Push DP applications) and geotechnical information (in combination with Cone Penetration Testing CPT). Running MIP together with the Hydraulic Profiling Tool (HPT) enables a high-resolution structuring of the subsurface in terms of hydraulics, contamination and lithology. Coupling MIP with an On-Site Mass Spectrometer (OMS) represents an innovative advance that provides high resolution (1 cm vertical) and fast (while maintaining the standard MIP speed of about 2 cm/s) in situ analysis of individual compounds (e.g. PCE, TCE). The mobile OMS system is connected to the MIP system via a gas splitter. A comparison with the results of conventional soil and groundwater samples confirms the results.

In addition to the typical MIP signals, the ability to identify individual compounds and provide their concentrations in high vertical resolution proved to be a rapid, reliable, and cost-effective field method for screening. The identification of the compounds is based

on reference mass spectra, which also enables the search for unknown organic volatiles. The accurate quantification of selected compounds is based on external calibration with compound-specific standards that ensure the performance of the MIP-OMS system and enable detection limits down to the ppb range. The most common VOCs, such as chlorinated hydrocarbons and BTEX, can be easily separated with a standard analytical run. Adapted analysis schemes were used for specific tasks (brominated hydrocarbons, tetrahydrofuran).

This further development of the investigation method illustrates the usefulness of reliable initial investigation methods for an effective site investigation, especially at large contaminated sites. Large-scale application of low-invasive initial screening can help guide and focus subsequent, more expensive methods of soil and groundwater sampling. In addition, it provides significant added value for the successful design of restructuring strategies and shortens the entire decision-making chain with the associated budget savings. Further practice-specific advantages can be achieved: a significant reduction in the detection limits for all MIP-detectable VOCs (e.g. below 10 ppb for CHC and BTEX), a dramatic expansion of the MIP applicability towards plume edges or low-contaminated areas, a correct depth allocation for individual contaminant species at sites with complex contamination, identification of degradation products and verification of natural degradation or determination of VOCs that are difficult to detect with a standard MIP system, such as brominated hydrocarbons, MTBE or tetrahydrofuran (THF), as well as significant cost savings and relevant added value through real-time decisions on site.

This continuous and rapid investigation enables high-end analysis directly from the screening phase of a site, regardless of hotspots, different source areas or mining paths. The presentation focuses on lessons learned after one year of product development and deployment.

Keywords: (Up to 5 keywords) High Resolution Characterization, VOC, mass Spectrometry, MIP

*Contacts: e.martac@fugro.com (+49 17610015974),
claudiocarusi@maresitalia.it*

Microplastics as Vectors for Metals in Polluted Soils: Interactions Within Complex Mixtures of Pollutants

Diego Baragaño¹, S. Alcorta², E. Rodríguez¹, E. Berrezueta³, M.A. López-Antón¹

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR-CSIC, C/ Francisco Pintado Fe, 26, 33011 Oviedo, Spain, ² Czech University of Life Sciences, CZU, Kamýcká 129, 165 00 Prague - Suchbátka, Czech Republic, ³ Instituto Geológico y Minero de España (CN IGME, CSIC), Oviedo 33005, Spain

Abstract

The presence of microplastics in soils is a recent and growing issue. Despite garnering significant interest, the scientific literature remains insufficient to fully assess their environmental impact. Furthermore, these emerging pollutants are frequently encountered alongside diverse contaminants such as metal(loid)s and organic pollutants within soil matrices. The interplay among these pollutants forms intricate mixtures, presenting substantial challenges.

In this context, the present study aims to provide initial findings from a project evaluating how microplastics from various sources and compositions interact with soils contaminated by arsenic and mercury under field conditions. Investigating these interactions is crucial for comprehending the potential risks associated with the simultaneous presence of different contaminant types, thus informing the development of effective remediation strategies. Subsequent phases of this research will focus on assessing the impact on specific phytoremediation plant species and examining the uptake and accumulation of microplastics by these plants.

Acknowledgment: This work was supported by the I+D+i project PID2020-113558RB-C43 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033). Diego Baragaño acknowledges the grant JDC2022-050209-I funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by ESF+.

Keywords: microplastics, metals, soil pollution, arsenic, phytoremediation

*Contacts: diego.baragano@incar.csic.es (+34 985 119090),
XALCS001@studenti.czu.cz, elena@incar.csic.es,
e.berrezueta@igme.es, marian@incar.csic.es.*

Enhanced Phytoremediation of Polluted Soils in Mining Areas Using Nanoscale Zero-Valent Iron

Salvador Sánchez¹, Aida González¹, Diego Baragaño²

¹ Grupo de investigación BIOGEOAMB e INDUROT (Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio), Universidad de Oviedo, Campus de Mieres, 33600, Mieres, Spain (speaker),² Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR-CSIC, C/ Francisco Pintado Fe, 26, 33011 Oviedo, Spain.

The application of nanoscale zero-valent iron (nZVI) in polluted soils represents an emerging technology situated within the framework of gentle remediation options. This technology aims to replicate the natural formation of iron oxides in soils to effectively immobilize inorganic pollutants. However, within the mining sector, addressing contaminated soils requires more than mere remediation actions; it demands a comprehensive restoration process. Therefore, we propose integrating nZVI with phytoremediation techniques to achieve ecosystem-wide restoration.

This study presents preliminary results from a practical remediation effort conducted on a severely arsenic- and mercury-contaminated spoil heap in a northern Spanish mining region. The remediation process involved applying a 1% dosage of nZVI to the soil, followed by the planting of birch trees (*Betula pubescens*). This combined approach facilitated the immobilization of contaminants within the spoil heap while promoting vegetation growth on-site. Subsequent analyses will focus on assessing the physiological properties of the plants and the microbiology of the soil.

Acknowledgment: Diego Baragaño acknowledges the grant JDC2022-050209-I funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by ESF+.

Keywords: nanoparticles, zero-valent iron, mercury, arsenic, phytoremediation

Contacts: sanchezsalvador@uniovi.es (+34 675480781), aidag@uniovi.es, diego.baragano@incar.csic.es.

A nature-based approach to enhance the recovery potential of a spontaneous ecosystem developed on an urban contaminated site

Laura Passatore¹, Gianluca Rapaccini², Stefano Zoli², Paolo Sconocchia¹, Massimo Zacchini¹, Massimiliano Baric³, Tatiana Stella³

¹Research Institute on Terrestrial Ecosystems, National Research Council (IRET-CNR), Rome, Italy;

²Terrapreta Srl SB, Milano

³M3R-Monitoring and Management of Microbial Resources S.r.l., Milano

Introduction and study objectives

Time is a critical factor in the remediation of urban and peri-urban contaminated sites. The regeneration of contaminated brownfields is a challenge for cities, and the length of the remediation process is a key issue for rapid redevelopment. However, in the context of the Italian scenario, time-consuming administrative procedures and conflicting interests lead to the closure of the site and its disuse for several decades, generating high economic and social impacts (Araneo et al., 2024). Furthermore, sustainable remediation approaches such as phytoremediation often require longer treatment time to achieve remediation goals (Rizzo et al., 2016). How can the increasing demand for green and sustainable remediation technologies be reconciled in the urban context? In fact, the contrast between sustainable remediation and rapid urban development is only apparent, and nature-based solutions are often key to minimizing contamination risks while balancing community objectives, economic implications and net environmental impacts.

A case study in Milan provides an opportunity to demonstrate this assumption, with the aim of:

- to outline a coherent, sustainable and effective pathway of regenerating a complex urban area;

will help to identify 4 vegetated study parcels with different contamination situations (contaminated by organic matter/contaminated by heavy metals/contaminated by both heavy metals and organic matter/uncontaminated). The concentration of contaminants in the rhizosphere and in the biomass, and the soil microbiology will be monitored within the selected parcels. At the present time, the characterization plan is in the process of evaluation by the competent authorities.

The study described is part of a wider study of the area carried out by a multidisciplinary team that is defining the actual framework of the site by monitoring soil chemistry and microbiology, vegetation, fauna and abandoned industrial infrastructure. The data collected will be integrated to better define the remediation project and will also form the basis for monitoring the regeneration process.

Contacts: laura.passatore@cnr.it, tatiana.stella@m3r.it

- to develop a regeneration strategy based on the spontaneous ecosystem that has developed over decades of disuse, enhancing its potential for recovery.

Site description

The study focuses on La Goccia, a former industrial site covering 45 hectares in the urban area of Milan. The soil was found to be contaminated by organic and inorganic pollutants (BTEX, heavy metals and hydrocarbons) and the risk assessment identified plots at risk by inhalation and plots at risk by direct contact.

No risk related to groundwater contamination was identified. A spontaneous ecosystem has developed on the site over the 30 years that the site has been closed. A forest composed by fast-growing and pioneer species and by some trees planted when the industrial site was still active, actually covers 16 hectares .

At present, various projects have been developed for the complete redevelopment of the area, with the construction of housing, offices, university facilities, an urban park (Politecnico of Milan Campus) and a large urban forest (Foresta de La Goccia). In recent years, thanks to the development of the master plan by Renzo Piano and the signing of the collaboration agreement "Osservatorio La Goccia", an ambitious regeneration project has been launched, coordinated by the City of Milan and the Politecnico of Milan. The remediation of the area covered by the spontaneous urban forest and its reconversion into an urban park is the subject of the pilot study described here.

Activity plan

The strategy developed for the regeneration of the area foresees its gradual return to the citizens, starting with the non-risk plots. The plots at risk from inhalation will be firstly remediated using conventional technologies (such as capping), while the plots at risk from direct contact will be monitored in order to design a site-specific approach based on bioremediation, phytoremediation, to enhance the recovery potential of the existing spontaneous ecosystem.

In order to understand the on-going natural attenuation process and to quantify its effects, a specific study of the plant rhizosphere is planned. An initial characterization of the contaminants will be carried out on the topsoil of the plots at risk of contact, and the data obtained

Protection of the groundwater resource by reusing water collected in the hydraulic barrier during the industrial production cycle and cheese whey injection interventions. Case study

*Laura Quintarelli¹, Riccardo Di Lorenzo¹, Matteo Capelli¹,
Marco Gardini¹*

¹Ramboll Italy S.r.l

Ramboll has been asked to develop a groundwater remediation design for a large manufacturing industry located in Italy. The Site encompasses an area of around 24 hectares, and it is characterized by the presence of two plumes of contamination in groundwater: chlorinated hydrocarbons (primary trichloroethene) and chromium (total, hexavalent). Due to the exceedance of the legal limits in the monitoring wells located at the downgradient boundary of the Site, Public Authorities have requested the activation of a hydraulic barrier as an emergency containment measure to preserve the external areas from risk of contamination. After some years from the activation of the barrier, Ramboll has suggested the Client to implement a remediation technology which allows to reduce contaminants concentration below the site-specific thresholds calculated through a site-specific risk assessment procedure, in line with regulatory requirements.

Ramboll proposed a sustainable remediation approach compatible with the industrial use of the Site, based on revamping the existing hydraulic Pump&Treat (P&T) barrier and implementing Enhanced Reductive Dechlorination technology (ERD).

The revamping of P&T will be based on increasing the number of extraction wells, installing new wells, and upgrading the water treatment plant. The revamping will increase the volume of contaminated groundwater extracted and treated by the plant. This water, once treated, will primarily be reused by the Client in the industrial production process.

Furthermore, the ERD process will reduce the concentration of contaminants mostly along the chlorinated hydrocarbon plume. ERD will be based on the biological degradation of contaminants stimulated by adding an organic substrate, which might be diluted with water, depending on the aquifer characteristics. In the design, cheese whey was selected because it is an easy biodegradable and soluble organic substrate, which allows for flexibility and optimized dosages during the activities, based on the actual performance of the process, by simple plant adjustments.

Currently, the Client uses clean groundwater extracted from industrial wells located upgradient of contaminated areas to supply water required for the industrial production cycle. Reusing contaminated water collected by the hydraulic barrier after treatment will minimize the clean water extraction and protect the groundwater resources. The installation of storage tanks will enable the water to be treated during the weekend, when most of the production facilities will be stopped, and the stored volumes to meet the increased demand for water during the summer months. Reusing treated water for production scope will reduce the water discharge volume into surface water bodies in compliance with legal limits.

Revamping the existing hydraulic barriers will increase the groundwater quality, reduce contamination, and protect the groundwater resources by reusing treated water for the industrial production cycle.

The ERD treatment by cheese whey is a technology applicable at low costs, based on principles of environmental sustainability and circular economy, which allows the enhancement and recovery of a local waste product from dairy production, otherwise destined for disposal as waste or used in animal feed and biogas plants.

Keywords: Sustainable remediation, circular economy, groundwater resource protection

Contacts: lquintarelli@ramboll.com (+39 340 2499432);
rdilorenzo@ramboll.com; mcapelli@ramboll.com;
mgardini@ramboll.com

Towards a EU Soil Monitoring Law and comprehensively managing contaminated land

Dietmar Müller-Grabherr^{1,2}

¹COMMON FORUM on Contaminated Land in Europe,²Environment Agency Austria (EAA)

targeting soil within the European Union. A first try approach started in 2006 was, due to a blocking minority, withdrawn by the European Commission in 2014. As a spin-off under the EU Green Deal and its Biodiversity Strategy the EC presented a revised Soil Strategy (November 2021), envisioning for healthy soils by 2050 and finally reacted as well to a resolution of the European Parliament (April 2023) by presenting a proposal for a Directive on soil monitoring and resilience (EU Soil Monitoring Law or EU SML).

With the presentation of the so-called EU Soil Monitoring Law (draft EU SML) in July 2023, the short title indicates a prevailing need and focus for improving data through monitoring, whereas the long title by emphasising on resilience suggests that the directive seeks to go beyond for climate change adaptation and maintaining soil ecosystem services.

While EC is endeavouring to improve the data situation for the condition of soils in Europe, the new paradigm is “soil health”. Assessments of soil health shall refer on predefined soil descriptors (provided by Annexes) and may indicate need for action to restore “good soil conditions”. Member States will need to define soil districts for this purpose in order to simplify the assessment of soil health. As land consumption is a key driver of soil degradation and reduction is of utmost importance core principles are defined as a general policy response that should be taken into account in land planning.

Kind of an independent strand within the directive is chapter IV describing the identification and management of contaminated sites. While the general concept of a “risk-based and stepwise” approach might seem self-evident and an accepted framework throughout Europe, political and expert debates as well made the uneven situation of contaminated land management (CLM) in Europe obvious.

Starting from the perspective of EU Member States key questions like e.g.

- Does any or which industrial and commercial activities (or sites) do need to be registered for being “potentially contaminated”?
- How to integrate overarching legislative cornerstones like the “polluter-pays-principle” or data protection regulations?
- How to make the EU SML complementary to the EU Industrial Emissions Directive (IED, 2010)?
- How does pollution prevention relate to a risk-based approach?
- “Soil health” is integrative, but will we need and how to consider biological and physical soil conditions in site remediation?

will get discussed during the talk, to point out common denominators and differences among countries and EU institutions, finally to envisage possible policy responses.

Following publication of the directive by the EC, the European Parliament finalised its first reading by adopting its resolution in April 2024 and the European Council followed up by adopting a so-called “general approach” by June 2024. Accordingly, under the ongoing Hungarian EU Presidency the political process is expected to proceed without interruption in the so-called “trilogue” of the 3 involved institutions. According to this state-of-play a final agreement and adoption of a EU Soil Monitoring and Resilience Directive in 2025 has become likely.

Keywords: Contaminated Land Management; EU policy; Soil legislation; soil health; Risk-based approach

Contacts: dietmar.mueller-grabherr@umweltbundesamt.at; (+43 664 9668615).

The Austrian program for Historically Contaminated Sites – New Legal Incentives and a Paradigm Shift

Dietmar Müller-Grabherr¹, Gernot Döberl¹

¹ *Environment Agency Austria, Contaminated Sites Team*

Abstract

In 2025, a substantial revision of the Austrian Contaminated Sites Remediation Act will come into force. The revision includes both new substantive as well as new procedural regulations. In particular, the new provisions stipulate a risk-based approach taking into account site-specific and land-use related factors when assessing the risk posed by a contaminated site and when determining the objectives for remediation measures.

In order to promote public transparency and digitalization in the field of contaminated site management, the location and the risk assessment of contaminated sites will be available for the public on a GIS-based online map in future.

A further aim of the revision is to promote brownfield-recycling by providing new legal framing conditions and financial incentives.

Keywords: (Up to 5 keywords)

Remediation Act, site investigation, remediation objectives, risk-based approach, brownfields

Contacts: dietmar.mueller-grabherr@umweltbundesamt.at (+43 664 9668615), gernot.doeberl@umweltbundesamt.at

Managing PFAS Contaminated Sites – Strategic Approach in Austria

Gernot Döberl¹, Martin Weisgram¹

¹ *Environment Agency Austria, Contaminated Sites Team*

Abstract

The widespread use of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the past implies that numerous historically contaminated sites and old landfills (according to the Austrian Contaminated Sites Remediation Act, ALSAG) are potential PFAS sources. In order to identify PFAS sources as quickly and efficiently as possible, all ALSAG-relevant topics were analysed and necessary measures for ALSAG-enforcement were derived. The following measures were identified as the most important to be implemented in a short-term perspective: the systematic recording and investigation of fire-fighting training sites, the investigation of sites using fluoropolymers, civil and military airports, refineries, large fuel storage sites, plating plants and large MSW landfills as well as the establishment of a PFAS research focus regarding national R&D-funding.

Keywords: (Up to 5 keywords)

Per- and polyfluoroalkyl substances, aqueous film forming foams (AFFF), airports, site investigation, remediation

Contacts: gernot.doeberl@umweltbundesamt.at (+43 664 9668630), martin.weisgram@umweltbundesamt.at



Publicato in [settembre 2024]
Prima edizione