



Antonio Marcomini^a, Concetta De Stefano^b

^aDipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia e Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali

^bDipartimento di Scienze Chimiche, Biologiche, Farmaceutiche e Ambientali, Università di Messina e Divisione di Chimica Analitica

marcomini@unive.it; concetta.destefano@unime.it

ENVIRONMENTAL PROTECTION

La sessione Environmental Protection si è focalizzata su tre problematiche ambientali di grande attualità che connotano la protezione dell'ambiente in Italia e altrove. Ciascuna problematica è stata aperta da due key lectures seguite da una tavola rotonda. La sessione si è chiusa con tre presentazioni associate al conferimento delle medaglie "Meadows & Feller", "Mario Molina" e "Arnaldo Liberti".

Premessa

L'istituzione del Ministero dell'Ambiente (1985) e delle Agenzie regionali di protezione ambientale coordinate dalla Agenzia nazionale (ANPA) (anni Novanta), nonché la normativa ambientale, a partire da quella europea, hanno dato un impulso fondamentale a ricerca e formazione finalizzate allo sviluppo di tecniche e tecnologie per il trattamento di acque di scarico e rifiuti, e per il risanamento di acque, aria e suoli, in modo da rispondere alle richieste di standard di qualità ambientale e obiettivi di risanamento via via più stringenti. La comunità scientifica internazionale e nazionale impegnata nella ricerca ambientale è fortemente cresciuta, sia quantitativamente che qualitativamente. Basti pensare alle numerose riviste scientifiche riguardanti l'ambiente con fattori di impatto elevati (i.e. $IF > 5.0$). In considerazione di questo quadro complessivo di riferimento, i coordinatori e i membri del Tavolo di coordinamento (Prof. Maurizio Ferretti, Divisione di Chimica Fisica; Prof.ssa Margherita Venturi, Divisione Didattica Chimica; Prof.ssa Chiara Zanardi, Divisione di Chimica Analitica; Prof. Carmelo Sgarlata, Gruppo Interdivisionale di Calorimetria e Analisi Termica; Dr.ssa Alessandra Criscuoli e Prof. Cristian Durante, Divisione di Elettrochimica) hanno organizzato tre sessioni: la prima dal titolo "PFAS: Advances in quantification, remediation and elimination", la seconda "Environmental remediation of contaminated sites" e la terza "Circular economy: critical raw materials and their recycling". Ogni sessione ha previsto due keynote e una tavola rotonda. A queste tre sessioni, sono seguite, nell'ultima sessione, le tre presentazioni associate al conferimento delle seguenti medaglie:

"Meadows & Feller" e "Mario Molina" assegnate dalla Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali, e "Arnaldo Liberti" assegnata, congiuntamente, dalle Divisioni di Chimica Analitica e di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali e dal Gruppo Interdivisionale di Scienze della Separazione.

I sessione

PFAS: Advances in Quantification, Remediation and Elimination

Chair di sessione: Antonio Marcomini e Chiara Zanardi, Università Ca' Foscari Venezia

Rilevanza della contaminazione da sostanze per- and polifluoroalchiliche (PFAS) in Italia

Sara Valsecchi, Istituto di Ricerca sulle Acque, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IRSA)

La presentazione ha fornito il quadro complessivo dell'inquinamento da PFAS in Italia. Gli effluenti finali e i fanghi di impianti di depurazione civili e industriali, soprattutto quelli degli impianti fluorochimici e fluoropolimerici, sono le principali sorgenti primarie di PFAS per l'ambiente acquatico. Non meno importante come fonte di contaminazione ambientale in Italia è il ciclo dei rifiuti proprio a causa dell'estrema stabilità chimica e della mobilità ambientale dei PFAS.

PFAS pollution in the aquifers of central Veneto Region: hydrogeological features and environmental implications

Andrea Sottani, Sinergeo, Vicenza

È stato spiegato come l'inquinamento delle falde acquifere del Veneto centrale da PFAS rappresenta un'emergenza ambientale nazionale ed è diven-



tato un problema di salute pubblica a causa dell'esposizione di almeno 300 mila persone che hanno ingerito acqua potabile contaminata. La presentazione ha permesso di esaminare il caso di studio anche dal punto di vista delle implicazioni sociali ed economiche che ha comportato.

La tavola rotonda che ne è seguita ha coinvolto Giuseppina Amato (ATS-Milano), Andrea Sottani e Sara Valsecchi. La dott.ssa Amato ha presentato brevemente le attività che ATS-Milano svolge nel campo del controllo analitico dei PFAS nelle acque e ha focalizzato il suo intervento sulla normativa e su alcune delle problematiche legate alla loro determinazione quali-quantitativa. I temi che sono stati affrontati durante la tavola rotonda, che hanno coinvolto anche il pubblico presente in sala, hanno riguardato il recepimento della normativa europea e nazionale sui PFAS e la sua implementazione, la prevenzione dell'inquinamento da PFAS, le tecniche analitiche avanzate per la loro determinazione e le strategie di bonifica delle acque contaminate da PFAS.

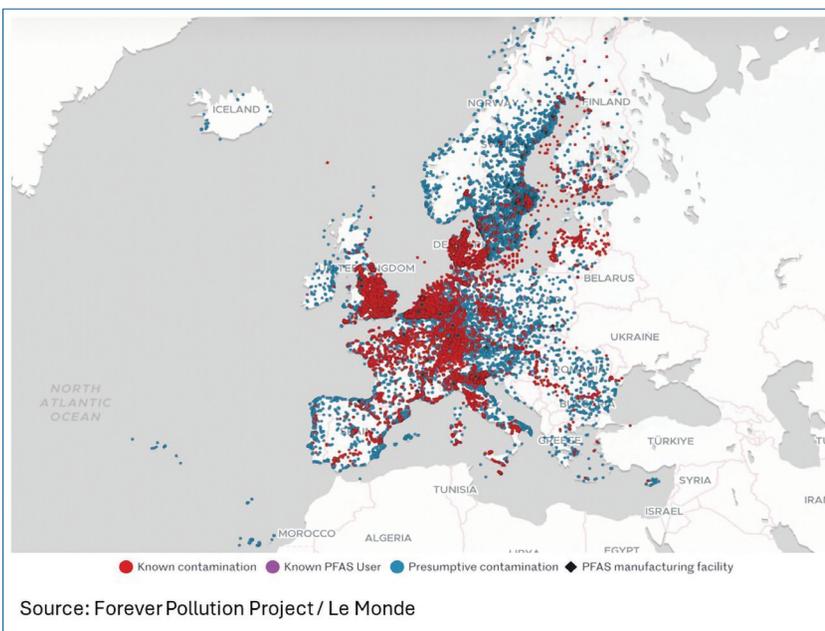
Il sessione Environmental Remediation of Contaminated Sites

Chair di sessione: Concetta De Stefano,
Università di Messina

*The Remediation in the National System
of Environmental Protection: state-of-the-art
and perspectives*

Michele Fratini, Federico Araneo, Eugenia Bartolucci, Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), Roma

Il Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale (SNPA) è una rete composta da ISPRA e dalle 21 Agenzie Territoriali per la Protezione Ambientale (ARPA/APPA) istituite con leggi regionali. Fra gli altri suoi compiti, SNPA assicura il proprio supporto tecnico al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) sulle attività dei siti



Contaminazione da PFAS in Europa

contaminati di interesse nazionale ed elabora linee guida e documenti tecnici per la caratterizzazione e la bonifica dei siti contaminati. È stato presentato MOSAICO, il catasto nazionale dei siti contaminati in Italia. MOSAICO contiene dati relativi a siti interessati da oltre 33 mila procedure di gestione, in corso o concluse, e consente di analizzare l'avanzamento della gestione e lo stato di contaminazione delle procedure in corso, le modalità di chiusura di quelle concluse e la loro durata temporale.

*Emerging technologies
for environmental remediation*

Michele Mascia, Laura Mais, Annalisa Vacca,
Nicola Melis, Università di Cagliari

La bonifica di siti contaminati da inquinanti organici e inorganici può portare a prodotti finali utili, tra cui idrogeno ed elettricità. Sono state presentate le principali tecnologie esistenti, in particolare quelle elettrochimiche, e sono stati discussi alcuni casi di studio in cui tecnologie biologiche, chimiche ed elettrochimiche vengono congiuntamente applicate alla bonifica di suoli e acque su scala pilota. I risultati sperimentali sono stati quindi utilizzati in una simulazione del sistema integrato di scrubbing ed elettrolisi.

La tavola rotonda che ne è seguita ha coinvolto Marco Tagliabue (ENI, Roma) e Andrea Sottani (Si-



Sito di Interesse Nazionale di Pioltello-Rodano (siti contaminati <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/siti-contaminati>)

nergeo, Vicenza). Ognuno degli invitati ha presentato brevemente la sua attività in azienda e successivamente sono stati affrontati i problemi legati alla caratterizzazione e all'impiego delle tecnologie emergenti per la bonifica di suoli e acque sotterranee nei siti contaminati. È stata discussa l'importanza dell'utilizzo di modelli idrogeologici di inquinanti organici e inorganici per la caratterizzazione finalizzata alla bonifica e l'utilizzo di strategie di bonifica ecosostenibili, efficienti e a basso costo.

III sessione

Circular Economy:

Critical Raw Materials and their Recycling

Chair di sessione: Alessandra Criscuoli, Istituto per la Tecnologia delle Membrane (CNR-ITM)

Critical chemical elements for the energy transition
Nicola Armaroli, Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività, CNR, Bologna

Nel 1990 un'intera casa conteneva in genere circa 20 elementi chimici. Oggi ci sono più di 40 elementi solo in uno smartphone. L'uso di alcuni elementi definiti "critici" è particolarmente rilevante per le tecnologie di conversione e stoccaggio di energia rinnovabile che sono fondamentali per la decarbonizzazione della civiltà moderna: pannelli fotovoltaici, turbine eoliche, batterie, celle a combustibile, infrastrutture di rete ecc. Sono stati discussi i principali colli di bottiglia associati ai materiali per la transizione energetica, rivolgendo l'attenzione principalmente alla mobilità sostenibile e alla ge-

nerazione e allo stoccaggio di energia rinnovabile (per un approfondimento si veda: N. Armaroli, *Fossil fuels exit: challenges, perspectives, bottlenecks*, The Oxford Handbook on the Greening of Economic Development, Oxford University Press, 2024).

The arrow of time in recycling materials from energy storage devices
Luca Magagnin, Politecnico di Milano

La crescente domanda di energia verde e rinnovabile nell'UE, unita alla vulnerabilità delle catene di fornitura per le materie prime chiave, sta determinando la necessità di recuperare i materiali utilizzati nelle applicazioni di transizione verde (ad esempio batterie e pannelli fotovoltaici, ecc.). Ciò rappresenta un'opportunità per ridurre il rischio di inquinamento a valle derivante dallo smaltimento o dal riciclaggio di questi articoli (v. www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/recycling-from-green-technology). Gli sviluppi nella tecnologia del riciclaggio si sono concentrati in gran parte su prodotti a breve ciclo di vita (e.g. rifiuti di plastica da imballaggi, elettronica di consumo e detriti edili), mentre prodotti elettronici complessi, ricchi di risorse e a lungo ciclo di vita, componenti di accumulo di energia e fotovoltaici sono stati trascurati a causa della loro proprietà intrinseca di contenere più materiali in modo complesso. I prodotti di alto valore contengono elementi preziosi, che sono incorporati in modo intricato e spesso persi a fine vita (v. V. Sahajwalla, R. Hossain, *MRS Bulletin*, 2023, **48**, 375). Sono state presentate le tecnologie e i processi disponibili per trasformare i rifiuti dei dispositivi di accumulo di energia in materie prime secondarie e illustrati i nuovi paradigmi necessari per le tecniche di riciclaggio.

La successiva tavola rotonda su "*Critical raw materials, recycling and substitution*" ha coinvolto Daniele Modesto (ZERO, Pordenone) e Luca Campadello (Erion Compliance Organization, Milano). I temi che sono stati affrontati e che hanno suscitato un animato e proficuo dibattito, con numerosi interventi da parte del pubblico, hanno riguardato le tecnologie disponibili per il recupero dei *critical raw materials* e lo smaltimento dei componenti chimici indesiderati, l'efficienza di queste tecnologie e



la loro convenienza dal punto di vista economico. Sono state, inoltre, discusse le nuove prospettive per la sostituzione delle materie prime critiche e il loro impatto in termini di sostenibilità.

Environmental Protection: medaglie

Chair di sessione: Carmelo Sgarlata, Università di Catania; Luigi Mondello, Università di Messina; Antonio Proto, Università di Salerno; Tommaso Cataldi, Università di Bari Aldo Moro

Medaglia 'Mario Molina':

Assessing the environmental impact in anthropogenic elemental cycles

Luca Ciacci, Università di Bologna

La caratterizzazione dei cicli elementari ha una lunga tradizione nella chimica ambientale ed è stata guidata da due obiettivi principali: fornire una solida comprensione scientifica e farlo con una certa affidabilità per supportare azioni volte a mitigare l'impatto dell'attività umana sull'ecosistema. Le nuove sfide della sostenibilità hanno motivato l'estensione dell'analisi al ciclo antropico delle risorse, caratterizzando i) i modi in cui i sistemi umani utilizzano i materiali e ii) l'entità della loro interazione con l'ambiente. Il lavoro condotto ha affrontato la prima esigenza seguendo tecniche di analisi del flusso di materiali e la seconda applicando la valutazione del ciclo di vita (LCA) con l'obiettivo di supportare una migliore gestione delle risorse naturali e la protezione ambientale.

Medaglia Meadows & Feller: Sustainability, circular economy and chemistry

Fabrizio Passarini, Università di Bologna

Il paradigma dell'economia circolare è diventato un modo vitale per sviluppare il futuro sistema sociale e produttivo (v. **Ellen Macarthur Foundation**). Come economia circolare e sostenibilità potrebbero progredire insieme? La sostenibilità è l'obiettivo finale delle attività umane, può essere misurata attraverso diversi approcci tra cui il Life Cycle Assessment che è il più comune e ampiamente utilizzato, con un'importante applicazione anche nell'industria chimica (v. D. Cespi *et al.*, Life Cycle Assessment in the Chemical Product Chain: Challenges, Methodological Approaches and Applications, Springer Nature Switzerland AG, 2020,

53-73). Al contrario, la circolarità è uno strumento, che è solitamente il modo migliore per raggiungere tale obiettivo, anche se non può essere definita sostenibile "di default". La chimica ha svolto e potrà continuare a svolgere un ruolo cruciale nella comprensione e nello sviluppo di questi concetti (D. Meadows, *The limits to growth*, Club di Roma, 1972, un documento fondamentale sui confini fisici del nostro pianeta; M. Braungart, uno dei principali ispiratori del principio "dalla culla alla culla", concetto strettamente correlato all'economia circolare, W. McDonough, M. Braungart, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, New York, 2002).

Medaglia Liberti: The challenging role of chromatography in environmental analysis: unveiling the polyhedrality of separation sciences

Maria Concetta Bruzzoniti, Università di Torino

Si è evidenziato come la scienza della separazione, e principalmente la cromatografia liquida, sia un approccio strategico per affrontare le sfide dell'analisi ambientale in tutte le sue fasi chiave. Identificazione e quantificazione accurate in varie matrici ambientali sono la base per una corretta interpretazione dei dati ottenuti, per una valutazione affidabile del rischio [1, 2] e per l'emissione di raccomandazioni per azioni politiche [3]. L'analisi ambientale affronta sfide analitiche dovute al raggiungimento di bassi limiti di rilevamento e di elevata selettività e specificità in accordo con richieste normative e di standardizzazione.

[1] M.C. Bruzzoniti *et al.*, *Environmental Research*, 2024, 242.

[2] M.C. Bruzzoniti *et al.*, *Water*, 2024, **16**(6), 830.

[3] M.C. Bruzzoniti *et al.*, *J. Chromatography A*, 2019, 1605.

Environmental Protection

The Environmental Protection session focused on three highly topical environmental issues that characterize environmental protection in Italy and elsewhere. Each issue was opened by two key lectures followed by a round table. The session closed with three presentations associated with the awarding of the "Meadows & Feller", "Mario Molina" and "Arnaldo Liberti" medals.