



*Giulio Zanaroli, Fabio Fava
Facoltà di Ingegneria
Università di Bologna
giulio.zanaroli@unibo.it
fabio.fava@unibo.it*

BONIFICA DI SITI CONTAMINATI IN EUROPA LE TECNOLOGIE INNOVATIVE E VERIFICATE DISPONIBILI SECONDO “EURODEMO”

In EU vi sono circa 3 milioni fra siti contaminati e potenzialmente contaminati. Le informazioni sulle tecnologie di bonifica applicate sono frammentarie e poco condivise. Questo rende difficile la promozione delle tecnologie innovative e sostenibili. Il progetto Eurodemo ha provveduto a censire e comparare le tecnologie impiegate in EU e a promuovere quelle innovative e sostenibili.

Si stima che tra i Paesi membri dell'EU vi siano circa tre milioni di siti potenzialmente contaminati. Le stime mostrano che più dell'8% (più di 240.000 siti) sono contaminati e necessitano di interventi, ma questa percentuale sta crescendo rapidamente a causa dell'avanzamento delle indagini e del monitoraggio e si stima che il numero totale dei siti contaminati che necessita di bonifica possa diventare del 50% entro il 2025 [1]. La contaminazione riscontrata è da ricondurre ad attività commerciali ed industriali e al trattamento e allo smaltimento di rifiuti. Nei siti commerciali ed industriali le cause più frequenti

di contaminazione del suolo e della falda sono i rilasci da serbatoi e da tubazioni e gli incidenti; le industrie maggiormente responsabili della contaminazione sono quelle metallurgiche, i poli chimici, le centrali termoelettriche e le raffinerie. Degni di nota sono poi anche le stazioni di servizio e le lavanderie a secco, menzionati come le sorgenti di contaminazione più frequenti in Lussemburgo, Lettonia, Italia, Austria e Belgio. Il 37% circa dei siti è contaminato da metalli pesanti, il 34% da oli minerali, il 13% da idrocarburi policiclici aromatici, il 6% da BTEX, il 4% da fenoli e il 2,4% da organici policlorurati [1].

La Direttiva Quadro sul Suolo, pubblicata dalla Commissione Europea nel settembre 2006, richiede la creazione di inventari nazionali di siti contaminati, censimenti che devono prendere in considerazione sia la contaminazione storica che la contaminazione recente, le attività potenzialmente inquinanti (sia abbandonate che in esercizio), siti potenzialmente contaminati e siti contaminati. Per ogni sito inoltre sono sovente fornite informazioni sulla localizzazione, sulle caratteristiche sito-specifiche, sugli impatti sanitario-ambientali (in termini di rischio) e sull'avanzamento nella gestione del sito. Tra i numerosi siti contaminati che vi sono in Europa, ve ne sono alcuni che per dimensioni, tipologia di contaminazione, impatti socio-economici e complessità di gestione, possono essere di interesse per la Comunità Europea. Dal 2004 la *European Environmental Agency* (EEA) opera all'identificazione delle aree a rischio di contaminazione di interesse europeo. Dopo aver sviluppato una raccolta dei metodi di analisi di rischio relativa [2], è stata sviluppata una metodologia [3] per l'identificazione delle aree a rischio sulla base delle informazioni sulle attività contaminanti o potenzialmente contaminanti già recensite [4], ossia sulla base dei rischi e delle vie di esposizione associate ad ogni sito [5]. Sono poi stati scelti i criteri per la selezione di dette aree [6], dei parametri forniti dai paesi [7] ed è stata eseguita una raccolta pilota di dati e quindi operata un'analisi attenta dei risultati ottenuti [8]. Il lavoro è stato esteso a tutti gli altri paesi [9, 10].

Il risanamento di questi siti (suoli ed acquiferi) contaminati è un'attività essenziale per garantire la protezione dell'ambiente e della salute pubblica attraverso il ripristino nel sito di condizioni tali da non generare rischio per la salute dell'uomo e degli organismi in genere. La spesa nazionale annuale per la gestione dei siti contaminati è una media del 0,4 per mille del Pil, costo che a livello europeo è stato finanziato con fondi strutturali, con un budget totale di 2.250 miliardi di euro nell'EU25 per il periodo 2005-2013. I costi comunque sono strettamente dipendenti dagli obiettivi di bonifica, differenti da Paese a Paese e dalle condizioni sito-specifiche [1]. La bonifica di questi siti sta comunque procedendo molto lentamente, con 80.000 siti bonificati ad oggi [1]. Diverse sono le tecniche applicate a questo fine anche se l'approccio più frequentemente adottato è di tipo "tradizionale", come lo smaltimento in discarica e il contenimento, ossia tecniche che vedono il suolo come un rifiuto piuttosto che come una risorsa da essere risanata e riutilizzata [1]. Nei differenti Paesi Membri sono in corso progetti di bonifica basati su tecnologie convenzionali sovente diverse da Paese a Paese e non ottimizzate.

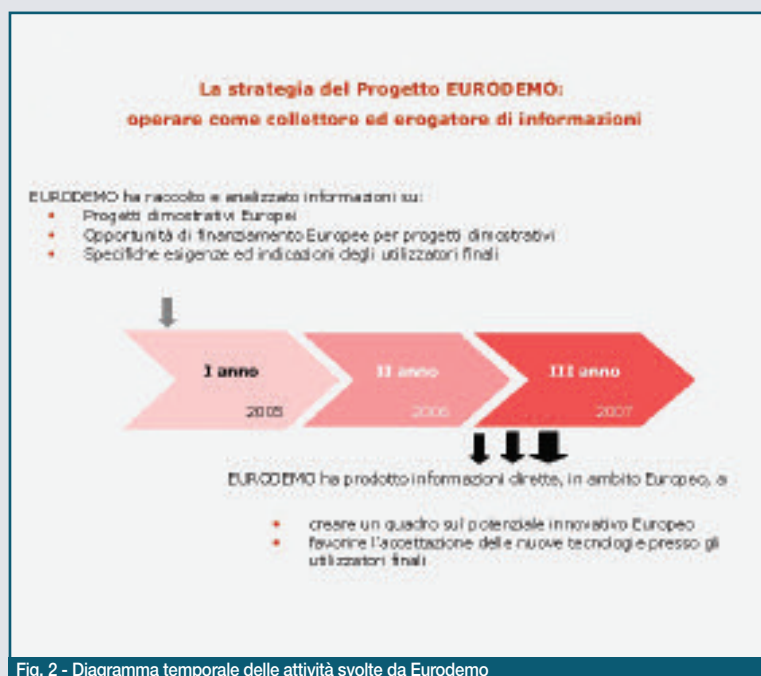
A livello europeo vi è una frammentazione delle informazioni sulle tecnologie di bonifica applicate con successo e una scarsa condivisione delle evidenze raccolte. Tale situazione rende problematici l'ottimizzazione e il rafforzamento della competitività delle tecnologie innovative e più sostenibili nelle azioni di risanamento dei siti contaminati.

Al fine di favorire lo scambio di esperienze fra i diversi Paesi europei, che è il prerequisito della realizzazione di un'avanzata ed efficiente rete di competenze sulla tematica delle bonifiche, l'Unione Europea ha finanziato l'azione coordinata Eurodemo, che ha avuto come obiettivo primo quello di fare un censimento ed una valutazione comparativa delle tecnologie di bonifica impiegate con successo in Europa, favorendone la loro promozione in ambito comunitario.

Eurodemo (*European Coordination Action for Demonstration of Efficient Soil and Groundwater Remediation*) (sito web www.eurodemo.info) è un progetto europeo di 3 anni (Contratto 003985, durata 1/01/2005-31/12/2007), finanziato dalla Commissione Europea con 1 milione di euro nell'ambito del VI Programma Quadro, e che ha visto la partecipazione di ventiquattro *Partners*, costituiti da amministratori, centri di ricerca ed accademie, aziende che sviluppano nuove tecnologie ed aziende che le forniscono, provenienti da 13 diversi Paesi europei, sotto la coordinazione dall'Agenzia Federale dell'Ambiente di Vienna (AT) (Fig. 1).

<p>Coordinamento: Federal Environment Agency, Vienna (AT) Yvonne Spira (yvonne.spira@umweltbundesamt.at) Diemar Müller (diemar.mueller@umweltbundesamt.at)</p> <p>Partners: Contaminated Land: Applications in Real Environments (UK) John Henstock (John.Henstock@clams.co.uk) David Edwards (edwards@btinternet.com) Bureau de Recherches Géologiques et Minières (FR) Hervé Gaboriau (h.gaboriau@brgm.fr) The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (NL) Hans van Duijne (hans.vanduijne@rvo.nl) Public Waste Agency Flanders (BE) Wendy van Dijk (w.vandijk@ovam.be) r3 Environmental Technology Limited (UK) Paul Bardo (paul@r3environmental.co.uk) Land Quality Management Ltd/University of Nottingham (UK) Paul Nathanael (paul@lqm.co.uk) Institute for Sustainable Development of Settlements (CZ) Jirina Bergpatt Jackson (jackson@ivsv.cz) VEGAS/University of Stuttgart (DE) Hans Peter Koschitzky (h.p.koschitzky@ivs.uni-stuttgart.de) University of Lüneburg (DE) Volker Birke (birke@uni-lueneburg.de) University of Latvia (LV) Olgarts Nīkodemus (nikodemus@net.lv) Lebensministerium (AT) Harald Kasamas (harald.kasamas@lebensministerium.at) Institute for Ecology of Industrial Areas (PL) Izabela Ratman-Klosinska (iratk@eti.katowice.pl) Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (FR) Nadine Dusso (nadine.dusso@ademe.fr) DEKONTA a.s. (CZ) Lenka Vesela (vesela@dekonta.cz) Geological Survey of Lithuania (LT) Kestutis Kadunas (kadunas@grt.lt) University of Ljubljana (SI) Marija Zupenic (marija.zupenic@uni-lj.si) University of Bologna (IT) Fabio Fava (fava@uni.bo.it) Budapest University of Technology and Economics (HU) Katalin Gruiz (gruiz@mail.bme.hu) Consorzio Venezia Ricerche (IT) Patra Scanferla (spatra@vegama.it) Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IT) Veltor Tandori (tandori@ira.cnr.it) Umweltbundesamt (DE) Jörg Frauenstein (jorg.frauenstein@uba.de) Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (NL) Harry Vermeulen (harry.vermeulen@cur.nl) Ministry of the Environment of the Czech Republic (CZ) Martina Paskova (martina.paskova@env.cz)</p>

Fig. 1 - Partners di Eurodemo



Eurodemo è la prima ed unica azione di coordinamento sulla comparazione e dimostrazione delle tecnologie innovative per la bonifica di suolo e di falde contaminate ed ha promosso, in linea con quanto schematizzato in Fig. 2, le seguenti azioni:

- 1) allestimento di un dettagliato database di progetti di risanamento operati in Europa basati su tecnologie innovative;
- 2) creazione di un database sulle opportunità di finanziamento per progetti dimostrativi;
- 3) armonizzazione e definizione di criteri di qualità per la descrizione dei risultati di progetti dimostrativi sul suolo e le acque sotterranee;
- 4) promozione di tecnologie di bonifica con provata efficacia di azione attraverso dedicati workshop, nell'ottica di creare confidenza verso le tecnologie innovative e più sostenibili.

Comunque l'obiettivo principale del progetto è stato quello di promuovere l'informazione e quindi accelerare l'accettazione da parte del mercato delle tecnologie innovative per la bonifica sostenibile di suolo e falde contaminate (Fig. 3), passaggio di norma critico, che, quando non adeguatamente gestito, impedisce la validazione su larga scala, e quindi la commercializzazione, di nuove tecnologie già validate su scala pilota. Le tecnologie innovative considerate di maggiore priorità nell'ambito del progetto sono le barriere reattive permeabili, il risanamento termico *in situ*, il risanamento chimico *in situ* ed il biorisanamento.

Al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati, i *partner* del progetto hanno lavorato in 7 gruppi nell'ambito di tre grandi aree tematiche:

- 1) dimostrare l'efficienza delle tecnologie sviluppate, con necessità ed opportunità del settore, con gruppi di lavoro dedi-

cati a a) favorire il dialogo con gli utilizzatori di tecnologie, b) raccogliere informazioni su programmi e progetti indirizzati allo sviluppo di nuove tecnologie, e c) comunicazione con gli *stakeholders* e gli *end-users*;

- 2) aumentare la fiducia nei confronti delle tecniche innovative, con gruppi di lavoro dedicati a definire criteri per determinare a) l'eco-efficienza e b) l'affidabilità delle tecnologie e quindi c) le strategie per la scelta di una tecnologia;

- 3) mettere a punto strategie per raggiungere il mercato con gruppi di lavoro dedicati a a) trasferimento della tecnologia e b) trasferimento di informazioni e disseminazione.

I gruppi di lavoro di Eurodemo si sono continuamente rapportati con i soggetti destinatari delle tecnologie innovative per individuare le loro necessità e le motivazioni che comportano ritardi nell'applicazione delle stesse, nonché con gli enti di controllo e quelli coinvolti nello sviluppo di nuove tecnologie. Questo dialogo è iniziato con successo nel 2005, quando fu tenuto il primo workshop Eurodemo "End user needs: Demonstration of promising soil and groundwater remediation technologies" a Katowice (PL), ed è continuato con i seguenti eventi: la sessione speciale "Eurodemo: Strengthening Technology and Demonstration" alla 9th International Conference on Soil-Water System "ConSoil 2005" (Bordeaux, FR) nell'ottobre 2005, lo "stakeholder workshop" tematico tenutosi a Vilnius (LT) nel settembre 2006, il workshop "Paving the Way to Innovation in Remediation Technology" tenutosi a Rimini (IT) nel novembre 2006, il "workshop on the practical use of Eurodemo database" tenutosi in cooperazione con la



conferenza ungherese MOKKA (Budapest, HU) nel giugno 2007, e la conferenza finale "Towards Innovative Remediation in Europe - Chances and Perspectives" tenutasi a Vienna (AT) nel novembre 2007. È inoltre in programma una sessione speciale dal titolo "Technology development and demonstration; this is what we have - what else do you want/need?" nell'ambito della prossima conferenza "ConSoil 2008" che si terrà a Milano (IT) dal 3 al 6 giugno 2008 (per maggiori dettagli su queste iniziative, consultare il sito www.eurodemo.info/events/).

Le presentazioni e il relativo dibattito hanno fornito suggerimenti ed indicazioni per il miglioramento di Eurodemo, per la realizzazione di una piattaforma dimostrativa, ma anche un'idea generale per possibili strategie di ricerca europee. Il dialogo continuo degli esperti con gli utilizzatori finali ha consentito poi di elaborare uno stato dell'arte su progetti dimostrativi, in grado di fungere da progetti tipici. Questo consente ad Eurodemo di costituire un riferimento significativo per accedere ad informazioni su tecnologie utilizzate a livello dimostrativo e per ottenere un riscontro immediato sull'utilizzazione dei "Prodotti Eurodemo" (protocolli, linee guida ecc.).

I risultati ottenuti nell'ambito dei tre anni di progetto sono disponibili integralmente nel portale del progetto www.eurodemo.info. Di rilievo sono due *database* interattivi, di cui uno raccoglie i dettagli principali di 70 casi di bonifica condotti in 12 diversi Paesi della Comunità Europea (consultabili ed utilizzabili al sito: www.eurodemo.info/directories/). Il secondo *database* riguarda invece le opportunità di finanziamento per azioni dimostrative nel settore delle bonifiche. Sullo stesso sito web sono

anche disponibili un glossario dei termini e definizioni usati nelle bonifiche, alcuni rapporti sullo stato dell'arte di tecnologie innovative ed efficaci, i criteri per la selezione del tipo di risanamento da effettuare, e molto altro ancora. Inoltre sotto la sezione "Results" del sito web di Eurodemo (www.eurodemo.info/results/) sono disponibili i rapporti elaborati dai diversi gruppi di lavoro ed in particolare:

- "Strategy for funding soil and groundwater technology demonstration projects". Rapporto sulle strategie per identificare e stimolare la cooperazione, a livello comunitario e nazionale, di organizzazioni interessate e/o già coinvolte nel finanziamento dei progetti di bonifica dimostrativi;
- "Guidelines for setting up, executing and reporting on demonstration projects". Linee guida per la messa a punto, conduzione e valutazione di progetti dimostrativi di bonifica, indirizzate in particolare agli operatori del settore e ai promotori e fornitori di tecnologie di bonifica;
- "Protocols and guidance for best practice in decision making". La relazione include una *review* sulle pratiche attualmente in uso per la selezione delle tecnologie di bonifica, l'analisi delle procedure esistenti e propone un protocollo e linee guida sulle migliori pratiche per la selezione delle tecnologie di bonifica;
- "Draft concept for a Remediation Technology Promotion Programme" e "Draft concept for a Remediation Technology Promotion Programme part 2". Strategie di promozione delle tecnologie di bonifica innovative e sostenibili;
- "Model protocols and guidance for analytical sustainability assessment tools". Il rapporto riassume gli approcci esistenti e

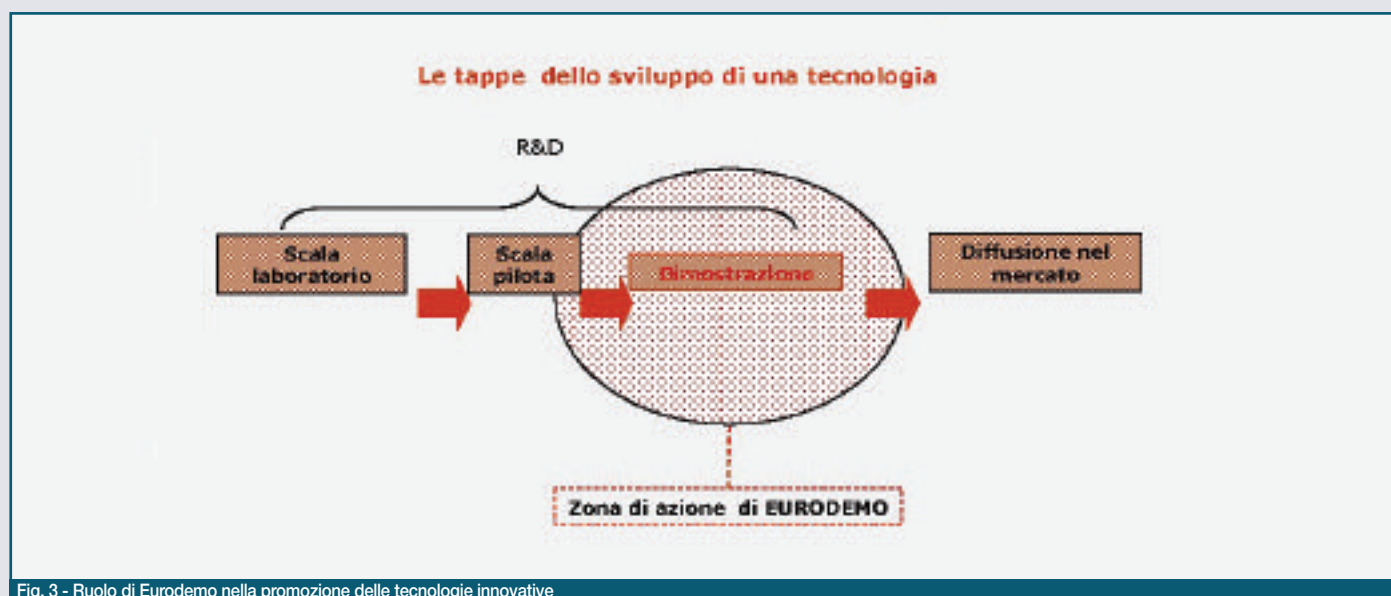


Fig. 3 - Ruolo di Eurodemo nella promozione delle tecnologie innovative



propone un protocollo, linee guida e strumenti per la stima dell'impatto ambientale e della sostenibilità di una tecnologia di bonifica;

f) "Draft framework for sustainable land remediation and management". Viene presentato un *framework* per la gestione e la bonifica sostenibile dei siti contaminati, che comprende principi e criteri per confrontare diverse tecnologie e progetti di risanamento mediante la valutazione dei loro effetti ambientali;

g) "Lessons learned from demonstrations, outlook and recommendations". Il documento raccoglie informazioni sull'efficacia, i vantaggi e gli svantaggi di diverse tecnologie di risanamento, fra cui barriere reattive permeabili, tecnologie di trattamento termico *in situ*, tecnologie per l'"Enhanced *In Situ* Bioremediation" e la "*In Situ* Chemical Oxidation";

h) "Guideline and model protocols for checking technical reliability of selected remediation technologies". Il rapporto presenta linee guida e protocolli per saggiare l'affidabilità di diverse tecnologie di risanamento *in situ*, in particolare delle barriere permeabili reattive nella remediation di acquiferi, delle tecnologie di risanamento termico, di risanamento chimico (con particolare riferimento all'ossidazione chimica) e delle tecnologie di biorisanamento;

i) "Status report on end-user needs". Il rapporto identifica gli utilizzatori finali dei prodotti di Eurodemo e ne descrive le necessità, spiegando come queste sono state individuate e le loro possibili implicazioni sul progetto;

l) "Status report on existing and recent projects for technology demonstration". La relazione fornisce uno stato dell'arte sulle tec-

nologie innovative di risanamento recentemente sviluppate e adottate su scala pilota e/o in progetti dimostrativi in Europa;

m) "Status report on decision making processes and criteria". La relazione presenta lo stato dell'arte sulle pratiche attuali di selezione delle tecnologie di risanamento e comprende i) un'analisi dei processi decisionali dedicati alla selezione delle tecnologie, ii) l'identificazione dei fattori chiave nel processo decisionale, iii) l'identificazione e classificazione preliminare dei criteri decisionali chiave e iv) l'identificazione degli strumenti di supporto

decisionali, con lo scopo di identificare le barriere che limitano l'accettazione delle tecnologie di risanamento innovative;

n) "Status report on technological reliability for demonstrated soil and groundwater management technologies with special focus on the situation in Europe, part 1" e "Status report on technological reliability for demonstrated soil and groundwater management technologies with special focus on the situation in Europe, part 2". Il documento rappresenta una fonte di informazioni facilmente comprensibile e chiaramente strutturata sulle tecnologie di bonifica dimostrate e sulla loro attuale affidabilità tecnica.

Lo stesso materiale è stato presentato e discusso attraverso presentazioni dedicate tenute nell'ambito della conferenza di chiusura del progetto, tenutasi a Vienna il 6 e 7 di novembre 2007. Le presentazioni in questione sono consultabili al sito www.eurodemo.info/events/final-conference-2007/.

Lo stesso è stato anche pubblicato attraverso atti di congressi, newsletters, e comunicati stampa, come menzionato al sito: www.eurodemo.info/publications/.

Il portale in questione mette quindi a disposizione un bacino enorme di informazioni per un confronto ed una condivisione di esperienze, illustrando tecnologie e suggerendo metodologie per giungere alla scelta finale della tecnologia appropriata. Nel sito esso si integra per altro molto efficacemente con il portale web Eugris (*European Portal for Soil and Water Management*, www.eugris.info), lo stesso prezioso per chi opera nel settore.

Nel database del progetto sono stati inseriti alcuni fra i più importanti interventi di bonifica effettuati in Italia e molti accademici e referenti di enti di controllo regionali e nazionali e di aziende italiane che operano nel settore delle bonifiche ambientali hanno partecipato attivamente al workshop del progetto "Paving the Way to Innovation in Remediation Technology" organizzato ad Ecomondo nel novembre 2006. A queste si sono aggiunte altre azioni di informazione e di promozione dei contenuti e dei risultati del progetto a livello nazionale operate dai tre *partner* italiani di Eurodemo. Sono state quindi gettate le basi per un'integrazione della realtà delle

bonifiche italiane in un contesto più europeo e quindi le premesse per un cammino del settore verso le tecnologie di bonifica innovative e sostenibili e quindi un allineamento del nostro Paese alle strategie di sviluppo europee a pieno sostegno di una *knowledge-based sustainable economy*.

Ringraziamenti: Gli Autori ringraziano sentitamente la Dr.ssa Petra Scanferla, del Consorzio Venezia Ricerche (Venezia) e il Dr. Valter Tandoi, dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Roma) per il loro contributo alla redazione di questo articolo.

Bibliografia

- [1] "Progress in management of contaminated sites (CSI 015)", EEA Report, August 2007; http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041007131746/IAssessment1152619898983/view_content
- [2] F. Quercia, M. Falconi, A. Vecchio, A. Altieri (ETCTE), Review and analysis of existing methodologies for preliminary risk assessment, EEA Technical Report, December 2004; www.eionet.europa.eu/software/prams
- [3] F. Quercia, A. Vecchio, M. Falconi, M. Schamann, T. Tarvainen, M. Wepner (ETCTE), PRA.MS: scoring model and algorithm, EEA Technical Report, April 2005; www.eionet.europa.eu/software/prams
- [4] T. Tarvainen, J. Jaarva, J. Fons, A. Altieri, F. Quercia (ETCTE), Application of the PRA.MS model to selected industrial and mining sites, EEA Technical Report, April 2005; www.eionet.europa.eu/software/prams
- [5] PRA.MS Software, EEA, www.eionet.europa.eu/software/prams
- [6] F. Quercia, A. Vecchio, M. Falconi, M. Schamann, T. Tarvainen, J. Fons (ETCTE), A.R. Gentile (EEA), Objectives and Methodology Attachment 1: Pre-screening of problem areas/megasites, EEA Technical Report, May 2005.
- [7] F. Quercia, A. Vecchio, M. Falconi, M. Schamann, T. Tarvainen, J. Fons (ETCTE), Objectives and Methodology, EEA Technical Report, November 2005.
- [8] F. Quercia, M. Falconi, A. Vecchio, A. Altieri, M. Schamann, T. Tarvainen, J. Fons (ETCTE), Pilot Study - Analysis of Problem Area data, EEA Technical Report, November 2005. I documenti [6-8] sono disponibili al sito internet: http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/eionet_contaminated/technical_documentation&vm=detailed&sb=Title
- [9] F. Quercia, M. Falconi, A. Vecchio, M. Schamann, T. Tarvainen, J. Fons (ETCTE), Analysis of EIONET consultation on data availability and relevance of Problem Areas assessment, EEA Technical Report, May 2006; http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/collection_2006/2resultseionetconsultati_EN_1.0_&a=d
- [10] EEA/ETCTE, Guidelines for EIONET data collection on contaminated sites 2006, July 2006; http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/collection_2006/guidelines2006_finaldoc_EN_1.0_&a=d

ABSTRACT

Sustainable Remediation of Contaminated Sites in EU.

The Available Innovative and Verified Technologies according to Eurodemo

In the enlarged EU 250,000 contaminated sites along with 3 millions of sites potentially contaminated have been counted. However, the existing information on remediation activities and technical experience available in the different EU Countries is quite fragmented and poorly shared. This makes difficult to promote innovative and sustainable technologies in EU. In order to facilitate a transnational experience exchange, the EC funded project Eurodemo run a survey on the technologies applied in EU by promoting the more innovative and sustainable ones.