

Progettazione di pillole di scienza per la divulgazione delle problematiche e delle opportunità di risoluzione nella contaminazione di suoli ed acque di falda: il caso dei solventi clorurati

Simona Giugliano

Sapienza Università di Roma

Materiali e metodi

Per la realizzazione del progetto ci si è avvalsi dell'utilizzo del programma Windows Movie Maker, in grado di assemblare parte audio e video, quest'ultima creata tramite registratore.

Obiettivo è stata la creazione di 10 brevi video divulgativi, prodotti in lingua italiana ed inglese, della durata complessiva di 1 minuto cadauno, rivolti tanto ad un pubblico di "non addetti ai lavori", quanto ad un pubblico dotato di una cultura tecnico-scientifica di base.

Tematica affrontata è stata quella della contaminazione da solventi clorurati delle matrici ambientali.

Il tutto attraverso un'analisi approfondita dei seguenti aspetti:

- cosa sono i DNAPL (*Dense Non Aqueous Phase Liquid*, liquidi densi in fase non acquosa)?
- in cosa risultano impiegati?
- da dove nascono?
- come si muovono?
- quali recettori intaccano?
- quali conseguenze comportano?
- come mitigarne gli effetti?

Aspetti chiave

Per le sue caratteristiche intrinseche, la ricerca scientifica non risulta sempre accessibile a tutti, a differenza di quanto accade nella comunicazione pubblica.

Spesso, infatti, gli argomenti affrontati non riguardano solo aspetti immediatamente percepibili e comprensibili.

Di solito, la documentaristica tradizionale è molto concentrata sull'esposizione dei risultati finali di una ricerca e di ciò che emerge da lunghe osservazioni ed elaborate fasi di trattamento dei dati.

Da qui l'idea di progettare e realizzare una serie di brevi video di pillole di scienza sui solventi clorurati, cercando di rendere accessibile a chiunque un mondo, quello della ricerca, che appare tanto affascinante quanto, a tratti, incomprensibile.

Questa è la strada per migliorare ed ampliare la conoscenza, abbattendo quelle barriere culturali, troppe volte origine di scontri e divisioni.

Creazione delle 10 pillole

Per ogni singola pillola è stato predisposto un testo esplicativo sui diversi aspetti della contaminazione da solventi clorurati e un titolo introduttivo, come di seguito elencato:

- Ci presentiamo...
- Dove siamo?
- Fai molta attenzione!
- Viaggia insieme a noi!
- Come liberarsi di noi?
- Ci pensa la natura!
- Su e giù oppure dentro la barriera
- Ma il problema siamo veramente noi?
- Come sostituirci?
- Tocca a te!

In seguito, si è passati alla ricerca del materiale grafico necessario alla realizzazione del prodotto. A tal fine si è fatto ricorso alla piattaforma Eiduco della Sapienza Università di Roma.

Una piattaforma didattica telematica, fruibile via web attraverso la rete Internet/Intranet, che aiuta gli studenti ad ottimizzare i tempi dedicati allo studio ed i docenti ad ottenere feedback oggettivi sulla qualità del proprio insegnamento.

Alla base vi è l'introduzione di una metodologia di tag per lezioni audio-registrate che integra i modelli tradizionali di apprendimento e di insegnamento

e che permette agli studenti di contrassegnare passaggi significativi durante la lezione per poi riascoltarla puntando direttamente ai passaggi importanti.

Al contempo, Eiduco comprende un set di funzionalità per accelerare la fase di ripasso e approfondire i temi trattati a lezione in modo sistematico, coinvolgendo eventualmente anche colleghi e docenti. Eiduco ha come presupposto il fatto che le lezioni possano essere audio registrate dal docente.

Gli studenti interagiscono con la piattaforma attraverso comuni web-browser e mediante due moduli: il modulo Eiduco In-Class, utilizzato durante la lezione attraverso telefoni cellulari, tablet o PC ed estendibile (opzionale) con modalità in-stream anche alle utenze collegate da remoto e il modulo Eiduco AfterClass, utilizzato durante lo studio in fase di ripasso e di approfondimento.

I docenti, sempre attraverso comuni web-browser, hanno la possibilità di utilizzare ulteriori due moduli: Eiduco Organizer, per la gestione delle lezioni, ed Eiduco Presenter per la presentazione delle lezioni in aula.

In secondo luogo, ci si è avvalsi anche di una ricerca web delle immagini necessarie.

Per la parte audio, una voce fuori campo, il voice over, ha accompagnato i 10 brevi video, animando i personaggi protagonisti delle pillole, ovvero i solventi clorurati.

Testo voce fuori campo

Di seguito, il testo predisposto per la voce narrante, pillola per pillola.

PRIMA PILLOLA CI PRESENTIAMO...

Siamo i solventi clorurati.

Sostanze organiche che al loro interno posseggono uno o più atomi di idrogeno sostituiti da altrettanti atomi di cloro.

Di qui il nostro nome e quello della famiglia alla quale apparteniamo, gli “idrocarburi alifatici clorurati”.

Abbiamo un ottimo potere solvente, propellente, refrigerante e godiamo di scarsa infiammabilità. Ma possiamo essere anche molto pericolosi.

Siamo impiegati in tante attività industriali ma anche domestiche e rappresentiamo, quindi, una delle principali forme di inquinamento delle acque sotterranee, soprattutto a causa di un utilizzo poco controllato avvenuto in passato.

Per le nostre caratteristiche chimico-fisiche la bonifica di suoli e falde acquifere, contaminate dalla nostra presenza, risulta molto complessa.

Ciò perché siamo caratterizzati da:

- bassa solubilità in acqua;
- densità maggiore dell'acqua;
- viscosità inferiore all'acqua;
- scarsa degradabilità.

A temperatura ambiente (25 °C), la maggior parte di noi si presenta in forma liquida, mentre alcuni risultano gassosi.

SECONDA PILLOLA DOVE SIAMO?

La nostra presenza è pressoché ubiquitaria.

A livello industriale, puoi trovarci durante le operazioni di sgrassaggio di parti meccaniche ed elettroniche e nella pulizia di metalli, pelli e tessuti (ad esempio nelle tintorie e lavanderie a secco). Oppure come solventi e materie prime nell'industria chimico-farmaceutica (farmaci, coloranti ed adesivi).

E ancora, nelle raffinerie di petrolio e gas, nella produzione di esplosivi, in alcuni liquidi refrigeranti e durante le attività di trattamento del legno.

Nell'industria alimentare, facilitiamo l'estrazione di oli e grassi vegetali e, fino a non molto tempo fa, eravamo impiegati anche per la rimozione della caffeina dai chicchi di caffè.

Nell'industria tessile, ancora oggi, siamo impiegati nella realizzazione di alcune fibre e tessuti resistenti ad attacchi termici e chimici.

Storicamente, siamo risultati utili come propellenti nei deodoranti per contenitori di rifiuti e servizi igienici, fumiganti per aiutare a controllare tarme, muffe e funghi, nonché come insetticidi per contrastare l'invasione di termiti e cavallette.

Quotidianamente, invece, pensa ai bianchetti che si utilizzano a scuola, oppure allo smacchiatore per rimuovere le macchie.

TERZA PILLOLA FAI MOLTA ATTENZIONE!

Possiamo essere pericolosi sia per l'uomo che per l'ambiente, poiché tossici e cancerogeni, giungendo a compromettere, in alcuni casi, anche l'utilizzo della risorsa idrica.

Da ciò derivano i limiti di concentrazione massima ammissibile (CMA) per le acque destinate ai consumi umani.

Per il tricloroetilene (la più nota trielina), ad esempio, il limite è di 0,01 mg/L, per dare un'idea un cucchiaino da caffè in una vasca da bagno piena d'acqua!

Il nostro assorbimento avviene prevalentemente per via respiratoria, ma è possibile anche un'introduzione per via cutanea o digestiva; gli effetti riguardano principalmente il fegato, i reni ed il sistema nervoso centrale.

Tali conseguenze si manifestano in seguito ad un'esposizione prolungata nel tempo.

Il largo utilizzo industriale, commerciale o artigiano fatto nei decenni passati e gli smaltimenti scorretti hanno causato una nostra notevole diffusione sia nelle acque superficiali che in quelle sotterranee.

Qui non rimaniamo inalterati, ma subiamo processi di trasformazione, soprattutto ad opera di microrganismi che, da un lato, possono ridurre la nostra presenza, ma dall'altro possono originare prodotti ancora più pericolosi.

QUARTA PILLOLA VIAGGIA INSIEME A NOI!

Poiché più pesanti dell'acqua, sprofondiamo fino al punto più basso di un acquifero e, a contatto con strati a bassa permeabilità, tendiamo a stratificarci.

La nostra mobilità è influenzata da vari parametri, quali:

- volume di contaminante;
- tipologia della fonte inquinante;
- entità dell'infiltrazione;
- capacità di ritenzione del terreno.

Possiamo manifestarci in quattro modi diversi.

Possiamo essere presenti come un liquido puro.

Oppure possiamo sia dissolverci all'interno delle acque di falda, in virtù della nostra solubilità, sia vaporizzarci, grazie alla nostra volatilità.

Formeremo, quindi, quelli che sono due diversi "pennacchi di contaminazione", un pennacchio di vapori ed un pennacchio disciolto.

Ma possiamo rimanere intrappolati anche nelle fratture del terreno, inquinando così il suolo il quale, attraversato dall'acqua, ci rilascerà lentamente.

Si avrà allora lo sviluppo di quelle che sono dette "sorgenti persistenti a lento rilascio". Ecco perché, una volta insediati, è molto difficile farci andar via.

Inoltre, per rimuoverci completamente, può occorrere molto tempo, anche decenni se non secoli, se non si interviene nel modo opportuno!

QUINTA PILLOLA
COME LIBERARSI DI NOI?

Nella maggior parte dei casi viene utilizzato il Pump & Treat, una tecnica che consiste in pozzi che intercettano tutta l'acqua contaminata dal sottosuolo, per poi trattarla e scaricarla in fogna o in corpi superficiali.

Il processo avviene attraverso le seguenti fasi:

- pompaggio dell'acqua inquinata da pozzi di estrazione; il numero di pozzi impiegati dipende dall'estensione dell'area da bonificare e dal tipo di sorgente contaminante;
- raccolta dell'acqua in serbatoi ed invio ad un impianto di trattamento, il quale può ridurci, assorbirci, rimuoverci o intrappolarci;
- depurazione dell'acqua inquinata e reinserimento della stessa nella falda o eventuale scarico in fognatura.

In questo modo, però, si consuma un'enorme quantità di acqua, che viene sottratta dalle falde, alterando i naturali equilibri idrogeologici ed impoverendo, progressivamente, la risorsa idrica.

Fortunatamente però, esistono oggi tecnologie chimiche, fisiche e biologiche, che consentono di ridurre la nostra massa, tossicità, mobilità, il nostro volume o la nostra concentrazione, evitando di sprecare l'acqua nella quale ci troviamo.

SESTA PILLOLA
CI PENSA LA NATURA!!!

In condizioni adeguate, la biodegradazione e la volatilizzazione possono contribuire in modo significativo alla nostra rimozione dal sottosuolo, rendendo l'attenuazione naturale un'alternativa di bonifica potenzialmente importante.

Nei siti da noi contaminati, molto spesso, crescono e si sviluppano microrganismi che si sono adattati alla nostra presenza e ci utilizzano per sopravvivere.

Si tratta di un processo che avviene lentamente e diviene efficace se tali microrganismi risultano opportunamente stimolati.

In natura, però, non esistono le condizioni affinché ciò possa accadere senza un piccolo supporto esterno.

Perciò, se li aiutate nel "banchetto", sarà possibile la nostra trasformazione da sostanze più complesse e pericolose in composti più semplici ed innocui.

Basterà semplicemente fornire loro piccole particelle, dette elettroni.

È il caso della Declorazione Riduttiva Biologica

Una reazione di biodegradazione grazie alla quale i batteri si nutrono e crescono, mentre uno o più atomi di cloro sono progressivamente sostituiti da idrogeno.

Si avrà, dunque, la perdita graduale di 1, 2, 3, 4 atomi di cloro, fino ad ottenere, possibilmente, la formazione di etilene, un composto assolutamente innocuo e facilmente eliminabile per via naturale.

SETTIMA PILLOLA

SU E GIÙ OPPURE DENTRO LA BARRIERA!

Un'altra tecnica è quella dei Pozzi a Ricircolazione grazie ai quali l'acqua contaminata viene estratta, purificata e ricircolata direttamente nella falda, una sorta di "lavatrice" che pulisce le falde acquifere senza spreco netto di acqua.

Ciò si integra ad un'azione di strippaggio dei composti organici volatili.

Con questi pozzi è possibile, inoltre, distribuire direttamente in falda quegli elementi necessari a favorire la declorazione riduttiva biologica.

Esistono, poi, le Barriere Permeabili Reattive che ci impediscono di allontanarci dalla zona contaminata, nei cosiddetti pennacchi di contaminazione.

Così chiamate perché sono, appunto, barriere ai contaminanti, collocate direttamente nel sottosuolo. Sono costituite da materiali permeabili al passaggio dell'acqua i quali, reagendo alla nostra presenza, possono trasformarci, rendendoci meno tossici e riducendo la nostra concentrazione, degradarci, assorbirci, oppure immobilizzarci in modo permanente.

Tali tecnologie permettono una notevole riduzione dei costi rispetto al tradizionale processo di Pump & Treat, grazie alla loro applicabilità in situ.

OTTAVA PILLOLA

MA IL PROBLEMA SIAMO VERAMENTE NOI?

La nostra importanza come contaminanti delle acque di falda è stata riconosciuta soltanto a partire dagli anni '80, sebbene siamo stati prodotti ed utilizzati sin dall'inizio del secolo precedente; ciò a causa della mancanza di una reale consapevolezza sui possibili effetti negativi sull'ambiente del nostro utilizzo e conseguentemente della mancanza di una legislazione più stringente, che potesse prevenire il nostro sversamento incontrollato nel sottosuolo.

Inoltre, nel passato non erano disponibili metodi in grado di rilevarci anche

a basse concentrazioni. Ma soprattutto, per l'assenza di un'azione efficace da parte delle autorità competenti, che fosse in grado di sensibilizzare e smuovere le coscienze.

Inoltre, il nostro impiego eccessivo è stato determinato dalla notevole economicità e dalla facilità di manipolazione durante il nostro utilizzo.

Risultiamo, in alcuni casi, unici ed insostituibili, per una combinazione di parametri chimico-fisici che, rispetto ad altre sostanze, ci rendono ineguagliabili.

È difficile, infatti, poter trovare prodotti che allo stesso tempo siano volatili e godano di un eccezionale potere solvente e sgrassante, ma che, purtroppo, non risultino anche tossici e poco ecosostenibili.

NONA PILLOLA COME SOSTITUIRCI?

Al giorno d'oggi, si stanno spendendo risorse, tempo e competenze, al fine di sviluppare nuovi prodotti, meno impattanti e più vantaggiosi.

Ad esempio, per la Trielina, è stata considerata la sostituzione con l'anidride carbonica supercritica, sostanza a metà tra un liquido e un gas.

Quest'ultima, sfruttata per ottenere tè decaffeinato oppure in alcune lavatrici industriali.

In sostituzione del Dicloroetano si è valutato l'utilizzo di chetoni, più sostenibili a livello ambientale, da impiegare negli acetoni o nei bianchetti.

Mentre per gli smalti e le vernici si è pensato a solventi ossigenati e biodegradabili.

Altre alternative studiate sono quelle relative all'impiego di acqua e solventi acquosi, fluidi supercritici (es. etano), liquidi ionici o solventi polimerici.

Se in Europa però, in determinati ambiti, il nostro utilizzo risulta limitato e regolamentato, in altre zone del mondo ciò non avviene.

Ecco perché, spesso, prodotti importati nel nostro paese, possono risultare non conformi alle nostre leggi e direttive.

DECIMA PILLOLA TOCCA A TE!

Nel frattempo, spetta a te salvaguardare e valorizzare il tuo bellissimo Pianeta. Come? Attraverso azioni che, a partire dai piccoli gesti quotidiani, possano fare la differenza! Ad esempio, smaltire in modo corretto i rifiuti.

Perciò, dalle prossime volte, prima di gettar via sostanze che possono conte-

Progettazione di pillole di scienza

nere al loro interno solventi clorurati, assicurati di aver letto bene l'etichetta, riportante le loro caratteristiche nonché le regole per un loro corretto impiego.

Potrai portarle presso un'isola ecologica, dove troverai serbatoi adatti a smaltirle in maniera sostenibile.

Esse potranno essere così recuperate e processate.

E non dimenticare che da ogni scarto può derivare una nuova risorsa.

Perché gli errori di oggi rappresentano, spesso, l'eredità di una cattiva gestione del passato, ma ciascuno di noi può e deve cambiare la rotta.

Verso un futuro più sostenibile economicamente e dal punto di vista ambientale.

Montaggio

Al momento è stato realizzato un breve trailer introduttivo alle pillole, il cui montaggio risulta in fase di progettazione, insieme ad elementi grafici e doppiaggio.

Elementi grafici e testi a corredo delle immagini

I testi e gli elementi grafici, parte integrante ed esplicativa dei 10 video, sono in fase di elaborazione.

Doppiaggio e audio

Il doppiaggio sarà realizzato da me, allegando la voce fuori campo alle scene delle pillole. Per la registrazione usufruirò del microfono del cellulare.

Alla voce fuori campo sarà allegata anche una colonna sonora, come sottofondo musicale, per dare maggior enfasi alla trattazione.

L'importanza del progetto

Il lavoro è stato pensato con l'obiettivo di informare e responsabilizzare i cittadini riguardo alle tematiche relative alla contaminazione di suoli ed acque di falda da solventi clorurati.

Le possibili eventuali ricadute andrebbero dal semplice cambiamento del proprio stile di vita quotidiano, ad iniziative di carattere istituzionale (es. azioni

di governo a favore della sensibilizzazione dell'opinione pubblica e a favore della salvaguardia dell'ambiente).

Discussione

Scelte ed azioni quotidiane, spesso effettuate in maniera inopportuna ed inconsapevole, rischiano di mettere in serio pericolo la salute del nostro pianeta e della nostra stessa specie.

È il caso dell'utilizzo di sostanze contenenti solventi clorurati, composti che possono presentarsi vantaggiosi da un lato, ma risultare tossici e cancerogeni dall'altro.

Ad oggi, l'attenzione verso il nostro pianeta sta acquisendo sempre più rilevanza non solo da parte delle istituzioni ma anche dell'opinione pubblica.

Non c'è più tempo.

La tendenza deve cambiare e in fretta.

Solo così sarà possibile scongiurare uno scenario che, altrimenti, potrebbe diventare irreparabile.

Conclusioni

Una possibile risposta alla riduzione, o ancor meglio, all'eliminazione dei solventi, consiste nella realizzazione di sintesi senza solventi: un'alternativa di questo tipo, in ogni caso, non entra automaticamente nel campo delle strategie a basso impatto ambientale, dal momento che è necessario tener presente anche altri fattori, quali il work up, la resa e la fonte di energia impiegata. Molto spesso, quindi, non è possibile (né conveniente) rinunciare ai solventi: quello che si può fare, tuttavia, è ridurre il numero, cercando di scegliere quelli più compatibili a livello ambientale.

Un'impostazione del tipo "riciclo e riutilizzo" rappresenta sicuramente un primo passo verso la riduzione dei volumi di solventi.

Conditio sine qua non è che ciò risulti commercialmente vantaggioso e che ci sia un mercato dei prodotti riciclati.

Qualora fosse necessario smaltire un solvente, bisognerebbe innanzitutto assegnarlo alla categoria "alogenati" o a quella "non alogenati".

I solventi organici esausti sono molto spesso costituiti da diversi componenti: nel caso non fosse possibile individuarne uno predominante, sarebbe necessario considerare l'intero volume come "miscela di solventi".

Progettazione di pillole di scienza

Ma in definitiva, come scegliere i solventi adatti?

Valutando la presenza delle seguenti proprietà:

- numero ristretto di solventi non acquosi;
- basso rischio potenziale;
- gestione facile e sicura;
- bassa reattività;
- buone proprietà di riciclo (es. pulizia ed essiccamento facili);
- bassi costi di acquisto e smaltimento.

Bibliografia

- Aulenta F., Petrangeli Papini M., Beccari M., Majone M. (2005), *Caratterizzazione cinetica e microbiologica di biofilm anaerobici nel risanamento in situ di falde acquifere contaminate da solventi clorurati*, workshop “Biofilm Microbici”, Roma.
- Cazzuffi D., Pietrini I. (2013), *La bonifica di siti contaminati: un approccio divulgativo*, «Ambiente Rischio Comunicazione», 7.
- Luchetti L., Diligenti A. (2018), *Protocollo tecnico per le attività di Phytoscreening*. ARTA Abruzzo, Distretto Provinciale di Chieti.
- Luciano A. (2009), *Studio del comportamento dei DNAPLs nel suolo e nel sottosuolo: analisi sperimentale e simulazione numerica*, tesi di dottorato, Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”.
- Majone M., Petrangeli Papini M., Rolle E., Cicconi V., Beretta G.P., Maffucci M. (2009), *Messa in sicurezza e bonifica di falde contaminate: applicazione del D.M. 471/99*, «La Chimica, l’Industria», gen./feb.
- Marin M. (2017), *Monitoraggio geofisico di tecniche di bonifica di siti contaminati*, tesi di laurea magistrale, Università degli Studi di Padova.
- Pierro L., Maturro B., Rossetti S., Sagliaschi M., Sucato S., Bartsch E., Alesi E., Majone M., Arjmand F., Petrangeli Papini M. (2016), *Un nuovo processo per la bonifica di sorgenti residuali di DNAPL: risultati della prima sperimentazione in piena scala*, «Ingegneria dell’Ambiente», 2.
- Rossetti S., Aulenta F., Tandoi V., Majone M., Maturro B., Petrangeli Papini M. (2012), *Biorisanamento di acque sotterranee contaminate da solventi clorurati: batteri responsabili del processo e strategie applicative*, convegno “Bonifica, recupero ambientale e sviluppo del territorio: esperienze a confronto sul fitorimediazione”, «Micron», 22.
- Zolla V., Di Molfetta A., Tosco T., Sethi R. (2016), *Confronto tra differenti reagenti per la degradazione di solventi clorurati e l’immobilizzazione di mercurio*, convegno “RemTech”, Ferrara.