

Analisi della provenienza naturale dei principali metalli nei sedimenti della laguna di Venezia

di **GIORGIO MATTASSI***

* **Biologo sanitario e ambientale, già Direttore scientifico dell'ARPA Friuli Venezia Giulia e fondatore dell'Osservatorio Alto Adriatico**

Lo scopo del presente articolo è volto a evidenziare come fin dall'inizio della definizione del Protocollo Fanghi del 1993, la fretta - come sempre cattiva consigliera - necessaria all'allestimento di specifiche tabelle numeriche, riguardanti il rispetto di criteri di sicurezza ambientale e sanitaria per l'escavo dei canali di navigazione lagunare, impose agli esperti di raccogliere le informazioni disponibili, che al tempo risultavano sperimentalmente piuttosto limitate. La saggezza degli autori, tuttavia, indicò il criterio temporale di validità per l'applicabilità del protocollo limitato a un anno, nella speranza che in tale arco temporale potessero essere realizzati gli opportuni approfondimenti, attraverso specifiche indagini di campo volte a chiarire l'effettiva distribuzione dei metalli nel complesso sistema lagunare, nonché la reale tossicità legata alle diverse specie chimiche e dei complessi contenenti metalli.

Come spesso è accaduto in Italia, assecondando la consuetudine del "nulla è più stabile del provvisorio", anche il Protocollo Fanghi assurse a simulacro delle verità rivelate, piut-

tosto che assecondare gli indirizzi della conoscenza scientifica che esige studi continui e adeguamenti delle regole gestionali sulla base dei progressi della conoscenza.

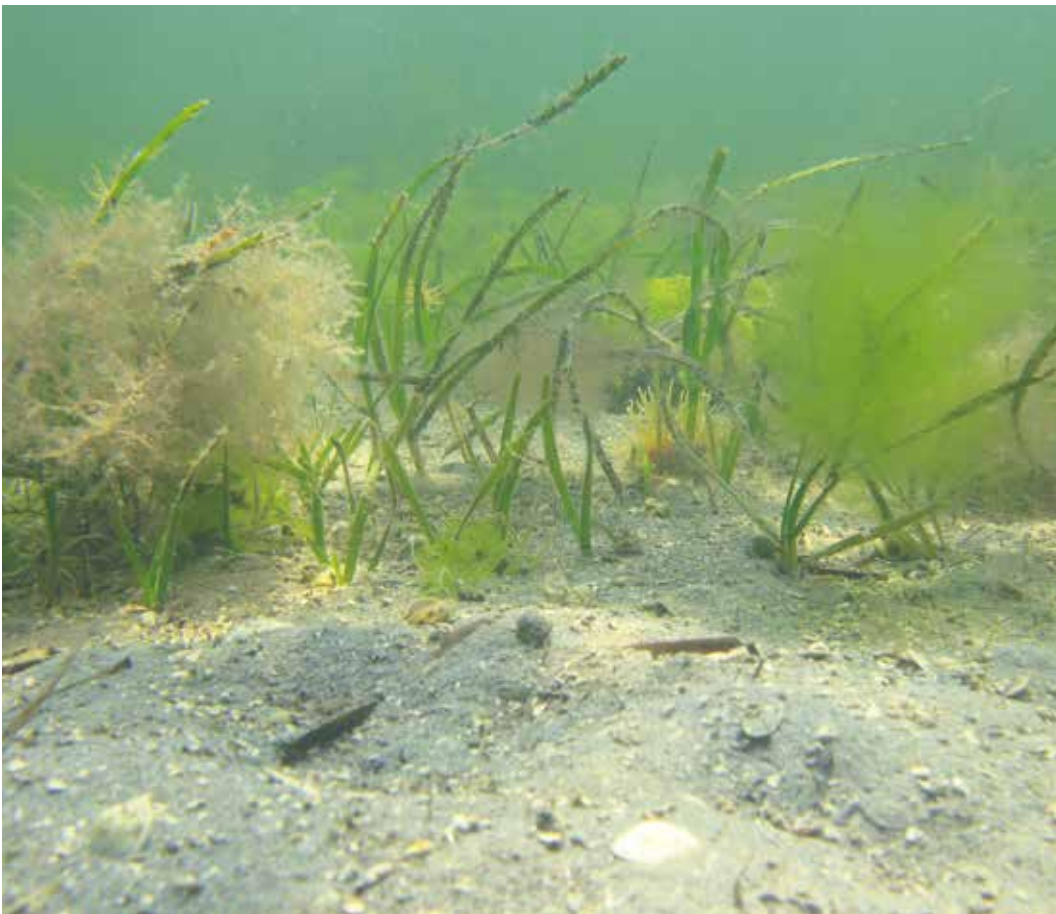
In verità il protocollo del 1993 è risultato un indubbio strumento, utile per l'amministrazione lagunare operata dal Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige, Friuli Venezia Giulia, perché ha fornito precisi criteri per il riutilizzo o lo smaltimento dei sedimenti lagunari soprattutto dopo il 1998, quando con l'emanazione del decreto Ronchi relativo alla gestione dei rifiuti, i sedimenti acquatici sono diventati improvvisamente "rifiuti", sovvertendo le aspettative di tutti coloro che ritenevano i sedimenti parte integrante degli ambienti acquatici e, come tali, possibile ogni spostamento degli stessi nell'ambito del medesimo ambiente idrico, senza con ciò generare "abbandoni incontrollati di materiali da assoggettare ai criteri di smaltimento dei rifiuti". Il protocollo, in questo contesto di incertezza normativa, essendo chiaro che uno spostamento o riutilizzo di sedimenti non può in nessun ca-

so essere assimilato a un abbandono di rifiuti mediante allontanamento e smaltimento, ha offerto un paracadute per chi effettivamente era impegnato nelle operazioni di manutenzione dell'ambiente lagunare o nella realizzazione di opere di rilevanza strategica globale, come il Mose o le bonifiche di Marghera, ma soprattutto i dragaggi del porto, attraverso la realizzazione dell'isola (discarica) delle Tresse, gestita mediante commissario nazionale e secondo i principi del protocollo.

Alla fine degli anni 2010, dopo un trentennio di applicazione, il protocollo è tuttavia arrivato al capolinea attraverso la constatazione che il 97% dell'ambiente lagunare era classificabile in "tabella B", ovvero era diventato

impossibile il riutilizzo immediato del materiale derivante dall'escavo dei canali lagunari semplicemente perché i criteri del protocollo non consentivano di poter realizzare barene e soprattutto velme, pur essendo evidente che il materiale sedimentario presente nei canali non poteva che provenire dall'erosione delle velme. Né era più realizzabile il criterio, auspicato in ogni sede scientifica o amministrativa, del contrasto all'erosione dell'ambiente lagunare mediante la ricostruzione delle velme attraverso il riutilizzo dei sedimenti.

La svolta concettuale è stata imposta dalla direttiva quadro in materia di acque 2000/60/CE che, attraverso l'applicazione tardiva avvenuta in Italia a partire dal 2008, ha obbliga-



Sedimenti del fondale
nella laguna di Venezia

to le amministrazioni a effettuare finalmente, mediante i propri organismi tecnico-scientifici, un approccio integrato fondato su una valutazione sistematica degli ambienti acquatici, compresi gli ambienti di transizione lagunari, introducendo criteri di qualità fondati sull'analisi integrata di specifici indicatori ecologici (macrobentos, fanerogame, pesci), marker ecotossicologici e standard chimici di riferimento per la colonna d'acqua, il bioaccumulo e il sedimento, ma soprattutto imponendo la ricerca e la quantificazione delle pressioni, intese quali fonti antropiche di origine degli inquinanti alteranti le diverse matrici degli ambienti acquatici, nonché prevedendo appositi piani di gestione per promuovere specifiche azioni utili a eliminare le fonti inquinanti, puntuali e diffuse.

Ciò ha comportato la necessità di svolgere analisi sistematiche di monitoraggio dello stato di qualità, secondo criteri standardizzati riferibili alla delimitazione di specifici corpi idrici, di allargamento delle indagini per individuare le fonti degli inquinanti e di descrivere contestualmente lo stato di qualità e le misure di risanamento.

È proprio tale indirizzo tecnico-scientifico generale di provenienza europea che ha consentito di mettere a disposizione dei tecnici e dei ricercatori una quantità di dati adeguata alle necessità di una conoscenza sufficientemente approfondita come mai è stata realizzata prima, e soprattutto supportata da metodologie analitiche qualitativamente certificate e non contestabili negli esiti. Gli strumenti informatici georeferenziati hanno inoltre consentito di spazializzare i dati rendendo la loro interpretazione più facile ed intuitiva.

La rappresentazione della distribuzione dei metalli nei suoli veneti e nei sedimenti lagunari è illustrata in successione nelle figure a seguire.

La distribuzione geografica è resa intuitiva

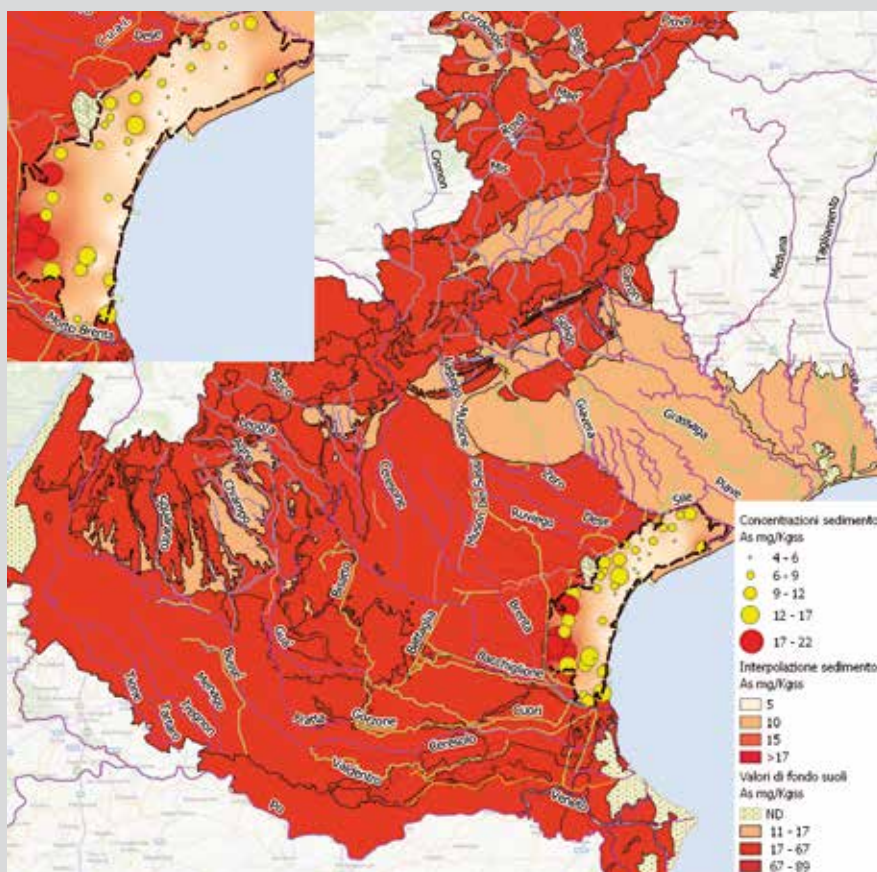
mediante l'applicazione di colorazioni di tonalità graduate, distribuite attraverso intervalli predefiniti.

La distribuzione dei metalli nei sedimenti lagunari è rappresentata da "pallini" di grandezza graduata e colorazione dell'ambiente lagunare associato a un metodo deterministico, non geostatistico IDW (Inverse Distance Weighting). In pratica, il valore in una certa posizione in assenza di misura è preso pesando i valori dei punti che stanno attorno usando come valutazione l'inverso della loro distanza.

Come peso è stato utilizzato un inverso della distanza elevato al cubo, questo perché i valori hanno poca somiglianza tra loro prossimi e il peso al cubo diminuisce rapidamente l'influenza dei punti al crescere della distanza.

ARSENICO

Confronto fra le concentrazioni di arsenico (As) rilevate nei sedimenti della laguna di Venezia rispetto alle concentrazioni rilevate nei suoli del territorio della Regione del Veneto, incluso il bacino scolante



L'arsenico presente nei sedimenti lagunari e nelle acque potabili veneziane si è rivelato uno dei maggiori ostacoli amministrativi per la movimentazione dei sedimenti e per il collettamento e depurazione degli scarichi urbani e produttivi nell'ambiente lagunare, a fronte dei valori indicati dalle varie tabelle di governo a tutela dell'ambiente lagunare veneziano.

Il Decreto Ministeriale del 30.07.1999, più noto come decreto Ronchi-Costa di tutela della laguna di Venezia, fissa in 10 µg/l il limite di scarico dell'arsenico nei reflui a fronte del limite di 10 µg/l (fino a 50 µg/l) previsto dalle attuali normative per le acque potabili di distribuzione acquedottistica e a 500 µg/l per le acque minerali. Il monitoraggio delle acque di falda del bacino scolante veneziano, realizzato dall'ARPAV nel 2012, evidenzia numerosi superamenti del valore di 10 µg/l delle acque di falda a monte della laguna, nonostante le condizioni riducenti e i terreni argillosi.

Il protocollo 1993 fissa in 15 mg/kg s.s. il limite dell'arsenico per la movimentazione non vincolata (colonna

A) dei sedimenti e in appena 50 mg/kg s.s. il limite per lo smaltimento extralagunare, nonostante i valori presenti nei territori a monte della laguna presentino valori ben superiori al limite di 50 mg/kg s.s.

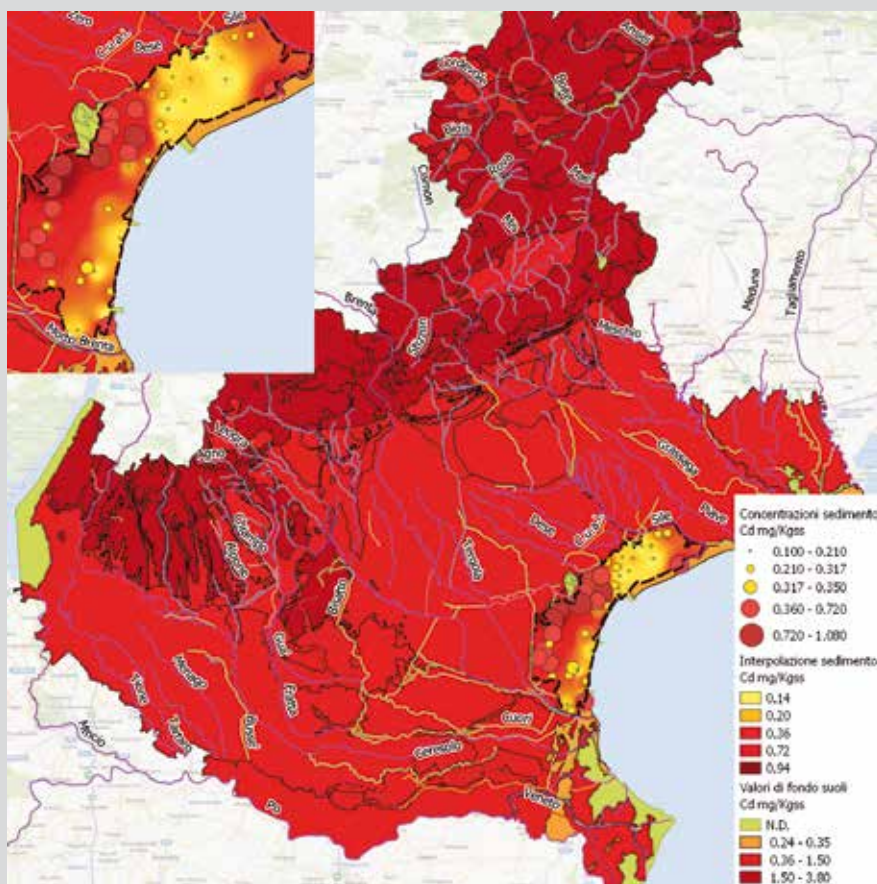
Si evidenzia inoltre, dall'esame contestuale dei dati presentati in figura, come nell'ambiente lagunare operi un processo di deposito sedimentario di materiali fini di provenienza marina con evidente effetto di diluizione della concentrazione dell'arsenico nei sedimenti. In ogni caso occorre sottolineare che, allo stato attuale delle normative vigenti europee o italiane in materia di tutela delle acque superficiali, l'arsenico non è considerata una sostanza prioritaria o pericolosa prioritaria.

Considerazioni a margine per una valutazione dell'arsenico considerato critico dal protocollo 1993

Ai fini di contestualizzare l'eccesso di preoccupazioni che ha informato il processo decisionale del 1993, giova riportare il fatto che nel 1986 il quaderno n. 75 dell'IRSA (Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR), dopo anni di discussioni sulla tossicità dell'arsenico sugli organismi acquatici, evidenziava come una concentrazione di 1 mg/Kg di pesce non comportava rischi per la salute umana, anche in considerazione del fatto che era presente sotto forma organica (la meno tossica). Tale quaderno riporta inoltre che piccole quantità di arsenico (da 0,1 mg/l fino a 2 mg/l in suoli alcalini o neutri) stimolano la crescita delle piante, mentre le acque destinate al consumo umano possono contenerne fino a 0,5 mg/l senza provocare interferenze sulla salute umana, se non dopo anni di esposizione alimentare.

CADMIO

Confronto fra le concentrazioni di cadmio (Cd) rilevate nei sedimenti della laguna di Venezia rispetto alle concentrazioni rilevate nei suoli del territorio della Regione del Veneto, incluso il bacino scolante



Il cadmio rientra tra le sostanze pericolose prioritarie della direttiva europea in materia di tutela delle acque 2000/60/CE, ed è presente a basse concentrazioni nei sedimenti della laguna di Venezia. Le concentrazioni di cadmio indicate dal protocollo 1993 non hanno rappresentato un fattore limitante alla movimentazione dei sedimenti.

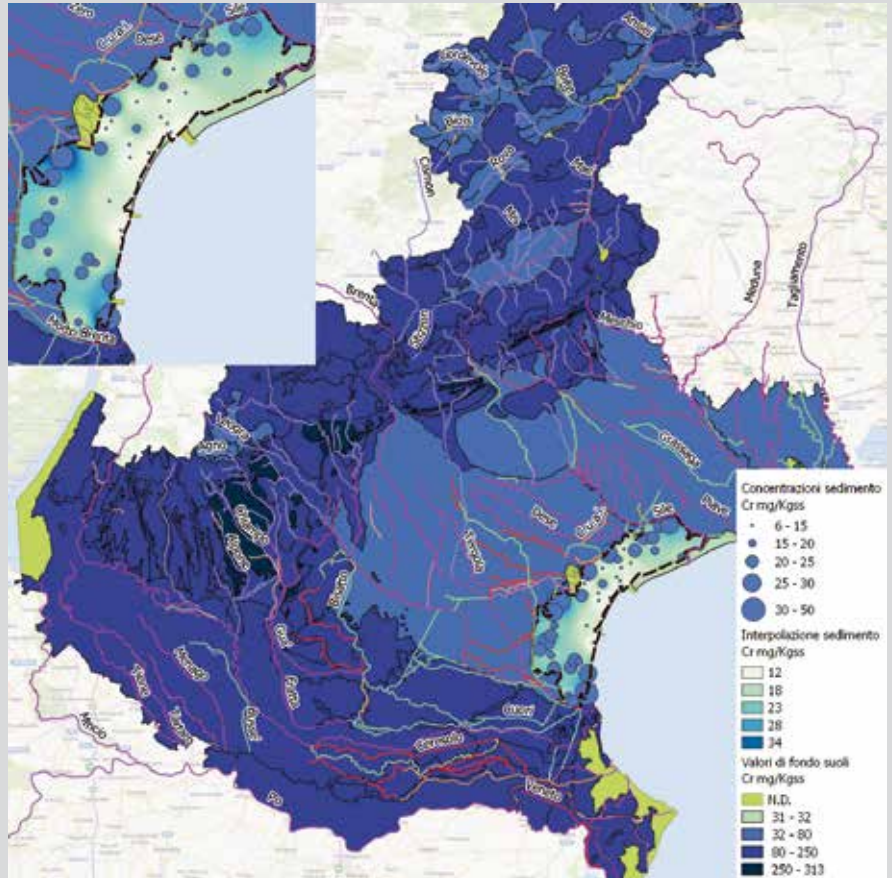
Il valore di 1 mg/Kg s.s., indicato dalla colonna A per la libera movimentazione, non ha presentato elementi di criticità, stante il fatto che la presenza del metallo nell'ambiente lagunare non eccede tale limite.

In ogni caso va evidenziato che il contenuto di cadmio nei terreni del bacino scolante è generalmente superiore a tale limite. Anche per il cadmio i fenomeni di deposizione di sedimenti fini di provenienza marina inducono una diluizione

della concentrazione naturale. Il monitoraggio della colonna d'acqua non ha mai evidenziato superamenti dei limiti.

CROMO

Confronto fra le concentrazioni di cromo (Cr) rilevate nei sedimenti della laguna di Venezia rispetto alle concentrazioni rilevate nei suoli del territorio della Regione del Veneto, incluso il bacino scolante



Il cromo è relativamente diffuso nella crosta terrestre (21esimo elemento per abbondanza).

La tossicità nota dagli anni '70 per gli organismi acquatici è per lo più limitata alla forma chimica esavalente. La forma esavalente e la forma trivalente tuttavia perdono la loro ittiotossicità in acque ad elevata durezza. In ogni caso, effetti tossici nei confronti degli organismi acquatici macroinvertebrati si manifestano in presenza di concentrazioni relativamente elevate (2-64 mg/l). Tossicità per i pesci si ha per concentrazioni ancora più elevate (33-120 mg/l). I sedimenti generalmente non rilasciano cromo (Quaderno IRSA n. 75, 1987).

Il cromo non rientra tra le sostanze prioritarie della direttiva europea in materia di tutela delle acque 2000/60/CE, ed è presente nei sedimenti della

laguna di Venezia spesso in concentrazioni eccedenti il valore di 20 mg/Kg s.s. indicato dal protocollo 1993 per la libera movimentazione dei sedimenti.

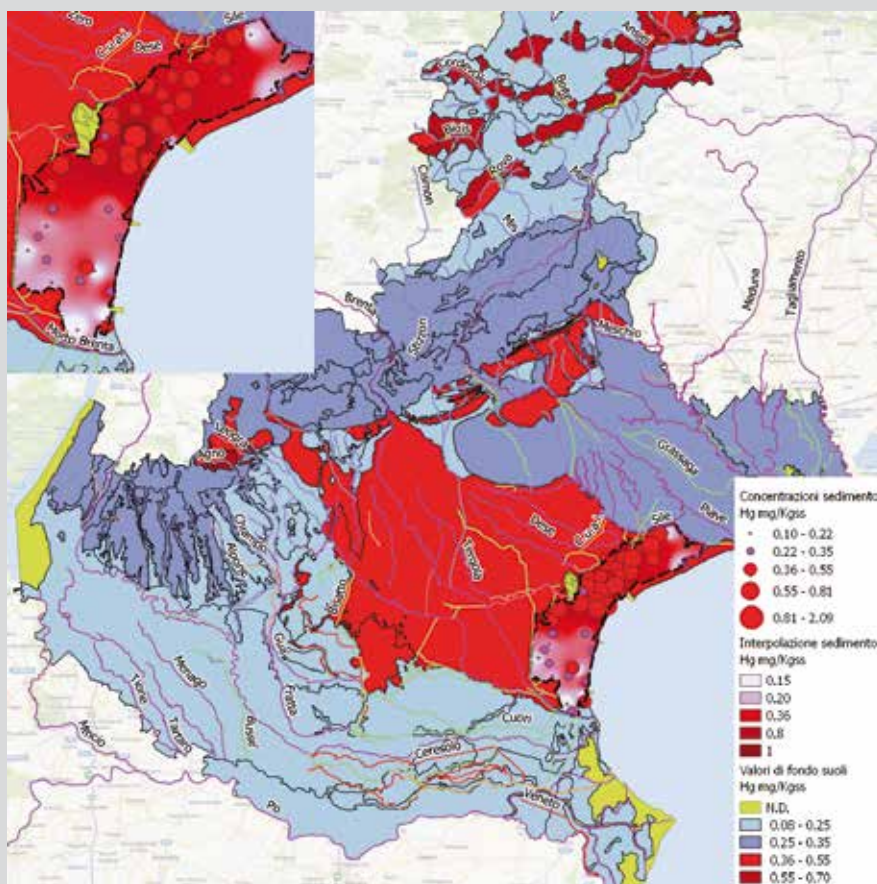
I valori indicati nel protocollo 1993 sono largamente superati in tutti i terreni naturali a monte dell'ambiente lagunare, dove avvengono fenomeni di diluizione operati dai depositi marini fini.

MERCURIO

A lato
Confronto
fra le concentrazioni
di mercurio (Hg)
rilevate nei sedimenti della
laguna di Venezia rispetto
alle concentrazioni rilevate
nei suoli del territorio della
Regione del Veneto, incluso
il bacino scolante

*Nella pagina seguente,
a sinistra*
Confronto
fra le concentrazioni
di mercurio (Hg) rilevate
nei sedimenti della laguna
di Venezia rispetto
alle concentrazioni rilevate
nel mare Adriatico e nei suoli
del territorio della Regione
del Veneto, incluso il bacino
scolante

*Nella pagina seguente,
a destra*
Confronto fra le
concentrazioni di mercurio
(Hg) rilevate nei sedimenti
della laguna di Venezia
rispetto ai livelli di
bioaccumulo negli organismi
Tapes philippinarum



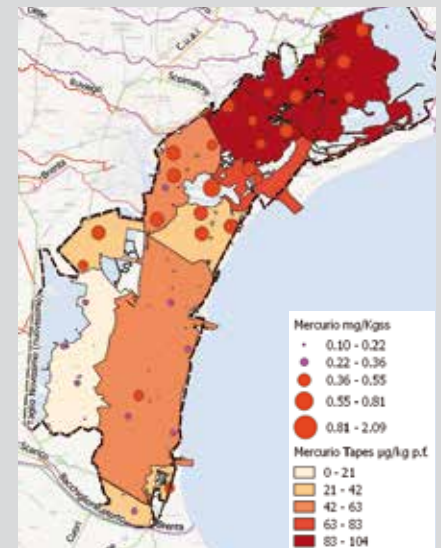
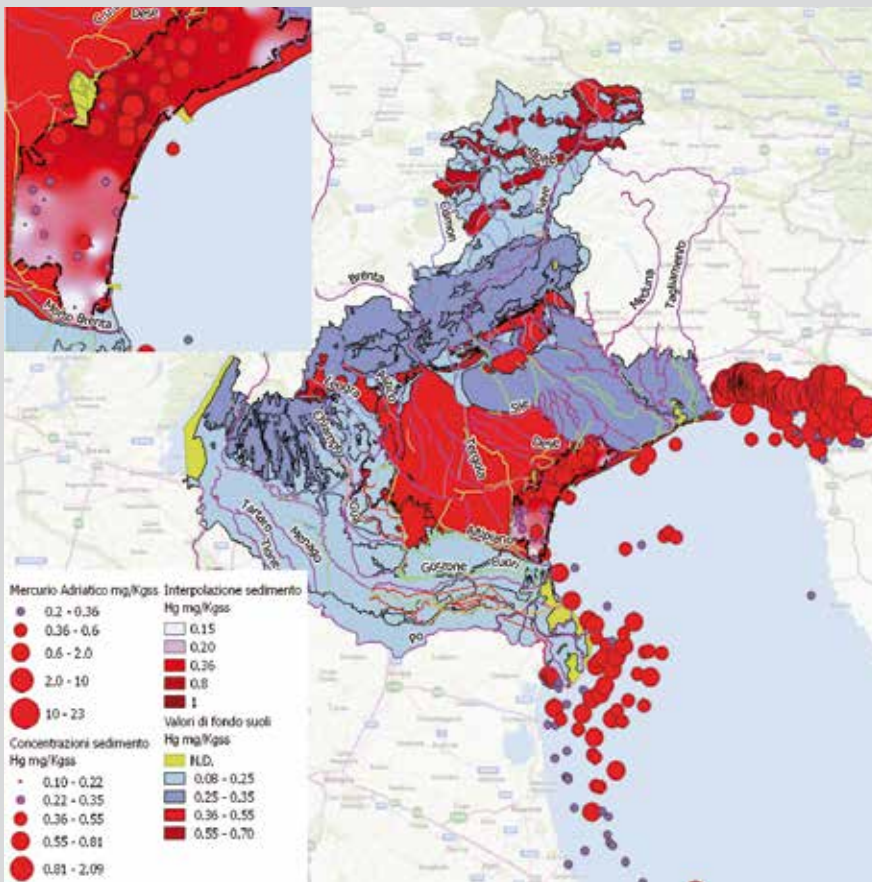
Il mercurio, più comunemente presente sotto forma di solfuro (HgS cinabro insolubile in acqua) è un metallo particolarmente diffuso nell'area mediterranea dove è presente nei suoli ed è stato estratto attraverso una intensa attività mineraria iniziata in epoca romana e oramai sospesa dagli anni '90. Si calcola che nel bacino mediterraneo sia stato estratto il 20% del mercurio mondiale.

Nell'alto Adriatico ha operato fino al 1993 la miniera di Idrja, presente in territorio sloveno sul bacino del fiume Isonzo. Gli studiosi dell'Università di Lubiana hanno calcolato che lo sversamento di cinabro nell'alto Adriatico sia stata superiore a 35.000 tonnellate, mentre una ulteriore quota di minerale giace ancora nei depositi dell'alveo fluviale, in attesa di essere lisciviato dalle piene.

A dimostrazione della presenza di mercurio nei suoli veneti si riporta la comunicazione dell'ARPA Veneto secondo cui nell'anno 2009 è stato riscontrato un superamento della concentrazione massima ammissibile in colonna d'acqua (SQA-CMA) per il mercurio nei laghi bellunesi di Alleghe e del Mis.

Come illustrato dalla spazializzazione dei dati nelle figure successive, si evidenzia che il mercurio in misura minore è già presente nel bacino scolante sopralagunare e in misura maggiore entra attraverso la circolazione sedimentaria levogira dell'Adriatico, come dimostra la maggior presenza in laguna nord.

Non si evidenziano correlazioni di deposizioni sedimentarie in atto provenienti da aree produttive.



Il mercurio rientra tra le sostanze pericolose prioritarie della direttiva europea in materia di tutela delle acque 2000/60/CE.

Lo standard di qualità dei sedimenti introdotto nella normativa italiana con il D.M. 367/2003 indica in 0,3 mg/Kg s.s. Il valore di tutela ambientale degli ambienti di transizione e marini. Tale indicazione tuttavia non è stata recepita nella normativa ambientale quadro 152/2006. In ogni caso la Regione del Veneto, per la classificazione chimica degli ambienti lagunari, ha utilizzato le concentrazioni riscontrate attraverso il monitoraggio mensile della colonna d'acqua.

Il monitoraggio del mercurio effettuato sulla colonna d'acqua non segnala superamenti del valore di 10 nanogrammi/l indicato per la classificazione di qualità chimica degli

ambienti di transizione, né gli indicatori ecologici segnalano interferenze sulle biocenosi derivanti dalla presenza di mercurio. Il monitoraggio ecotossicologico non evidenzia tossicità correlabile alla presenza di mercurio nei sedimenti.

Il monitoraggio del bioaccumulo effettuato sulla specie *Tapes Phylippinarum* di interesse commerciale non evidenzia superamenti del tasso di accumulo di mercurio per i fini della tutela sanitaria alimentare (500 µg/100 gr sostanza fresca), mentre è quasi sostanzialmente quasi sempre superato il valore di 20 µg/100 s.f., che costituisce lo standard ambientale, al pari di tutti gli altri organismi filtratori presenti in adriatico e di larga parte del bacino mediterraneo.

Il valore di non superamento di 1 mg/

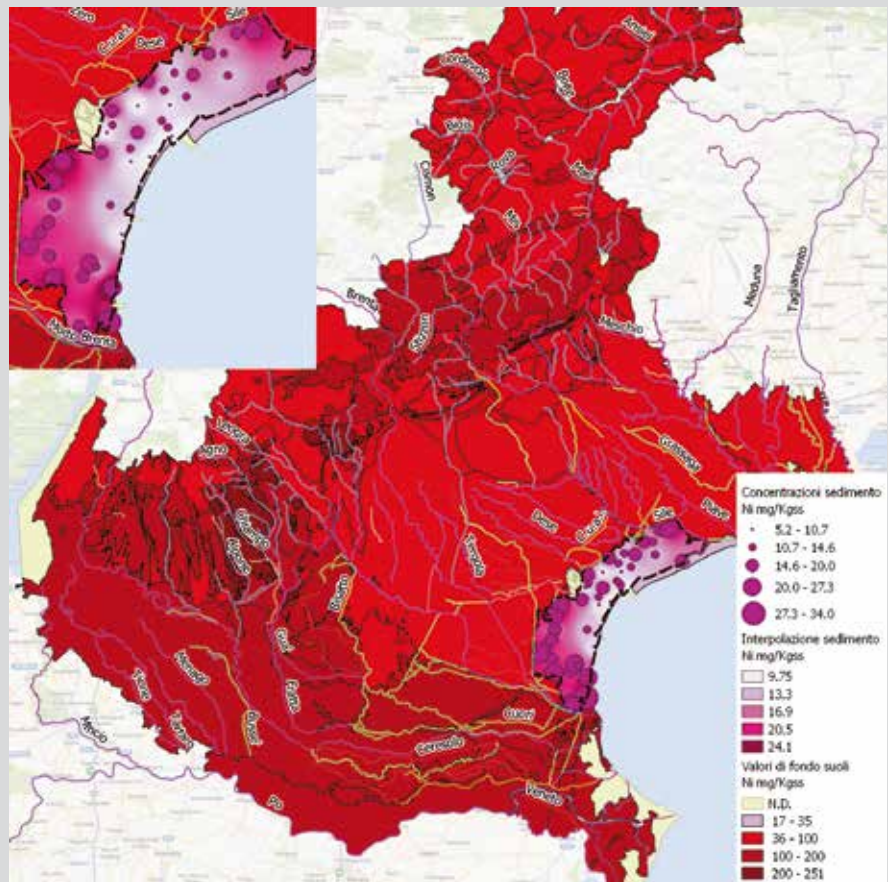
Kg s.s. indicato nel protocollo 1993 ha costituito occasioni di vincolo al libero riutilizzo dei sedimenti soprattutto negli ambienti "meno contaminati" della laguna nord.

La spazializzazione del bioaccumulo e delle contestuali concentrazioni presenti nei sedimenti, conferma, in analogia con numerosi studi effettuati in ambienti analoghi, la non correlabilità tra le concentrazioni sedimentarie ed il bioaccumulo.

La nuova normativa europea in materia di sostanze prioritarie ha indicato come standard di qualità per la colonna d'acqua l'obiettivo di non superamento del valore di 70 µg/l ancora superiore ai valori fin qui ricercati, consentendo una compatibilità ambientale certa.

NICHEL

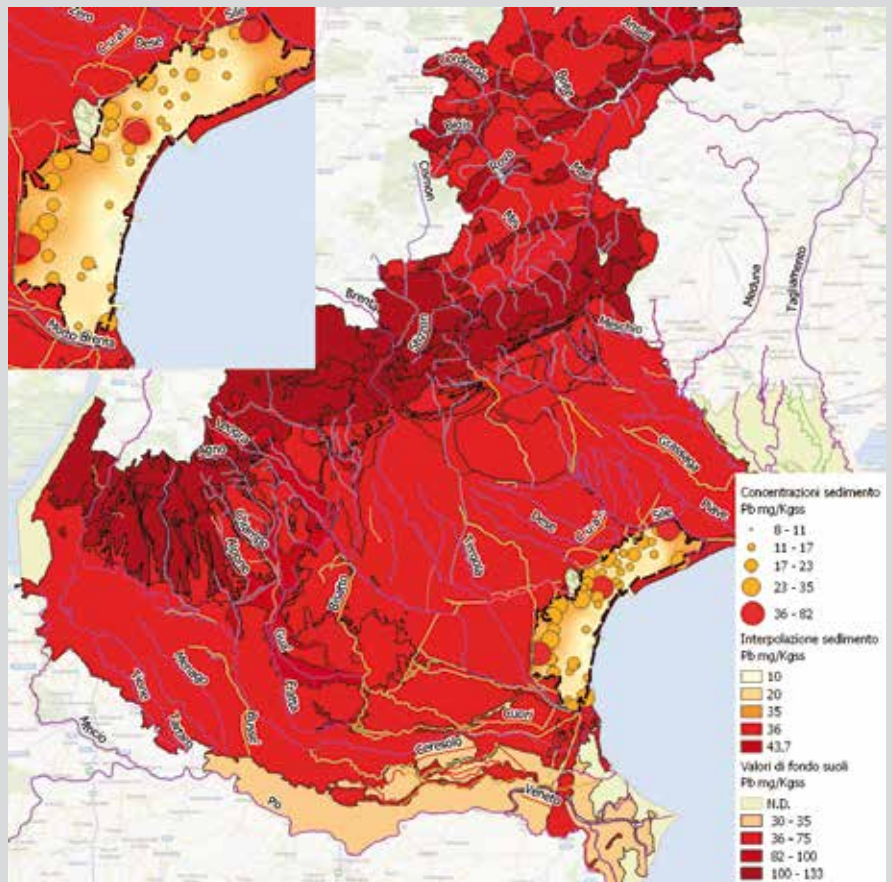
Confronto fra le concentrazioni di nichel (Ni) rilevate nei sedimenti della laguna di Venezia rispetto alle concentrazioni rilevate nei suoli del territorio della Regione del Veneto, incluso il bacino scolante



Il nichel rientra tra le sostanze prioritarie della direttiva europea in materia di tutela delle acque 2000/60/CE, ed è presente a basse concentrazioni nei sedimenti della laguna di Venezia. Il monitoraggio effettuato sulla colonna d'acqua non ha mai manifestato superamenti degli standard di qualità. Il valore individuato dal protocollo 1993 pari a 45 mg/Kg s.s. non ha costituito un vincolo alla movimentazione libera. Numerose stazioni poste in prossimità della gronda lagunare presentano concentrazioni prossime agli standard di qualità sedimentario indicato dal D.M. 367/2003. Il valore delle concentrazioni dei sedimenti sono correlabili ai valori derivanti da apporti dei suoli sovrastanti che presentano concentrazioni di nichel molto più elevati fino a 250 mg/Kg s.s.

PIOMBO

Confronto fra le concentrazioni di piombo (Pb) rilevate nei sedimenti della laguna di Venezia rispetto alle concentrazioni rilevate nei suoli del territorio della Regione del Veneto, incluso il bacino scolante



Il piombo rientra tra le sostanze pericolose prioritarie della direttiva europea in materia di tutela delle acque 2000/60/CE.

I sedimenti lagunari presentano anche concentrazioni superiori a 30 mg/Kg s.s. prevalentemente distribuite in prossimità della gronda lagunare, nettamente inferiori alle concentrazioni dei suoli sovrastanti.

Anche in questo caso l'effetto depositario intralagunare di sedimenti derivanti dal trasporto marino sembrano aver apportato una significativa diluizione delle concentrazioni.

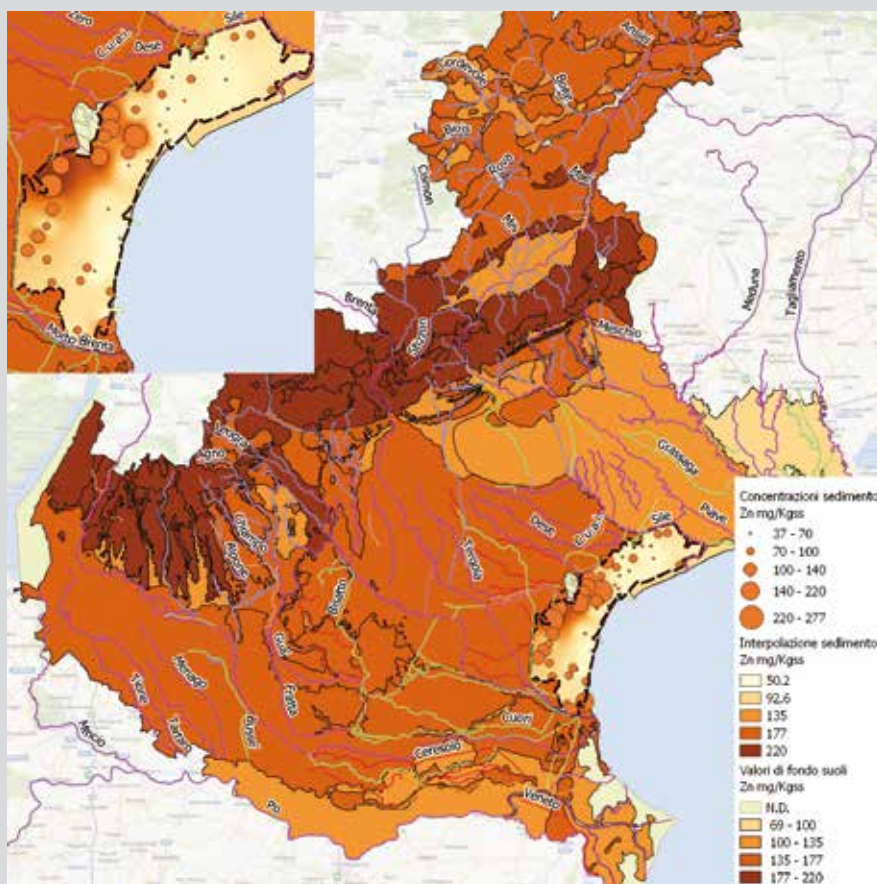
Il monitoraggio effettuato sulla colonna d'acqua non ha mai manifestato superamenti degli standard di qualità. Alcune stazioni poste in prossimità della gronda lagunare presentano concentrazioni prossime agli standard

di qualità sedimentario indicato dal D.M. 367/2003 pari a 30 mg/Kg s.s., che tuttavia non tiene conto finora dei valori di fondo.

Il valore individuato dal protocollo 1993 pari a 45 mg/Kg s.s. non ha costituito un vincolo alla movimentazione libera.

ZINCO

Confronto fra le concentrazioni di zinco (Zn) rilevate nei sedimenti della laguna di Venezia rispetto alle concentrazioni rilevate nei suoli del territorio della Regione del Veneto, incluso il bacino scolante



Lo zinco non rientra tra le sostanze pericolose prioritarie della direttiva europea in materia di tutela delle acque 2000/60/CE. Non è ricompreso negli standard previsti dal D.M. 367/2003. Lo zinco è un elemento essenziale sia per gli esseri animali che per i vegetali in quanto interviene nella struttura di parecchi enzimi. Le dosi raccomandate per l'uomo prevedono fino a 1500 mg/die. Le tossicità per gli organismi acquatici sono dipendenti dalle condizioni del contorno in quanto la presenza di elevati concentrazioni di zinco acquiscono gli effetti derivanti dalle anossie o l'accumulo di metalli pesanti tossici. Il protocollo 1993 stabilisce in 200 mg/kg s.s. il valore limite per la movimentazione libera, determinando vincoli impropri per una parte importante dei sedimenti lagunari presenti in

prossimità della gronda. Diversamente dai metalli precedentemente esaminati, la presenza di zinco lagunare non appare diluita dagli apporti sedimentari del mare. Sulla presenza dello zinco sono in corso approfondimenti derivanti dal monitoraggio del rilascio dagli anodi sacrificali delle imbarcazioni e delle paratoie del Mose.