



REMTECH EXPO

REMTECH

# **Criteri di integrazione ponderata per l'elaborazione dei dati chimici ambientali per la valutazione del rischio ecologico**

*Regoli F.<sup>1</sup>, Onorati F.<sup>2</sup>, Mugnai C.<sup>2</sup>, Pellegrini D.<sup>2</sup>, d'Errico G.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>UNIVPM - <sup>2</sup>ISPRA*

LA VALUTAZIONE DEL DATO ANALITICO NELLE PROCEDURE DI BONIFICA AMBIENTALE

*Coordinamento Federazione Nazionale dei Chimici e dei Fisici*

20 settembre 2019

*RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere*

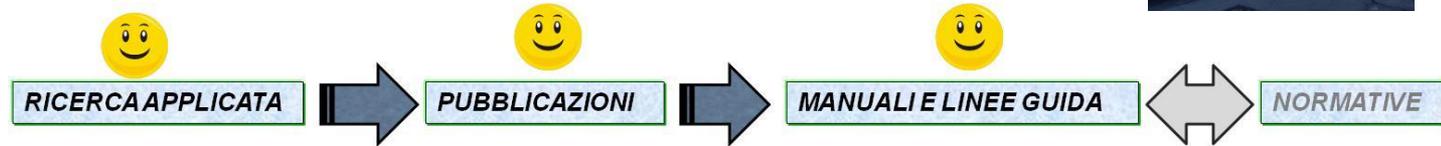
[www.remtechexpo.com](http://www.remtechexpo.com)



## Chi siamo? ...La sede ISPRA di Livorno (Sezione Rischio Ecologico)



### ➤ L'approccio:



### ➤ Il livello di azione :

- Scala Locale (ARPA e Enti locali)
- Scala Nazionale, in supporto a SNPA e MATTM (DM173/16-Osservatorio)
- Scala Internazionale: partecipazione a progetti comunitari (es. Marittimo) e Convenzione di Londra (IMO)

### ➤ Alcune tematiche prioritarie:

1. Applicazione e implementazione delle metodiche ecotossicologiche a partire dai saggi biologici (applicazione a contaminanti emergenti, organizzazione dei Convegni biennali, stesura di ulteriori protocolli metodologici, fornitura di materiale biologico in ambito SNPA e mondo privato, promozione di circuiti di interconfronto tra laboratori).
2. Criteri e indicazioni tecniche (manualistica dedicata) per effettuare i monitoraggi ambientali nei differenti campi applicativi della movimentazione dei fondali (dragaggi portuali e riutilizzi in ambito costiero dei sedimenti, capping, regime sedimentario costiero, ecc).
3. Economia circolare, il riutilizzo anche a terra dei sedimenti dragati - piattaforma regionale di sperimentazione di processi di trattamento.

Quali dati?  
Quale matrice?

SEDIMENTI  
MARINI



## 1 Introduction

1.1 Sediment is an essential component of fresh water, estuarine and marine ecosystems. Sediment processes play important roles in determining the structures and functions of aquatic systems. Therefore, management processes applied to sediment, in relation to human activities, should recognize that sediment is an important natural resource.

\* Revised Specific Guidelines for the assessment of dredged material.

† Refer to article 3.1 of the London Protocol.

WASTE ASSESSMENT GUIDELINES UNDER THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL

13

## Overarching considerations

1.4 Three overarching considerations should guide planning and permitting activities related to dredged material management, including disposal at sea, that are in keeping with the intent of the London Convention and Protocol to protect and preserve the marine environment:

- .1 Dredged sediment is a resource that should be used for beneficial purposes (as described in paragraphs 3.3 and 3.4), as an alternative to disposal in the ocean, when it is not contrary to the aims of the Convention and Protocol, and is environmentally, technically and economically feasible to do so.

**INQUADRAMENTO GIURIDICO: Il contesto Nazionale e l'analisi di rischio (riferita a terra e ai SIN)**

**Decreto  
legislativo 3 aprile  
2006 n. 152 -  
Codice  
dell'Ambiente  
e correttivi  
secondo D.lgs  
04/2008**

**Parte IV – Norme in materia di gestione rifiuti e di bonifica di siti inquinati**

**ART. 240 – Definizioni**

*b) Concentrazioni soglia di concentrazione (CSC): i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio specifica, come individuato nell'Allegato 5 alla parte IV del presente decreto.*

*c) concentrazioni soglia di rischio (CSR): i livelli di contaminazione delle matrici ambientali, da determinare caso per caso con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sito specifica secondo i principi illustrati nell'Allegato 1 alla parte quarta del presente decreto...*

*s) analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica: analisi sito specifica degli effetti sulla salute umana derivanti dall'esposizione prolungata all'azione delle sostanze presenti nelle matrici ambientali contaminate, condotta con i criteri indicati nell'Allegato 1 alla parte quarta del presente decreto;*

**Allegato 1 al Titolo V - Criteri generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica**

## **INQUADRAMENTO GIURIDICO: Il contesto Nazionale e l'analisi di rischio** (riferita ai sedimenti dragati nei SIN)

<b>Decreto Ministero Ambiente 7 novembre 2008</b>	Disciplina delle operazioni di <b>dragaggio nei siti di bonifica</b> di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006 n. 296 (Finanziaria)
---	---

### **Articolo 5 bis Legge 84/1994 modificato dalla Legge 98/2013**

#### **Disposizioni in materia di dragaggio**

**3.** [...]. Nel caso di permanenza in sito di concentrazioni residue degli inquinanti eccedenti i predetti **valori limite**, devono essere adottate misure di sicurezza che garantiscono comunque la tutela della salute e dell'ambiente.

L'accettabilità delle concentrazioni residue degli inquinanti eccedenti i valori limite deve essere accertata attraverso una metodologia **di analisi di rischio** con procedura diretta riconosciuta a livello internazionale, che assicuri per la parte di interesse il soddisfacimento dei "**Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio sanitaria ai siti contaminati**" elaborati dall'ISPRA, dall'Istituto Superiore di Sanità e dalle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente. I principali criteri di riferimento per la conduzione dell'analisi di rischio sono riportati nell'allegato "B" del DM 7 novembre 2008 [...].

***In estrema sintesi.....***

## **QUADRO NORMATIVO su ANALISI DI RISCHIO**

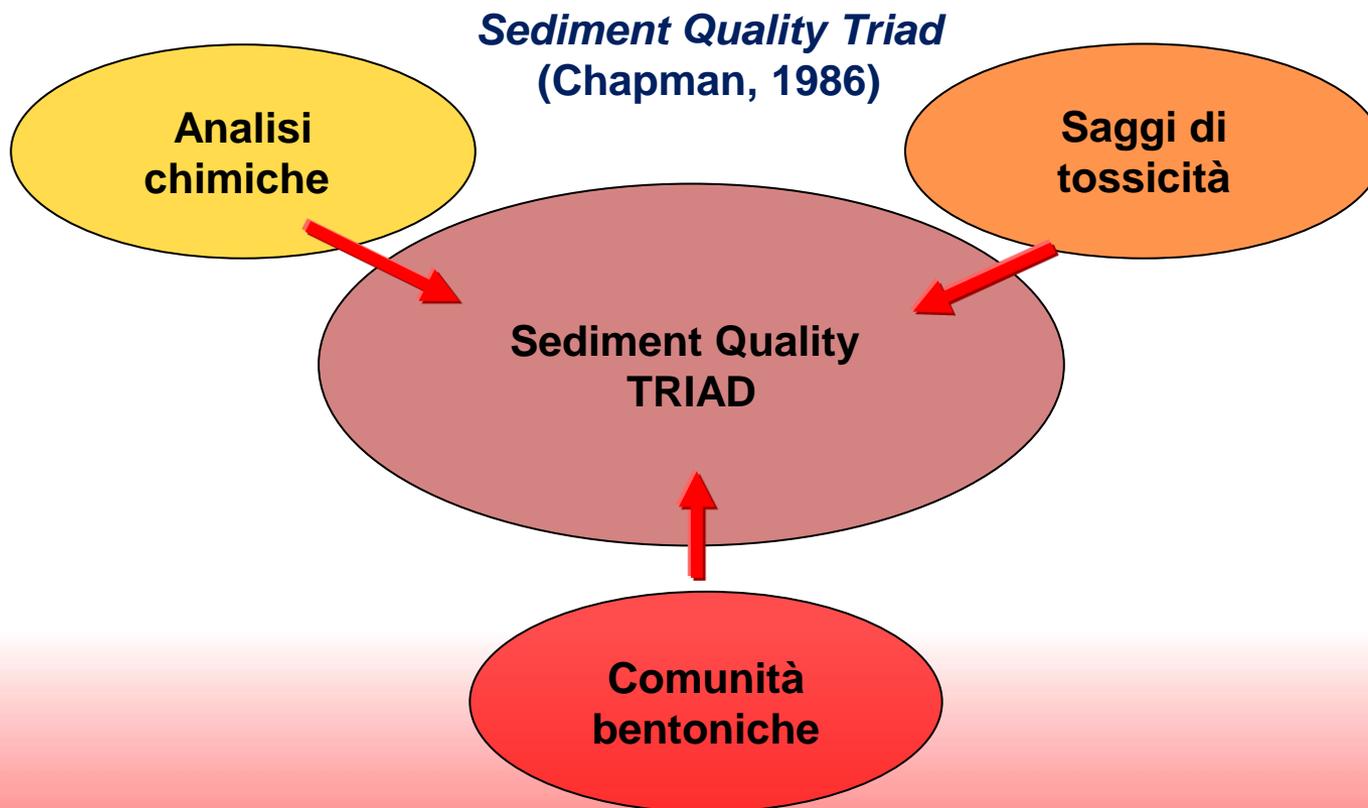
***Si richiama il concetto di analisi di rischio ambientale, a supporto, ma intendendo di fatto, quella di tipo sanitario , senza fare tuttavia riferimento all'analisi di rischio ecologico; non si contemplano i sedimenti marini e non vengono forniti criteri concettuali o metodologici su come condurre tali analisi.***

***Le normative o linee guida nazionali non prevedono riferimenti all'analisi di rischio ecologico ed il quadro normativo è frammentario anche per l'applicazione delle indagini biologiche e tossicologiche che, sebbene contemplate in alcuni riferimenti o linee guida, non sono tuttavia inquadrare in un approccio multidisciplinare integrato o rivolto all'analisi di rischio ecologico.***

***Tale mancanza è evidente anche a livello europeo dove, nonostante l'introduzione del concetto di "stato ecologico" dei corpi idrici, sono previsti i possibili criteri o elementi da considerare per la sua caratterizzazione, ma senza che si faccia mai riferimento all'analisi di rischio ecologico.***

Per una valutazione del rischio ecologico.....

siamo partiti con un approccio che prendesse in considerazione diverse  
linee di evidenza ..... 3 diverse LOE



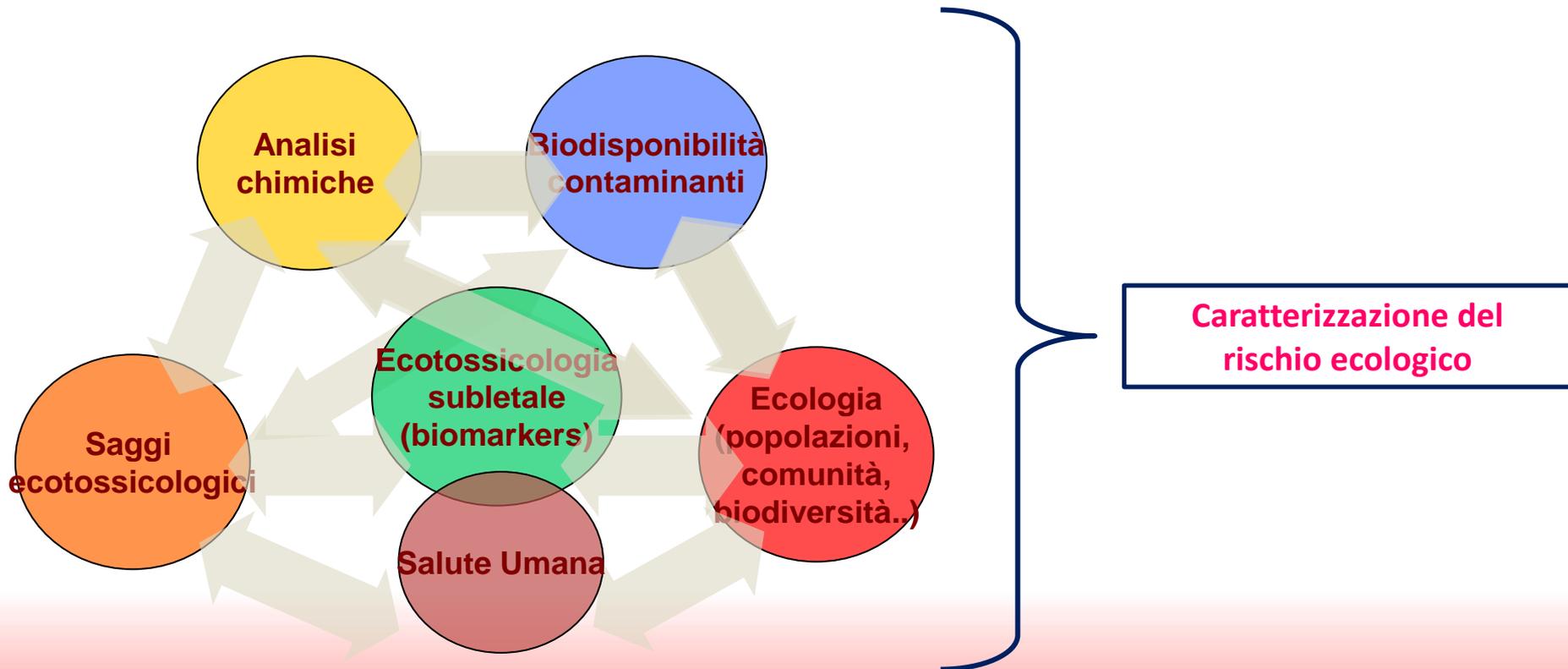
**....si effettuava un confronto tra linee di evidenza solo a livello qualitativo....**

**Table 1:** Triad integration diagram: The + symbol denotes significant deviation from the reference values; the - symbol denotes no significant deviation from the reference values.

Hypothetical results	Chemical analysis	Ecotoxicological studies	Ecological studies	Conclusions
1	+	+	+	Evident loss of environmental quality caused by contamination.
2	-	-	-	Evident lack of environmental contamination.
3	+	-	-	Presence of non-bioavailable contaminants.
4	-	+	-	Presence of conditions or contaminants that have not been analysed that could cause potential loss of environmental quality.
5	-	-	+	Ecological alteration not caused by the toxicity of pollutants.
6	+	+	-	The toxicity of the pollutants is the cause of environmental stress.
7	-	+	+	Loss of environmental quality caused by contaminants that have not been analysed.
8	+	-	+	Contaminants are not bioavailable or the ecological alterations are not due to the toxicity of pollutants.

## Oggi si considerano approcci multidisciplinari WOE (**Weight of Evidence**):

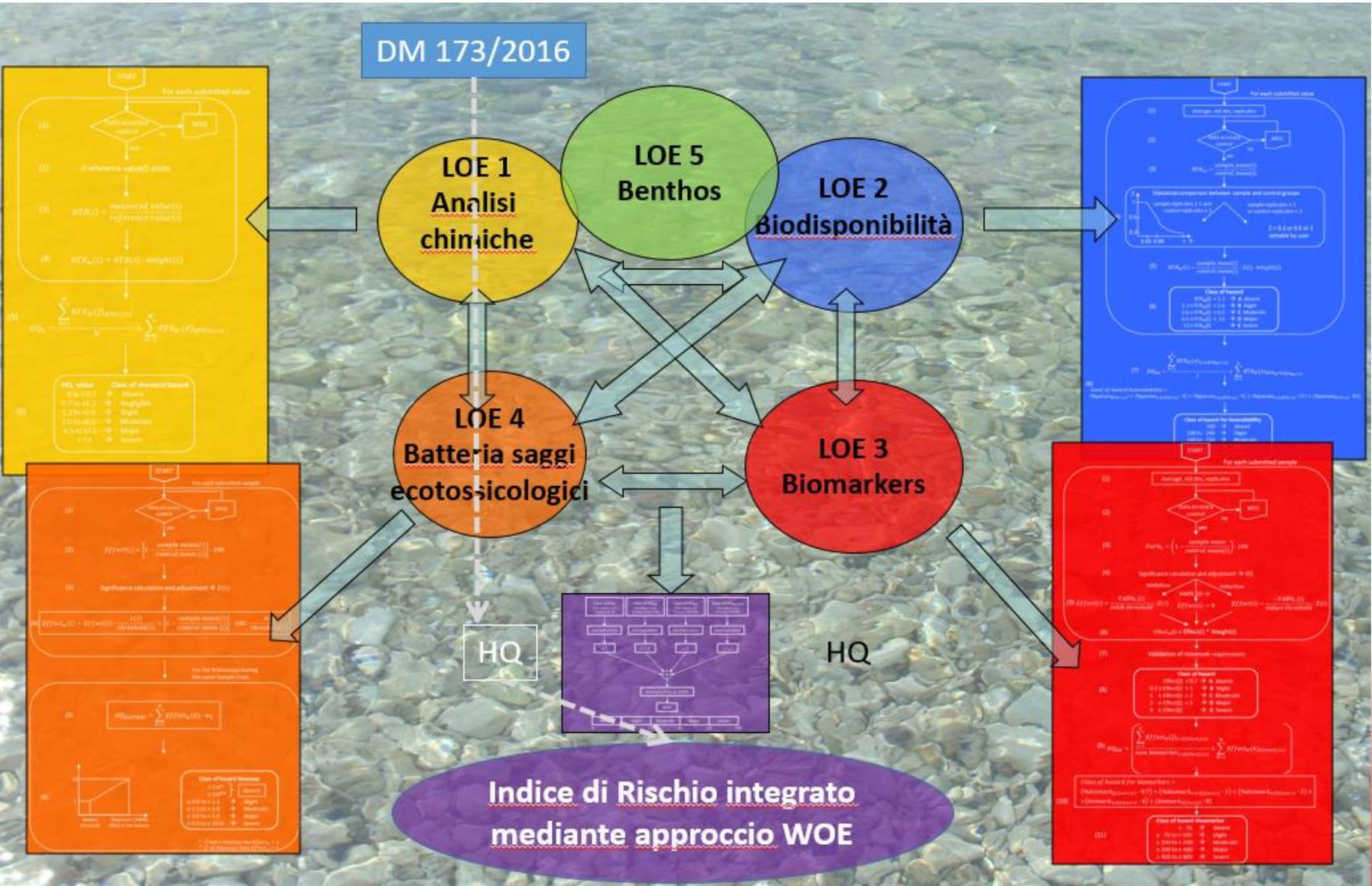
dando un peso alle diverse linee di evidenza e (vedremo)  
ai singoli fattori all'interno di ciascuna linea di evidenza



...per cui si parla di approccio «pesato» ed «integrato»

# Modello quantitativo di analisi di rischio (ecologico) per sedimenti marini – **Sediqualssoft (software registrato)**

DM 173/2016



# Iniziamo il percorso quantitativo.....LOE: Analisi chimiche



Misura delle concentrazioni nei sedimenti di alcune sostanze “naturali” e di sintesi da confrontare con eventuali normative (livelli di riferimento...concentrazioni tabellari) o altri riferimenti (sost. prioritarie e pericolose prioritarie)



## Principali categorie di sostanze ricercate:

- Metalli ed elementi in tracce;
- Idrocarburi alifatici (C>12);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
- Policlorobifenili (PCB);
- Pesticidi organoclorurati;
- Composti organostannici;
- Diossine e furani;
- BTEX (raramente)



## Contaminanti emergenti:

- prodotti cosmetici;
- farmaci;
- nanomateriali (es.  $\text{TiO}_2$ .)

# *Importanza dell'integrazione tra analisi chimiche e biologiche nella caratterizzazione della qualità dei sedimenti...differenti LOE*

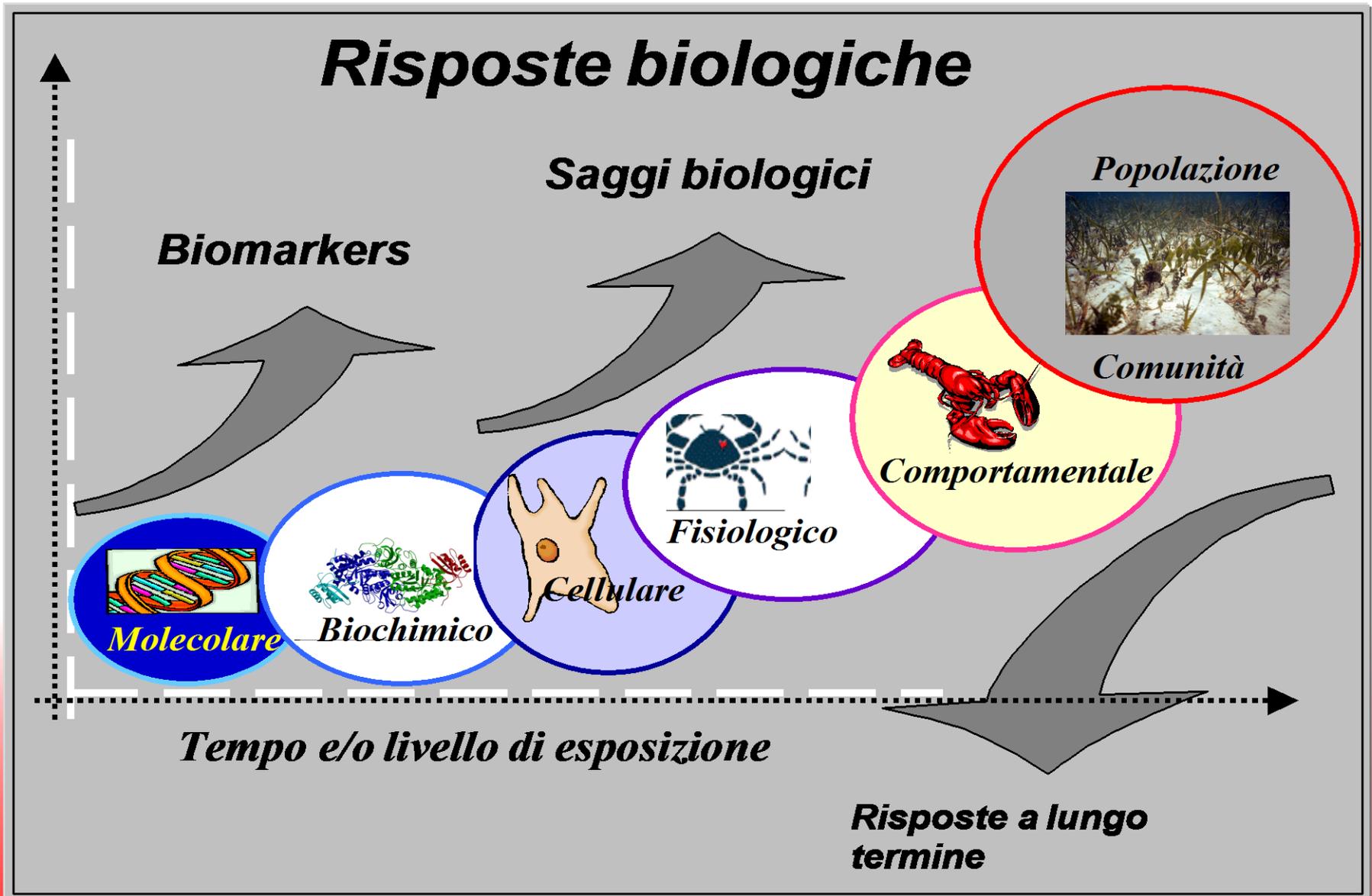
**Le analisi chimiche non necessariamente riflettono il pericolo di un sedimento perché non indicano biodisponibilità e tossicità delle sostanze misurate**

Alti livelli chimici nei sedimenti potrebbero non rappresentare un rischio se in forme non trasferibili al biota



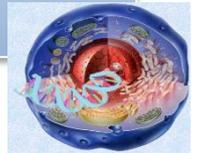
Bassi livelli chimici nei sedimenti potrebbero rappresentare un rischio a causa di effetti sinergici tra composti diversi, o di sostanze non misurate

Maggiore peso meritano le risposte biologiche  
(non solo i saggi....)



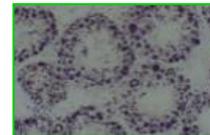
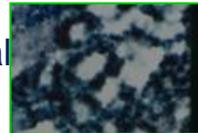
## Biomarkers (marcatori biologici)

Prova di laboratorio (o in situ) in cui individui di una determinata popolazione animale o vegetale sono esposti in condizioni standardizzate a campioni di sedimento o a matrici da esso derivate (acqua interstiziale, elutriato, ecc.) per misurare al termine del periodo espositivo alterazioni precoci di alcune funzionalità biologiche



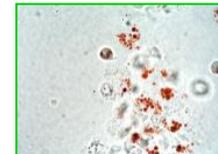
### Biomarker di esposizione-detossificazione

Es. metallotioneine, proliferazione perossisomiale  
Citocromo P450 e metaboliti della bile



### Biomarker da stress ossidativi

Enzimi antiossidanti, capacità antiossidante totale

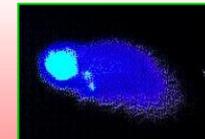


### Biomarker del danno cellulare

Stabilità lisosomiale; lipofuscina e lipidi neutri;  
perossidazione lipidica

### Biomarker di genotossicità

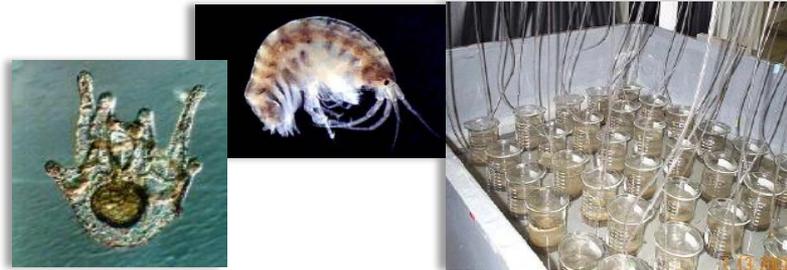
Integrità del DNA, Micronuclei, alterazioni nucleari



## Saggi biologici (o ecotossicologici)

Prova di laboratorio (o in situ) in cui individui di una determinata popolazione animale o vegetale sono esposti in condizioni standardizzate a campioni di sedimento o a matrici da esso derivate (acqua interstiziale, elutriato, ecc.) per misurare al termine del periodo espositivo danni biologici macroscopici (letali o subletali)

Misurano alterazioni macroscopiche a livello di individuo/popolazione: accrescimento, riproduzione, sviluppo, mortalità, ecc...



Sono organizzati in “batterie” di almeno 3 organismi

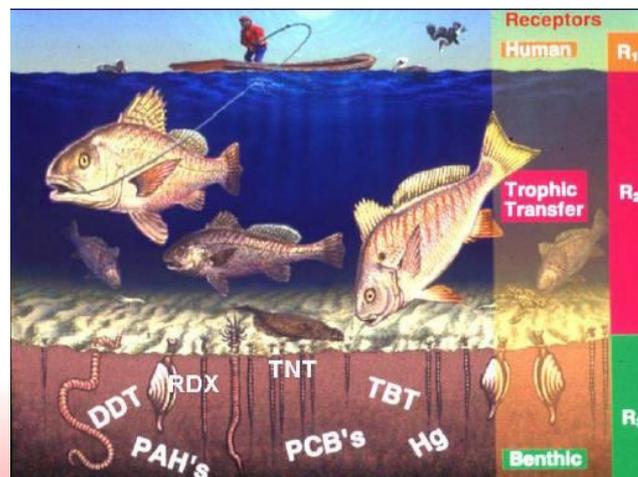
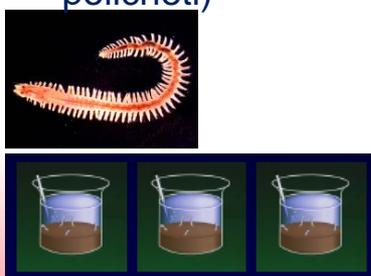


## Bioaccumulo (valutazione della biodisponibilità)

Prova di laboratorio (o in situ) in cui individui di una determinata popolazione animale o vegetale sono esposti in condizioni standardizzate a campioni di sedimento o a matrici da esso derivate (acqua interstiziale, elutriato, ecc.) per misurare al termine del periodo espositivo la concentrazione tissutale dei contaminanti rispetto ad un tempo iniziale (es. nelle popolazioni trapiantate)

### TEST DI BIOACCUMULO

Trasferimento di contaminanti dall'ambiente alla rete trofica e biomagnificazione (es.: mussel watch, pesci, policheti)



ISPRA  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



REGIONE  
TOSCANA



Région  
Provence  
Alpes  
Côte d'Azur



REGIONE LIGURIA



COLLETTIVITÀ DI CORSICA  
COLLECTIVITÉ DE CORSE

La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La coopération au cœur de la Méditerranée

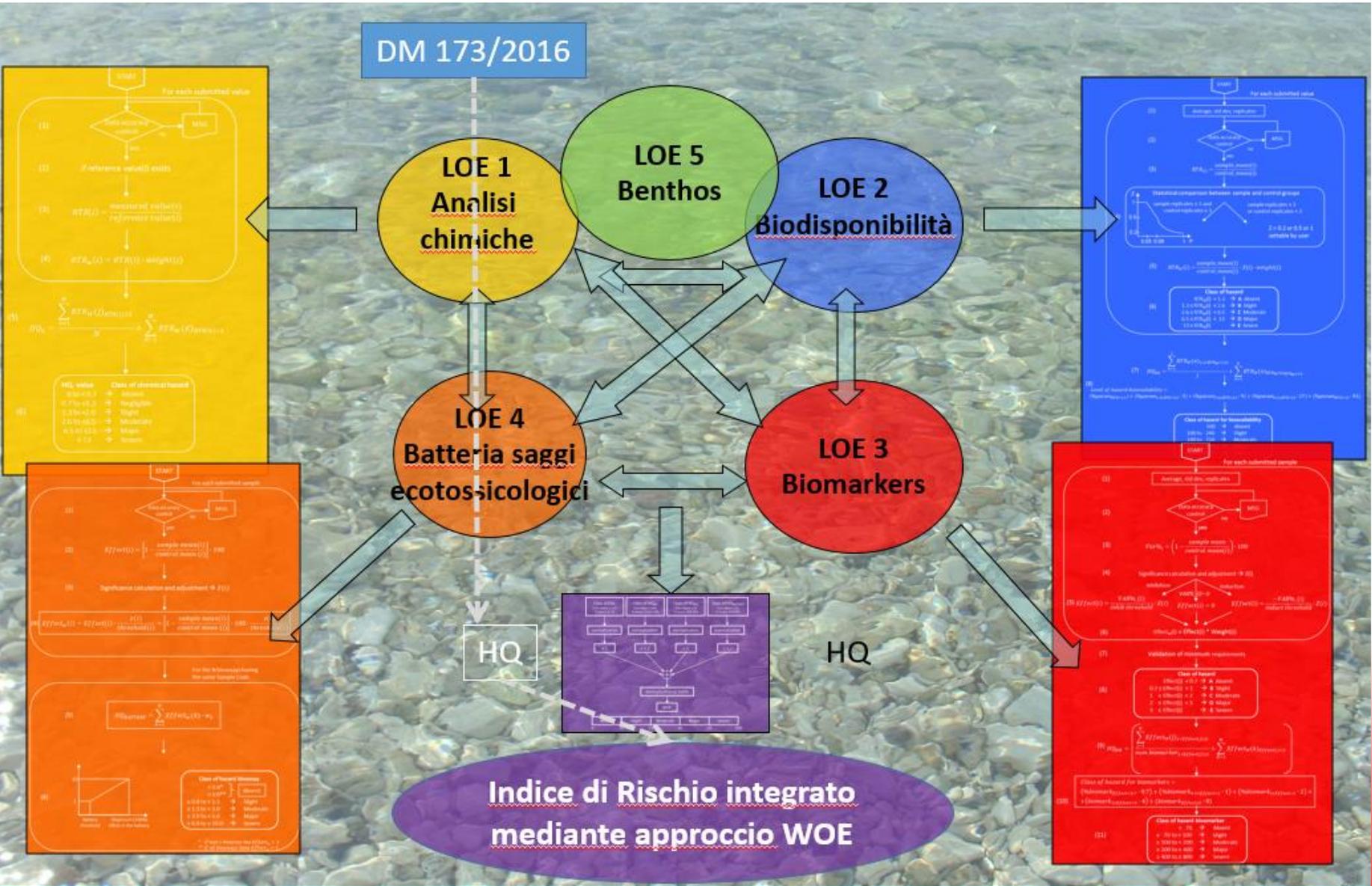


## **Aspetti critici nella valutazione del rischio ecologico e soprattutto per una sua quantificazione (correttezza del dato)**

- Interpretazione e significato da dare a data-sets complessi di risultati eterogenei
- Valutazioni quantitative: indici e sviluppo di scale
- Integrazione di diverse tipologie di dati
- Caratterizzazione e comunicazione sintetica del rischio

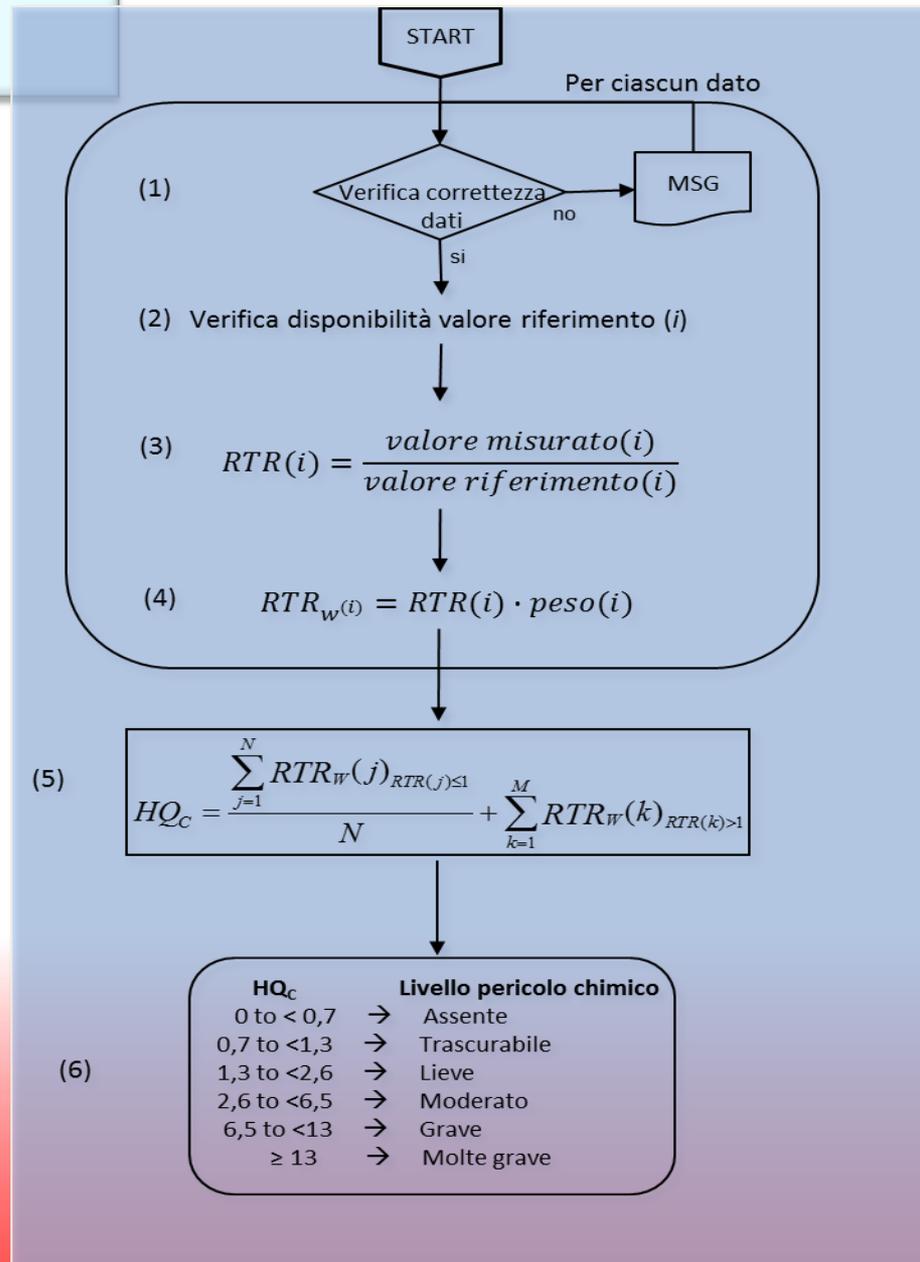
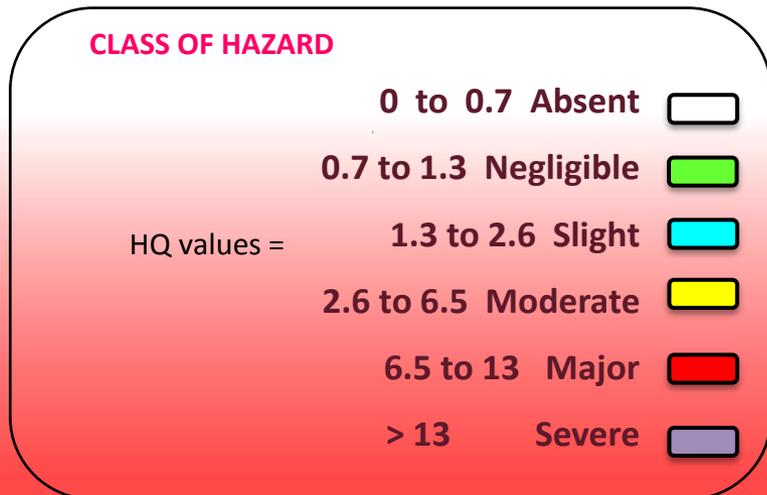
# Modello quantitativo di analisi di rischio ecologico per sedimenti marini

DM 173/2016



# LOE 1: Modulo analisi chimiche

1. Verifica correttezza dati (formato)
2. Verifica disponibilità del valore di riferimento
3. Rapporto con il riferimento legislativo (RTR);
4. Correzione (diverso peso) in funzione della tipologia di contaminante (sost. prioritarie o pericolose prioritarie)...per tutte le sostanze desiderate;
- 5a. Calcolo media RTR < 1 (non superamento);
- 5b. Calcolo sommatoria degli RTR > 1 (superamento);
- 5c. Calcolo dell'Hazard Quotient (HQ) come somma di 5a e 5b (quoziente di pericolo chimico)
6. Collocazione dell'HQ in una delle classi di pericolo.



## LOE 1: Modulo analisi chimiche

### Appendice 2 - Livelli chimici di riferimento nazionali L1 e L2 (previsti nell'allegato tecnico al DM 173/16)

(1) riferito al solo TBT

(2) riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT;

(3) come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180;

(4) come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;

(5) come sommatoria dei 16 IPA di maggior rilevanza ambientale indicati dall'USEPA (Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;

(6) L'Elenco dei congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e l'elenco congeneri PCB Diossina simili (WHO, 2005) e quello riportato alle note della tabella 3/A di cui al D.Lgs.172/2015.

(7) Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso;

\* relativa alla sommatoria di PCDD e PCDF

PARAMETRO	L1	L2
Elementi in tracce		
	[mg kg <sup>-1</sup> ] p.s.	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,80
Cromo	50	150
Cr VI	2	2
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,80
Nichel	30	75
Piombo	30	70
Zinco	100	150
Contaminanti organici		
	[µg kg <sup>-1</sup> ] p.s.	
Composti organostannici	5 <sup>(1)</sup>	72 <sup>(2)</sup>
Σ PCB <sup>(3)</sup>	8	60
Σ DDD <sup>(4)</sup>	0,8	7,8
Σ DDE <sup>(4)</sup>	1,8	3,7
Σ DDT <sup>(4)</sup>	1,0	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 <sup>7</sup>
Dieldrin	0,7	4,3
Endrin	2,7	10
a-HCH	0,2	10 <sup>7</sup>
b-HCH	0,2	10 <sup>7</sup>
γ-HCH (Lindano)	0,2	1,0
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 <sup>7</sup>
Idrocarburi C>12	Non disponibile	50000
Σ IPA(16) <sup>(5)</sup>	900	4000
Antracene	24	245
Benzo[a]antracene	75	500
Benzo[a]pirene	30	100
Benzo[b]fluorantene	40	500 <sup>7</sup>
Benzo[k]fluorantene	20	500 <sup>7</sup>
Benzo[g,h,i]perilene	55	100 <sup>7</sup>
Crisene	108	846
Indenopirene	70	100 <sup>7</sup>
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391
Pirene	153	1398
S.T.E. PCDD,PCDF <sup>(6)</sup> (Diossine e Furani) e PCB diossina simili	2 x 10 <sup>-3</sup>	1 X 10 <sup>-2*</sup>

## LOE 1: Modulo analisi chimiche

SOSTANZE CHIMICHE	Peso	Numero CAS	SOSTANZE CHIMICHE	Peso	Numero CAS
As	1	7784-42-1	PCB-81	1.3	70362-50-4
Cd	1.3	7440-43-9	PCB-101	1	37680-73-2
Cr totale	1	7440-47-3	PCB-118	1.3	31508-00-6
Cu	1	7440-50-8	PCB-126	1.3	57465-28-8
Hg	1.3	7439-97-6	PCB-128	1	38380-07-3
Ni	1.1	7440-02-0	PCB-138	1	35065-28-2
Pb	1.1	7439-92-1	PCB-153	1	35065-27-1
Zn	1	9029-97-4	PCB-156	1.3	38380-08-4
Acenaftene	1	83-32-9	PCB-169	1.3	32774-16-6
Antracene	1.3	120-12-7	PCB-180	1	35065-29-3
Benzo(a)antracene	1	56-55-3	∑PCB	1.3	n.a.
Benzo(a)pirene	1.3	50-32-8	Aldrin	1.3	309-00-2
Benzo(b)fluorantene	1.3	205-99-2	α-Esaclorocicloesano	1.3	319-84-6
Benzo(k)fluorantene	1.3	207-08-9	β-Esaclorocicloesano	1.3	319-85-7
Benzo(g,h,i)perilene	1.3	191-24-2	γ-Esaclorocicloesano	1.3	581-89-9
Crisene	1	218-01-9	Esaclorocicloesano totale	1.3	n.a.
Dibenzo(a,h)antracene	1	53-70-3	Clordano	1.3	57-74-9
Fenantrene	1	85-01-8	∑DDD	1.3	72-54-8 + 53-19-0
Fluorene	1	86-73-7	∑DDE	1.3	82413-20-5 + 72-55-9
Fluorantene	1.1	206-44-0	∑DDT	1.3	50-29-3 + 789-02-6
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	1.3	193-39-5	∑DDD_DDE_DDT	1.3	n.a.
Naftalene	1.1	91-20-3	Dieldrin	1.3	60-57-1
Pirene	1	129-00-0	Endrin	1.3	72-20-8
∑IPA	1.3	n.a.	Eptacloro epossido	1.3	1024-57-3
PCB-28	1	7012-37-5	∑ composti organostannici (Sn)	1.3	n.a.
PCB-52	1	35693-99-3	Esaclorobenzene (HCB)	1.3	118-74-1
PCB-77	1.3	32598-13-3	∑ PCDD,PCDF (TE-I)	1.3	n.a.
			∑ PCDD,PCDF, dioss.-simile PCB (TE-I)	1.3	n.a.

### Appendice 2 – Pesi delle sostanze chimiche

# Es.: caratterizzazione chimica dei sedimenti - LOE1

As	Ba	Be	Cd	Co	Cr total	Cr VI	Cu	Fe	Hg	MM-Hg	Ni	Pb	Sb	Se
24		3	0,1	1	0,2	0,11	2	1	0,1	0,012	25	20		
11	90	90	20	0,1	0,1	0,088	0,1	0,1	0,5	0,08	12	22	0,9	
	2	2	5	5	3	0,98	1	8	1	0,25	14,52	11,41	0,587	
10	1	4		17	1	0,5	11	52	2	0,71				

Area name: Fosso Conocchio

Latitude:

Longitude:

Site code: Sponda Nord

Core code: H1

Core level: 30

Sample code:

Sampling date: 02/02/2008

Note:



Process and save

Clean record

Import from Excel

159 analiti che includono metalli, idrocarburi alifatici, IPA, PCB, pesticidi, organo-stannici, diossine e composti diossino-simili, solventi aromatici, alogenati, nitro-aromatici, fenoli, ammine aromatiche, ritardanti di fiamma...

	LCB > 10	LCB < 10	LCL	ERL	ERM	TEL
Chemical HQ	76,05855	133,4686	32,78961	21,85093	2,801946	44,75826
Max % contr to HQ	97,85933	97,56097	100		100	85,43316

Chemical HQ

Max % contr to HQ

N° exceeding param.

N° param with refer.

N° analysed param.

Class of 'chemical' risk

## LIVELLI DI RIFERIMENTO, SEDIMENT QUALITY GUIDELINES

- LCB (Livello Chimico Base) (APAT-ICRAM, 2007)
- LCL (Limit Chemical Level) (APAT-ICRAM, 2007)
- ERL (Effect Range Low) (Long et al., 1995)
- ERM (Effect Range Median) (Long et al., 1995)
- TEL (Threshold Effect Level) (Mac Donald, 1994, Long et al. (1995)
- PEL (Probable Effect Level) (Mac Donald, 1994, Long et al. (1995)
- DM 260/10, Colonne A e B (Allegato 5, parte IV, Titolo V, D. Lgvo 152/2006)
- L1 e L2 (DM 173/16)

FACILE DA AGGIORNARE O IMPLEMENTARE CON VALORI LOCALI

Col B (Dl.g.vo\_152/06)

Chemical HQ

Max % contr to HQ

N° exceeding param.

N° param with refer.

# Output del Modulo 1 su tutti i dati chimici

## Chemical characterization

Latitude: 43°48'07.723"  
Longitude: 14°01'23.862"  
Area\_code: Mare Adriatico Centrale  
Site\_code: Sealine-CLARANW-CALIPSO  
Sampling\_date: 21/08/2011  
Sampling\_code: Sealine-CLARANW-CALIPSO-eni-1  
Core\_code:  
Core\_level:  
Sample\_code: AM572\_CCNW\_01

Note: Profondità: 76 m

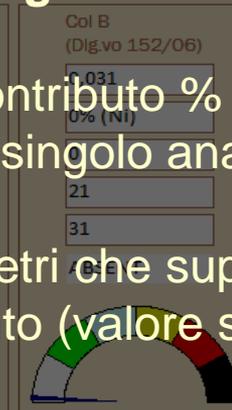
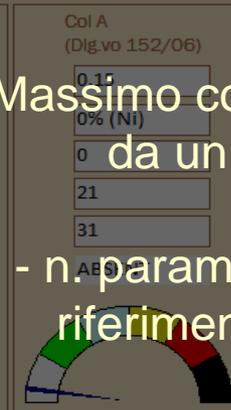
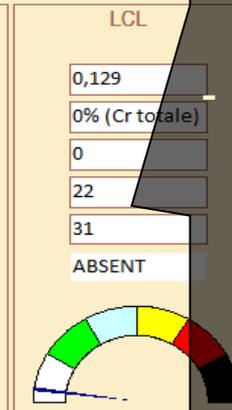
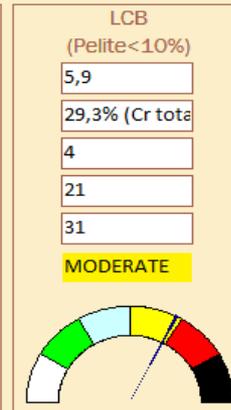
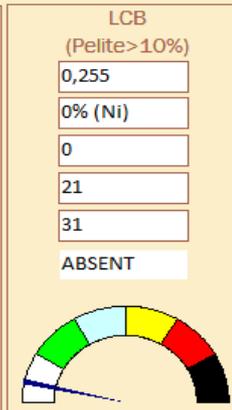
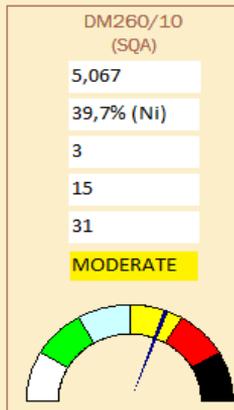
Unit measures to be used:

- Grain size: %
- Heavy metals and trace elements: mg/Kg (d.wt.)
- Organic compounds: mg/Kg (d.wt.)
- Radionuclides: Bq/g (d.wt.)

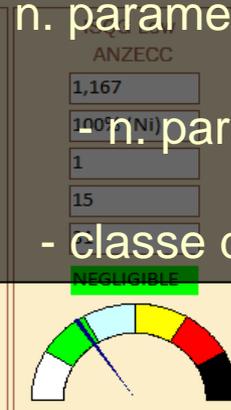
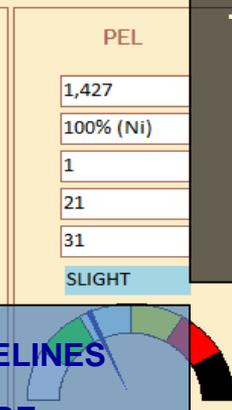
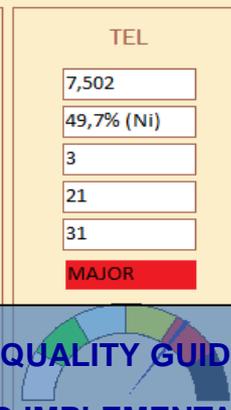
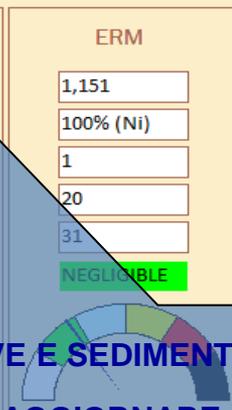
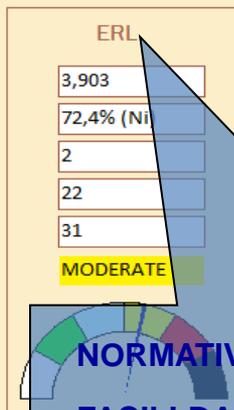
Process and save

Import from Excel

Chemical HQ  
Max % contr to HQ  
N° exceeding param.  
N° param with refer.  
N° analysed param.  
Class of 'chemical' hazard



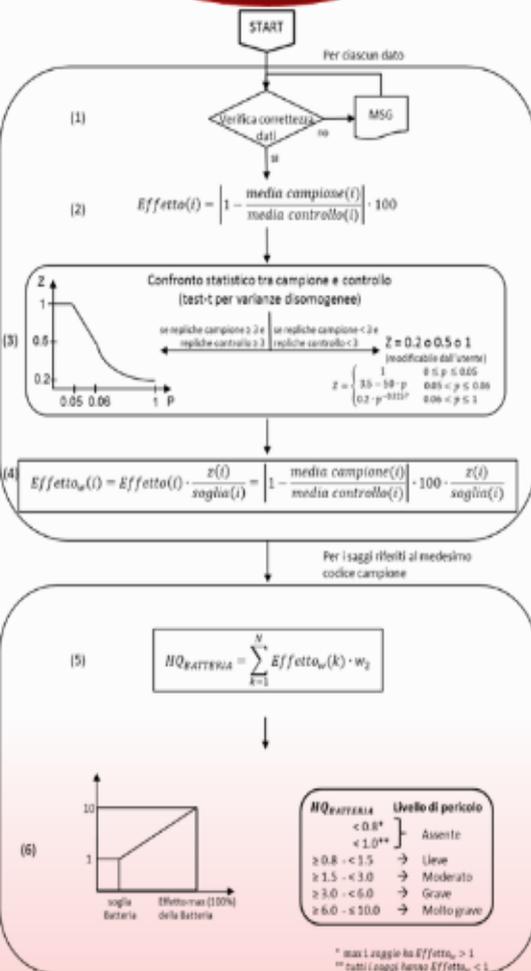
Chemical HQ  
Max % contr to HQ  
N° exceeding param.  
N° param with refer.  
N° analysed param.  
Class of 'chemical' hazard



NORMATIVE E SEDIMENT QUALITY GUIDELINES  
FACILI DA AGGIORNARE O IMPLEMENTARE

- valore HQ complessivo relativo ad un singolo campione
- Massimo contributo % dato a H da un singolo analita
- n. parametri che superano il riferimento (valore soglia)
- n. parametri con un riferimento
- n. parametri analizzati
- classe di pericolo chimico

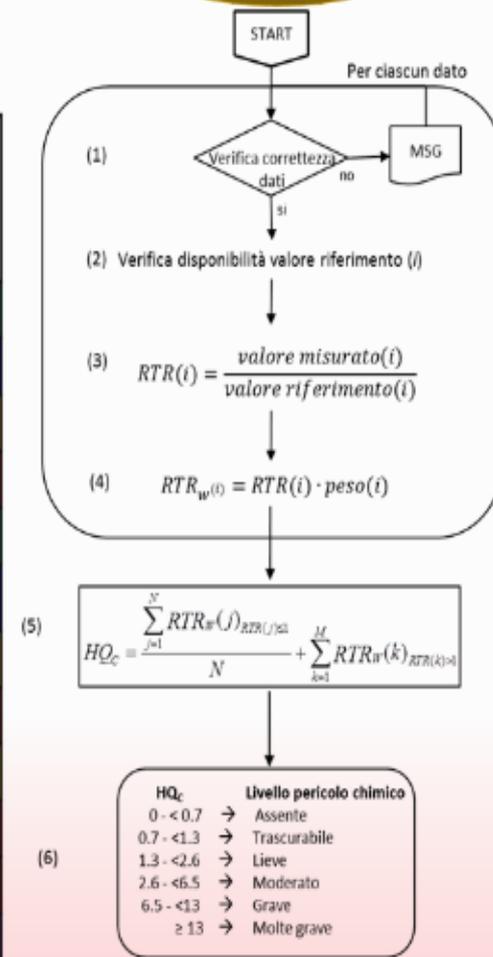
## Caratterizzazione ecotossicologica



## Valutazione integrata della classe di qualità dei sedimenti

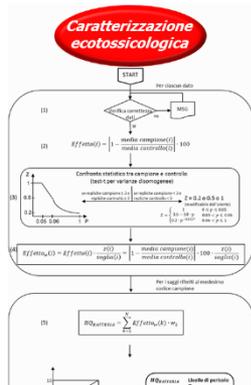
Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria ( $HQ_{BATTERIA}$ )	Classificazione chimica	CLASSE DI QUALITÀ DEL MATERIALE
Assente	$HQ_C (L2) \leq$ Trascurabile	A
	Basso $\leq HQ_C (L2) \leq$ Medio	B
	$HQ_C (L2) =$ Alto	C
Basso	$HQ_C (L2) >$ Alto	D
	$HQ_C (L1) \leq$ Basso	A
	$HQ_C (L1) \geq$ Medio e $HQ_C (L2) \leq$ Basso	B
Medio	Medio $\leq HQ_C (L2) \leq$ Alto	C
	$HQ_C (L2) >$ Alto	D
	$HQ_C (L2) \leq$ Basso	C
$\geq$ Alto	$HQ_C (L2) \geq$ Medio	D
	$HQ_C (L2) \leq$ Basso	D
	$HQ_C (L2) \geq$ Medio	E

## Caratterizzazione chimica



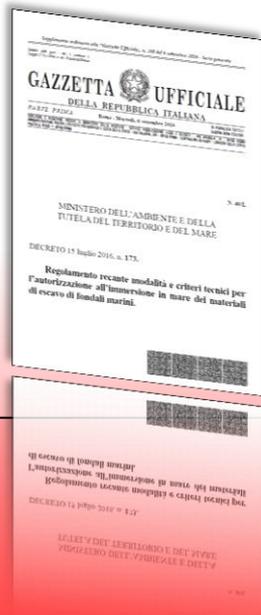
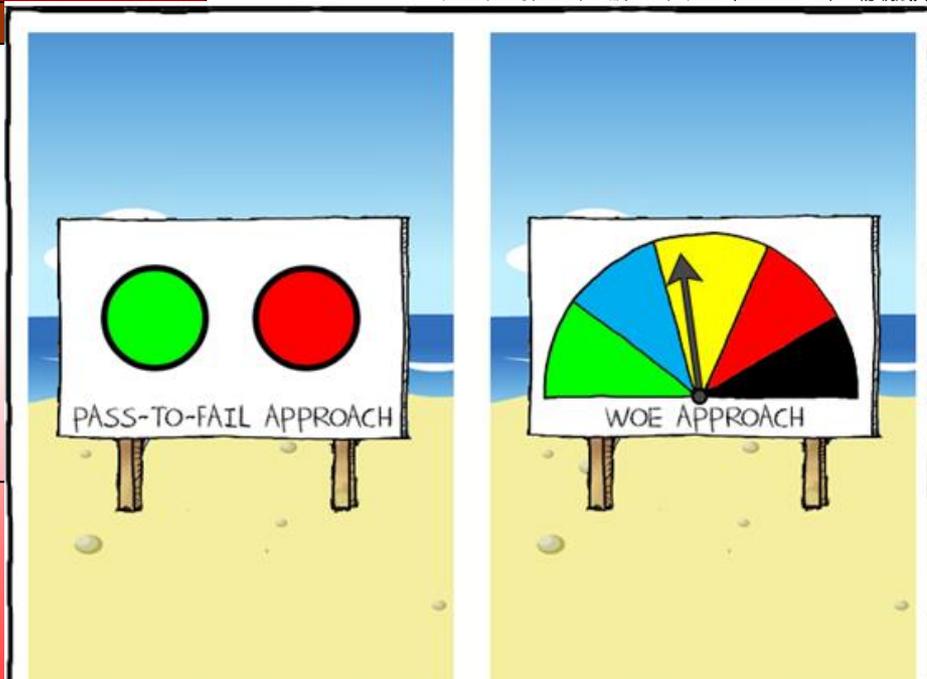
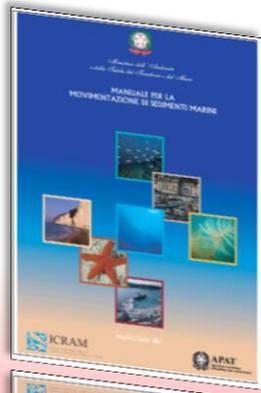
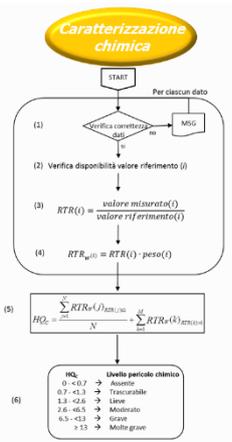
# La migliore e più sicura discriminazione delle differenze tra i campioni (tramite un indice di pericolo), permette maggiori opportunità gestionali garantendo al contempo una tutela ambientale più realistica...

Classificazione chimica	Classificazione ecotossicologica		CLASSE QUALITA'
	Colonna	Tossicità elu/elu	
≤ LCB	A	n.c.	A1
	A	n.c.	A2
	B	n.c.	B1
	C	assente	B2
	C	≥ Colonna C	C1
	D	assente	C1
compresa tra LCB e LCL	D	= Colonna D	C1
	A	n.c.	A2
	B	assente	B1
	D	= Colonna B	B2
≥ LCL	C	n.c.	C1
	D	assente	B2
	A o B	n.c.	B2
	C	= Colonna C	C1



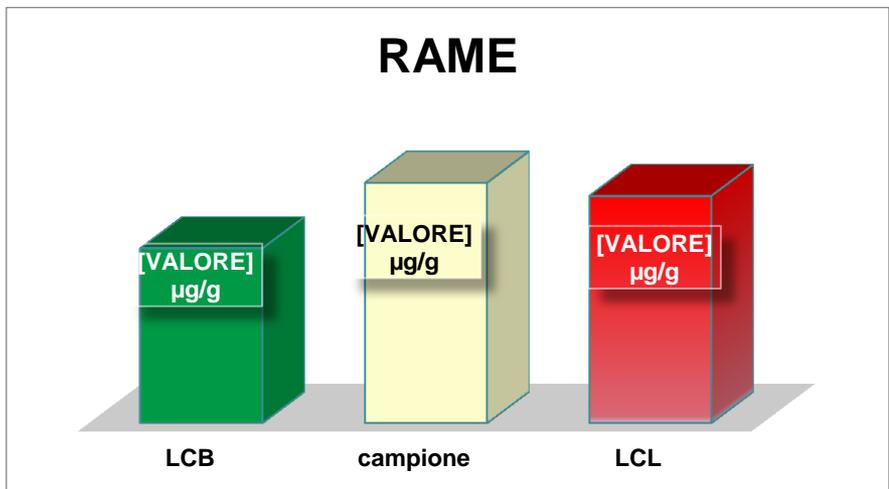
**Valutazione integrata della classe di qualità dei sedimenti**

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQ <sub>totale</sub> )	Classificazione chimica	CLASSE DI QUALITÀ DEL MATERIALE
Assente	HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Trascurabile	A
	Basso ≤ HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Medio	B
	HQ <sub>c</sub> (L2) = Alto	D
Basso	HQ <sub>c</sub> (L1) ≤ Basso	A
	HQ <sub>c</sub> (L1) ≥ Medio e HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Basso	B
	Medio ≤ HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Alto	C
	HQ <sub>c</sub> (L2) > Alto	D
Medio	HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Basso	C
	HQ <sub>c</sub> (L2) > Basso	E



Di tutta la caratterizzazione chimica (oltre 60 analiti determinati) un solo parametro è leggermente superiore a LCL

Dalla caratterizzazione ecotossicologica nessun saggio risulta tossico



<i>Vibrio fischeri</i>	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	<i>Paracentrotus lividus</i>
A	A	A

**Caratterizzazione chimica**

**Caratterizzazione ecotossicologica**

**CLASSE DI QUALITA'**  
**Approccio tabellare**  
**Manuale ICRAM-APAT, 2017**

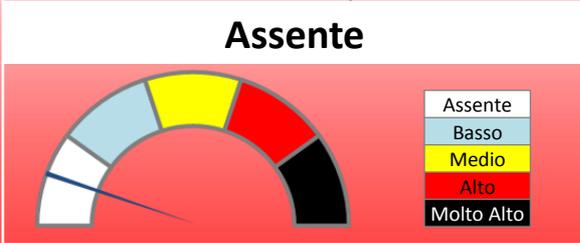
**> LCL (Cu)**

A

**B2**    Vasca impermeabilizzata

**HQ<sub>C</sub> (L2) ≤ Trascurabile**

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQ<sub>Battery</sub>)



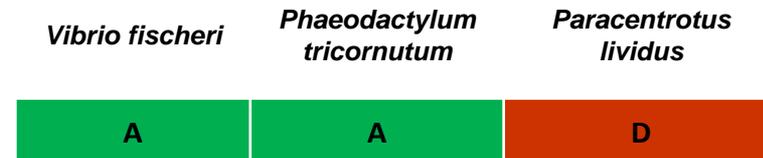
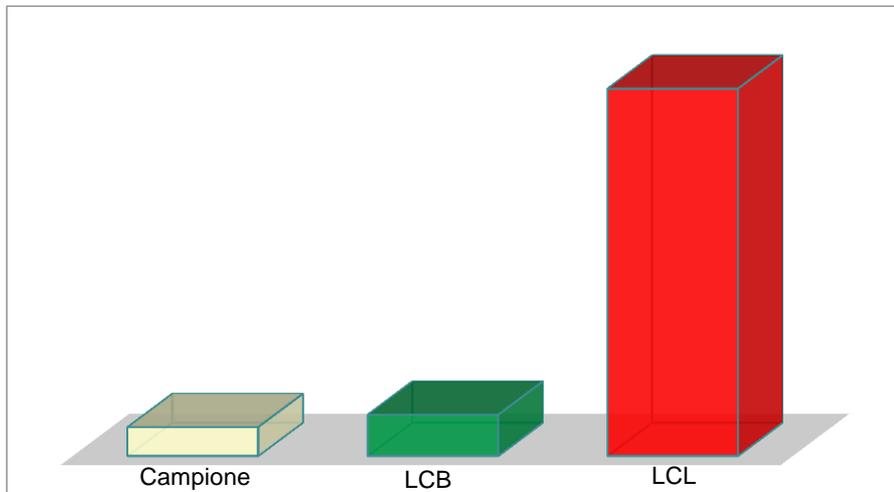
**Integrazione ponderata dei dati (DM 173, 2016)**

**A**    Ripascimento

...rischio «ecologico» praticamente assente!

Di tutta la caratterizzazione chimica (oltre 60 analiti determinati) nessun parametro è superiore a LCB

Dalla caratterizzazione ecotossicologica solo un saggio risulta tossico



Caratterizzazione chimica

Caratterizzazione ecotossicologica

CLASSE DI QUALITA'

Approccio tabellare  
Manuale ICRAM-APAT, 2017

< LCB

D

C1

Rimozione in sicurezza e trattamento o discarica a terra

Integrazione ponderata dei dati (DM 173, 2016)

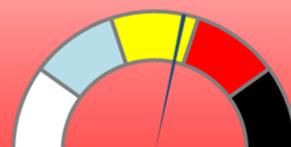
C

Bacino conterminato

$HQ_C (L2) \leq$  Basso

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQ<sub>Battery</sub>)

Medio



Assente  
Basso  
Medio  
Alto  
Molto Alto

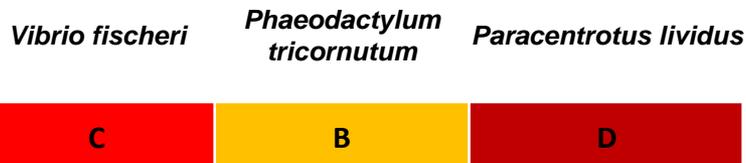
Di tutta la caratterizzazione chimica (oltre 100 analiti determinati) alcuni parametri sono molto superiori a LCL

Dalla caratterizzazione ecotossicologica due saggi su tre evidenziano tossicità

### EPTACLORO EPOSSIDO



### RAME



## Caratterizzazione chimica

> LCL (Epta, Cu..)

## Caratterizzazione ecotossicologica

D

## CLASSE DI QUALITA'

Approccio tabellare  
Manuale ICRAM-APAT, 2017

C2

Procedura di particolare cautela ambientale (caso per caso)

Integrazione ponderata dei dati (DM 173, 2016)

E

Procedura di particolare cautela ambientale (caso per caso)

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQ<sub>Battery</sub>)

HQ<sub>C</sub>(L2) ≥ Medio

Alto

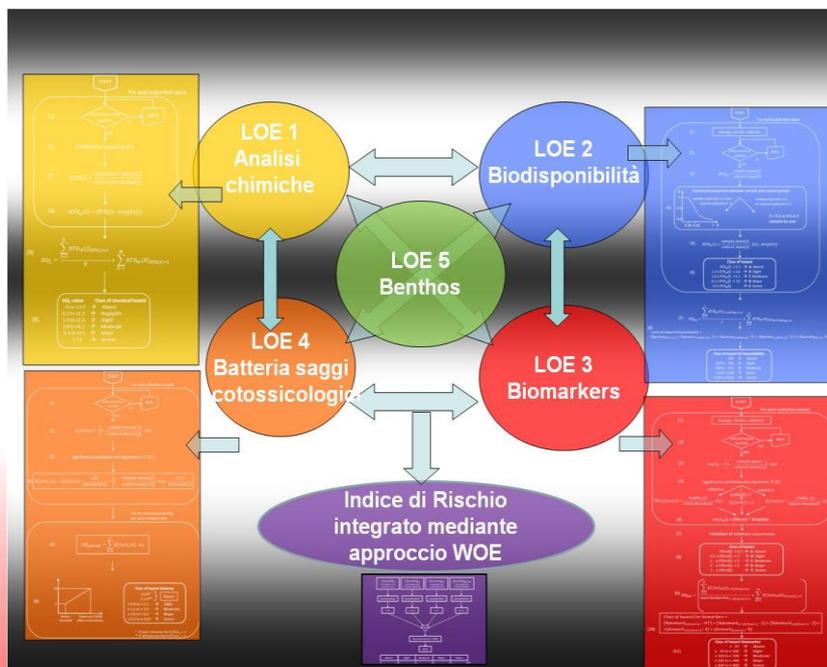


Assente  
Basso  
Medio  
Alto  
Molto Alto

# PROGETTO GEREMIA

## Predisposizione di strumenti conoscitivi e predittivi per la gestione della qualità delle acque portuali

Determinazione di un indice integrato di qualità ambientale da affiancare al TRIX (individuato dal D.Lgs. 152/99 e s.m.i. per definire lo stato di qualità delle acque marino costiere) più idoneo alle realtà portuali



### Implementazione del modello Sediqualsoft

da utilizzare per la definizione di indici integrati sulla qualità delle acque delle aree portuali e propedeutica alla definizione di nuovi criteri per la classificazione delle acque costiere

Modello concettuale basato sull'**integrazione di differenti linee di evidenza (WOE)** costruite su parametri chimico-fisici, ecotossicologici e biologici

## Piano di monitoraggio – Integrazione di «circa» 7 LOE

2 per i SEDIMENTI

Chimica - contaminanti

Saggi ecotossicologici ex situ

5 per la Colonna d'acqua

Analisi chimiche: - DGT  
- ricerca metalli nella frazione disciolta

bioaccumulo in Mitili e Mugillidi

biomarkers in Mitili e Mugilli

Parametri fisico-chimici  
supplementari: TSS, nutrienti, TOC  
.....ma anche le correnti

**Dall'applicazione del Sediqualssoft verrà definito un indice di pericolo che verrà utilizzato come input dei modelli di circolazione e trasporto per la generazione di mappe di rischio ambientale**

A black sand beach with waves crashing against a dark cliff in the background. The text "Grazie per l'attenzione!" is overlaid on the left side of the image.

*Grazie per  
l'attenzione!*