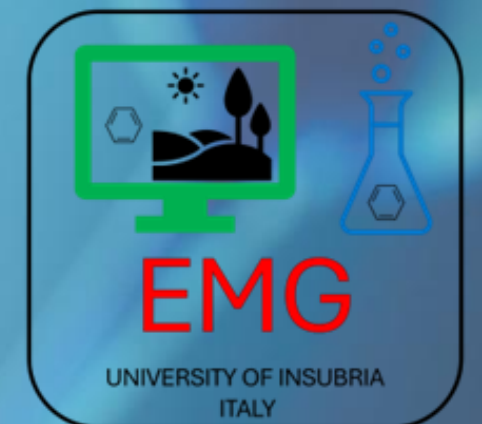


ESPOSIZIONE, EFFETTI E VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI MIE E MP

*Antonio Di Guardo,
Environmental Modelling Group,
Università degli Studi dell'Insubria
COMO*

antonio.diguardo@uninsubria.it

Palazzo Lombardia – Sala Biagi
20 ottobre 2025



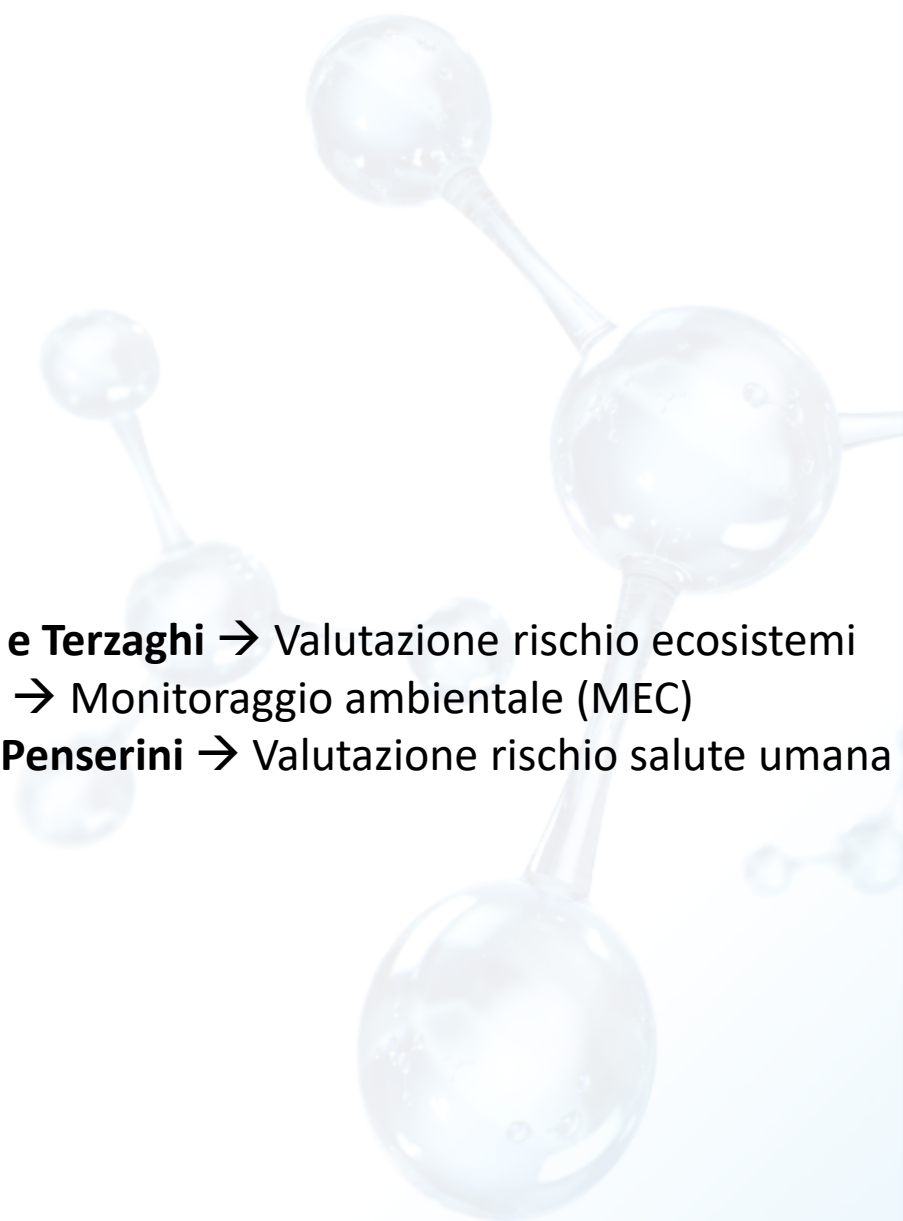
Capitolo 3 - Rischio Ambientale e Umano di MIE e MP

¹Antonelli M., ²Bertanza G., ³Castiglioni S., ⁴Di Guardo A., ⁵Pedrazzani R., ¹Penserini L., ⁴ Terzaghi E.

- 1 Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA) – Sezione Ambientale
- 2 Università degli Studi di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente e di Matematica (DICATAM)
- 3 Istituto di Ricerche Farmacologiche “Mario Negri” IRCCS, Dipartimento di Ricerca Ambiente e Salute
- 4 Università degli Studi dell’Insubria, Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia (DiSAT)
- 5 Università degli Studi di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale (DIMI)

	● 3. RISCHIO AMBIENTALE E UMANO DI MIE E MP	117
	3.1. Introduzione	118
Di Guardo	3.2. Esposizione, effetti e valutazione del rischio di MIE e MP	118
	3.2.1 Studio dell’esposizione a MIE e MP per gli ecosistemi e per la salute umana	120
	3.2.2 Studio degli effetti di MIE e MP per gli ecosistemi e per la salute umana	128
	3.2.3 Valutazione del rischio per MIE e MP	132
Pedrazzani	3.3. Saggi di tossicità per acque reflue e acque destinate al consumo umano	134
	3.3.1 Acque reflue	135
	3.3.2 Acque destinate al consumo umano	137
Bertanza	3.4. Potenzialità e criticità dei saggi biologici per la valutazione di ecotossicità e tossicità per l’uomo: il caso degli impianti di depurazione	138
	3.4.1 Valutazione dell’ecotossicità mediante risultati di saggi biologici: dall’analisi di laboratorio al contesto reale	139
	3.4.2 Valutazione di ecotossicità e tossicità umana di un effluente depurato mediante utilizzo di saggi biologici	141
	3.5. Conclusioni e prospettive	143

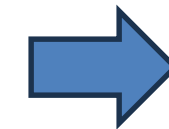
Di Guardo e Terzaghi → Valutazione rischio ecosistemi
Castiglioni → Monitoraggio ambientale (MEC)
Antonelli, Penserini → Valutazione rischio salute umana



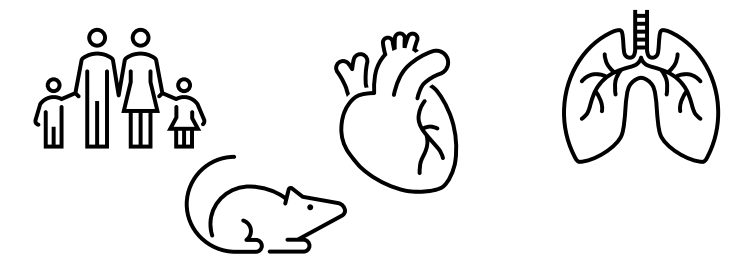
ESPOSIZIONE, EFFETTI E VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI MIE E MP

Valutazione del rischio è diversa per ecosistemi e esseri umani:

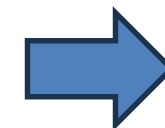
Per proteggere la salute umana l'obiettivo di protezione è l'individuo (tutti gli individui della specie umana, in teoria)



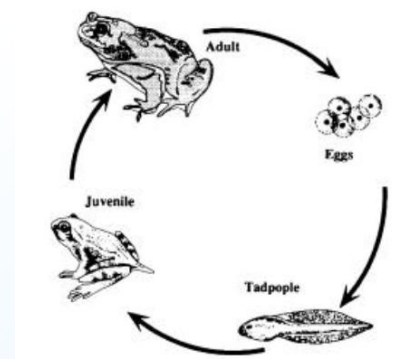
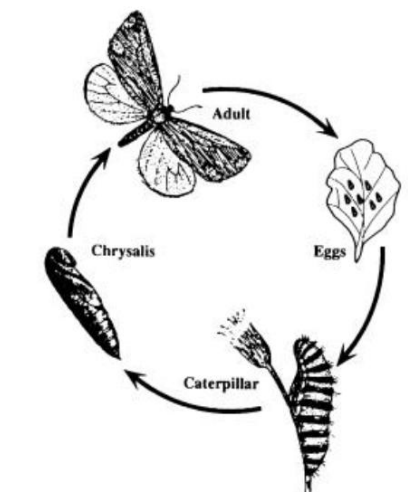
- 1 sola specie
- ben caratterizzata
- Specie surrogate per test
- **facile valutare l'esposizione**



Per proteggere gli ecosistemi l'obiettivo minimo di protezione è la popolazione (non tutti gli individui)

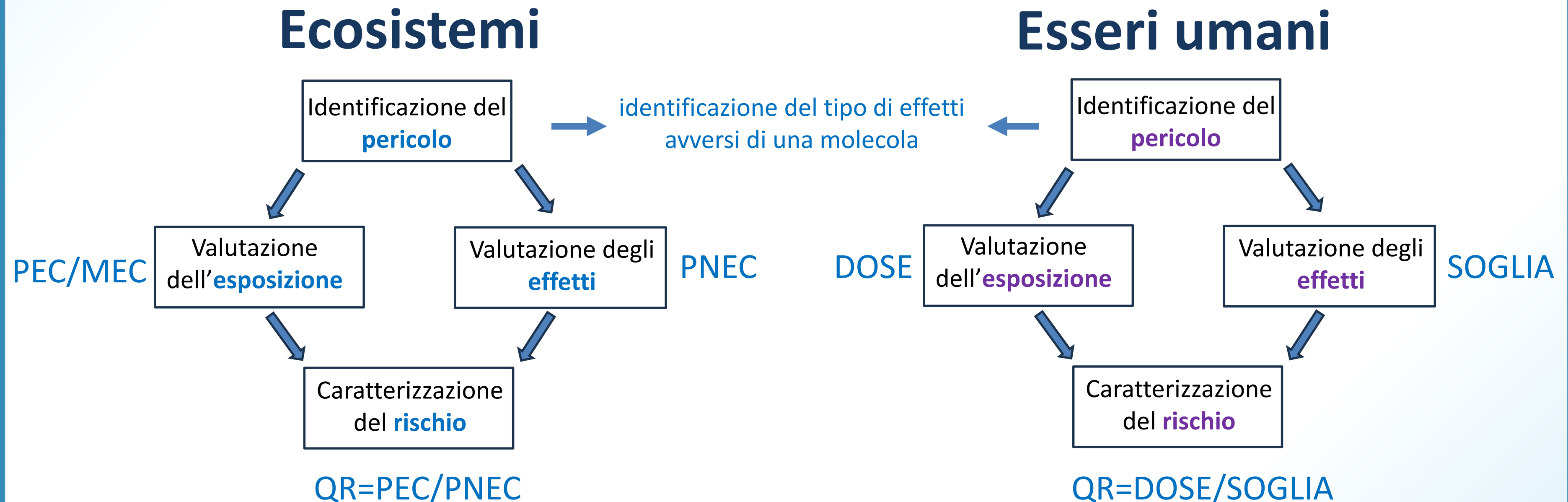


- milioni di specie,
- pochissime informazioni e per poche di esse :
 - Differenze nei cicli vitali
 - Differenze nel tempo di esposizione
 - Differenze nei luoghi di vita, alimentazione, ecc.
- **molto difficile valutare l'esposizione**



ESPOSIZIONE, EFFETTI E VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI MIE E MP

Valutazione del rischio è diversa per ecosistemi e salute umana:

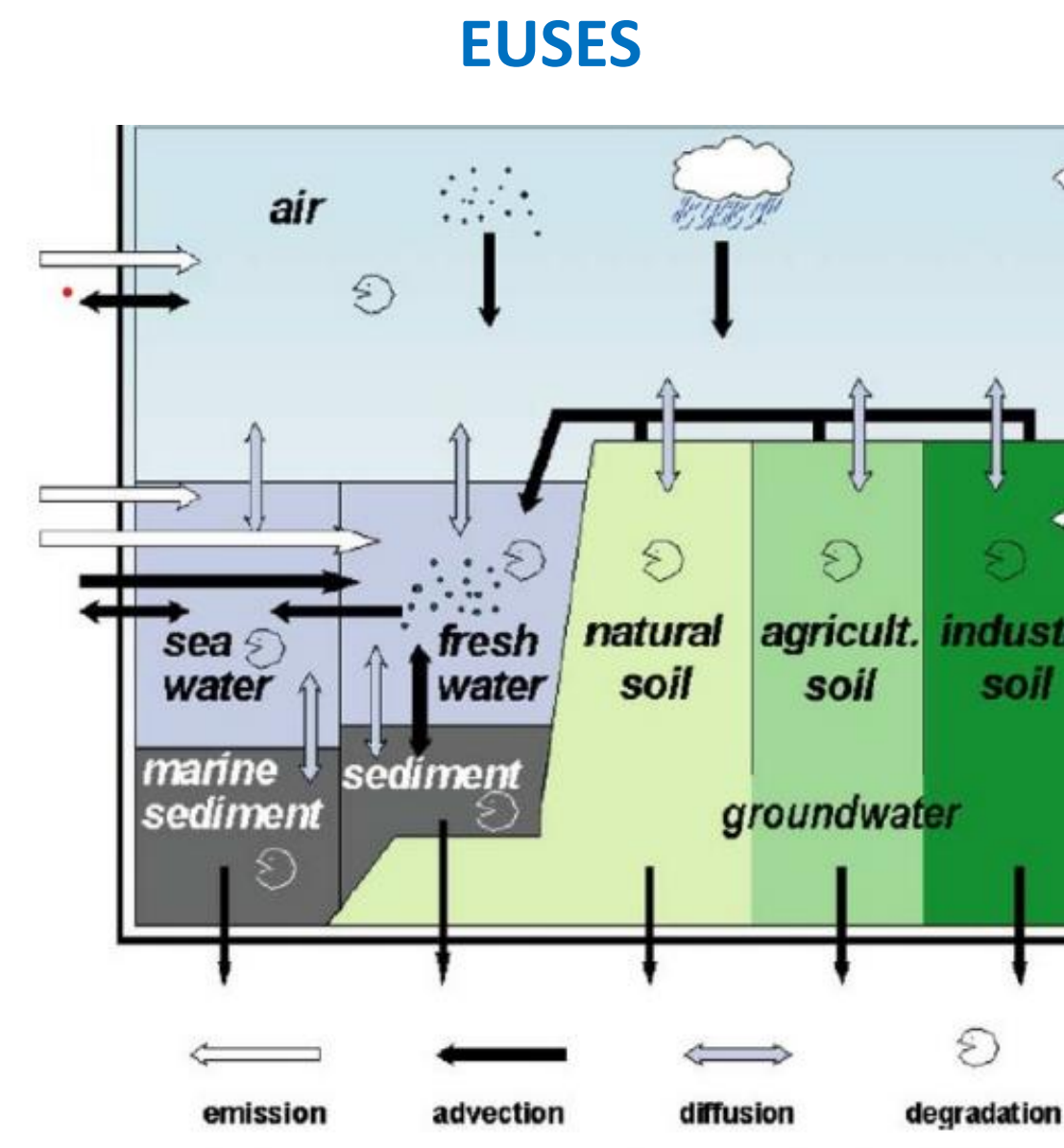


* PEC = predicted environmental concentration; MEC= measured environmental concentration; PNEC. Predicted no effect concentration for the ecosystem

STUDIO dell'ESPOSIZIONE degli ECOSISTEMI a MIE e MP

- Monitoraggio → MEC
- Modelli del destino ambientale → PEC

	EUSES → Molecole industriali e biocidi
MIE	Modelli “FOCUS” per pesticidi in suolo, acque superficiali e falda Modelli WWTP → es. SimpleTreat
MP	Nessun modello ufficiale a livello europeo Qualche modello per ricerca (es. SimpleBox4Plastic)



SCENARI di ESPOSIZIONE degli ECOSISTEMI a MIE e MP

Sviluppati negli ultimi di anni per sintetizzare informazioni e compilare bilanci massa

Ad esempio → **destino ambientale di 42 farmaci, misurati in:**

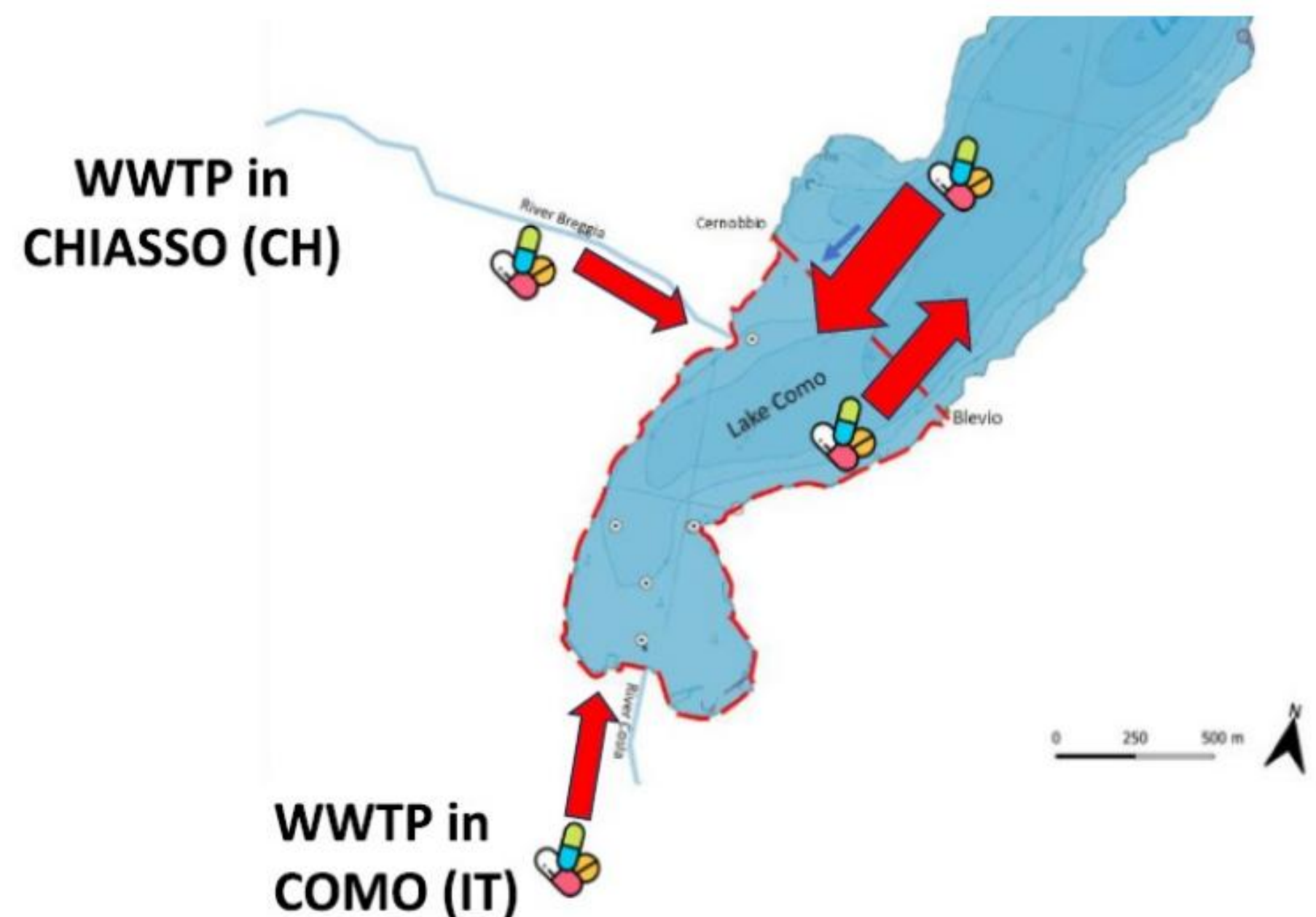
- bacino comasco del Lago di Como
- WWTPs (Como e Chiasso)
- fiumi (Coscia e Breggia)
- acqua potabile

Molecole più abbondanti nel lago: diclofenac (200 ng/L) e carbamazepina (6 ng/L)

Concentrazioni delle molecole generalmente calano di circa un ordine di grandezza ad ogni passaggio WWTP → fiume → lago → acqua potabile

L'uso del modello DynaModel ha permesso di valutare il tempo di ritenzione dell'acqua nel bacino comasco e i carichi più importanti, ovvero quelli provenienti dal nord del lago

Lago di Como



PROBLEMI NELLA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

- Mancanza di dati di **concentrazione** e **chimico fisici** per metaboliti ambientali
- Pochi **dati temporali e spaziali** per MIE e soprattutto per MP
- Mancanza di **modelli e caratteristiche di ripartizione per molecole polari** (→ 40% delle molecole in REACH)
- Pochi **modelli per MP** e con poche validazioni
- Pochi **dati e modelli per il bioaccumulo e la biodisponibilità**

STUDIO DEGLI EFFETTI DI MIE E MP PER GLI ECOSISTEMI

- Ad esempio, per gli **ecosistemi acquatici**, si parte da **dati di ecotossicità, acuta** (LC50/EC50) o **cronica** (LOEC, NOEC) sulle **singole specie** e **singole molecole**
- Dati da **database internazionali** (come USEPA ECOTOX) o da **misure *ad hoc***
- Si **calcolano le PNEC = Dati di ecotossicità/assessment factor**

→ **ad esempio** se disponibile solo **LC50** (1 µg/L) si divide per 1000

$$\rightarrow PNEC = \frac{1\mu g/L}{1000} = 0.001 \mu g/L$$

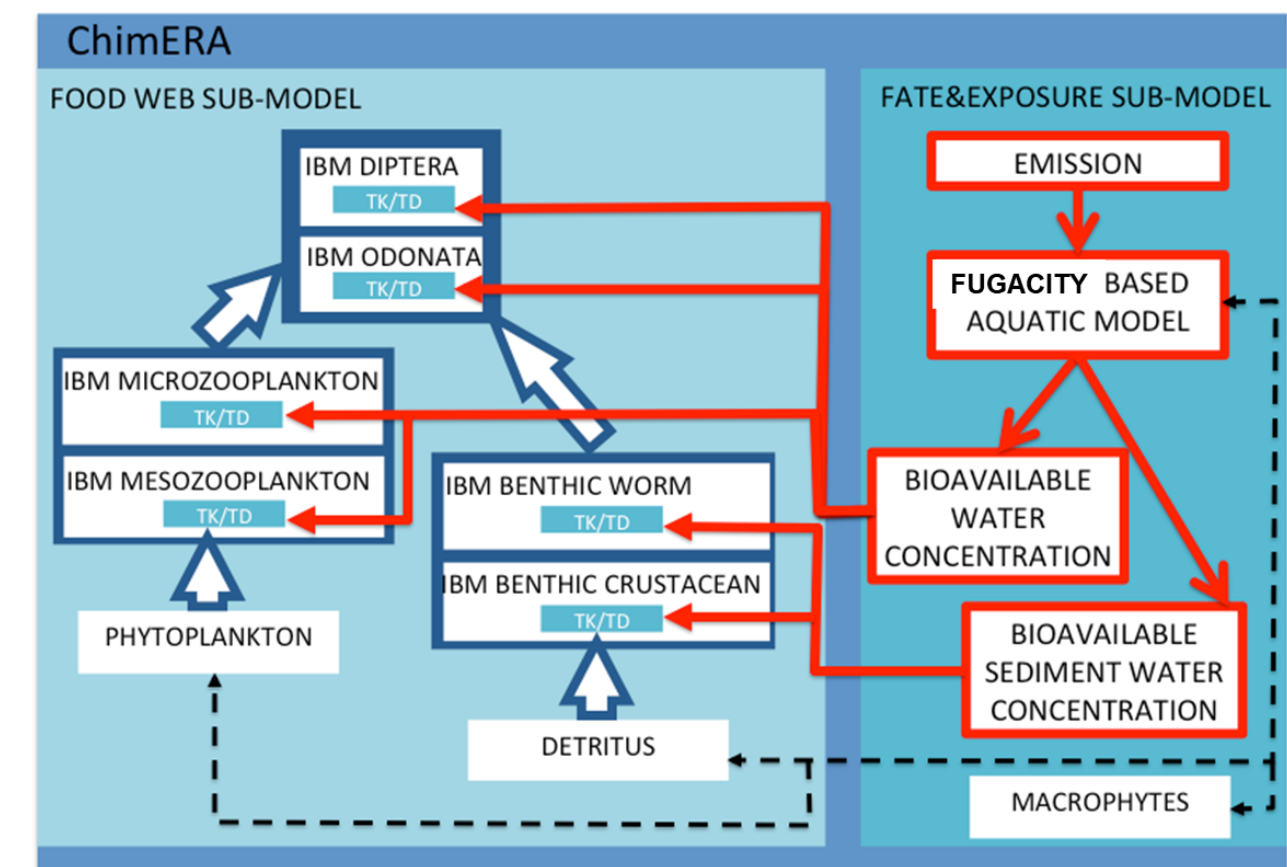
Tab. 3.3 - AFs per l'ecosistema acquatico, modificata da European Commission (2003b)

Dati disponibili	Assessment Factor
Almeno un dato a breve termine, per effetti acuti (LC50 o EC50), per ciascuno dei tre livelli trofici identificati (pesci, Daphnia e fitoplancton)	1000
Almeno un dato a lungo termine NOEC (pesci o Daphnia)	100
Due dati a lungo termine NOEC di specie che rappresentano due livelli trofici (pesci e/o Daphnia e/o fitoplancton)	50
NOEC a lungo termine per almeno tre specie (generalmente pesci, Daphnia e fitoplancton) rappresentativi di tre livelli trofici	10
Disponibilità di una SSD	1-5 (da giustificare caso per caso)
Dati di campo o modello di ecosistema	Valutato caso per caso

PROBLEMI NELLA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI PER GLI ECOSISTEMI

- Non esistono approcci ufficiali per il calcolo di **effetti di miscele di molecole**
- Effetti misurati ad **esposizione (concentrazione) costante**: non si conosce la risposta a concentrazioni ambientali variabili nel tempo (picchi)
- Test sono **standardizzati con specie spesso non indigene** (non sempre rappresentativi della risposta delle comunità naturali)
- Pochi approcci modellistici per la **valutazione integrata di esposizione ed effetti** (es. Modello ChimERA) in un determinato ecosistema (ad esempio se una molecola uccide un produttore primario, come variano le popolazioni di consumatori e detritivori?)
- Mancano **test riconosciuti a livello internazionale per microplastiche**

Modello ChimERA



CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO PER GLI ECOSISTEMI

$$QR = PEC/PNEC$$

Es: $PEC = 10\mu\text{g/L}$ e $PNEC = 1\mu\text{g/L} \rightarrow QR > 1$

- se $QR > 1$ il rischio è inaccettabile in quanto le concentrazioni ambientali sono maggiori delle concentrazioni di non effetto
- se $1 < QR < 0.01$ sono necessarie misure di riduzione del rischio
- se $QR < 0.01$ (ad esempio) il rischio è accettabile

Livello massimo teorico
Permissibile ($PEC=PNEC$)

Livello trascurabile
(frazione di PNEC)



Problemi

- Eredita i problemi della valutazione dell'esposizione e degli effetti
- No approcci ufficiali per microplastiche, solo qualche articolo scientifico "speculativo"

Grazie per l'attenzione!

Per domande o approfondimenti scrivere a: **antonio.diguardo@uninsubria.it**

