

I contaminanti emergenti nelle acque di scarico: presenza, rimozione, impatti

Camilla M Braguglia



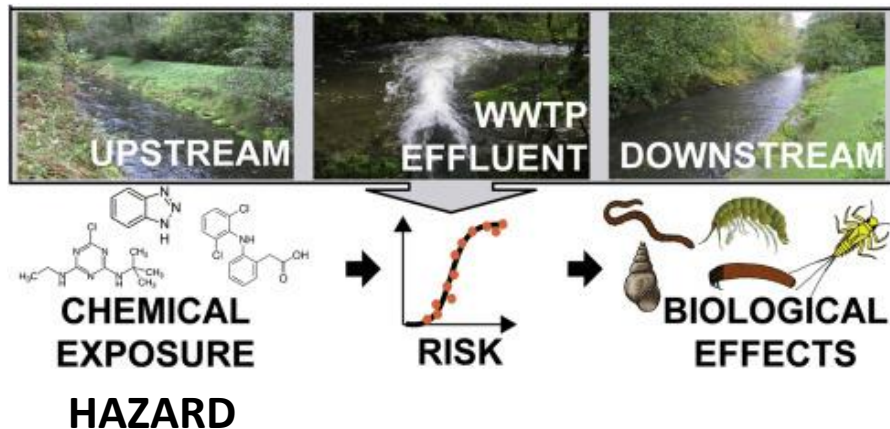
Ecomed 2024 (Catania, 18 aprile 2024)



Sostanze chimiche inquinanti

Microinquinanti (o contaminanti) emergenti è il termine italiano che definisce sostanze chimiche non ancora normate di cui si trova traccia nelle matrici ambientali (a concentrazioni dell'ordine del **microgrammo/litro o inferiori**). Non necessariamente sostanze «nuove», bensì di presenza/ecotossicità recentemente emersa

Nonostante siano presenti in concentrazioni molto basse, i microinquinanti possono indurre gravi effetti tossicologici, di solito dopo un'esposizione a lungo termine (*pochi studi a riguardo!*)



~ 100 000 chemicals
on the market

~ 500 chemicals
extensively characterised for
their hazards and exposures

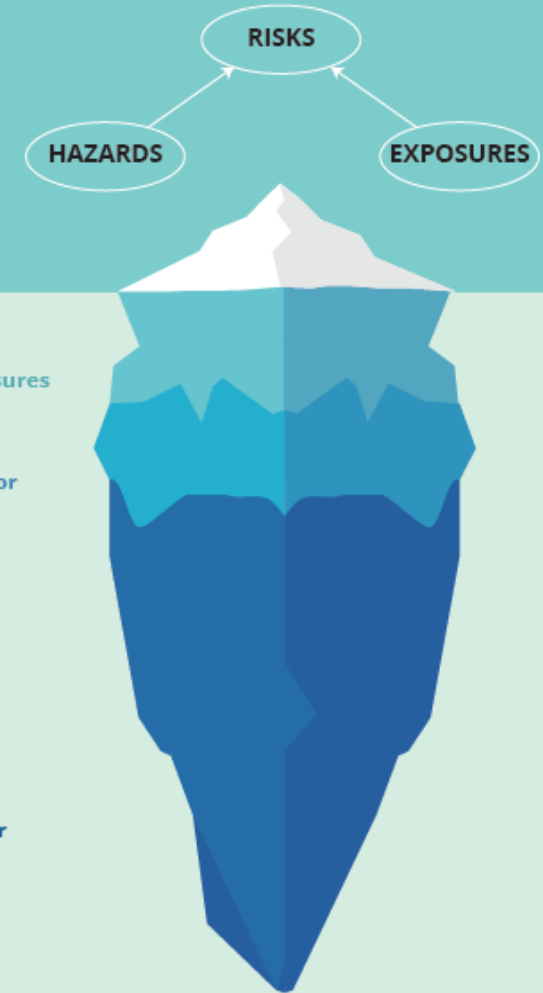
~ 10 000 chemicals
fairly well characterised for a
subset of their hazards and exposures

~ 20 000 chemicals
with limited characterisation for
their hazards and exposures

~ 22 600 chemicals
with a use over
1 tonne per year

~ 4 700 chemicals
with a use over
100 tonnes per year
prioritised in
hazard characterisation
and evaluation

~ 70 000 chemicals
With poor characterisation for
their hazards and exposures





□ L'individuazione di queste sostanze si è evoluta nel tempo soprattutto in ragione del miglioramento delle capacità analitiche di rilevazione di concentrazioni sempre più basse:

-inquinanti che in passato erano sconosciuti e/o non riconosciuti;

-occorre un lavoro investigativo da Detective (Environmental Forensics)

-«*as any analytical chemist knows, what you see depends on what you look for*» (prof. Roberts, John Hopkins Univ)



□ Contestualmente all'identificazione ed alla misura, sono inseriti nella lista dei composti emergenti le sostanze di cui si temono gli effetti per la salute umana e dell'ambiente. Si tratta quindi di composti non necessariamente di recente introduzione ma la cui pericolosità è attualmente in discussione per la definizione di un nuovo standard di qualità ambientale (**vedi watch list**)

□ Le Nazioni Unite e l'Agenda 2030 chiedono di dimezzare gli scarichi non depurati, aumentare il riciclo e il reimpiego sicuro dell'acqua, riducendo l'inquinamento e il rilascio di sostanze chimiche nell'ambiente. Il *Green Deal* europeo nel suo **piano d'azione "inquinamento zero"** indica tra le priorità la salvaguardia della biodiversità nei laghi e nei fiumi, **e la riduzione dell'inquinamento da fertilizzanti agricoli, microplastiche e farmaci**.

□ L'inquinamento da residui farmaceutici rappresenta una minaccia globale per la salute umana e dell'ambiente nonché per il raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite

I microinquinanti emergenti includono diversi tipi

di sostanze il cui elenco è in continua revisione:

- composti organici persistenti, industriali, come i **PBDE** (difenil-eteri polibrominati usati come ritardanti di fiamma e additivi di plastiche e schiume), i **PFAS** (sostanze perfluoroalchiliche) ed altri contaminanti industriali;
- **prodotti per la cura personale**, per la disinfezione o per la pulizia delle abitazioni (detergenti, filtri solari, fragranze, ecc);
- **farmaci** utilizzati nella medicina umana e veterinaria (es. antibiotici, antidolorifici, ormoni ecc.);
- **sostanze psicoattive** utilizzate dall'uomo quali droghe d'abuso, caffeina e nicotina;
- **Pesticidi** utilizzati in agricoltura (insetticidi, erbicidi, fungicidi)
- **Microplastiche** (particelle con forma regolare o irregolare e dimensioni tra 1µm e 5 mm; derivano direttamente dall'uso di tessuti (microfibre rilasciate durante il lavaggio dei vestiti), dall'usura di pneumatici delle strade, ecc)

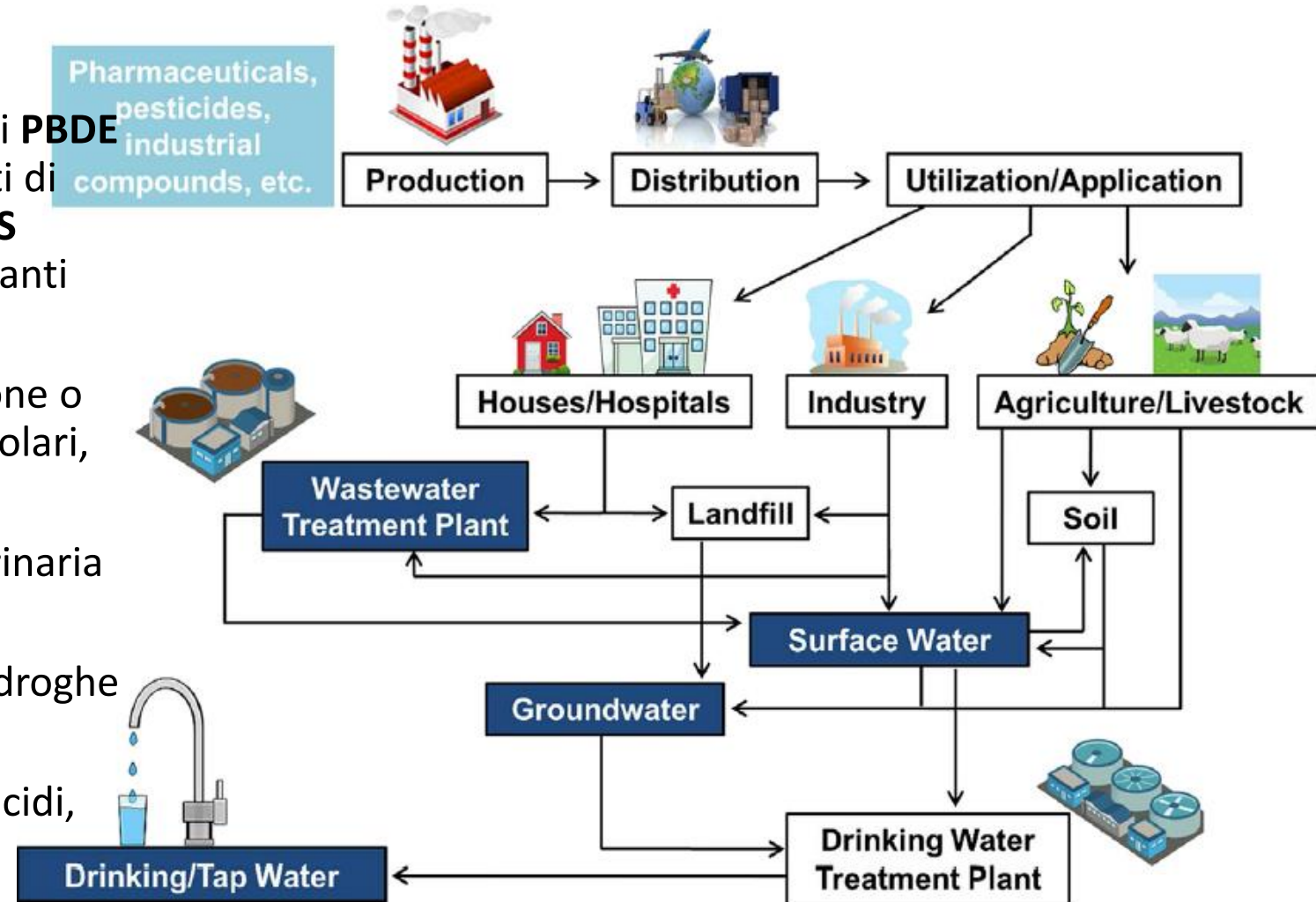
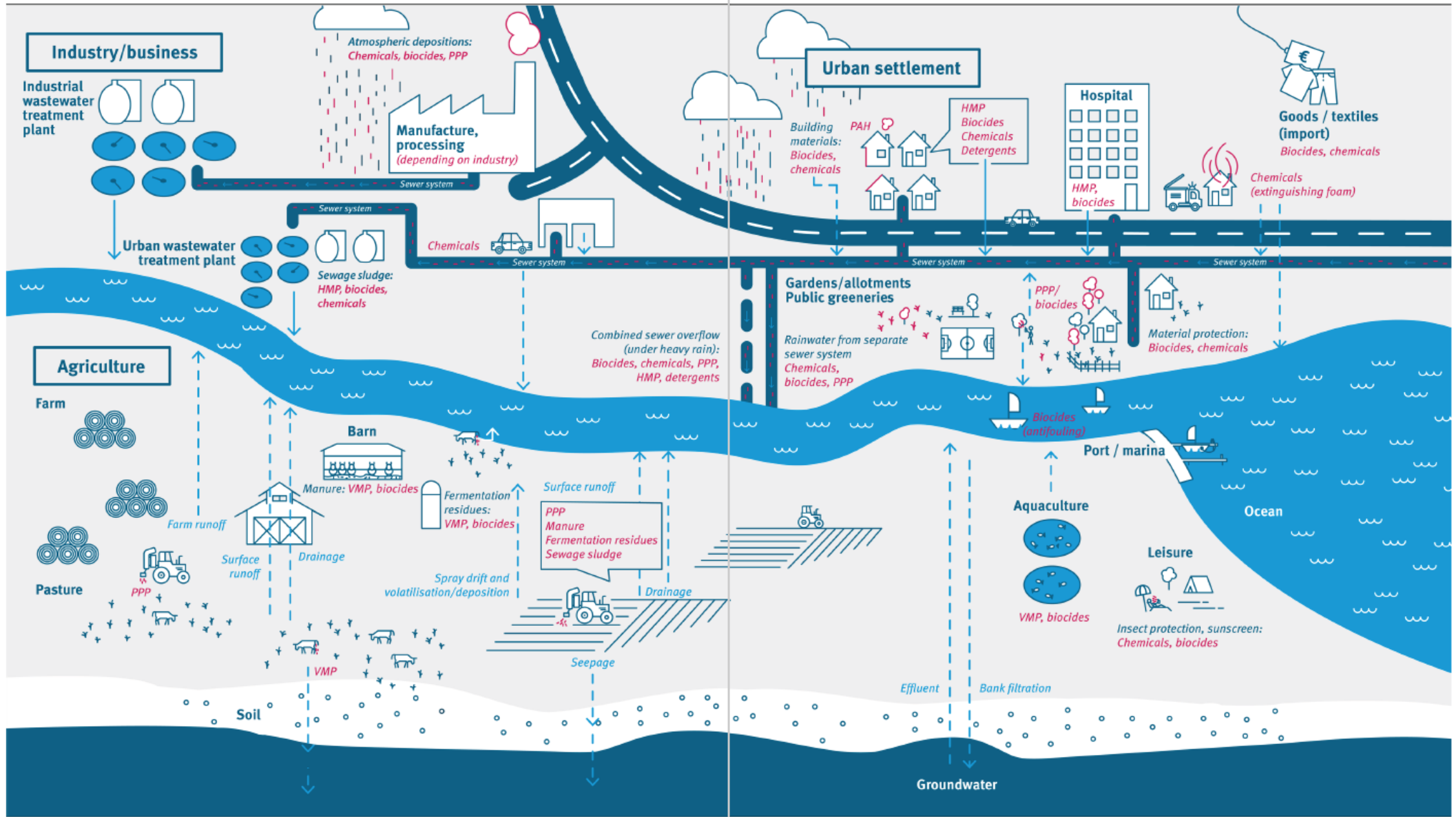


Fig. 1. Representative sources and routes of micropollutants in the environment.

Schematic overview of possible entry pathways of micropollutants into waters



---> Entry from diffuse sources: Spray drift, surface runoff, drainage, seepage into groundwater
 ---> Point sources: Entry into sewer systems and from wastewater treatment plants
 - - - - - Pollutants

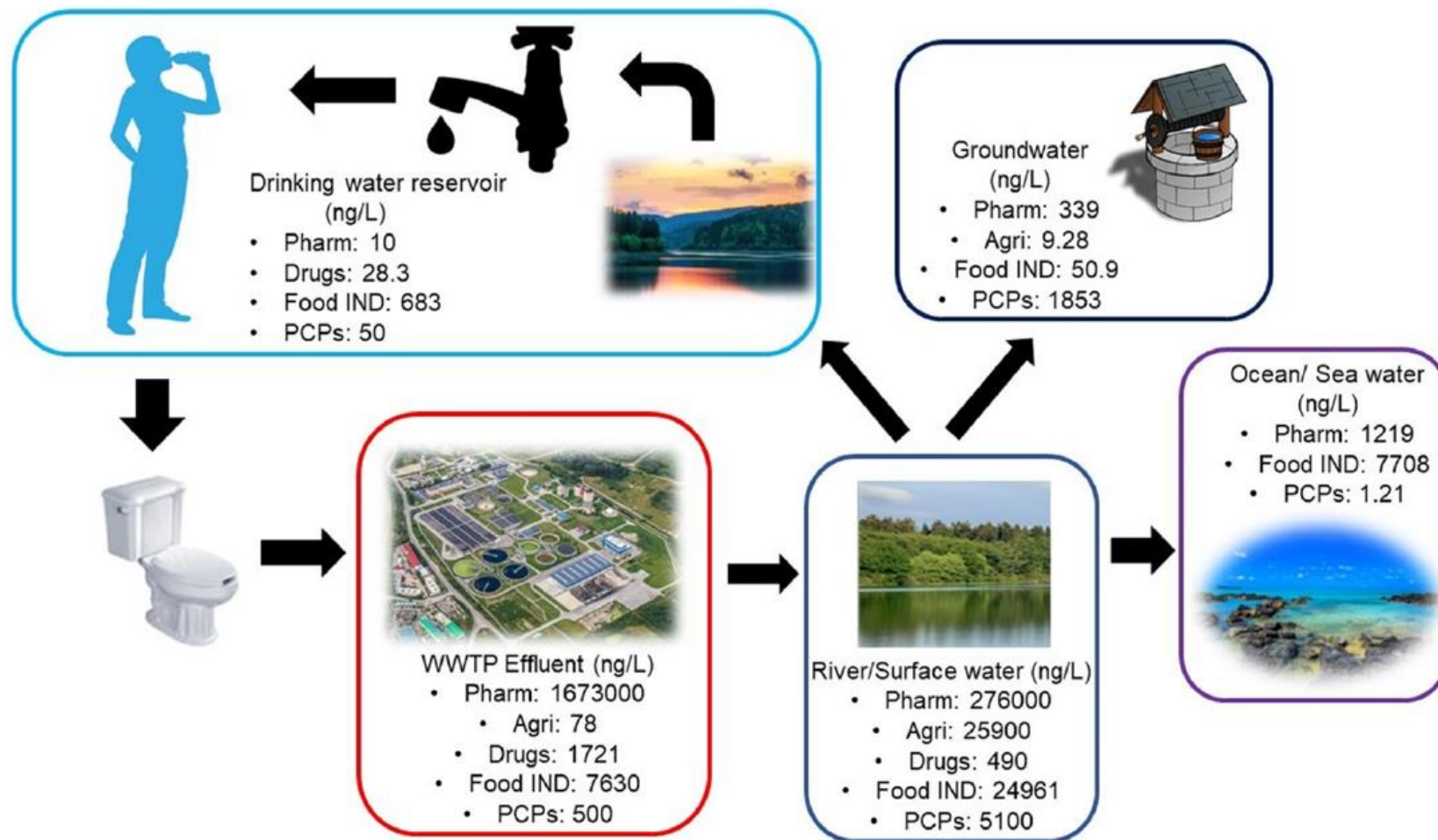


Fig. 1. Maximum concentrations of ACs found in different environmental matrices (Data source SCOPUS 2017–2018). Pharm: Pharmaceuticals, Food IND: Food Industry, Agri: Agricultural. PCPs: Personal care products.

- La presenza di contaminanti emergenti, tra cui microinquinanti come i **residui farmaceutici** e le microplastiche, nei corpi idrici, **desta crescente preoccupazione** (da *Revisione della direttiva acque reflue*);
- **Il 66% del carico inquinante e tossico delle acque reflue urbane dell'UE proviene da prodotti farmaceutici** (*report della Commissione, 2022**)

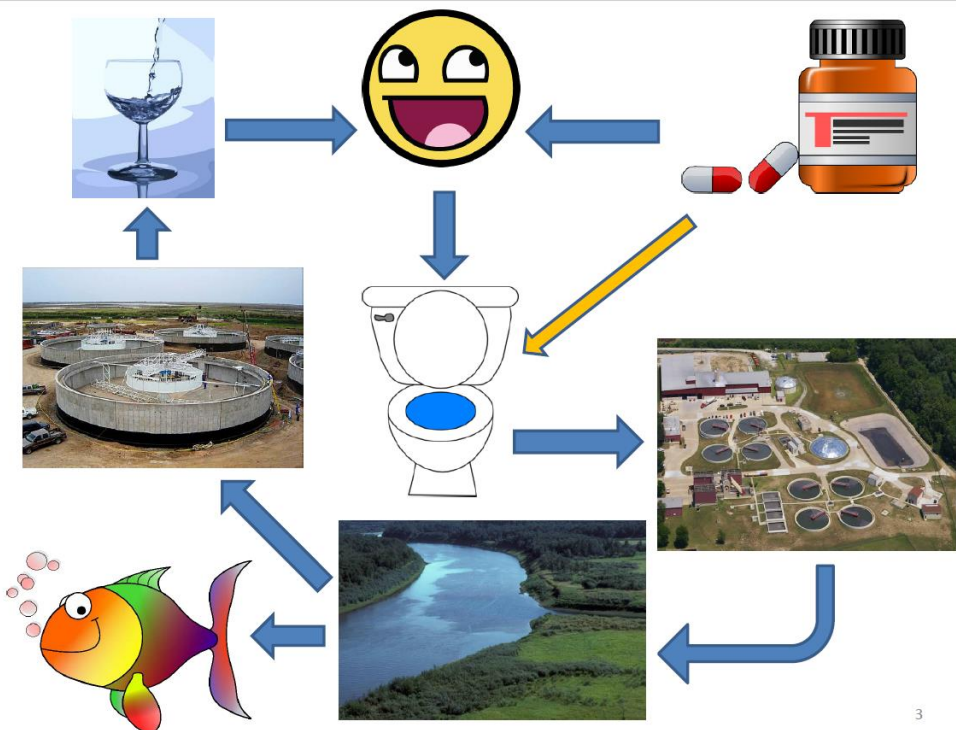
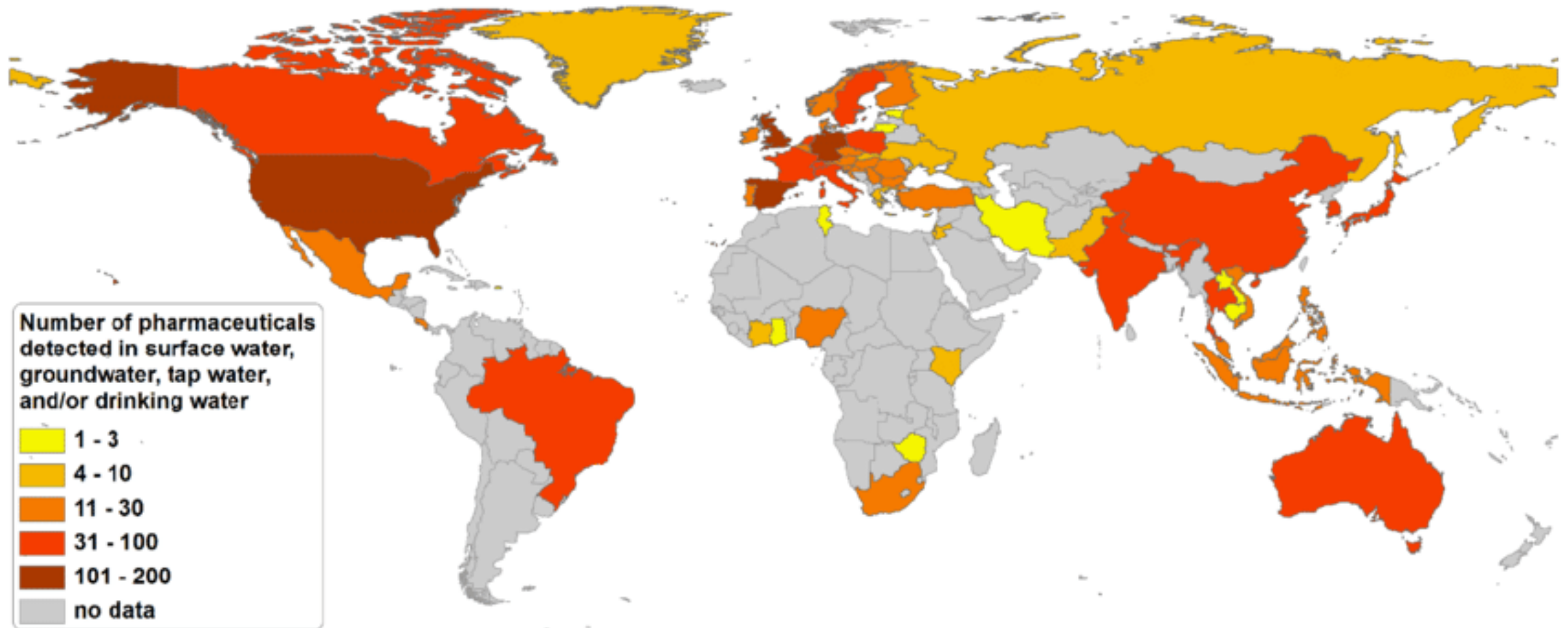


Table 10: Contribution of sectors to the input load to waste water

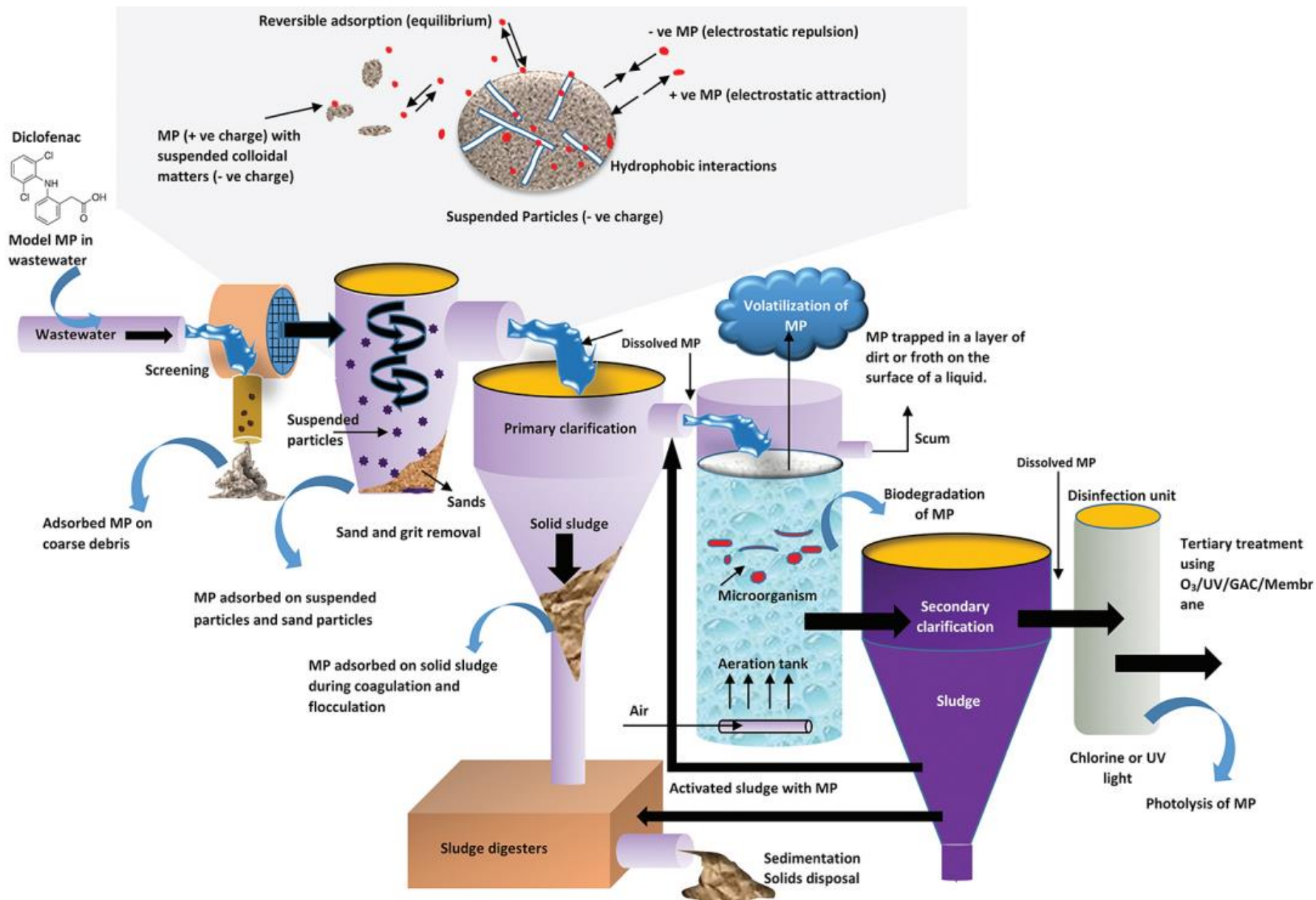
Sector	% of input load to WWTP	% of input load to fourth stage treatment	% of total toxic load (chronic)	% of total toxic load (PNEC)
Pharmaceuticals	59%	63%	48%	66%
Cosmetic Products	14%	9%	17%	26%
Pesticides	7%	8%	0%	2%
Household products ⁵³	0%	0%	0%	0%
Food product	7%	4%	5%	1%
Plastic additive ⁵⁴	4%	4%	28%	3%
Tobacco	0%	0%	0%	0%
Other ⁵⁵	6%	6%	1%	0%
Uncategorized	3%	5%	0%	1%
Total	100%	100%	100%	100%

⁵⁵Industrial reagents, Industrial solvents, Heavy metals, Dyes, Illegal drugs



USA e Europa sono i maggiori consumatori di farmaci al mondo

da Aus der Beek et al., 2015



Il destino dei microinquinanti nel trattamento delle acque reflue dipende dalle loro proprietà fisico-chimiche: solubilità, volatilità, biodegradabilità e polarità, la loro tendenza ad adsorbirsi e assorbirsi ai solidi sospesi e dai parametri operativi degli impianti di depurazione (WWTP).

Figure 1. Conceptual model of fate and removal processes of a micropollutant in a typical WWTP.

I microinquinanti in un impianto di depurazione

Il destino dei microinquinanti nel trattamento delle acque reflue dipende dalle loro proprietà fisico-chimiche, come solubilità, volatilità, biodegradabilità e polarità, dalla loro tendenza ad adsorbirsi e assorbirsi ai solidi sospesi e dai parametri operativi degli impianti di depurazione (WWTP).

- Farmaceutici: la gran parte è solubile, con <50% ripartizione nel fango di depurazione
- Pesticidi: la maggior parte sono emulsioni a base oleosa e pertanto >50% sono trasferiti ne fango
- Microplastiche: scarsamente solubili, si trasferiscono nel fango

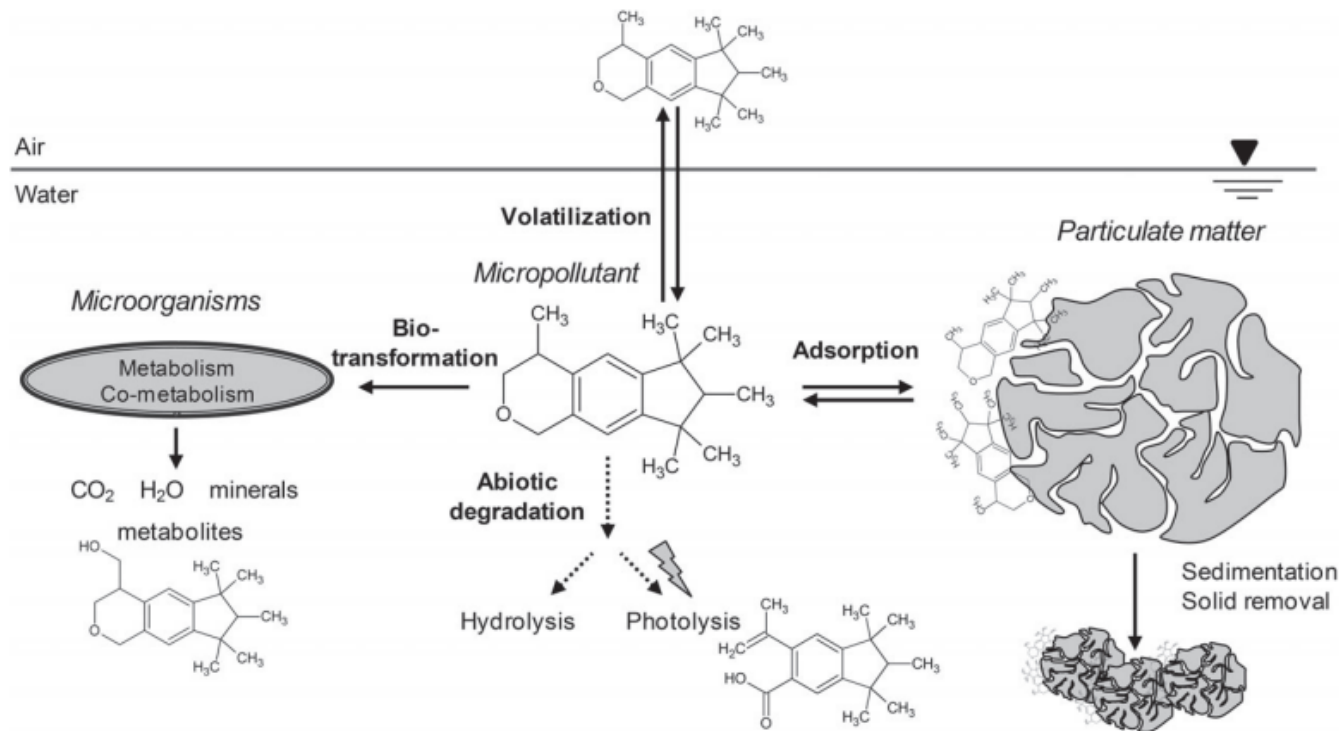
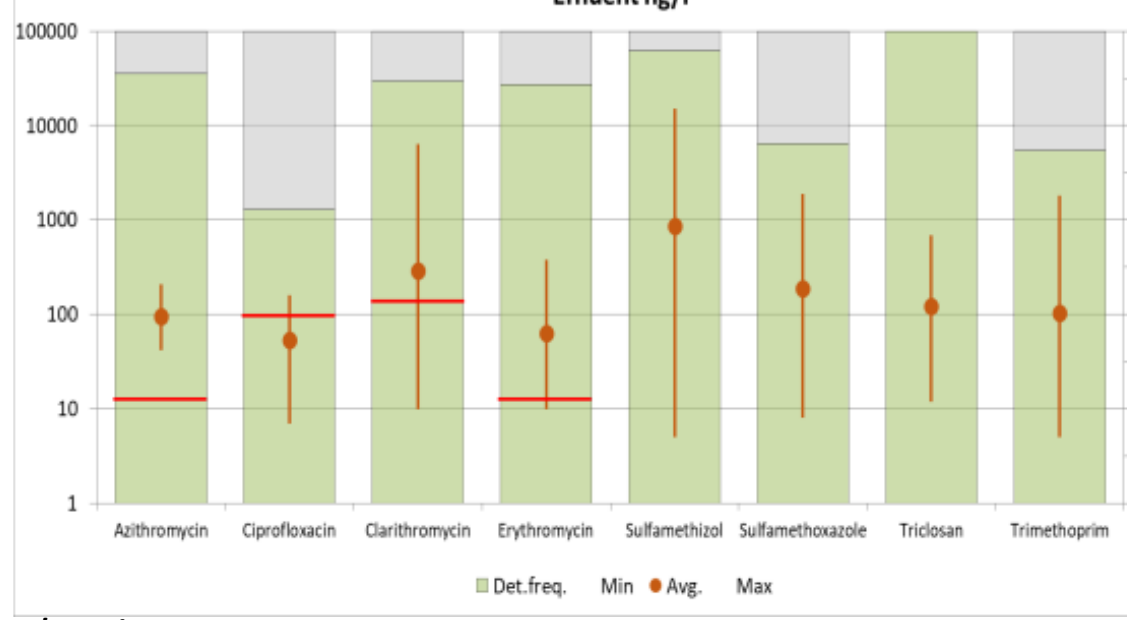
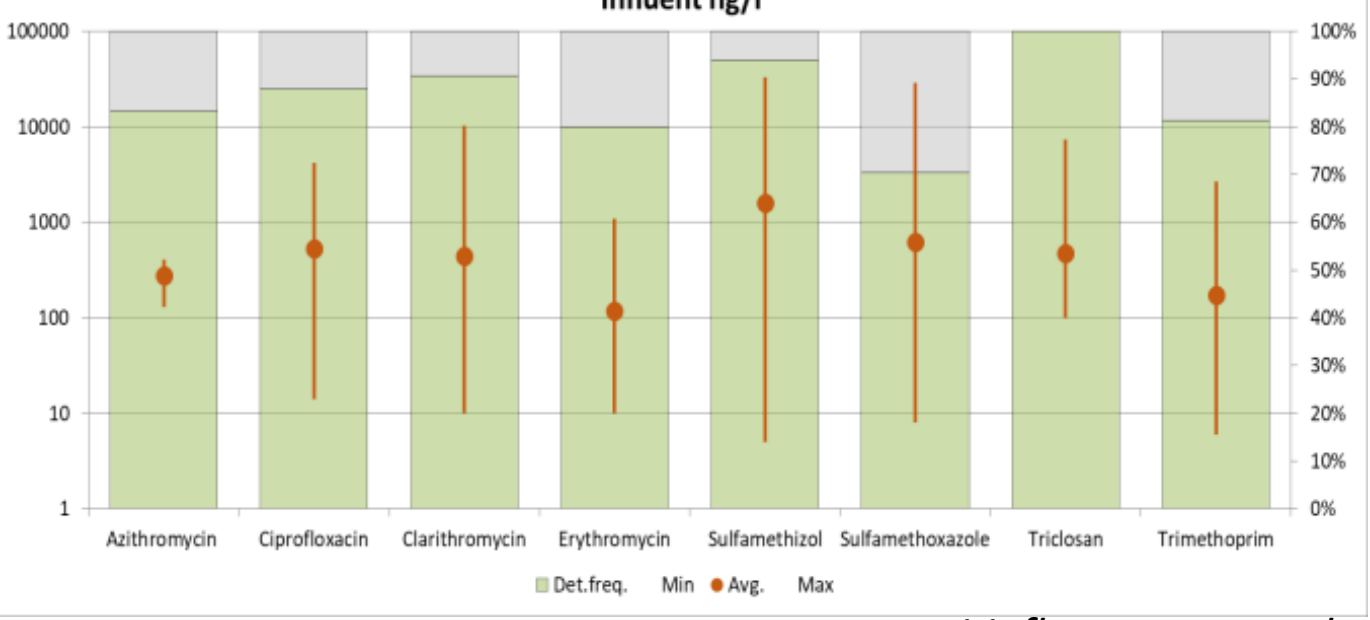
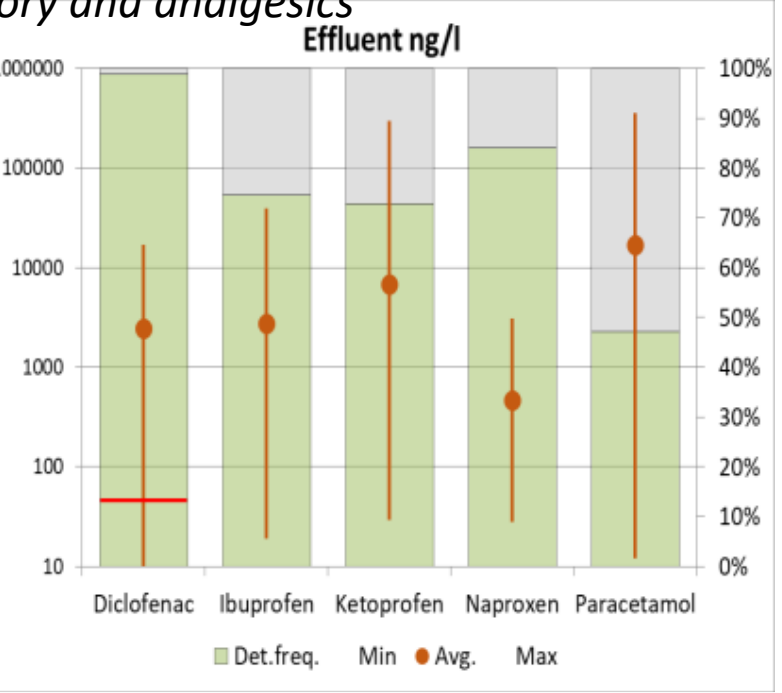
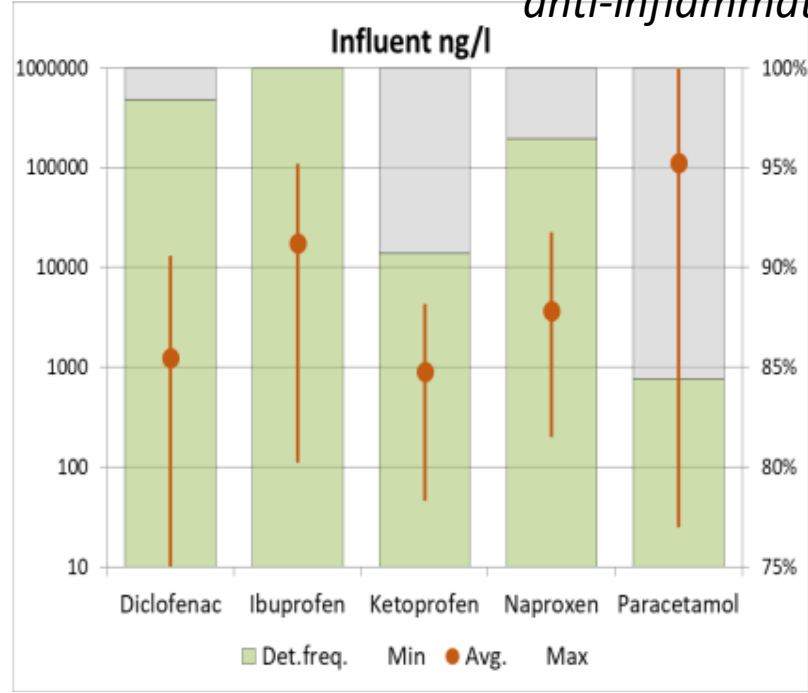


FIGURE 2 | Main removal mechanisms of micropollutants in conventional WWTPs (example of the polycyclic musk galaxolide). This compound is mainly eliminated by sorption on particulate matter and removed with the excess sludge. Biological degradation and volatilization processes may play also a role (10–15%) in the elimination of this compound (see Table 1).

Concentrations of antimicrobial and antiparasitic

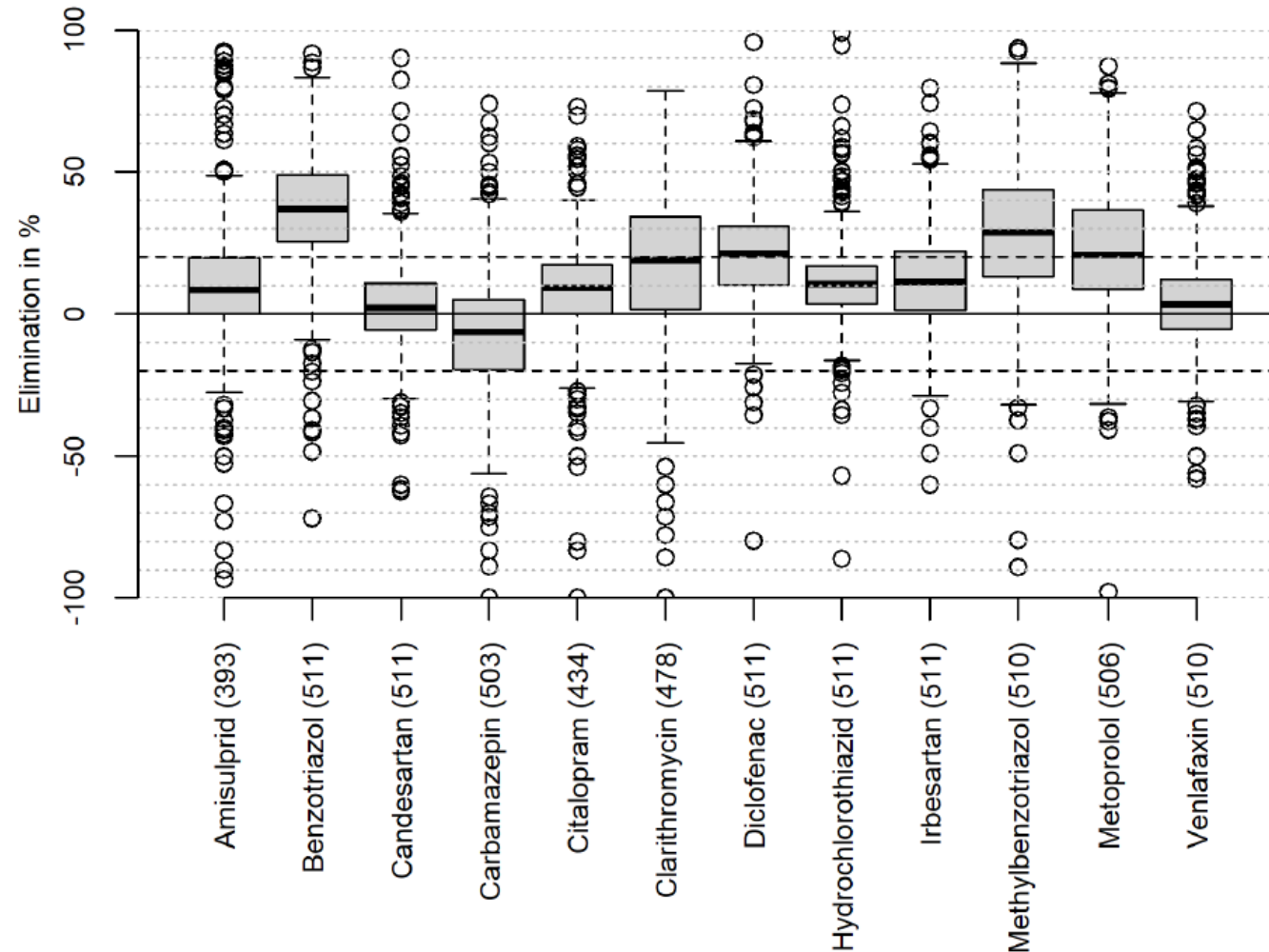


anti-inflammatory and analgesics



Le linee rosse indicano i livelli di EQS (Environmental Quality standards) per acque interne (vedi Direttiva 2013/39/EU)

Poor degradation in biological treatment step



- Elimination rates clearly <50% (selection criterion).
- Special case: carbamazepine with negative elimination.
- Data points in the negative range:
 - cannot be interpreted conclusively
 - inaccurate measurements
 - rainy weather situations

Fig. 3 Pharmaceuticals and personal care products physico-chemical characteristics make them potentially dangerous for aquatic organisms and human health. Despite the recent advances in analytical techniques that allow to highlight the environmental presence of such chemicals, there are some gaps in the state of knowledge of pharmaceuticals and personal care products presence. Then, legislation on minimum levels of pharmaceuticals and personal care products allowed to be released into the environment should be implemented also for treated effluents and sludge used as a fertilizer

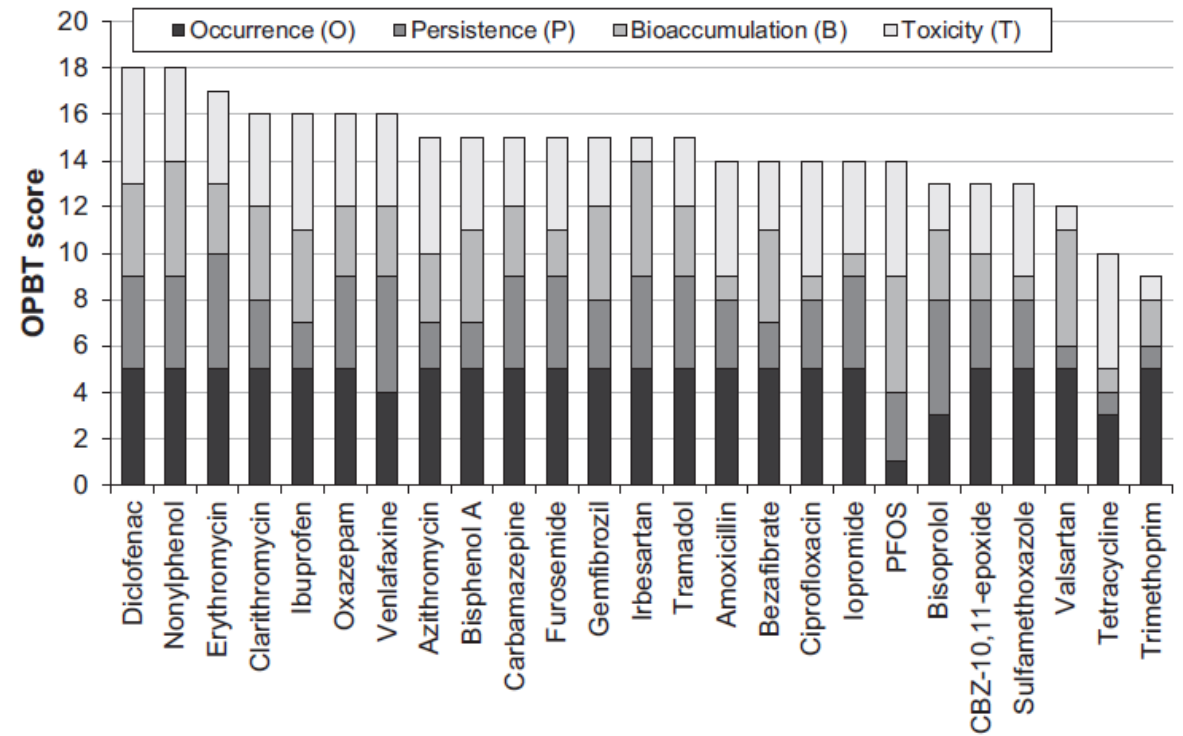
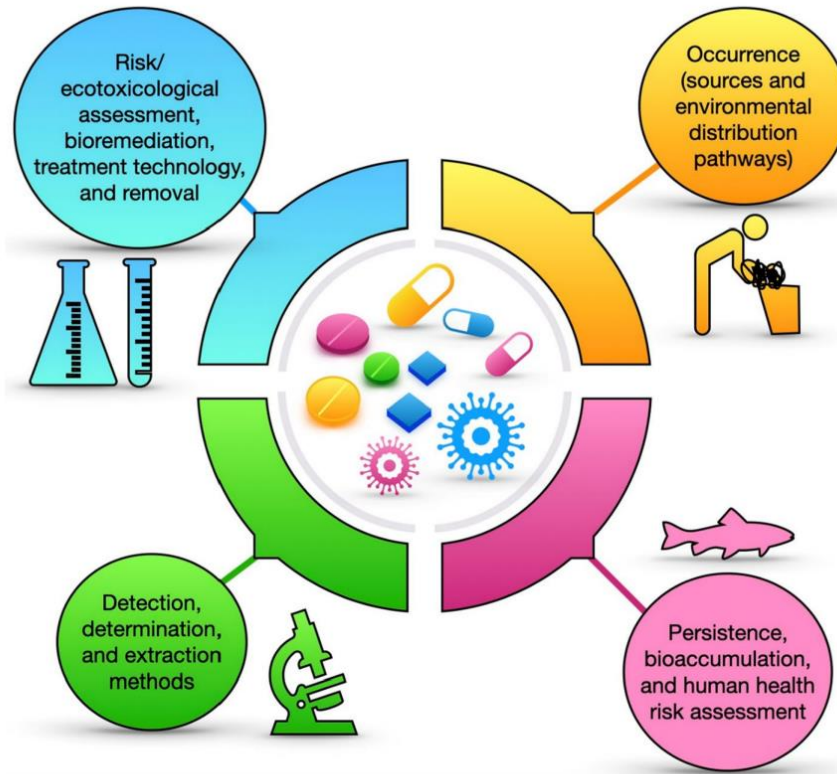


Fig. 1. Final OPBT scores for the indicator organic CECs and contributions by the different criteria.

Verlicchi et al., Science of the Total Environment 873 (2023) 162359

Table 2

Assigned scores for the four OPBT criteria.

Criterion →	Occurrence (O) in wwtp effluent	Persistence (P)	Bioaccumulation (B)	Toxicity (T)
Surrogates → Score <i>S</i> ↓	Concentration <i>c</i> (ng/L)	Removal in CAS <i>R</i> (%)	Log <i>K</i> _{ow}	PNEC _{water} (μg/L)
1	<i>c</i> < 50	<i>R</i> > 80	Log <i>K</i> _{ow} < 1	PNEC _{water} > 100
2	50 ≤ <i>c</i> < 100	60 < <i>R</i> ≤ 80	1 ≤ Log <i>K</i> _{ow} < 2	10 < PNEC _{water} ≤ 100
3	100 ≤ <i>c</i> < 500	40 < <i>R</i> ≤ 60	2 ≤ Log <i>K</i> _{ow} < 3	1 < PNEC _{water} ≤ 10
4	500 ≤ <i>c</i> < 1000	20 < <i>R</i> ≤ 40	3 ≤ Log <i>K</i> _{ow} < 4.5	0.1 < PNEC _{water} ≤ 1
5	<i>c</i> ≥ 1000	<i>R</i> ≤ 20	Log <i>K</i> _{ow} ≥ 4.5	PNEC _{water} ≤ 0.1
	No value is available	No value is available	No value is available	No value is available

predicted no effect concentration (PNEC)—la concentrazione che non causa effetti avversi all'ambiente



Art.1 Gli **obiettivi della direttiva** sono stati ampliati per includere, oltre alla protezione dell'ambiente, la protezione della salute umana, la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, il miglioramento della governance e della trasparenza del settore, un migliore accesso ai servizi igienico-sanitari e, in seguito alla recente crisi della COVID-19, **il regolare monitoraggio di parametri rilevanti per la salute pubblica nelle acque reflue urbane.**

Art.2 «**Microinquinante**»: sostanza, compresi i relativi prodotti di decomposizione, solitamente presente nell'ambiente e nelle acque reflue urbane in concentrazioni di ordine inferiore ai milligrammi per litro, che può essere considerata **pericolosa per la salute umana o l'ambiente** in base a uno dei criteri di cui all'allegato I, parti 3 e 4, del regolamento (CE).

Art.8 **Trattamento Quaternario**: il trattamento sarà applicato a tutti gli impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano un **carico pari o superiore a 100 000 a.e. entro e non oltre il 31 dicembre 2035**. Entro il **31 dicembre 2040** sarà applicato anche a tutti gli agglomerati con un numero di **a.e. compreso tra 10 000 e 100 000** nelle aree in cui la concentrazione o l'accumulo di microinquinanti rappresenta un rischio per la salute umana o l'ambiente. Gli Stati membri dovranno individuare tali aree nei rispettivi territori in base ai criteri specificati nell'articolo.

Rimozione all'80% dei microinquinanti individuati (Tabella 3 allegato D).

Art.9 **Responsabilità Estesa del Produttore (EPR)**: l'obbligo per i produttori (compresi gli importatori) di **contribuire ai costi del trattamento quaternario** di cui all'articolo 8 della direttiva, qualora immettano sul mercato nazionale degli Stati membri prodotti (solo farmaceutici e cosmetici) che a fine vita provocano l'inquinamento delle acque reflue urbane come microinquinanti. Tale contributo finanziario sarà stabilito sulla base del quantitativo e della tossicità dei prodotti immessi sul mercato (*NON COPRE SOSTANZE CHIMICHE INDUSTRIALI COME PFAS, NE' PESTICIDI*)

Table 3: Requirements for quaternary treatment of discharges from urban WWTPs referred to in Article 8(1) and (3).

Indicators	Minimum percentage of removal
Substances that can pollute water even at low concentrations (see Note 1)	80 % (see Note 2)

Note 1: The concentration of the organic substances referred to in points (a) and (b) shall be measured.

(a) Category 1 (substances that can be very easily treated):

- (i) Amisulprid (CAS No 71675-85-9),
- (ii) Carbamazepine (CAS No 298-46-4),
- (iii) Citalopram (CAS No 59729-33-8),
- (iv) Clarithromycin (CAS No 81103-11-9),
- (v) Diclofenac (CAS No 15307-86-5),
- (vi) Hydrochlorothiazide (CAS No 58-93-5),
- (vii) Metoprolol (CAS No 37350-58-6),
- (viii) Venlafaxine (CAS No 93413-69-5);

(b) Category 2 (substances that can be easily disposed of):

- (i) Benzotriazole (CAS No 95-14-7),
- (ii) Candesartan (CAS No 139481-59-7),
- (iii) Irbesartan (CAS No 138402-11-6),
- (iv) mixture of 4-Methylbenzotriazole (CAS No 29878-31-7) and 6-methylbenzotriazole (CAS No 136-85-6).

Note 2: The percentage of removal shall be calculated for at least six substances. The number of substances in category 1 shall be twice the number of substances in category 2. If less than six substances can be measured in sufficient concentration, the competent authority shall designate other substances to calculate the minimum percentage of removal when it is necessary. The average of the percentages of removal of all substances used in the calculation shall be used in order to assess whether the required 80 % minimum percentage of removal has been reached.

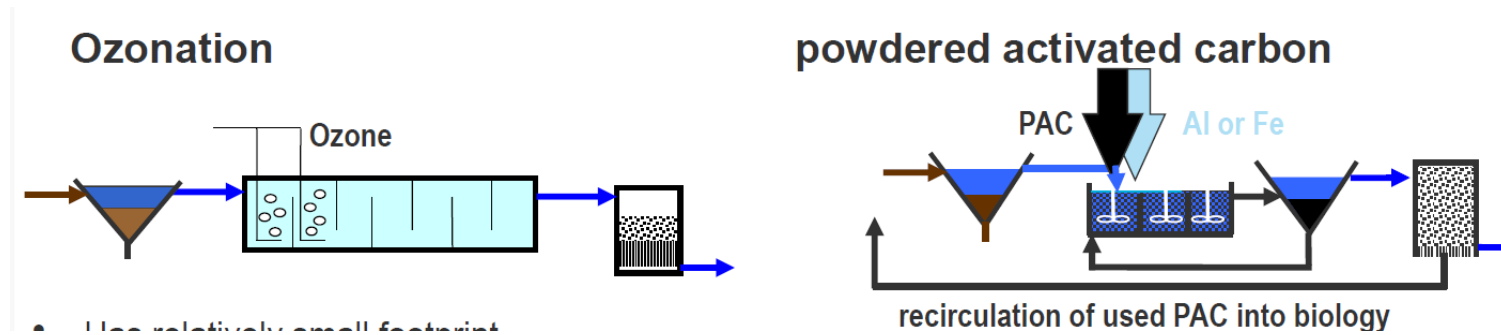
In Svizzera è in vigore dal 2016 la nuova Swiss Water Protection Act
(Obiettivo: abbattimento dei microinquinanti dell'80% con trattamenti avanzati entro il 2040)

Selezione di 12 sostanze rappresentative per i microinquinanti organici: la scelta è ricaduta su quelle sostanze che si analizzano con metodi già validati, che hanno concentrazioni elevate nell'influenza (10x limite di rilevabilità) e che generalmente sono scarsamente rimosse (al massimo 50%) dal trattamento biologico

Table 1 – List of 12 performance indicator implemented in Switzerland to ensure the efficiency of the upgraded wastewater treatment plants

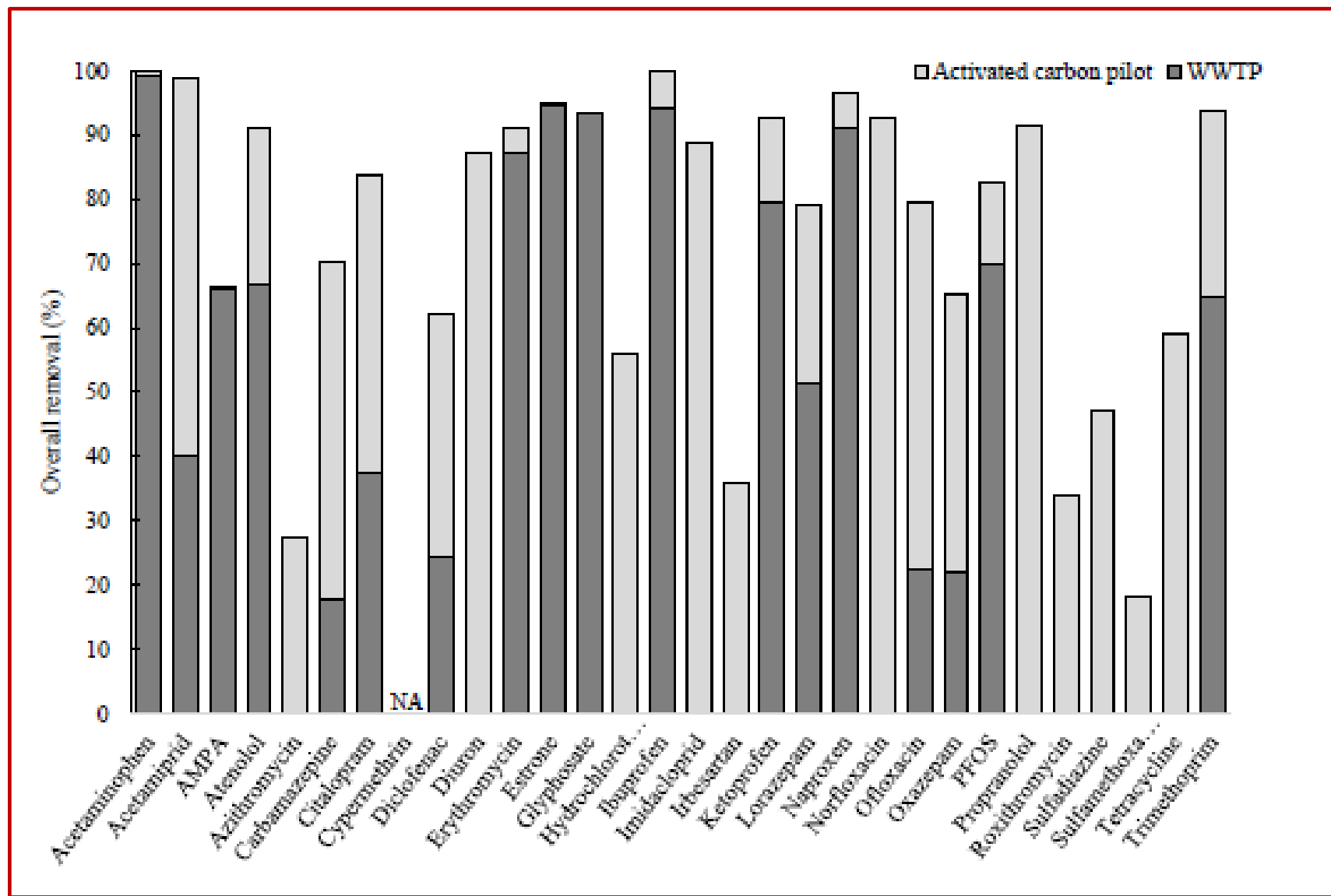
Substance	Class	Abatement during ozone or PAC treatment
Amisulpride	Pharmaceutical (antipsychotic)	Very good (>80%)
Carbamazepine	Pharmaceutical (antiepileptic)	Very good
Citalopram	Pharmaceutical (antidepressant)	Very good
Clarithromycin	Pharmaceutical (macrolide antibacterial)	Very good
Diclofenac	Pharmaceutical (anti-inflammatory / antirheumatic)	Very good
Hydrochlorothiazide	Pharmaceutical (diuretic)	Very good
Metoprolol	Pharmaceutical (beta blocking agent)	Very good
Venlafaxine	Pharmaceutical (antidepressant)	Very good
Benzotriazole	Corrosion inhibitor	Good (50-80%)
Methylbenzotriazole	Corrosion inhibitor	Good
Candesartan	Pharmaceutical (antihypertensive agent, angiotensin II antagonist)	Good
Irbesartan	Pharmaceutical (antihypertensive agent, angiotensin II antagonist)	Good

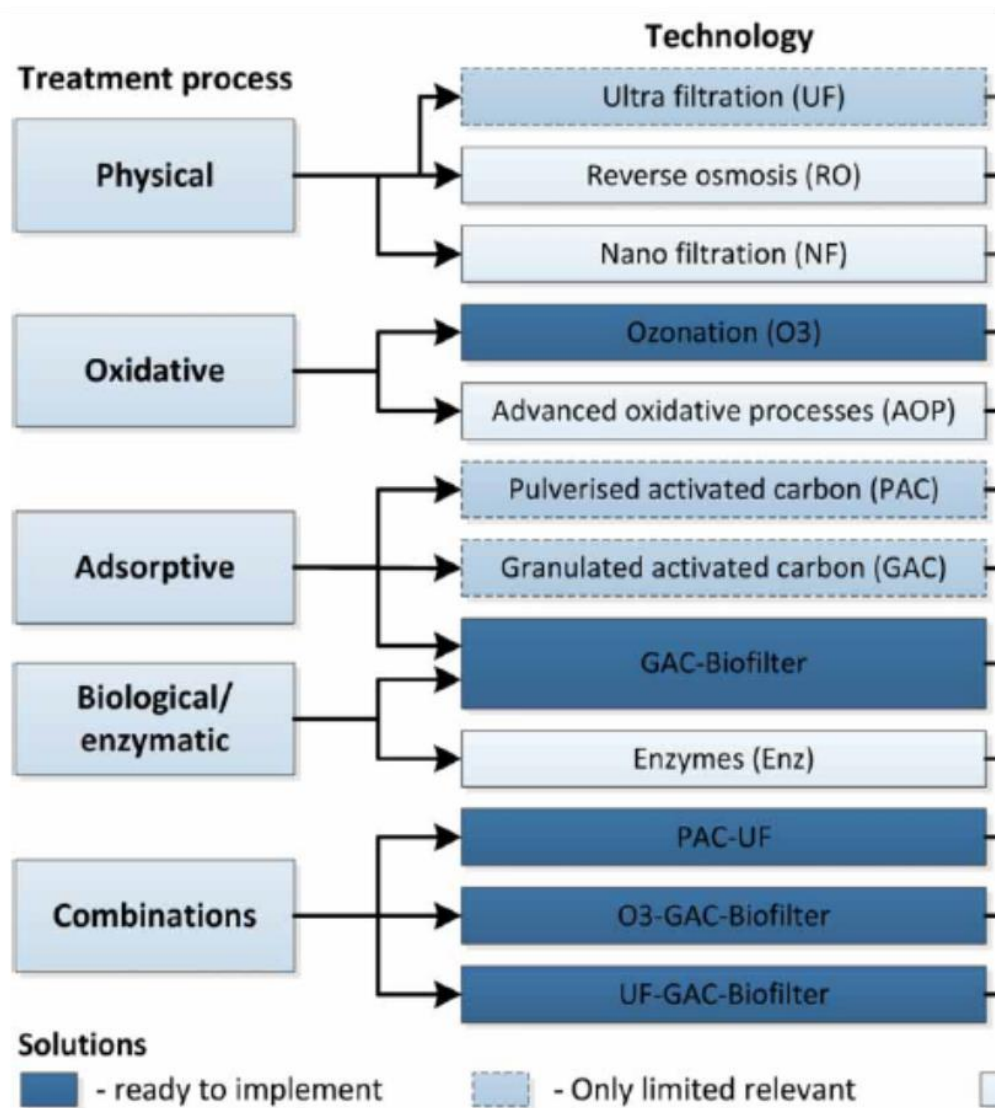
Trattamenti avanzati per la rimozione dei microinquinanti



Processo	Vantaggi	Criticità
Adsorbimento su carbone attivo	<ul style="list-style-type: none"> • Processo ampiamente studiato • Ampio spettro di applicabilità su composti inquinanti • Migliore tecnologia disponibile (BAT) già applicata a piena scala • Semplicità operativa • Costi operativi limitati 	<ul style="list-style-type: none"> • Scarsa selettività verso i MIE in caso di competizione con altri composti organici con pesi molecolari simili • Pochi studi relativi alla dinamica di adsorbimento dei MIE • Rigenerazione e smaltimento del carbone attivo esausto
Separazione su membrana (NF, RO)	<ul style="list-style-type: none"> • Elevate rese di rimozione verso quasi tutti i MIE investigati • Scarsa selettività nei confronti degli inquinanti • Facile up-grading 	<ul style="list-style-type: none"> • Pre-trattamento dell'acqua necessario per prevenire lo sporco e migliorare la durata delle membrane • Trattamento e smaltimento del flusso concentrato • Ridotto flusso di permeato • Elevati costi d'investimento e operativi (energia)
Ossidazione chimica (ozono) e AOPs	<ul style="list-style-type: none"> • Alcuni processi fortemente consolidati • Elevata efficienza di rimozione verso quasi tutti i MIE investigati • Bassa selettività nei confronti degli inquinanti • In generale, assenza di residui di processo da trattare o smaltire 	<ul style="list-style-type: none"> • Pochi risultati di studi su matrici acquose reali a piena scala • Condizioni testate in laboratorio su matrici sintetiche e necessarie per rimuovere i MIE spesso lontane dal campo di applicabilità a piena scala • Formazione di sottoprodotti di ossidazione • Design reattoristico complesso • Costi operativi (energetici) elevati

Rimozione complessiva di 30 microinquinanti emergenti tramite il trattamento di depurazione convenzionale (WWTP) ed il trattamento avanzato con carbone attivo





Relevant treatment systems for Swedish wastewater treatment plants

Treatment of	Powdered				
	Ozonation	Biofilter with granulated activated carbon (GAC)	activated carbon (PAC) & Ultrafiltration (UF)	Ozonation & Biofilter with GAC	Ultrafiltration (UF) & Biofilter with GAC
Pharmaceuticals	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
Antibiotic resistance	■■■	■■■	■■■■	■■■	■■■■
Disinfection	■■	■■	■■■■	■■■	■■■■
Estrogenic effect	■■■■	■	■	■■■■	■
Microplastics	■	■■	■■■■	■■	■■■■
PFAS/PFOS	■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
Environmental impact					
- Energy	■■	■■	■	■■	■
- Chemicals	■■■■	■■■■	■	■■■■	■
Costs (€/m ³)	0.015 - 0.035	0.02 - 0.08	0.12 - 0.16	0.04 - 0.08	0.06 - 0.19
Main cost items	Ozone dose contact time	Filter change	Membrane PAC dosing	Ozone dose Filter change	Membrane Filter change
Negative side effect	Increased toxicity		PAC slurry		

The table is a simplified summary of the reports detailed content.

- - good removal effect/no environmental impact
- - moderate removal effect/low environmental impact
- - some removal effect/some environmental impact
- - no removal effect/high environmental impact

Table 2

Ranges of costs of advanced treatment for Switzerland (CH), the Netherlands (NL) and Sweden (SE). O₃ = ozonation; SF = sand filter; PAC, GAC = powdered, granular activated carbon; BAF = biologically active filter; CAS = conventional activated sludge; UF = ultrafiltration.

Type of treatment	Source	Context	Units	For 10,000 PE	For 20,000 PE	For 50,000 PE	For 100,000 PE	For 500,000 PE
O ₃ + SF	Baggenstos, 2019	CH	Euro per PE per year	25.38	22.50	13.72	12.60	
PAC in CAS + SF	Baggenstos, 2019	CH	Euro per PE per year	27.26	24.72	17.11	16.07	
PAC + SF	Baggenstos, 2019	CH	Euro per PE per year	30.08	26.88	17.30	15.79	
GAC	Baggenstos, 2019	CH	Euro per PE per year	31.96	29.09	20.49	17.40	
O ₃ ^b	Baresel et al., 2017	SE	Euro per m ³	0.04	0.03		0.02	0.01
BAF(GAC) ^b	Baresel et al., 2017	SE	Euro per m ³	0.09	0.07		0.05	0.04
O ₃ + BAF(GAC) ^b	Baresel et al., 2017	SE	Euro per m ³	0.11	0.08		0.05	0.04
PAC-UF ^b	Baresel et al., 2017	SE	Euro per m ³	0.21	0.16		0.13	0.12
UF-BAF(GAC) ^b	Baresel et al., 2017	SE	Euro per m ³	0.21	0.16		0.11	0.09
GAC	STOWA, 2017	NL	Euro per PE per year		14.80		13.70	12.60 ^a
PAC + SF	STOWA, 2017	NL	Euro per PE per year		13.80		10.50	8.40 ^a
O ₃ + GAC	STOWA, 2017	NL	Euro per PE per year		15.90		10.00	9.50 ^a
O ₃	STOWA, 2017	NL	Euro per PE per year		4.80		3.20	2.60 ^a
O ₃ + SF	STOWA, 2017	NL	Euro per PE per year		10.60		8.90	7.90 ^a

^a Capacity 300,000 PE.

^b Referred to specific flow of 150 m³ per PE per year.

Figure 1: Impacts of micropollutants & microplastics in the aquatic environment

Environmental impacts

- **Microplastics** can cause physical, mechanical and eco-toxicological hazards
- **Organic chemicals** jeopardise the health of freshwater ecosystems
- **Pesticides** threaten species such as algae and invertebrates, which are important to ensure healthy and well-functioning aquatic ecosystems

Health impacts

Research has shown that human exposure to certain chemicals (e.g. bioaccumulative, endocrine-disrupting properties...) has been associated with genital malformation, impaired neural development and cancer. Further, certain harmful substances could cause inflammation, an immune response to anything recognised as "foreign" to the body, which can cause damage.

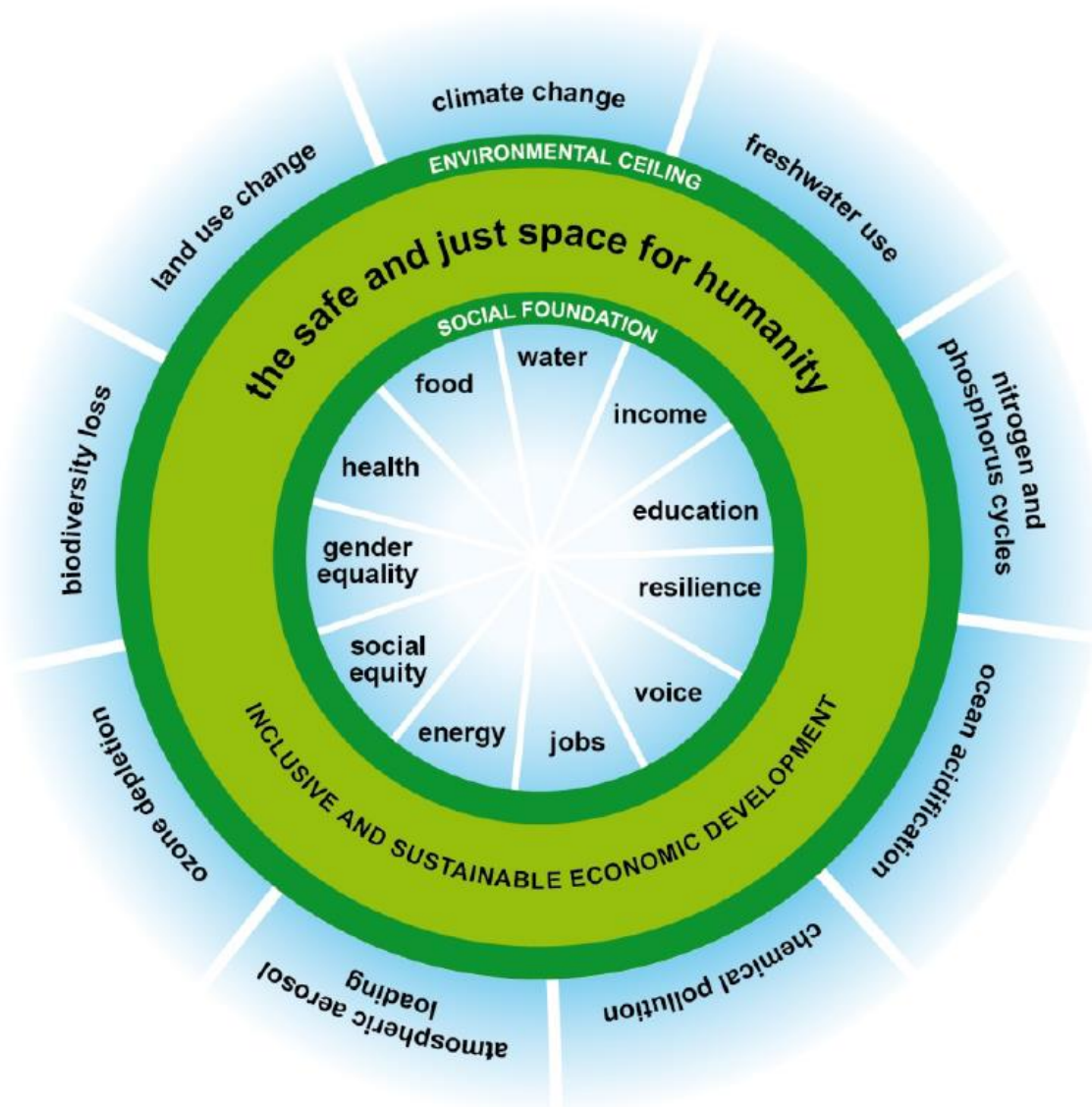


Economic impacts

- **Increased costs and investments** for drinking water and waste water treatment plants to ensure compliance with water quality standards and regulations.
- **Increased energy consumption** and use of chemicals associated with certain water treatment techniques.
- **Circular economy solutions** become increasingly difficult to implement in WWTPs due to higher contamination of (new) pollutants in sewage sludge and wastewater.

TAKE HOME MESSAGE

- Una migliore gestione dei microinquinanti, che spazia dal **controllo alla fonte** (attraverso regolamentazione e sostituzione di sostanze), **all'informazione degli utenti** (corretto smaltimento, uso moderato e ottimale, scelta di prodotti chimici con minor impatto ambientale, ecc.) fino alle **soluzioni tecniche** negli impianti di depurazione (WWTP), è quindi di fondamentale importanza per la salvaguardia delle risorse naturali.
- **L'idoneità e la sostenibilità di un processo di trattamento avanzato** devono essere valutate in base a molteplici criteri, quali: affidabilità dell'impianto, flessibilità del processo, necessità di personale qualificato, vincoli amministrativi, disponibilità di spazio, capacità residua e adattabilità del trattamento biologico esistente, ecc.



Grazie per la vostra attenzione
camilla.braguglia@irsa.cnr.it
Istituto di Ricerca sulle Acque
Area della Ricerca del CNR RM1-
Monterotondo (RM)

Da Kate Raworth, 2012. *A safe and just space for humanity*



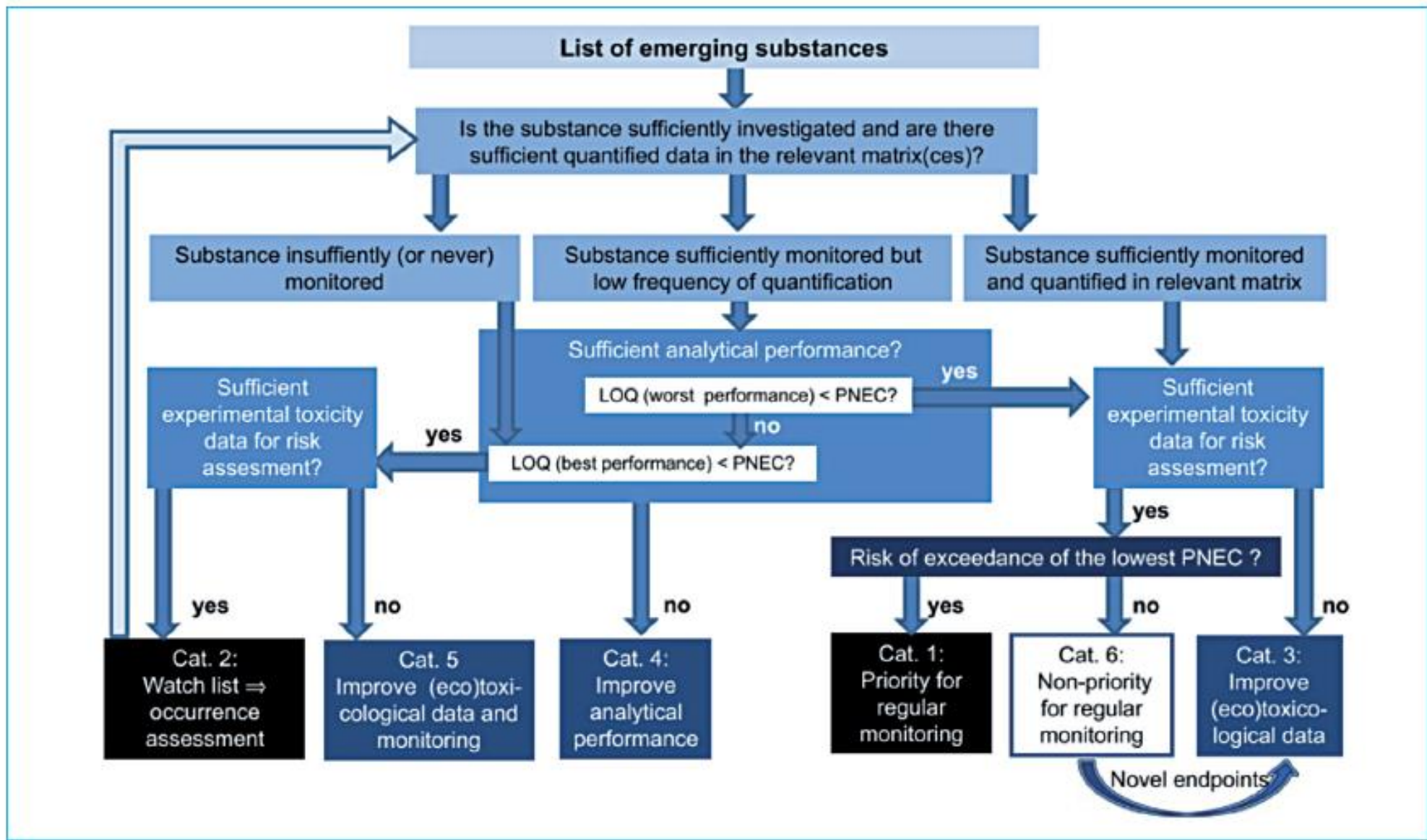
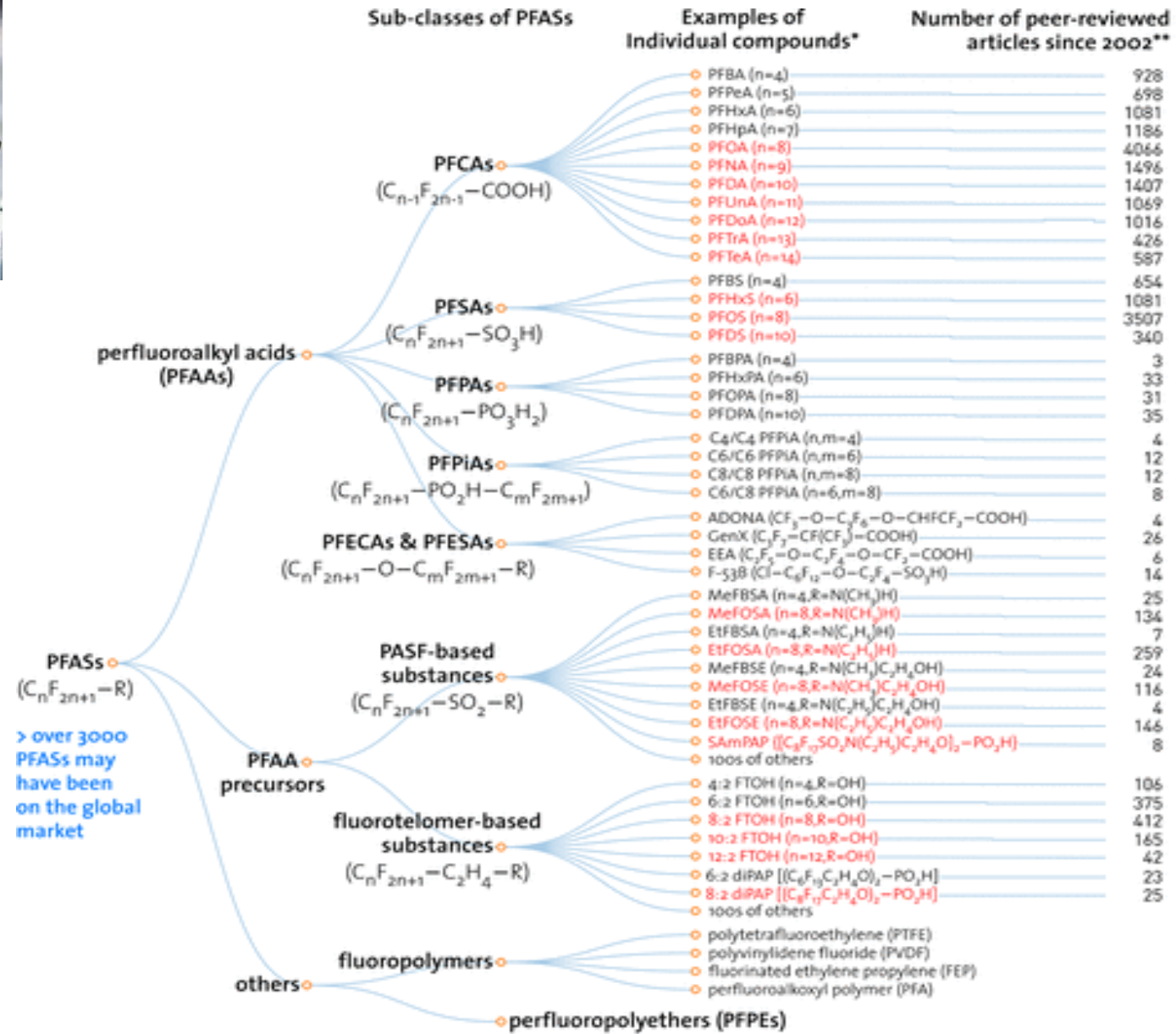


Figura 1: metodologia di prioritizzazione dei ME proposta dal NORMAN network (Dulio and von der Ohe, 2013; Dulio et al., 2018)



PFAS: sostanze perfluoroalchiliche



* PFASs in RED are those that have been restricted under national/regional/global regulatory or voluntary frameworks, with or without specific exemptions (for details, see OECD (2015), Risk reduction approaches for PFASs. <http://oe.cd/1AN>).

** The numbers of articles (related to all aspects of research) were retrieved from SciFinder® on Nov. 1, 2016.

Caratterizzazione Rischio RCR

la caratterizzazione del rischio consiste nel confrontare i livelli di esposizione (PEC) con gli opportuni livelli di non effetto (PNEC) per ricavare un **indicatore della probabilità che si verifichino effetti negativi sugli organismi e gli ecosistemi ambientali**

per ogni scenario di esposizione è necessario acquisire:

- valori dell'esposizione(PEC), misurata o stimata, per le scale spaziali e temporali rilevanti e per i diversi comparti ambientali
- livelli di non effetto (PNEC) per le scale temporali rilevanti, per gli ecosistemi, gli end-points adeguati e le vie di esposizione

Rapporto di caratterizzazione del rischio: $RCR = PEC / PNEC$

- Organismi rappresentativi di 3 livelli trofici:

**Se $RCR \geq 1$ RISCHIO AMBIENTALE
POTENZIALE**

Se $RCR < 1$ NO RISCHIO

produttori primari
(alge e piante),



consumatori primari
(invertebrati)



consumatori
secondari
(pesci)



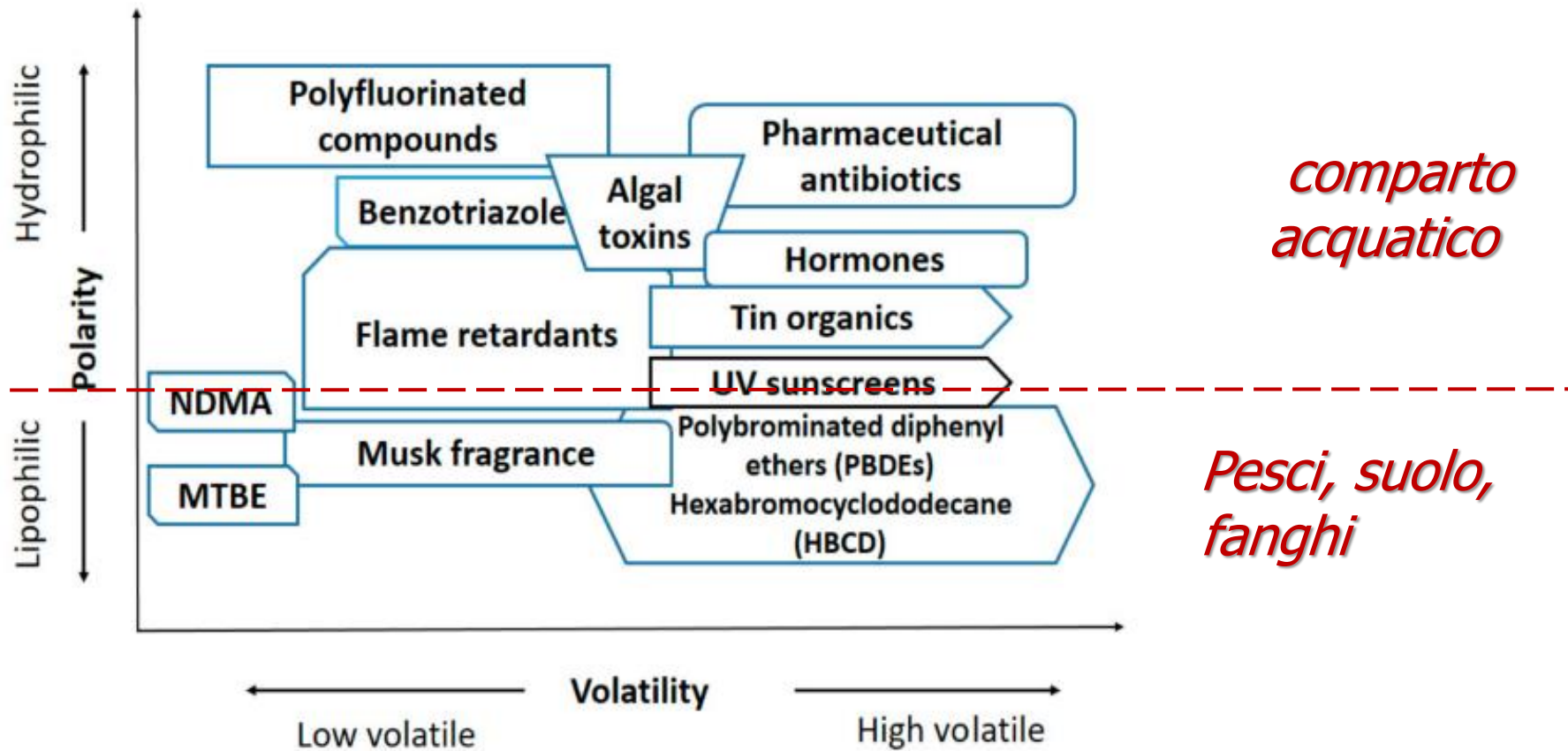


Figure 2. Emerging pollutants volatility and polarity (adapted upon [41]).

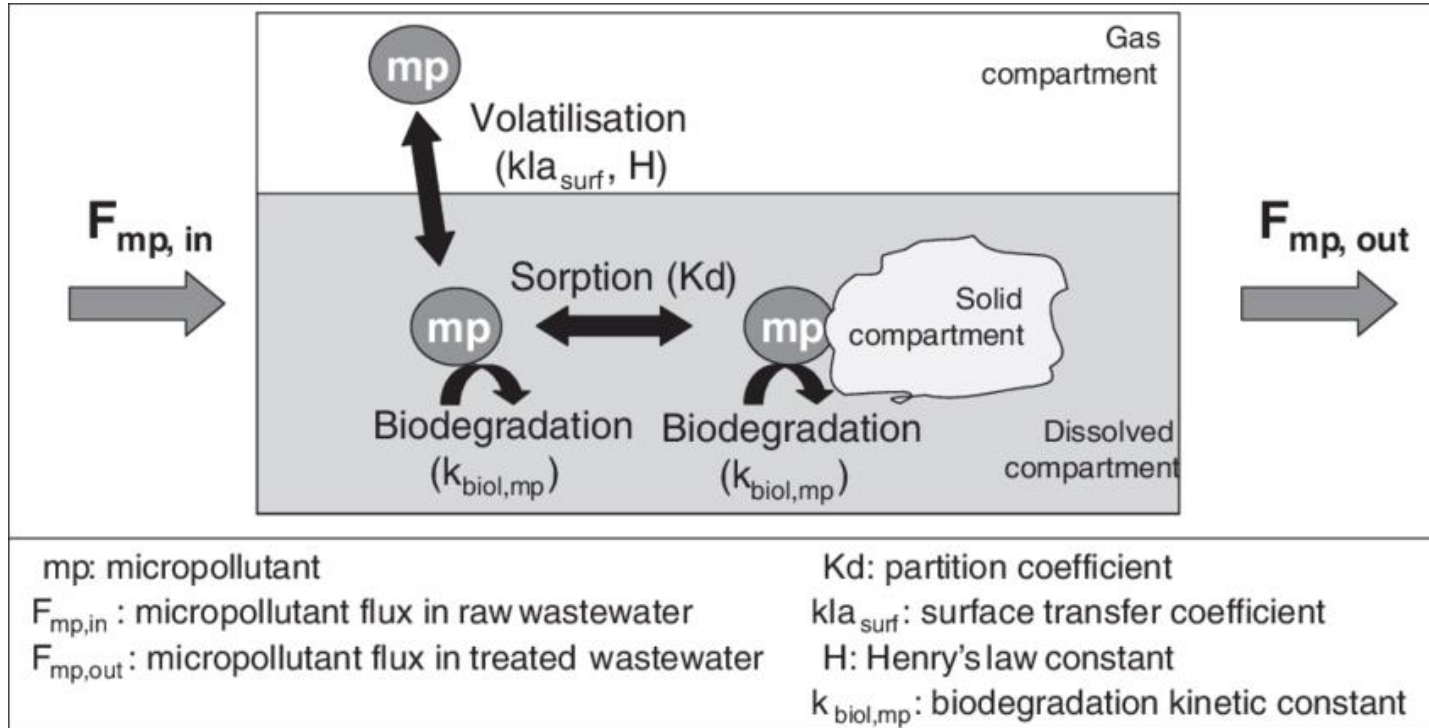
- I contaminanti con elevata solubilità in acqua e scarsa biodegradabilità sono quelli maggiormente recalcitranti durante il trattamento delle acque reflue

Efficienza di rimozione in un impianto di depurazione a fanghi attivi

secondo Grand clementet al. (2017) e di Krzeminskiet al. (2019).

3 gruppi di sostanze, in base alla biodegradazione (costante di velocità K_{biol}) e all' affinità con la fase (K_d , coefficiente di ripartizione solido/liquido):

- ❑ $K_{biol} < 0.1$ L/g SS.d: biodegradazione trascurabile (< 20%), ma possibilità di accumulo nei fanghi se $K_d > 1$ L/g.d
- ❑ $0.1 < K_{biol} < 10$ L/g SS.d: rimozione parziale (20 -90%);
- ❑ $K_{biol} > 10$ L /g SS.d: rimozione per degradazione biologica anche > 90%, in funzione delle condizioni operative.



Pharmaceuticals: variable, most of them are readily soluble with <50% partitioning to sludge;

Pesticides—variable, but many come as oil based emulsions and so >50% partitioning into sludge is possible

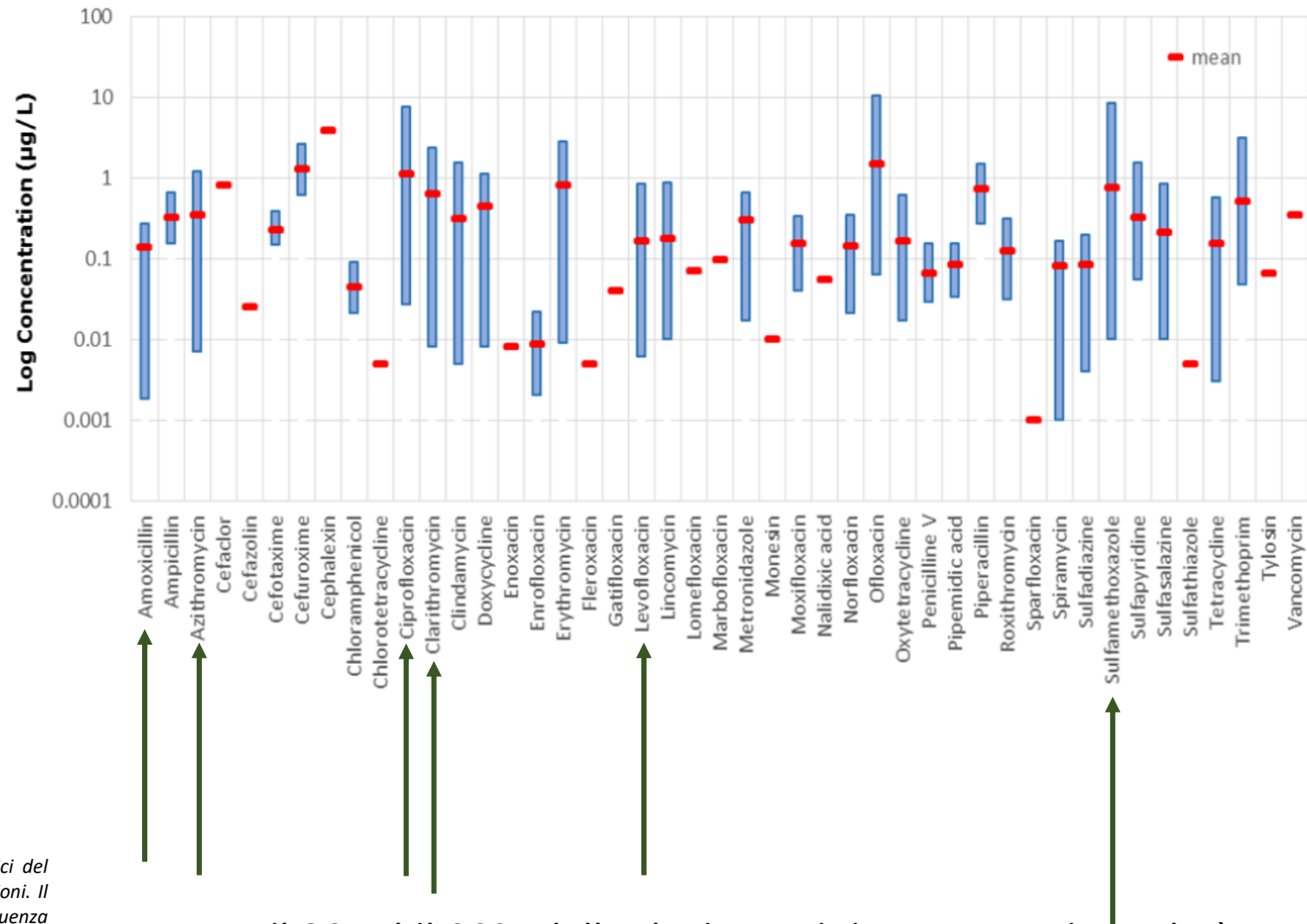
Consumo antibiotici e presenza negli effluenti

Tabella 1.3 Principi attivi a maggior consumo nel 2021 per gruppo AWaRe e confronto con il 2020

Gruppo/principio attivo	DDD/1000 ab die	%*	% SSN	Δ% 21-20
Access (53%)	9,0		68,2	-0,3
amoxicillina/acido clavulanico	6,1	68,6	72,6	-1,2
amoxicillina	1,4	15,5	50,4	-7,3
trimetoprim/sulfametoxazolo	0,5	5,4	77,0	-1,6
doxiciclina	0,4	4,5	46,8	4,3
nitrofurantoina	0,3	2,8	59,0	40,1
cefazolina	0,1	0,9	93,3	8,6
cefalexina	<0,05	0,5	47,9	2,0
metronidazolo	<0,05	0,4	98,3	-4,3
bacampicillina	<0,05	0,3	63,1	-27,1
oxacillina	<0,05	0,2	99,5	>100
Watch (43%)	7,4		85,0	-8,7
azitromicina	1,8	23,8	78,9	-11,9
claritromicina	1,5	20,6	82,6	-13,0
cefixima	1,0	12,9	88,0	2,8
levofloxacina	0,8	11,2	89,0	-11,8
ciprofloxacina	0,8	10,8	85,8	1,8
ceftriaxone	0,4	5,4	95,4	-17,8
cefditoren	0,2	2,4	97,9	-3,5
limeciclina	0,2	2,3	72,1	24,8
piperacillina/tazobactam	0,1	2,0	97,6	2,3
prulifloxacina	0,1	1,1	95,9	-13,5
Reserve (4%)	0,7		76,3	6,2
fosfomicina	0,5	74,3	72,4	3,4
minociclina	0,1	9,8	67,9	4,0
daptomicina	<0,05	6,4	100,0	69,3
linezolid	<0,05	3,9	99,8	-1,2
colistimetato	<0,05	2,2	100,0	-4,7
tigeciclina	<0,05	1,7	100,0	10,2
avibactam/ceftazidima	<0,05	0,9	100,0	35,3
ceftarolina	<0,05	0,3	100,0	-12,1
aztreonam	<0,05	0,2	100,0	-7,6
meropenem/vaborbactam	<0,05	0,1	100,0	-
Totale	17,1	100,00	76,0	-3,3

The 2021 WHO AWaRe classification of antibiotics for evaluation and monitoring of use: antibiotici del gruppo Access dovrebbero essere sempre utilizzati come trattamento di prima scelta per molte infezioni. Il gruppo Watch comprende, invece, antibiotici con un maggiore rischio di indurre resistenze e di conseguenza raccomandati generalmente come trattamenti di seconda scelta, o da preferirsi solo per casi specifici. Il terzo gruppo Reserve comprende antibiotici di ultima istanza e utilizzati solo nei casi più gravi

Concentrations of antibiotics in WWTP effluents all over the world (literature data)



Tra il 30 ed il 90% delle dosi amministrate per via orale è generalmente escreto come sostanza attiva nelle urine

