



UNIMORE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze e Metodi  
dell'Ingegneria

DISMI  
20



UNIMORE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

1175  
Centro Interdipartimentale EN & TECH

# **“Analisi LCA del trattamento chimico, fisico, meccanico e biologico di reflui industriali e percolati di discarica”**

**Grazia Maria Cappucci**

# Argomenti



- Processi di trattamento delle acque reflue industriali e loro inter-relazioni
- Descrizione dei trattamenti di ogni impianto
- Valutazione delle emissioni diffuse
- Analisi del danno

## Trattamenti delle acque reflue



### Acque reflue industriali (Dlgs. 152/06, Parte III, Sezione II, art. 74, lett. h):

«qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche (...);»



**Trattamento chimico-fisico,  
meccanico, biologico**

Trattamento chimico-fisico →

TCF (Centro Ecologico  
Romea, Ravenna)



Disidratazione e inertizzazione →

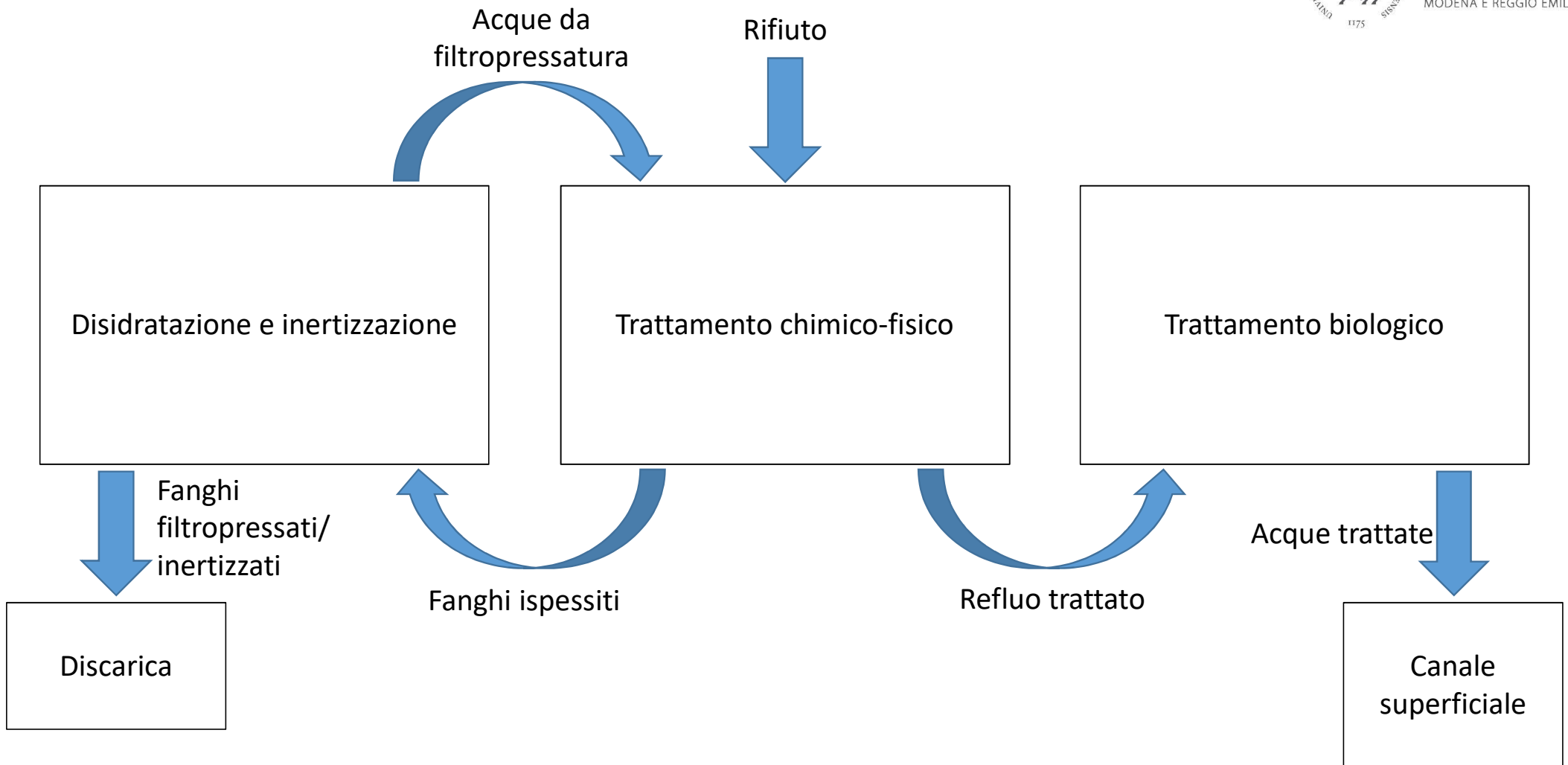
DISIDRAT (Centro Ecologico  
Romea, Ravenna)



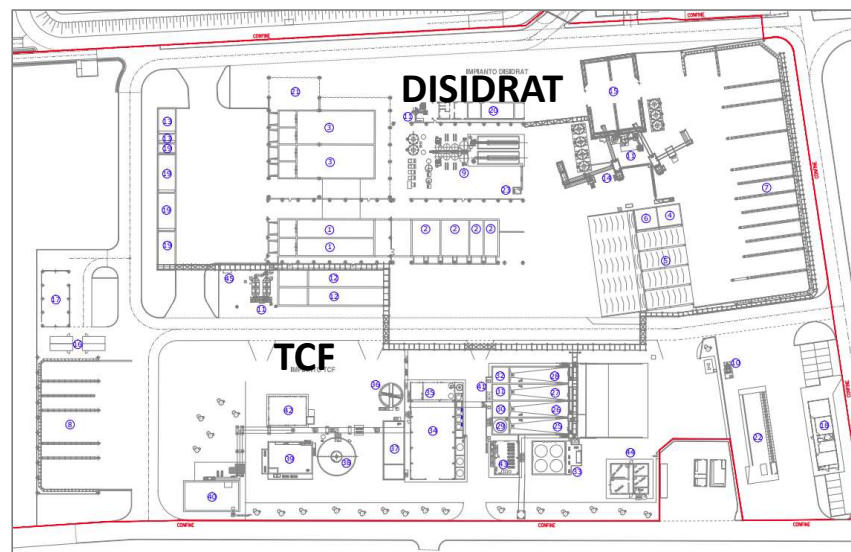
Trattamento biologico →

TAPO (Centro Ecologico  
Baiona, Ravenna)

# Schema a blocchi generale



## TCF (Romea, Ravenna)



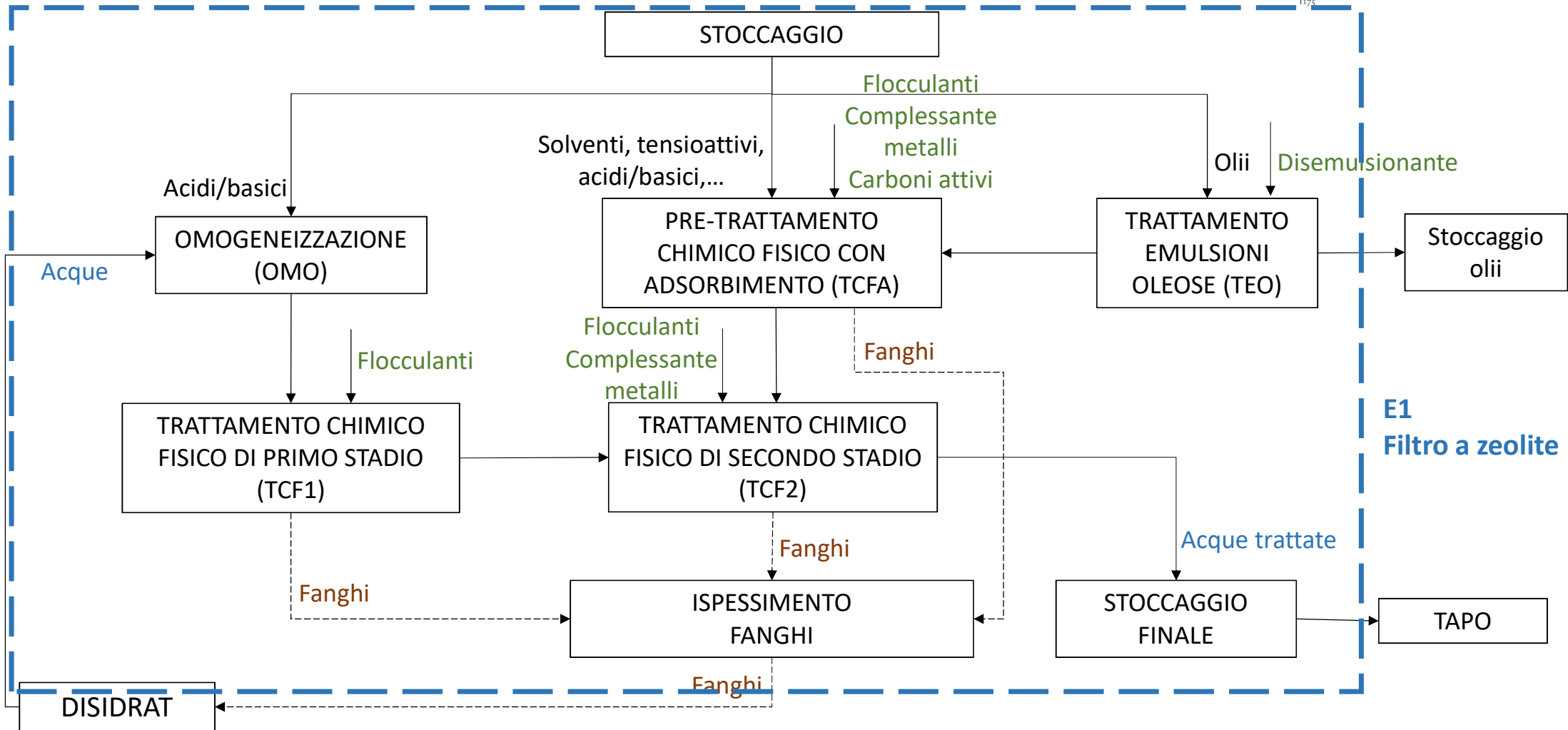
Rifiuti speciali liquidi anche pericolosi  
220.000 t/anno

PRINCIPALMENTE conferiti via tubo dagli impianti coinsediati  
nel comparto (percolati discariche Herambiente e Sotris).

In conto terzi tramite ATB (emulsioni oleose, solventi, percolati  
di discarica).



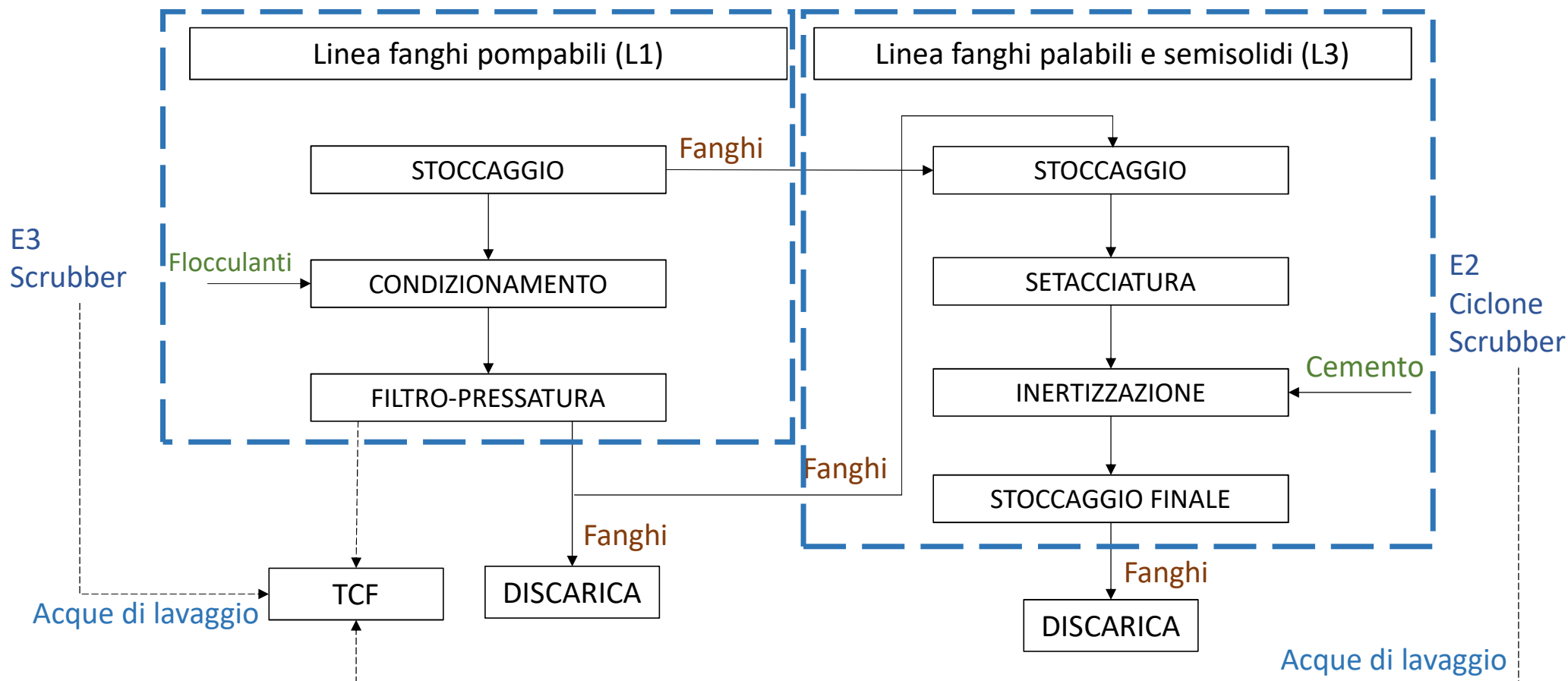
# TCF (Romea, Ravenna)

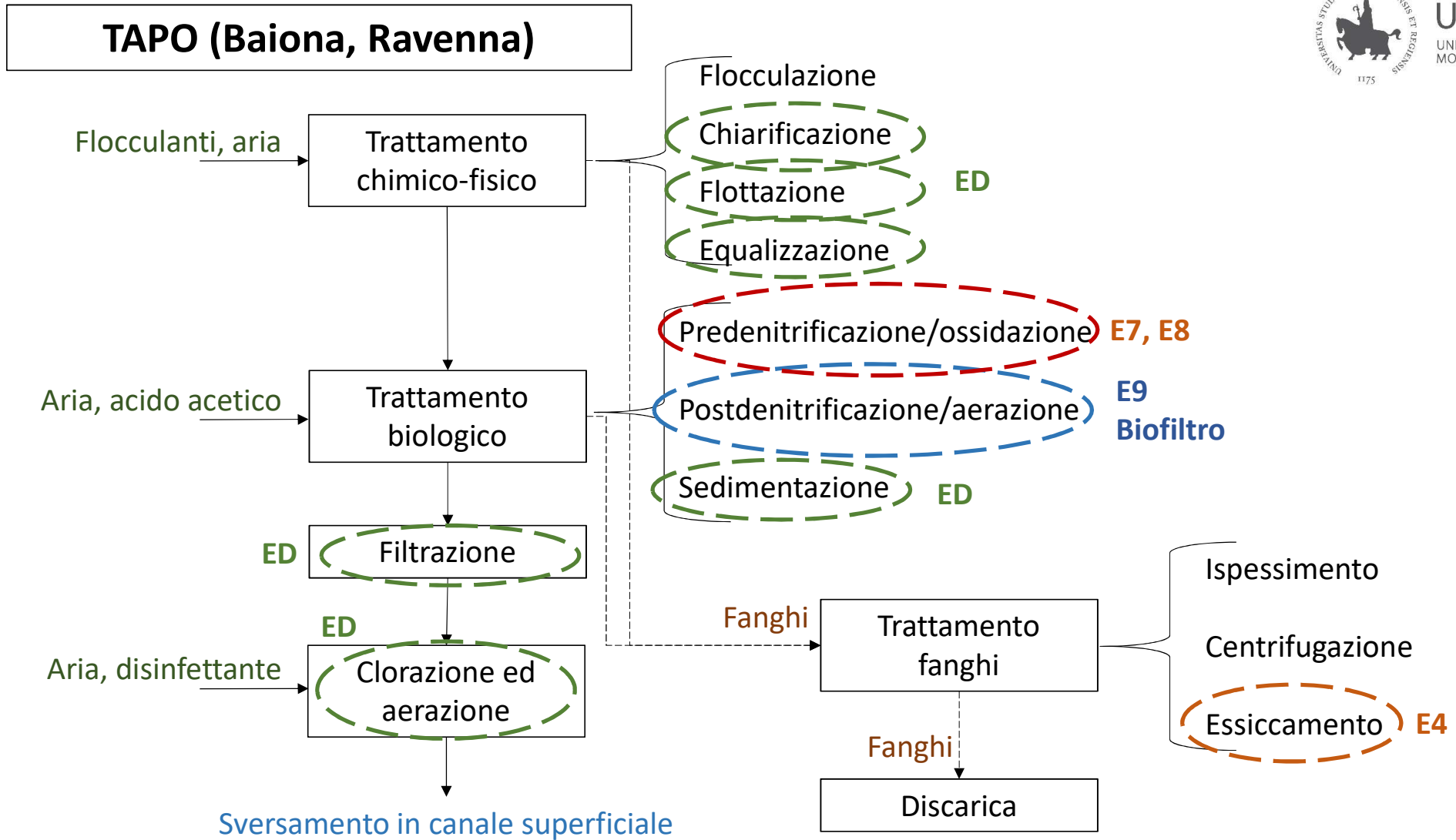


# DISIDRAT (Romea, Ravenna)



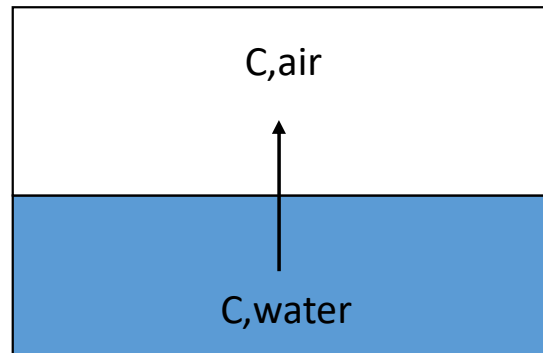
**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA







## DIFFUSIONE (Modello a box di D. Mckay)



$$C_{,air} = K_{aw} \times C_{,water}$$

$$K_{aw} = \frac{H}{R \times T} = \frac{(\text{VAPOR PRESSURE} \times \text{MOL WEIGHT})/\text{SOLUBILITY}}{R \times T}$$

- $K_{air-water}$  = cost. distribuzione all'equilibrio aria-acqua
- H = costante della legge di Henry [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ ]
- Vapor pressure = tensione di vapore della sostanza [Pa]
- Mol weight = peso molecolare [ $\text{kg}/\text{mol}$ ]
- Solubility = solubilità in acqua [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
- R = costante dei gas =  $8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{K})$
- T = temperatura all'interfaccia a-w [K]

## Metalli

Arsenico

Cadmio

...

Mercurio

CinS1

CinS2

...

CinS3

## Solventi Organici Aromatici

Benzene

Etilbenzene

...

Isopropilbenzene

Cin

## Solventi Organici Clorurati

Cloroformio

Bromoformio

...

Dibromoclorometano

Cin



LORE

GLI STUDI DI  
GIO EMILIA

CoutS1

CoutS2

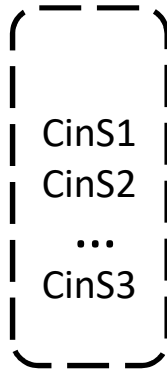
...

CoutS3

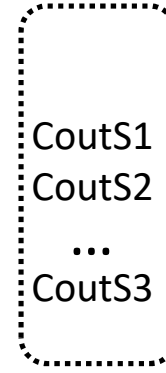
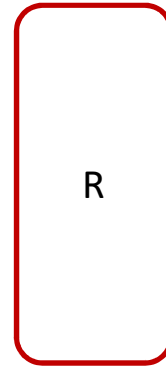
Cout

?

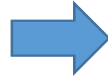
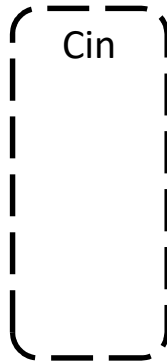
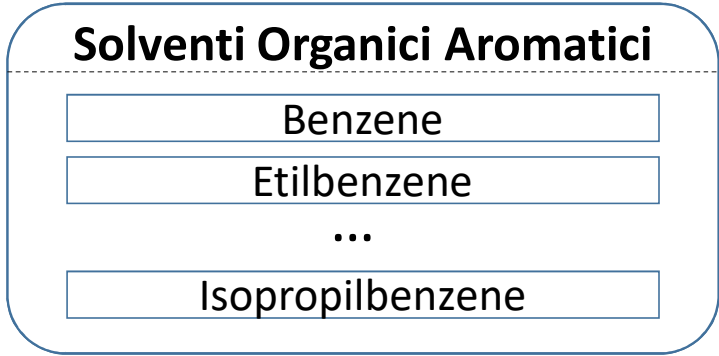
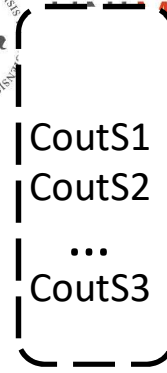
Cout



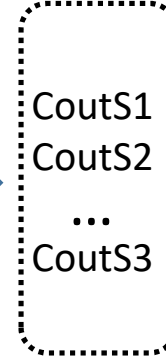
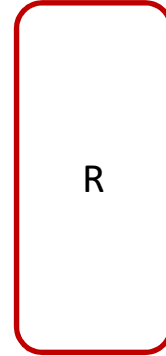
+



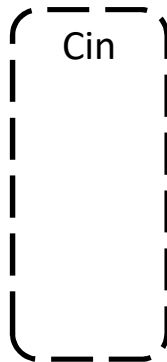
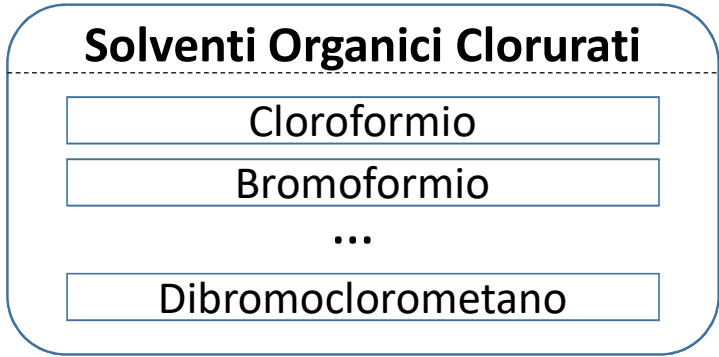
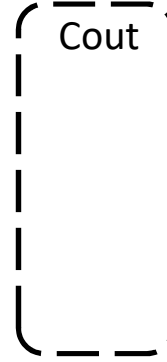
≡



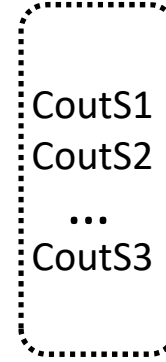
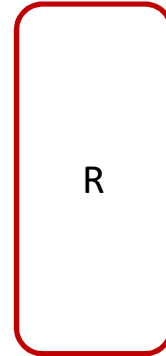
+



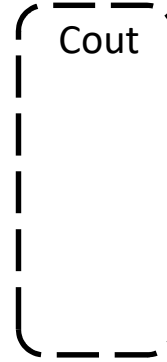
≡



+



≡



## Calcolo della variazione della concentrazione nell'acqua



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Sostanza	CH2Oin (mg/l)*	CH2Oout (mg/l)**	Kaw
Arsenico	0,0155	0,001333333	-
Cadmio	0,003416667	0,001	-
Cromo totale	0,325333333	0,011333333	-
Cromo VI	0,025	0,025	-
Mercurio	0,00025	0,00025	0,467
Nichel	0,925166667	0,018666667	-
Piombo	0,022166667	0,001	-
Rame	0,113083333	0,005	-
Selenio	0,008	0,001	-
Zinco	0,566	0,032333333	-
<b>Solventi organici aromatici</b>	<b>0,310833333</b>	<b>0,001</b>	
Benzene	0,038854167		0,228
Etilbenzene	0,038854167		0,322
Stirene	0,038854167		0,112
Toluene	0,038854167		0,271
mxylene	0,038854167		0,294
oxylene	0,038854167		0,212
Propilbenzene	0,038854167		0,326
Isopropilbenzene	0,038854167		0,103
<b>Solventi organici clorurati</b>	<b>0,073333333</b>	<b>0,002166667</b>	
Cloroformio	0,007333333		0,1282
Bromoformio	0,007333333		0,06831
Tricloroetilene	0,007333333		0,403
Tetracloruro di carbonio	0,007333333		0,94619
Tetracloroetilene	0,007333333		0,724
1,2 Dicloroetano	0,007333333		0,0481
1,2 Dibromoetano	0,007333333		0,0289
1,1,1 Tricloroetano	0,007333333		0,703
Diclorobromometano	0,007333333		0,0867
Dibromocloroetano	0,007333333		0,032

\* Allegato 1, Relazione annuale 2017, TCF, HERAmbiente

\*\* Allegato 2, Relazione annuale 2017, TAS, HERAmbiente

**4° Seminario Tecnico LCA – Reggio Emilia, 11 Aprile 2018**

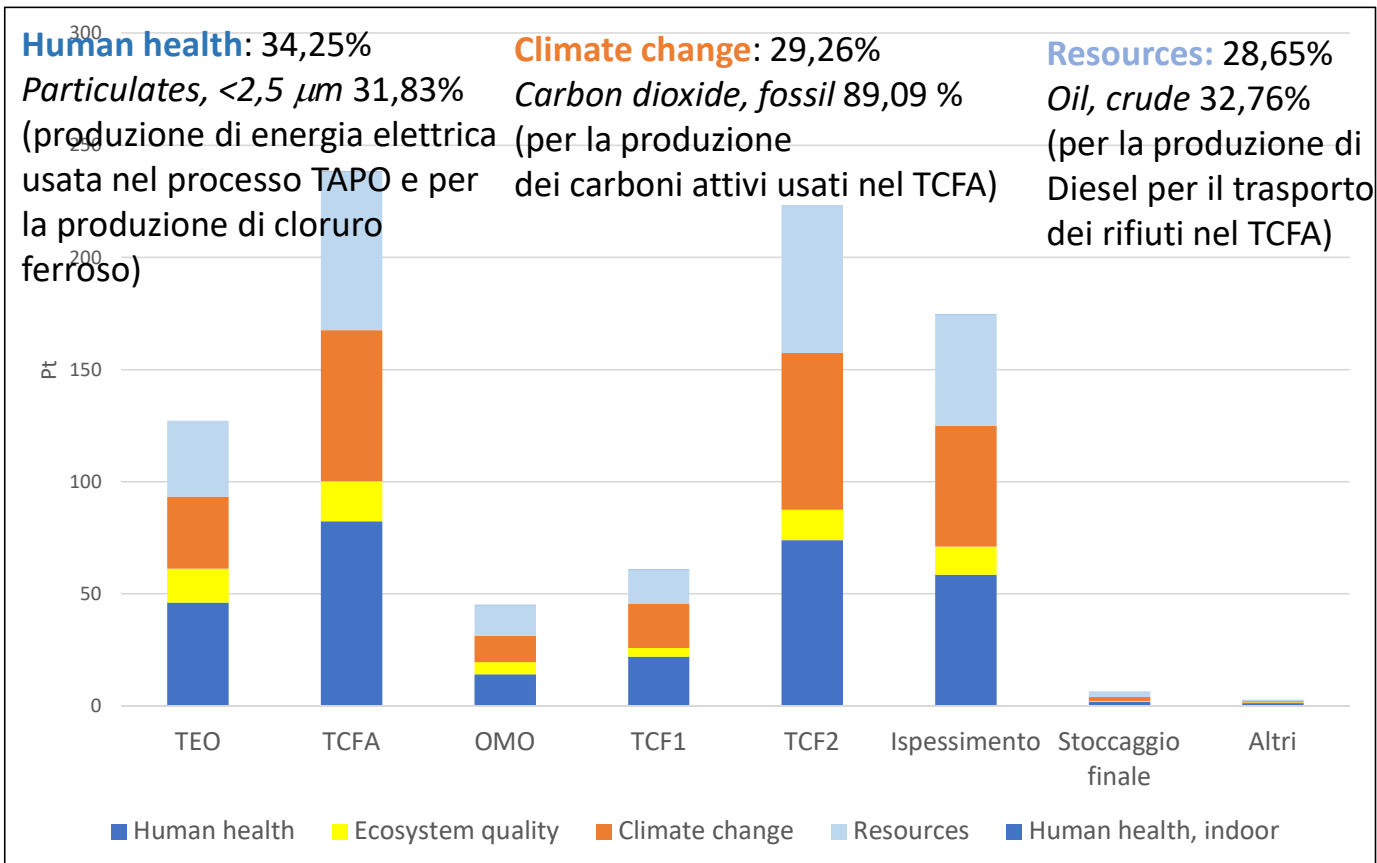
## Calcolo della variazione della concentrazione nell'acqua

Flottazione (TCF)	Parti sospese leggere, sia solide che di natura oleosa	
Rimozione	0,3	kaw
Sostanza	ConcOUT	
<b>Solventi organici aromatici</b>		
Benzene	0,020996792	0,016209523
Etilbenzene	0,018440188	0,012502447
Stirene	0,02415175	0,021446754
Toluene	0,019827281	0,019827281
mxylene	0,019201729	0,013556421
oxylene	0,021431958	0,016888383
Propilbenzene	<b>0,018331396</b>	<b>0,012355361</b>
Isopropilbenzene	0,024396531	0,021883689
<b>Solventi organici clorurati</b>		
Cloroformio	0,00447524	0,003901514
Bromoformio	0,004782675	0,004455971
Tricloroetilene	0,0030646	0,001829566
Tetracloruro di carbonio	0,000276225	1,48636E-05
Tetracloroetilene	0,0014168	0,000391037
1,2 Dicloroetano	0,004885907	0,004650406
1,2 Dibromoetano	0,00498498	0,004840914
1,1,1 Tricloroetano	0,0015246	0,000452806
Diclorobromometano	<b>0,004688273</b>	<b>0,0042818</b>
Dibromocloroetano	0,004969067	0,004810057
<b>Solventi organici azotati</b>		
Acetonitrile	0,041939233	0,0418931
Acrilonitrile	0,041846865	0,04170877
Piridina	0,041982737	0,04198005782
Ortotoluidina	0,041981242	0,041977069
<b>Fenoli</b>	2,980525876	2,98021845
<b>Idrocarburi totali</b>	1,48154517	1,48142368
<b>Pesticidi fosforati</b>	0,000729167	0,00072917
<b>Mercurio</b>		0,000071022

Equalizzazione	-
Rimozione	kaw
Sostanza	ConcOUT
<b>Solventi organici aromatici</b>	
Benzene	0,012513752
Etilbenzene	0,008476659
Stirene	0,019044718
Toluene	0,014454088
mxylene	0,009570833
oxylene	0,013308046
Propilbenzene	0,008327513
Isopropilbenzene	0,019629669
<b>Solventi organici clorurati</b>	
Cloroformio	0,00340134
Bromoformio	0,004151583
Tricloroetilene	0,001092251
Tetracloruro di carbonio	7,99813E-07
Tetracloroetilene	0,000107926
1,2 Dicloroetano	0,004426256
1,2 Dibromoetano	0,004701012
1,1,1 Tricloroetano	0,000134483
Diclorobromometano	0,003910568
Dibromocloroetano	0,004656135
<b>Solventi organici azotati</b>	
Acetonitrile	0,041847017
Acrilonitrile	0,041571131
Piridina	0,0419774
Ortotoluidina	0,04197290
<b>Fenoli</b>	2,97991106
<b>Idrocarburi totali</b>	1,48130221
<b>Pesticidi fosforati</b>	0,000729167
<b>Mercurio</b>	0,00003785

## Analisi del danno

Metodo: IMPACT 2002+\* (modificato)  
Unità funzionale: 196323,353 t (2016)\*\*



Danno totale: 878,96 Pt

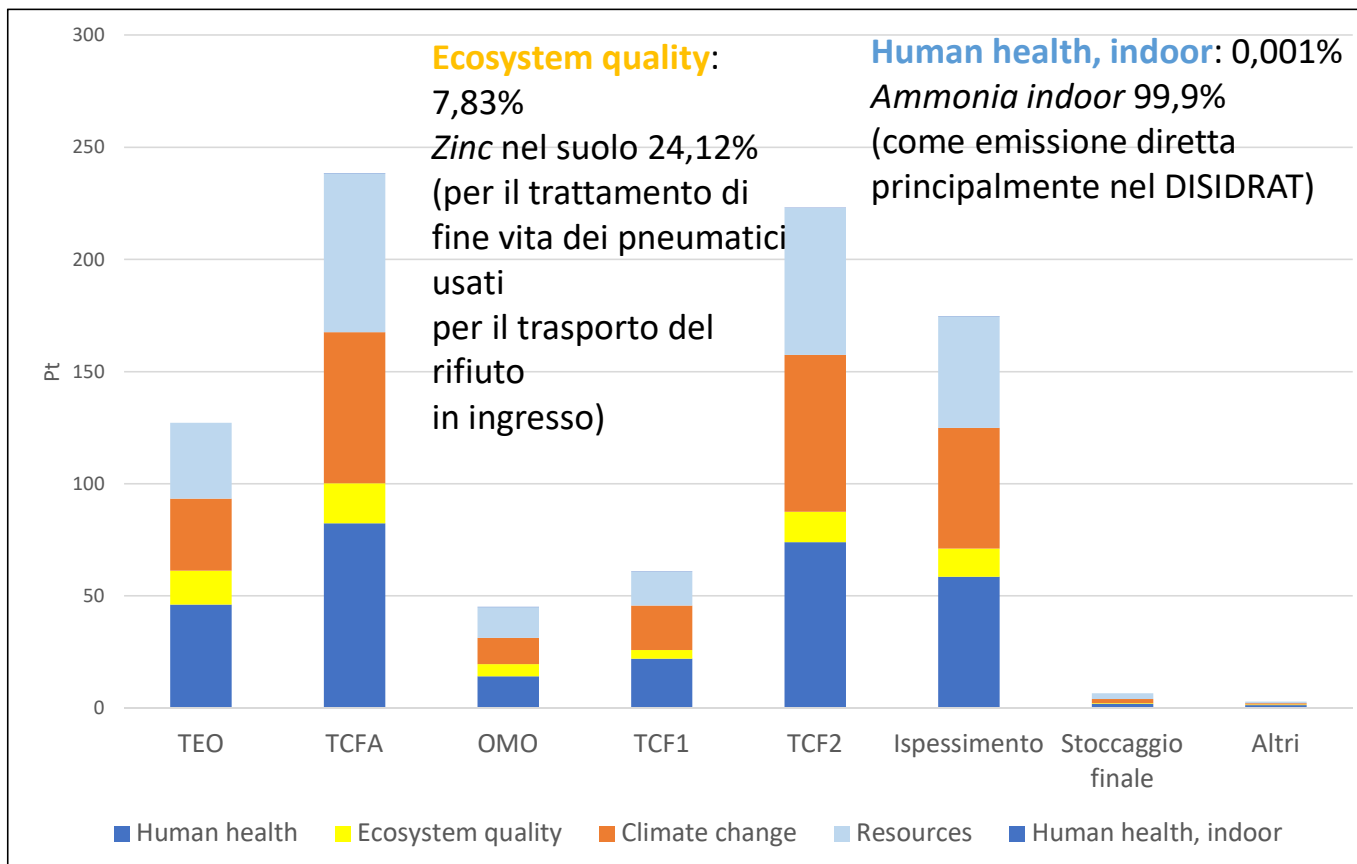
- 27,11% a Pre-trattamento chimico-fisico con adsorbimento (TCFA);
- 25,37% a Trattamento chimico-fisico di secondo stadio (TCF2);
- 19,86% a Ispezzimento;
- 14,48% a Trattamento emulsioni oleose (TEO).

\* Jolliet, O, Margni, M, Charles, R, Humbert, S, Payet, J, Rebitzer, G, Rosenbaum, R, 2003, IMPACT2002+: A new life cycle impact assessment methodology. Int. J. LCA, 8, 324–330

\*\*Relazione annuale 2017, TCF, HERAmbiente

## Analisi del danno

Metodo: IMPACT 2002+\* (modificato)  
Unità funzionale: 196323,353 t (2016)\*\*



Danno totale: 878,96 Pt

- 27,11% a Pre-trattamento chimico-fisico con adsorbimento (TCFA);
- 25,37% a Trattamento chimico-fisico di secondo stadio (TCF2);
- 19,86% a Ispessimento;
- 14,48% a Trattamento emulsioni oleose (TEO).

\* Jolliet, O, Margni, M, Charles, R, Humbert, S, Payet, J, Rebitzer, G, Rosenbaum, R, 2003, IMPACT2002+: A new life cycle impact assessment methodology. Int. J. LCA, 8, 324–330

\*\*Relazione annuale 2017, TCF, HERAmbiente

## Conclusioni



- Lo studio dei trattamenti è stato svolto cercando di descrivere al meglio i flussi di massa e di emissioni
- La valutazione delle emissioni diffuse è stata possibile grazie all'applicazione delle equazioni di Mckay
- La valutazione della rimozione degli inquinanti dovuti a una specifica reazione è stata ipotizzata
- Nel danno totale rivestono un ruolo importante i processi di produzione dei reagenti e i trasporti dei rifiuti