



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

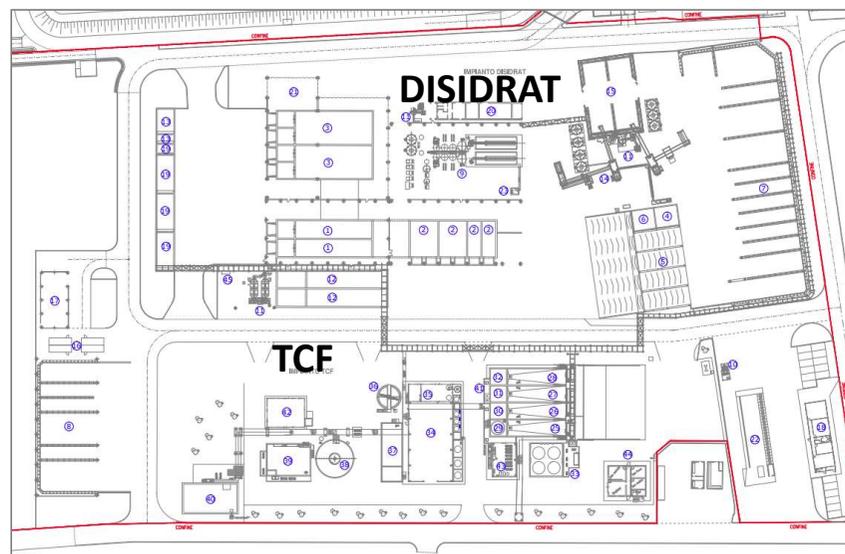
DISIDRAT (Centro Ecologico
Romea, Ravenna)



Trattamento biologico

TAPO (Centro Ecologico
Baiona, Ravenna)

TCF (Romea, Ravenna)

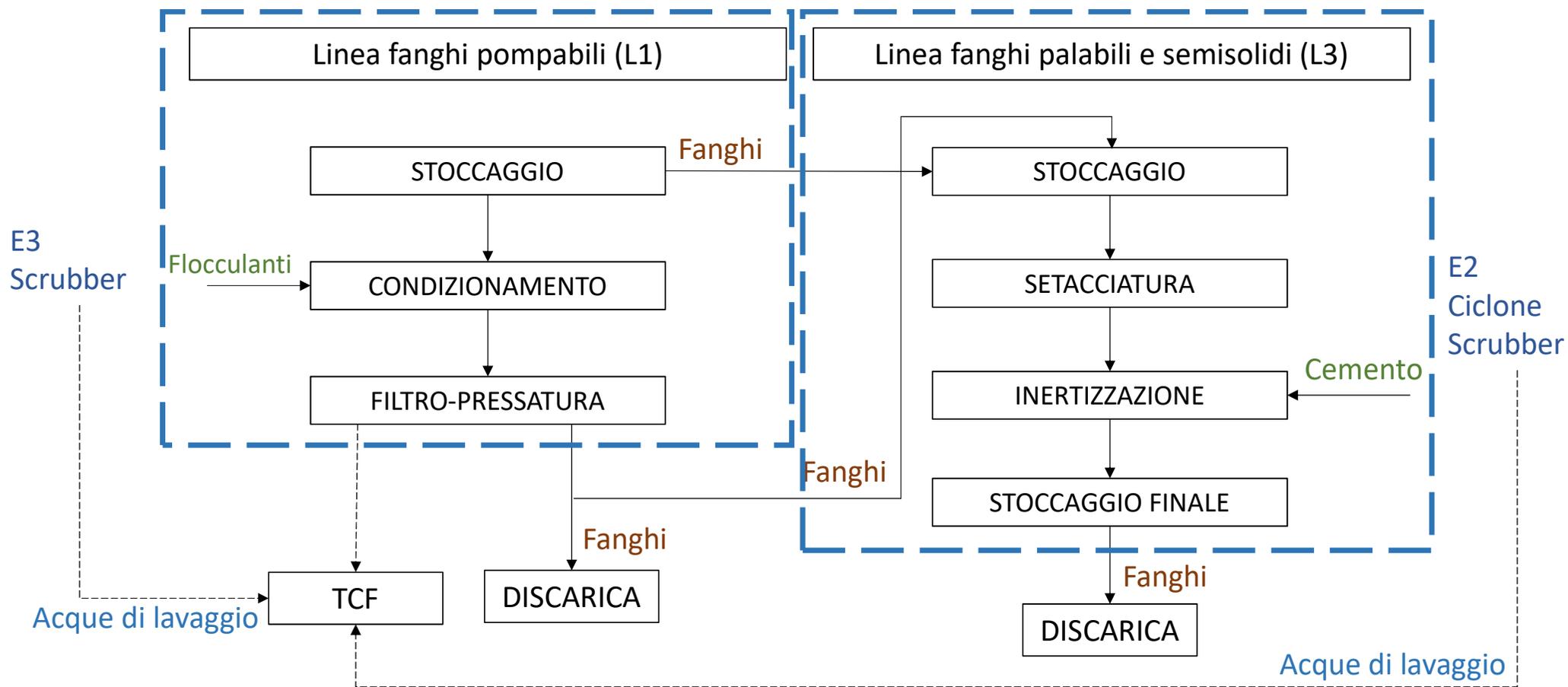


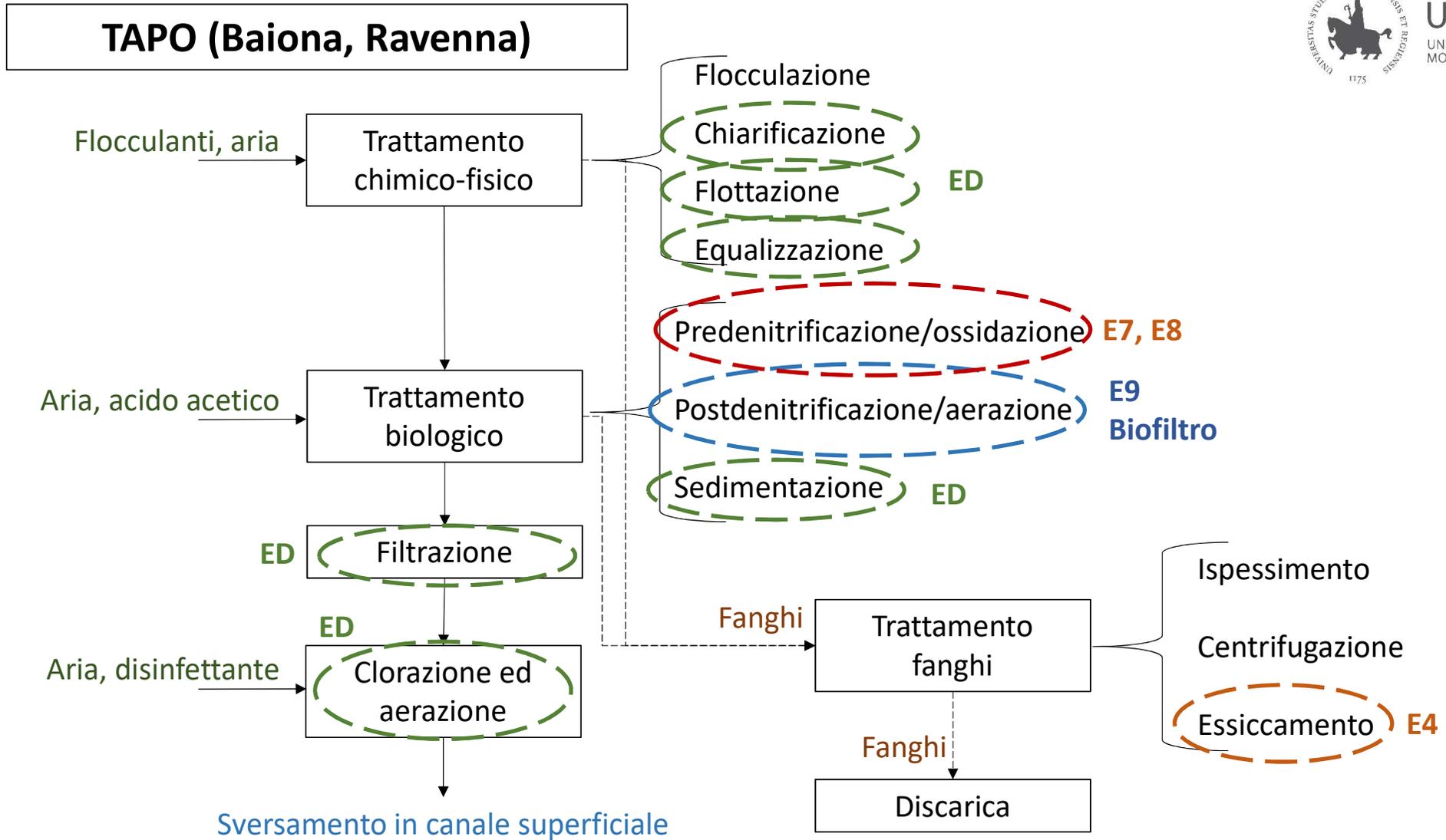
Rifiuti speciali liquidi anche pericolosi
220.000 t/anno

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

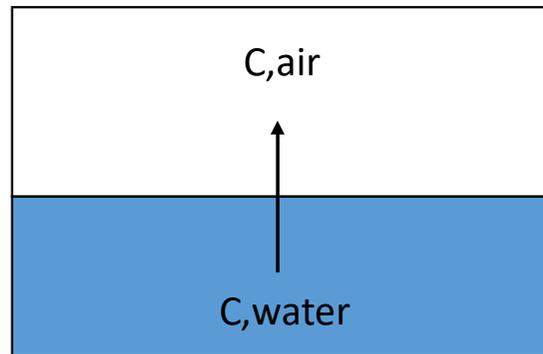
In conto terzi tramite ATB (emulsioni oleose, solventi, percolati
di discarica).

DISIDRAT (Romea, Ravenna)





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 [kg / mol]
- Solubility = solubilità in acqua [kg / 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

Metalli

Arsenico

Cadmio

...

Mercurio

CinS1
CinS2
...
CinS3

Kaw

+

R

CoutS1
CoutS2
...
CoutS3

≡

CoutS1
CoutS2
...
CoutS3

Solventi Organici Aromatici

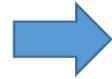
Benzene

Etilbenzene

...

Isopropilbenzene

Cin



Kaw

+

R



CoutS1
CoutS2
...
CoutS3

≡

Cout

Solventi Organici Clorurati

Cloroformio

Bromoformio

...

Dibromoclorometano

Cin

Kaw

+

R

CoutS1
CoutS2
...
CoutS3

≡

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	-
Solventi organici aromatici	0,310833333	0,001	
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
Solventi organici clorurati	0,073333333	0,002166667	
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

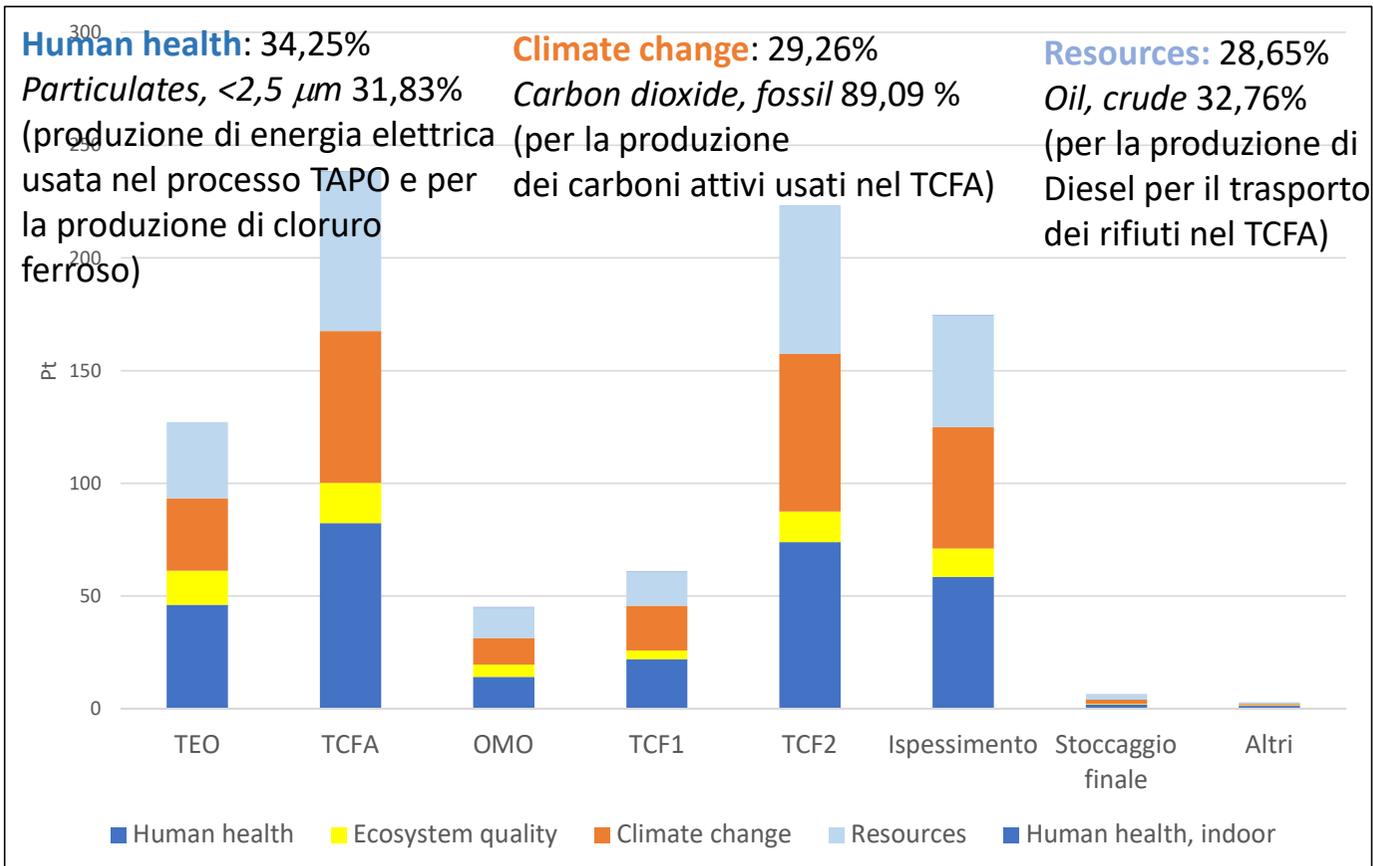
Calcolo della variazione della concentrazione nell'acqua

Flottazione (TCF)	Parti sospese leggere, sia solide che di natura oleosa	
Rimozione	0,3	kaw
Sostanza	ConcOUT	
Solventi organici aromatici		
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	0,018331396	0,012355361
Isopropilbenzene	0,024396531	0,021883689
Solventi organici clorurati		
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	0,004688273	0,0042818
Dibromocloroetano	0,004969067	0,004810057
Solventi organici azotati		
Acetonitrile	0,041939233	0,0418931
Acrilonitrile	0,041846865	0,04170877
Piridina	0,041982737	0,04198005782
Ortotoluidina	0,041981242	0,041977069
Fenoli	2,980525876	2,98021845
Idrocarburi totali	1,48154517	1,48142368
Pesticidi fosforati	0,000729167	0,00072917
Mercurio		0,000071022

Equalizzazione	-
Rimozione	kaw
Sostanza	ConcOUT
Solventi organici aromatici	
Benzene	0,012513752
Etilbenzene	0,008476659
Stirene	0,019044718
Toluene	0,014454088
mxylene	0,009570833
oxylene	0,013308046
Propilbenzene	0,008327513
Isopropilbenzene	0,019629669
Solventi organici clorurati	
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
Solventi organici azotati	
Acetonitrile	0,041847017
Acrilonitrile	0,041571131
Piridina	0,0419774
Ortotoluidina	0,04197290
Fenoli	2,97991106
Idrocarburi totali	1,48130221
Pesticidi fosforati	0,000729167
Mercurio	0,00003785

Analisi del danno

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



Danno totale: 878,96 Pt

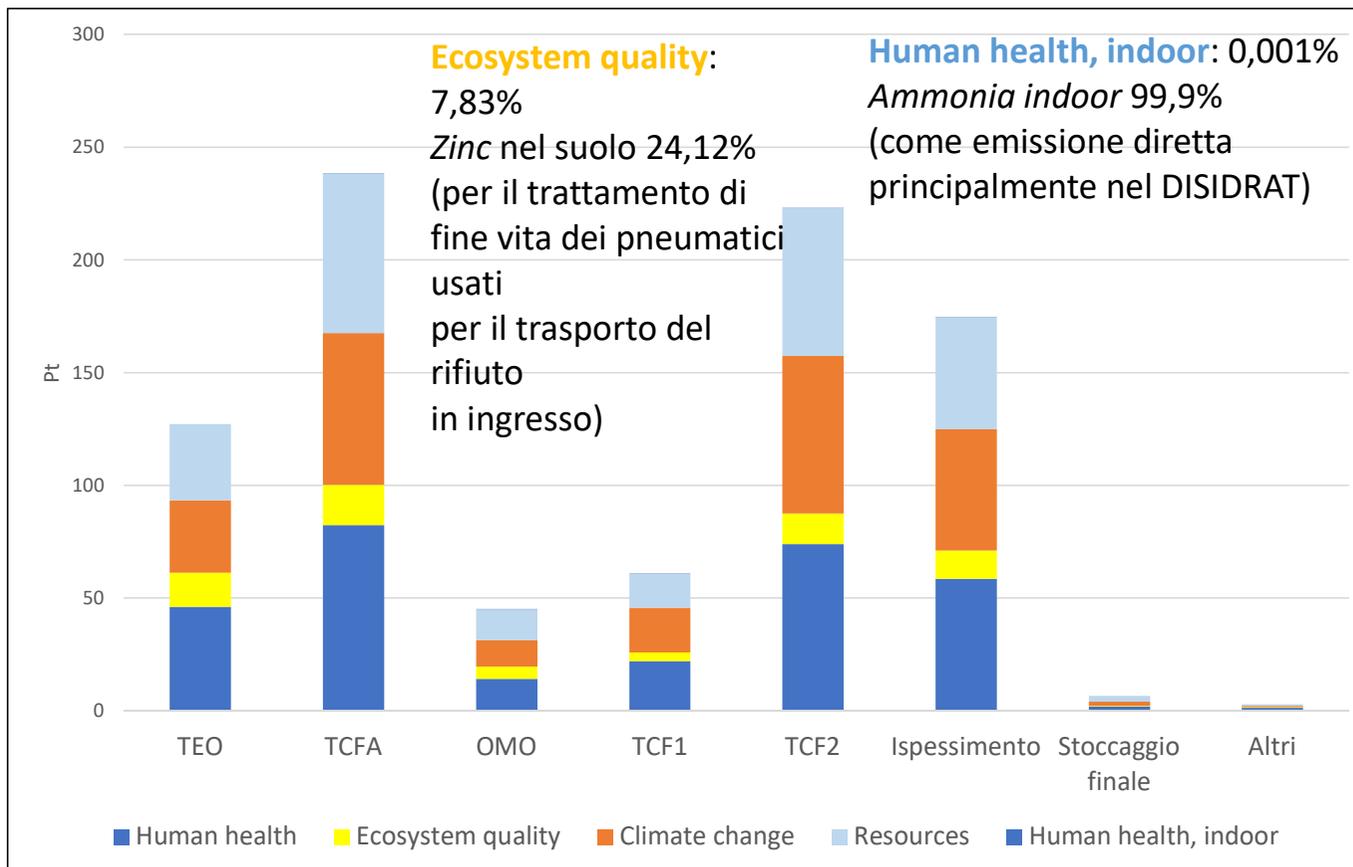
- 27,11% a Pre-trattamento chimico-fisico con adsorbimento (TCFA);
- 25,37% a Trattamento chimico-fisico di secondo stadio (TCF2);
- 19,86% a Ispezzimento;
- 14,48% a Trattamento emulsioni oleose (TEO).

* 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