



# Progetto Life HELP – Focus: Aria

04 giugno 2024

# Contenuti della lezione

- L'atmosfera, l'inquinamento atmosferico e i suoi impatti
- I principali riferimenti normativi e gli adempimenti
- Le emissioni, il monitoraggio e le misure di abbattimento
- I cambiamenti climatici, le emissioni climalteranti e la carbon footprint

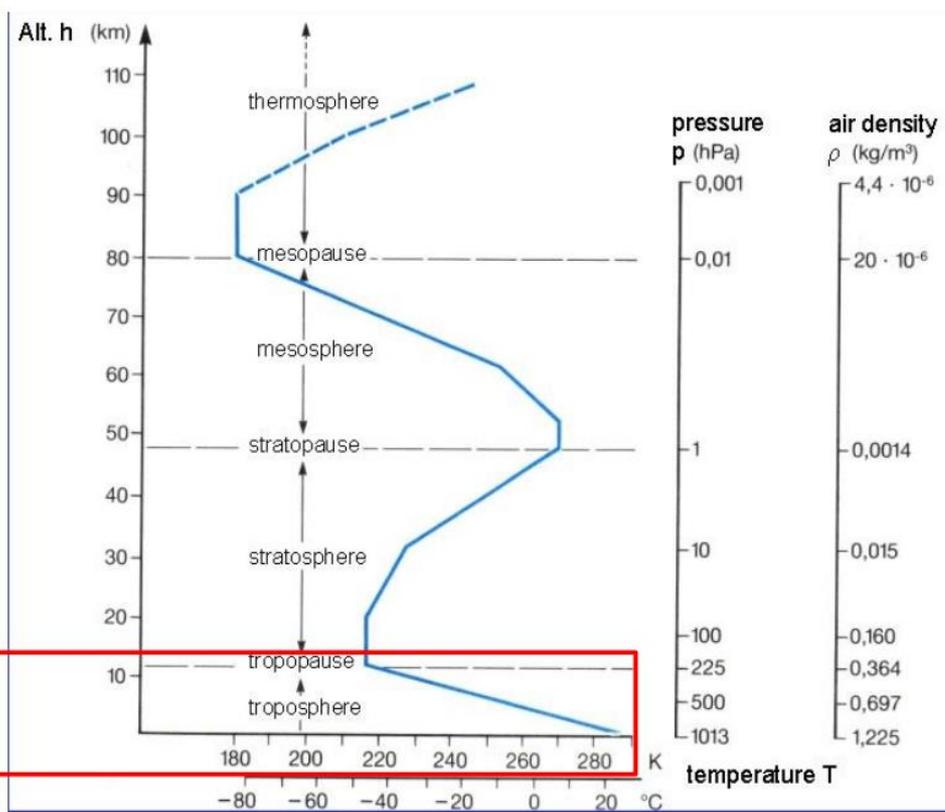
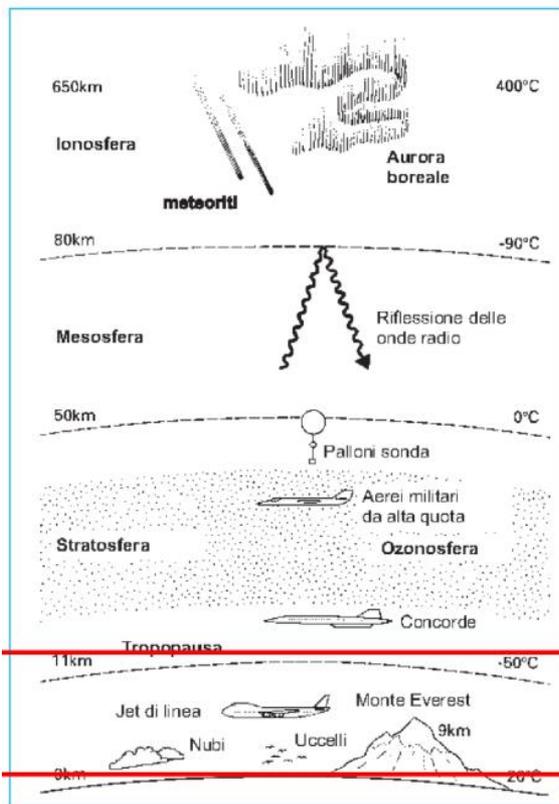
# L'atmosfera, l'inquinamento atmosferico e i suoi impatti

# L'atmosfera

L'atmosfera è un involucro gassoso che circonda la terra

- La **pressione** e **densità** diminuiscono con l'altezza
- La **temperatura** invece è caratterizzata da:
  - variabilità di comportamento
  - alternanza di massimi e minimi
  - serie di strati a profilo termico uniforme (sempre crescente o decrescente)
  - strati di transizione a temperatura costante

# L'atmosfera



# L'atmosfera

La **composizione chimica dell'aria** nella troposfera è sufficientemente omogenea, soprattutto per la presenza di **movimenti orizzontali e verticali di masse d'aria** che in essa circolano.

Queste circolazioni sono legate essenzialmente alla **rotazione terrestre** e agli **squilibri termici**. A causa dei moti verticali ascendenti e discendenti delle masse d'aria, si formano e si dissolvono le nubi provocando precipitazioni e tempeste.

Componente	Formula	% in volume
Azoto	N <sub>2</sub>	78,08
Ossigeno	O <sub>2</sub>	20,9
Argon	Ar	0,93
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	0,033
Neon	Ne	18 ppm
Elio	He	5,2 ppm
Metano	CH <sub>4</sub>	1,5 ppm
Kripto	Kr	1,1 ppm
Idrogeno	H <sub>2</sub>	0,5 ppm
Xenon	Xe	0,087 ppm
Ozono	O <sub>3</sub>	0,01 ppm
Biossido di Azoto	NO <sub>2</sub>	0,001 ppm
Biossido di Zolfo	SO <sub>2</sub>	0,0002 ppm
Monossido di Azoto	NO	0,0002 ppm
Acido Solfidrico	H <sub>2</sub> S	0,0002 ppm
Monossido di Carbonio	CO	tracce

# L'inquinamento atmosferico

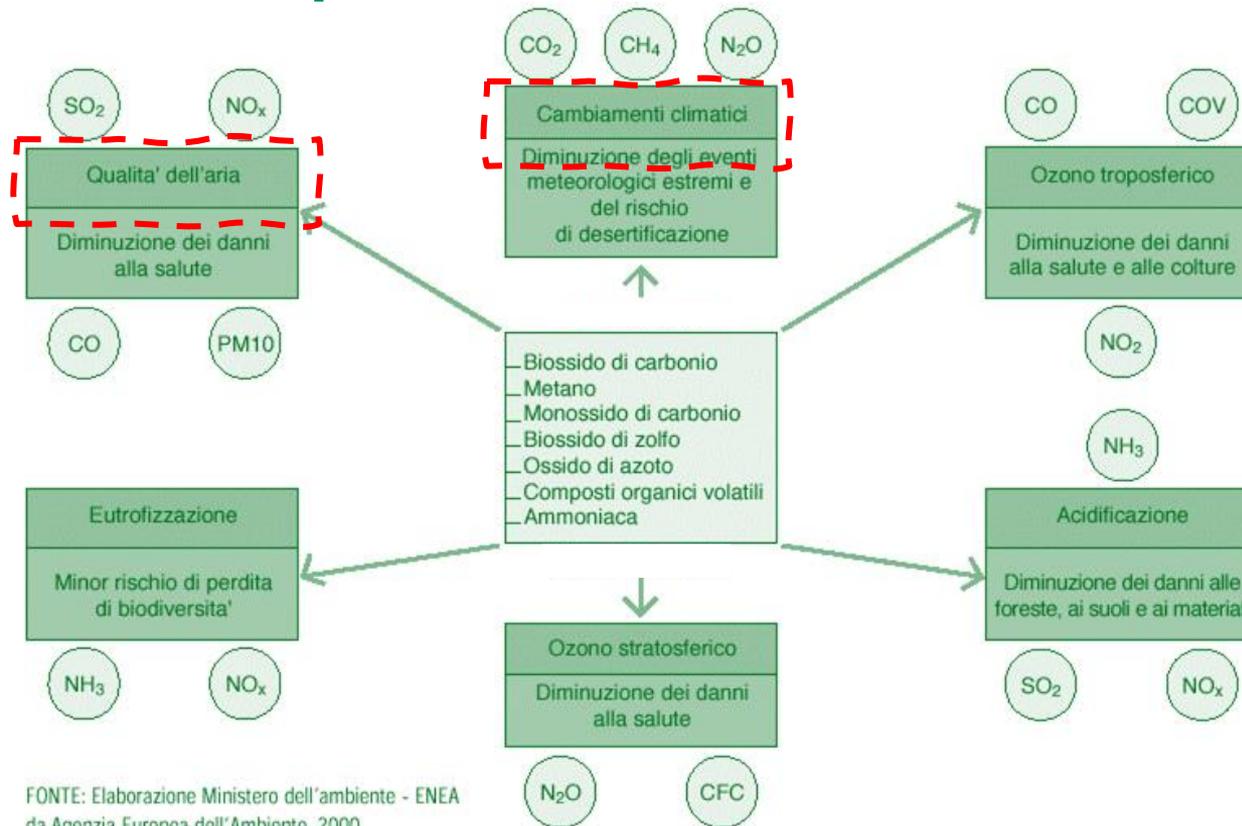
Si parla di inquinamento atmosferico quando l'immissione nella stessa di sostanze di qualsiasi natura è tale da **alterare lo stato della qualità dell'aria** in termini di salubrità e da costituire pregiudizio diretto o indiretto per la salute dei cittadini o danno dei beni pubblici e/o privati.

L'inquinamento atmosferico, nella sua natura complessa, può essere definito in base all'origine dei fenomeni che lo determinano. Si possono quindi riscontrare **cause naturali** oppure **cause antropiche**.

In merito all'inquinamento di **origine antropica** (su **scala locale** e su **scala globale**) è utile distinguere in inquinanti:

- **primari**: direttamente emessi dalle sorgenti
- **secondari**: formati nell'atmosfera a seguito di reazioni chimiche tra i primari e specie normalmente presenti in atmosfera.

# Gli impatti dell'inquinamento atmosferico



# Gli impatti dell'inquinamento atmosferico

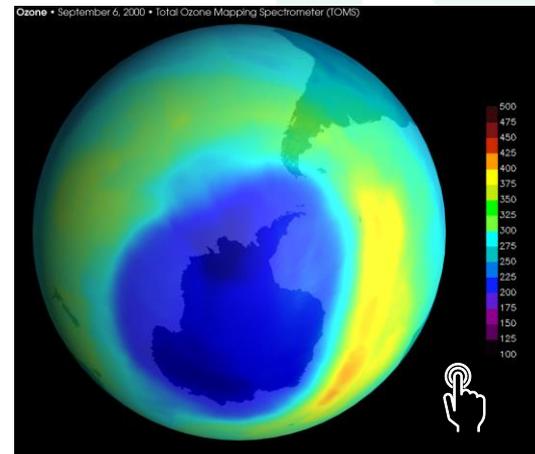
[Questa foto](#) di Autore sconosciuto è concesso in licenza da [CC BY-NC](#)



[Questa foto](#) di Autore sconosciuto è concesso in licenza da [CC BY-NC-ND](#)



[Questa foto](#) di Autore sconosciuto è concesso in licenza da [CC BY-SA](#)



[Questa foto](#) di Autore sconosciuto è concesso in licenza da [CC BY-SA](#)

# Gli impatti dell'inquinamento atmosferico

L'**odore** dell'aria che respiriamo è stato riconosciuto come una variabile ambientale che può determinare la qualità della vita e influire sulle attività economiche (attività lavorative, turismo, etc...).

Sebbene non sia stato dimostrato un effetto tossico diretto sulla salute umana, le emissioni odorigene sono causa di disagio per la popolazione che risiede in prossimità del disturbo.

L'imprevedibilità del disturbo, la sua persistenza nel tempo e l'impossibilità di difendersi da esso determinano un effetto sinergico negativo sullo stato psicofisico.



# Gli impatti dell'inquinamento atmosferico

L'odore è determinato da un **numero elevato di composti** a differenti livelli di concentrazione che interagiscono tra loro.

La potenzialità osmogena di un composto dipende dai seguenti aspetti:

- **Oggettivi:** propri della sostanza: volatilità, idrosolubilità, ecc.
- **Soggettivi:** fisiologico, psicologico
- **Ambientali:** temperatura, pressione, umidità dell'aria, vento



"WHAT IS THAT LOVELY FRAGRANCE YOU'RE WEARING, PENELOPE?"

# Gli impatti dell'inquinamento atmosferico

Tabella 1.1: Soglie olfattive per una serie di composti

Composto	Sensazione odorosa 100 %	Odor Threshold ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>*</sup>	Limiti DM 12 luglio 1990 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Idrogeno solforato	uova marce	1,4	5.000 (flusso di massa >50 g/h)
Solfuro di carbonio	solfo	60	
Dimetilsolfuro	legumi in decomposizione	258	
Dimetildisolfuro	putridume	16	
Metilmercaptano	cavolo marcio	70	
Etilmercaptano	cipolla in decomposizione	5,2	5.000 (flusso di massa >25 g/h)
Isopropilmercaptano		0,6	
Propilmercaptano		2,2	
Butilmercaptano		3,0	5000 (flusso di massa >50 g/h)
Acetico	aceto	4.980	150.000 (flusso di massa >2 kg/h)
Propionico	rancido, pungente	123	150.000 (flusso di massa >2 kg/h)
Butirrico	burro rancido	73	
Valerico	sudore, traspirazione	3	
Esanoico		29	
Metilammina	pesce avariato	3.867	20.000 (flusso di massa >0,1 kg/h)
Dimetilammina	pesce avariato	9.800	20.000 (flusso di massa >0,1 kg/h)
Trimetilammina	pesce avariato	11.226	20.000 (flusso di massa >0,1 kg/h)
Etilammin	ammoniacale	1.497	20.000 (flusso di massa >0,1 kg/h)
Dietilammina	pesce avariato	911	20000 (flusso di massa >0,1 kg/h)
Ammoniacca	pungente	38.885	250.000 (flusso di massa >2 kg/h)
Formaldeide	paglia/fieno pungente	1.247	
Acetaldeide		549	20.000 (flusso di massa >0,1 kg/h)
Acroleina	bruciato, pungente	46.560	
Propionaldeide		193	150.000 (flusso di massa >2 kg/h)
Butirraldeide	rancido	120	150.000 (flusso di massa >2 kg/h)

Soglia di percettibilità (odour threshold – OT): concentrazione minima (Absolute Threshold Concentration, ATC) percepibile dal 50% della popolazione esposta.

# L'unità di misura

Le concentrazioni possono essere espresse in:

- **Valori volumetrici:**

percentuale

$$\% = \frac{\text{volume inquinante}}{\text{volume miscela}} 10^2$$

parti per milione

$$ppm = \frac{\text{volume inquinante}}{\text{volume miscela}} 10^6$$

parti per miliardo

$$ppb = \frac{\text{volume inquinante}}{\text{volume miscela}} 10^9$$

- **Valori in massa:** mg o  $\mu\text{g}$  riferiti a metro cubo di gas in condizioni di riferimento

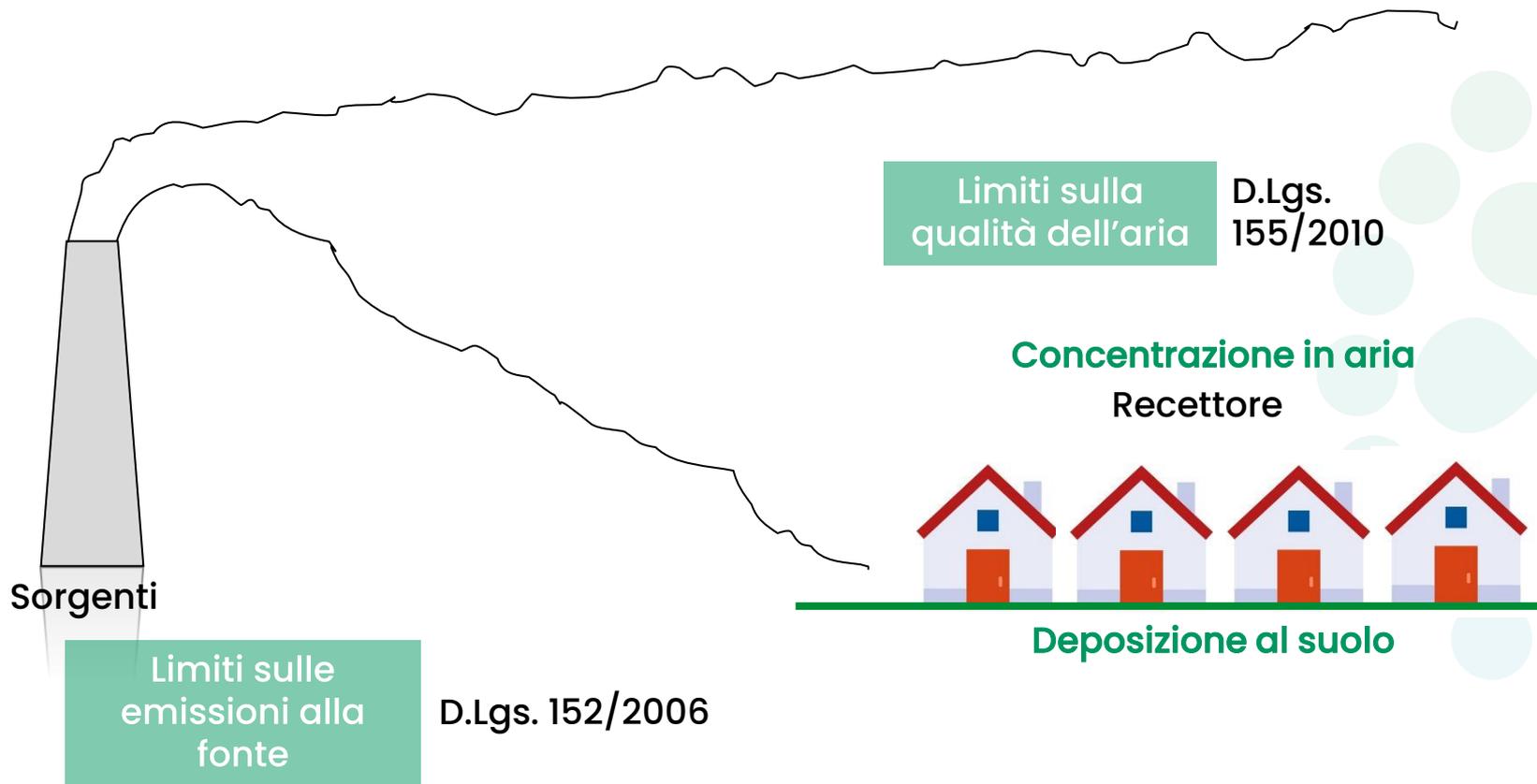
$$\text{mg}/\text{m}^3 - \mu\text{g}/\text{m}^3 - \text{mg}/\text{Nm}^3 - \mu\text{g}/\text{Nm}^3$$

condizioni normali: 0°C (273.15 K), 1 bar

condizioni ambientali: 25 °C (298.15 K), 1 bar

# I principali riferimenti normativi e gli adempimenti

# Riferimenti normativi



# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

**Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. – parte quinta**

**Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera**

**Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività**

**Titolo II – Impianti termici civili**

**Titolo III – Combustibili**

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

Ogni attività o stabilimento produttivo che produce emissioni inquinanti in atmosfera è soggetta al titolo I e deve dotarsi di specifica autorizzazione – **autorizzazione ordinaria ex art. 269.**

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

## Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

Sono **escluse dal campo di applicazione** del titolo I alcune tipologie di impianti (comma 5 art 272):

- Stabilimenti destinati alla difesa nazionale, esclusi medi impianti di combustione
- Emissioni provenienti da sfiati e ricambi d'aria esclusivamente adibiti alla protezione e alla sicurezza degli ambienti di lavoro in relazione a temperatura, umidità e altre condizioni attinenti al microclima. Sono in tutti i casi soggette al titolo I le emissioni prodotte dall'evacuazione di sostanze inquinanti dagli ambienti di lavoro.
- Valvole di sicurezza, dischi di rottura, dispositivi destinati a situazioni critiche o di emergenza (sono comunque soggetti impianti che se in situazioni critiche o di emergenza operano parte integrante nel ciclo produttivo dello stabilimento).
- Altre tipologie disciplinate nello specifico come impianti incenerimento rifiuti e impianti soggetti ad AIA – art.267

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

## Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

Altre categorie di impianti o attività sono soggette al titolo I ma:

- non soggette ad autorizzazione – **emissioni scarsamente rilevanti** – deroga ex comma 1 art. 272
- soggette ad **autorizzazione di carattere generale** – deroga ex comma 2 art. 272 che possono essere adottate dall'autorità competente per alcune categorie di impianti o attività

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.



## Titolo I - Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

Casistiche	Esempi attività
Escluse dal campo di applicazione del titolo I - comma 5 art 272	Emissioni provenienti da sfiati e ricambi d'aria esclusivamente adibiti alla protezione e alla sicurezza degli ambienti di lavoro in relazione a temperatura, umidità e altre condizioni attinenti al microclima.
Soggette al titolo I ma non soggette ad autorizzazione - <b>emissioni scarsamente rilevanti</b> - deroga ex comma 1 art. 272 - elenco <u>Parte I allegato IV parte quinta</u>	e) Cucine, esercizi di ristorazione collettiva, mense, rosticcerie e friggitorie. f) Panetterie, pasticcerie ed affini con un utilizzo complessivo giornaliero di farina non superiore a 300 kg.
Soggette ad autorizzazione di <b>carattere generale</b> - deroga ex comma 2 art. 272 - elenco <u>Parte II allegato IV parte quinta</u>	h) Panificazione, pasticceria e affini con consumo di farina non superiore a 1500 kg/g
Soggette ad <b>autorizzazione ordinaria</b> - ex art. 269	Panificazione, pasticceria e affini con consumo di farina superiore a 1500 kg/g

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

## Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

**arpae** ARPAE EMILIA ROMAGNA REGIONE EMILIA ROMAGNA ARPAE TOSCANA REGIONE TOSCANA ARPAE CALABRIA REGIONE CALABRIA

Cerca nel sito

Arpae   Attività e servizi   Il territorio   Temi ambientali   Dati e report   Documenti

Home → Autorizzazioni e concessioni → Autorizzazioni ambientali → Emissioni in atmosfera

### Emissioni in atmosfera

Ogni attività produttiva e stabilimento che genera emissioni inquinanti in atmosfera deve acquisire l'autorizzazione alle emissioni in atmosfera in caso di costruzione di nuovo impianto, di trasferimento in altra località o per realizzare modifiche sostanziali e non.  
L'autorizzazione alle emissioni può essere acquisita:

- **con procedura in via generale emissioni in atmosfera**, ai sensi dell'art 272 del Dlgs 152/06  
Possono aderire all'autorizzazione semplificata in via generale tutte le attività elencate alla parte II dell'Allegato IV alla Parte Quinta del DLgs 152/06 e/o elencate nell'allegato 1B della Delibera di Giunta Regione Emilia Romagna n° 1769/2010 e smi
- **con procedura ordinaria emissioni in atmosfera**, ai sensi dell'art 269 del Dlgs 152/06

INFORMAZIONI PAGINA

Argomento   **Autorizzazioni e concessioni**

Date   Pubblicato il 6/4/2020 — Modificato il 21/11/2021

#### Modalità di pagamento

Vai alla pagine:

- Pagamenti ad Arpae: modalità e calcolo delle tariffe
- Tariffari delle prestazioni

#### Scegli l'argomento

**Autorizzazioni ambientali**

- Acque minerali e termali
- Autorizzazione integrata ambientale (AIA)
- Autorizzazione unica ambientale (AUA)
- Bonifica siti contaminati
- Energia



# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

## Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

Semplificando, l'**autorizzazione ordinaria** (ex art. 269) stabilisce per le emissioni convogliate o di cui è stato disposto il convogliamento (per ogni sostanza):

- Le caratteristiche dei punti di emissione (geometriche e sostanze presenti),
- i **valori limite** di emissione,
- le prescrizioni,
- i **metodi di campionamento e di analisi**.

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

## Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

### PRESCRIZIONI:

#### E1 –ESTRUSIONE MATERIE PLASTICHE (materia prima)

- Portata: ca.23.000 Nm<sup>3</sup>/h.
- Durata: 16 h/g.
- Altezza: 10 m.
- Sezione: 0,237 m<sup>2</sup>.
- Temperatura: ambiente.
- Impianto di abbattimento: costituito da filtro a cartucce costituito da n°12 cartucce aventi superficie filtrante totale pari a ca. 56 m<sup>2</sup> e filtro a cassette aventi n° 18 cassette a rete e 1 in feltrino aventi superficie filtrante totale pari a ca. 20 m<sup>2</sup>.

Inquinanti emessi: Cloruro di vinile, e ftalati (come acido ftalico).

Limiti CRIAER previsti al punto 4.5.13

Inquinanti	Valori limite di emissione
Cloruro di Vinile	5 mg/Nm <sup>3</sup>
Ftalati (come acido ftalico)	5 mg/Nm <sup>3</sup>

Autocontrolli: l'azienda dovrà effettuare sulla emissione controlli a cadenza annuale, i risultati dei quali dovranno essere annotati su di un apposito registro con pagine numerate e bollate a cura dell'ARPAE, e firmate dal responsabile dell'impianto a disposizione degli organi di controllo competenti. In caso di superamento dei limiti verranno prescritti impianti di abbattimento delle sostanze organiche volatili conformi a quanto previsto nell'allegato 3 alla delibera n° 4606 del 04/06/1999 della Regione E.R..

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

## Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

### Valori limite di emissione e prescrizioni per gli impianti e le attività – art. 271 allegato I parte quinta – Valori di emissione e prescrizioni



- Parte II, valori di emissione per le sostanze inquinanti
- Parte III, valori di emissione per le sostanze inquinanti di alcune tipologie di impianti e le relative prescrizioni

Per gli impianti previsti nella Parte III i valori di emissione ivi stabiliti si applicano in luogo di quelli stabiliti per le stesse sostanze nella Parte II. Per le sostanze per cui non sono stabiliti valori di emissione nella Parte III si applicano, anche per gli impianti previsti alla Parte III, i valori di emissione stabiliti alla Parte II. Per gli impianti delle installazioni di cui alla Parte Seconda del presente decreto, per i quali sono state emanate apposite **BAT-AEL**, i valori limite previsti nelle BAT-AEL, in relazione alle sostanze ivi considerate, si applicano in luogo di quelli previsti, per le stesse sostanze, alle Parti II e III del presente allegato. Per le sostanze per cui non sono fissati valori di emissione, l'autorizzazione stabilisce appositi valori limite con riferimento a quelli previsti per sostanze simili sotto il profilo chimico e aventi effetti analoghi sulla salute e sull'ambiente.

# Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

## Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività

Le emissioni possono essere caratterizzate/autorizzate:

- Per **concentrazione**: rapporto fra massa dell'inquinante emesso e il volume\* dell'effluente gassoso ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )
- Per **flusso di massa**: massa di inquinante emessa per unità di tempo ( $\text{g}/\text{h}$ )
- Per **fattore di emissione**: rapporto fra massa di sostanza inquinante emessa e unità di misura specifica della produzione

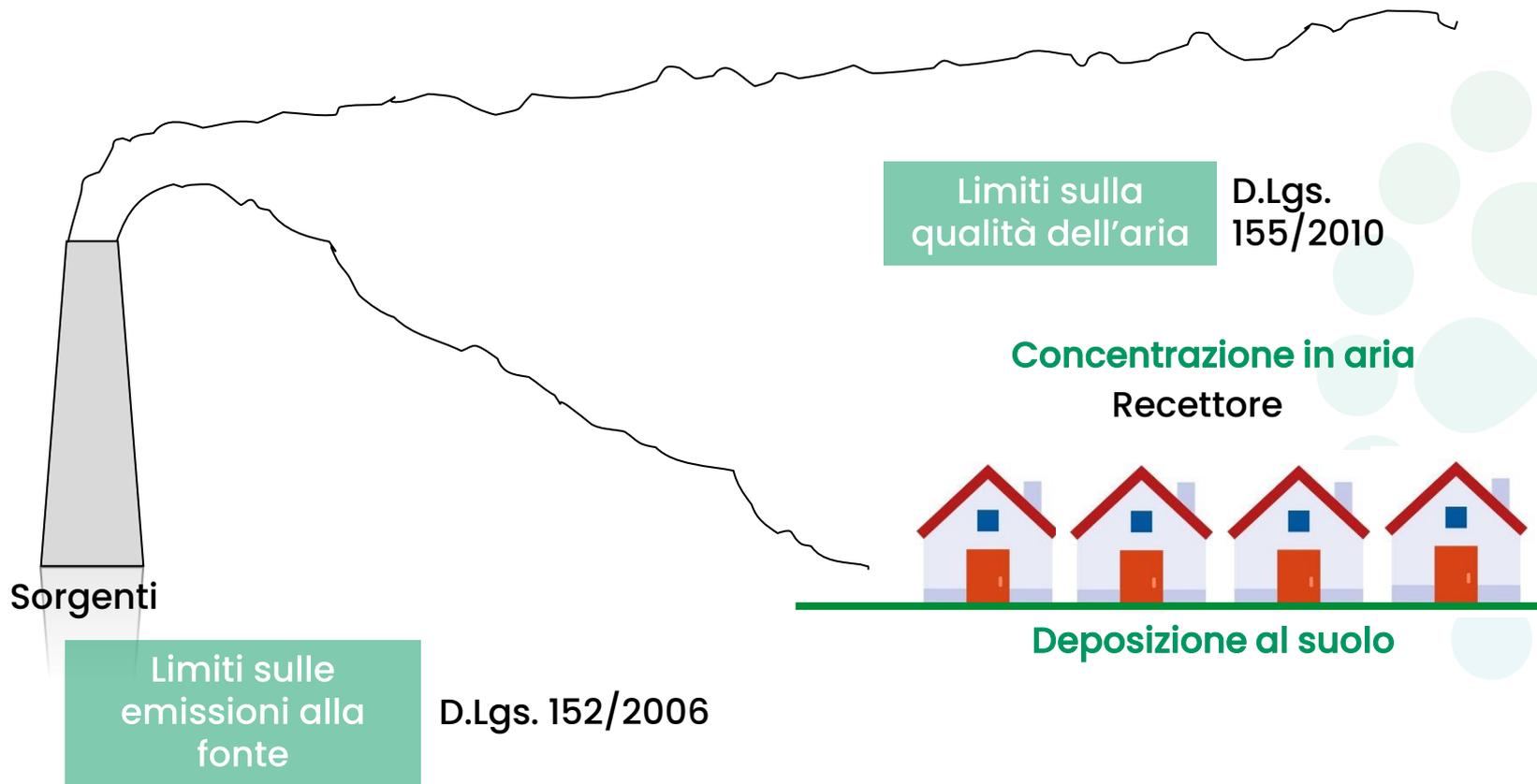
\* Le concentrazioni (valori limite e misure) devono essere espresse considerando alcune condizioni di riferimento:

- alle condizioni fisiche standard -  $0^\circ\text{C}$  ( $273,15\text{ K}$ ),  $1\text{ bar}$  ( $101,3\text{ kPa}$ )
- previa detrazione, salvo non espressamente indicato, del tenore di vapore acqueo
- indicazioni circa al tenore volumetrico di ossigeno di riferimento ( $\text{O}_2,\text{rif}$ ). In questo caso la concentrazione misurata deve essere ricalcolata considerando il tenore di ossigeno misurato ( $\text{O}_2,\text{mis}$ )

# Piani e programmi di qualità dell'aria

I **piani e i programmi di qualità dell'aria** previsti dal D. Lgs. n.155/2010 possono stabilire appositi **valori limite di emissione e prescrizioni più restrittivi** di quelli contenuti negli Allegati I, II e III e V alla parte quinta parte D.Lgs. 152/06, anche inerenti le condizioni di costruzione o di esercizio, purché ciò sia necessario al perseguimento ed al rispetto dei valori e degli obiettivi di qualità dell'aria.

# Riferimenti normativi



# Decreto Legislativo n.155/2010

Il Decreto Legislativo n.155/2010 contiene le definizioni di **valore limite**, **valore obiettivo**, **soglia di informazione** e di **allarme**, **livelli critici**, **obiettivi a lungo termine**.

Il Decreto individua l'elenco degli inquinanti per i quali è **obbligatorio il monitoraggio**: PM10, PM2.5, NO2, NOx, SO2, CO, O3, Benzene, Benzo(a)pirene, Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel, Mercurio, precursori dell'ozono.

Inquinante	Tipologia	Concentrazione	Note
NO <sub>2</sub>	Valore limite orario per la protezione della salute umana	200 µg/Nm <sup>3</sup>	da non superarsi più di 18 volte all'anno
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	40 µg/Nm <sup>3</sup>	
	Soglia di allarme	400 µg/Nm <sup>3</sup>	periodo di mediazione: anno civile superamento di tre ore consecutive
NO <sub>x</sub>	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	30 µg/Nm <sup>3</sup>	
CO	Valore limite orario per la protezione della salute umana	10 mg/Nm <sup>3</sup>	media massima giornaliera su 8 ore
SO <sub>2</sub>	Valore limite orario per la protezione della salute umana	350 µg/Nm <sup>3</sup>	da non superarsi più di 24 volte all'anno
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	125 µg/Nm <sup>3</sup>	media giornaliera da non superarsi più di 3 volte all'anno dal 1 gennaio 2005
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione		
	Soglia di allarme	500 µg/Nm <sup>3</sup>	periodo di mediazione: anno civile superamento di tre ore consecutive
PM 10	Valore limite orario per la protezione della salute umana	50 µg/Nm <sup>3</sup>	media su 24 ore da non superarsi per più di 35 volte all'anno al 1 gennaio 2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	40 µg/Nm <sup>3</sup>	
PM 2,5	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	25 µg/Nm <sup>3</sup>	è applicato un margine di tolleranza del 20% al giorno 11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2015
	Obbligo di concentrazione di esposizione per evitare effetti nocivi sulla salute umana	20 µg/Nm <sup>3</sup>	
Cadmio	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	5 ng/Nm <sup>3</sup>	Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile
Arsenico		6 ng/Nm <sup>3</sup>	
Nichel		20 ng/Nm <sup>3</sup>	
Benzo(a)pirene		1 ng/Nm <sup>3</sup>	
Benzene	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	5 µg/Nm <sup>3</sup>	
Piombo	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	0,5 µg/Nm <sup>3</sup>	
O <sub>3</sub>	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	120 µg/Nm <sup>3</sup>	media su 8 ore massima giornaliera da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	6.000 µg/Nm <sup>3</sup>	AOT40 <sup>1</sup> , calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio
	Soglia di informazione	180 µg/Nm <sup>3</sup>	media massima oraria
	Soglia di allarme	240 µg/Nm <sup>3</sup>	media massima oraria

# Principali inquinanti atmosferici

Il **particolato PM10** in parte è emesso come tale direttamente dalle sorgenti in atmosfera (PM10 primario) e in parte si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM10 secondario).

Il PM10 può avere sia un'origine naturale (l'erosione dei venti sulle rocce, le eruzioni vulcaniche, l'autocombustione di boschi e foreste) sia antropica (combustioni e altro).

Tra le sorgenti antropiche un importante ruolo è rappresentato dal traffico veicolare. Di origine antropica sono anche molte delle sostanze gassose che contribuiscono alla formazione di PM10, come gli ossidi di zolfo e di azoto, i COV (Composti Organici Volatili) e l'ammoniaca

# Principali inquinanti atmosferici

Sorgenti del **particolato fine (PM<sub>2,5</sub>)** sono un po' tutti i tipi di combustione, inclusi quelli dei motori di auto e motoveicoli, degli impianti per la produzione di energia, della legna per il riscaldamento domestico, degli incendi boschivi e di molti altri processi industriali.

Come per il PM<sub>10</sub>, queste particelle sono caratterizzate da lunghi tempi di permanenza in atmosfera e, rispetto alle particelle grossolane, sono in grado di penetrare più in profondità nell'albero respiratorio umano.

Anche il particolato PM<sub>2,5</sub> è in parte emesso come tale direttamente dalle sorgenti in atmosfera (PM<sub>2,5</sub> primario) ed è in parte formato attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM<sub>2,5</sub> secondario), anzi si può sostenere senza troppa approssimazione che tutto il particolato secondario all'interno del PM<sub>10</sub> (e che ne rappresenta spesso la quota dominante) sia costituito in realtà da particelle di PM<sub>2,5</sub>.

# Principali inquinanti atmosferici

Il **biossido di zolfo** (SO<sub>2</sub>) è un gas incolore, dall'odore acre e pungente e molto solubile in acqua. E' un inquinante primario che, una volta immesso in atmosfera, permane inalterato per alcuni giorni e può essere trasportato a grandi distanze.

Il biossido di zolfo contribuisce sia al fenomeno dell'inquinamento transfrontaliero, sia alla formazione di deposizioni acide, secche e umide e alla formazione di PM secondario.

Le principali sorgenti sono gli impianti di produzione di energia, gli impianti termici di riscaldamento, alcuni processi industriali e in minor misura, il traffico veicolare, con particolare riferimento ai motori diesel.

# Principali inquinanti atmosferici

Il **biossido di azoto** ( $\text{NO}_2$ ) è un gas di colore bruno-rossastro, poco solubile in acqua, tossico, dall'odore forte e pungente e con forte potere irritante. E' un inquinante a prevalente componente secondaria, in quanto è il prodotto dell'ossidazione del monossido di azoto ( $\text{NO}$ ) in atmosfera; solo in proporzione minore viene emesso direttamente in atmosfera.

La principale fonte di emissione degli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ) è il traffico veicolare; altre fonti sono gli impianti di riscaldamento civili e industriali, le centrali per la produzione di energia e un ampio spettro di processi industriali.

Il biossido di azoto è un inquinante ad ampia diffusione che ha effetti negativi sulla salute umana e insieme al monossido di azoto contribuisce ai fenomeni di smog fotochimico (è precursore per la formazione di inquinanti secondari come ozono troposferico e particolato fine secondario) di eutrofizzazione e delle piogge acide.

# Principali inquinanti atmosferici

L'**ozono troposferico** ( $O_3$ ) è un inquinante secondario che si forma attraverso processi fotochimici in presenza di inquinanti primari quali gli ossidi d'azoto ( $NO_x$ ) e i composti organici volatili (COV).

È il principale rappresentante della complessa miscela di sostanze denominata "smog fotochimico" che si forma nei bassi strati dell'atmosfera a seguito dei suddetti processi. L'inquinamento fotochimico, oltre che locale, è un fenomeno transfrontaliero che si dispiega su ampie scale spaziali; conseguentemente i livelli riscontrati in una certa zona non sempre sono esclusivamente attribuibili a fonti di emissione poste in prossimità della zona stessa, ma il contributo più importante può provenire dalle zone circostanti.

Le concentrazioni di ozono più elevate si registrano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare. Nelle aree urbane l'ozono si forma e si trasforma con grande rapidità e con un comportamento molto complesso e diverso da quello osservato per gli altri inquinanti.

Le principali fonti di emissione dei composti precursori dell'ozono sono: il trasporto su strada, il riscaldamento civile e la produzione di energia. L'ozono può causare seri problemi alla salute dell'uomo e all'ecosistema, nonché all'agricoltura e ai beni materiali.

# Principali inquinanti atmosferici

Il **benzene** (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un inquinante a prevalente componente primaria, le cui principali sorgenti di emissione sono i veicoli alimentati a benzina (gas di scarico e vapori di automobili e ciclomotori), gli impianti di stoccaggio e distribuzione dei combustibili, i processi di combustione che utilizzano derivati dal petrolio e l'uso di solventi contenenti benzene.

La tossicità del benzene per la salute umana risiede essenzialmente nell'effetto oncogeno, ormai ben accertato.

# Principali inquinanti atmosferici

I **microinquinanti** (arsenico, nichel e cadmio nel PM10) sono un gruppo di sostanze inorganiche originate prevalentemente da processi di combustione nell'industria, diffuse in atmosfera sotto forma di aerosol e presenti in atmosfera in concentrazioni molto piccole (generalmente il rapporto di massa rispetto al PM10 è inferiore a 1000).

Alcuni microinquinanti sono oggetto di particolare attenzione in ragione delle accertate implicazioni igienico-sanitarie. Si tratta di agenti cancerogeni umani genotossici per i quali non esiste una soglia al di sotto della quale non sussistano rischi per la salute umana: i composti di arsenico, cadmio e nichel.

# Principali inquinanti atmosferici

Gli **idrocarburi policiclici aromatici** (IPA) sono inquinanti ambientali ubiquitari, immessi in atmosfera durante la combustione incompleta di materiali organici, in particolare dei combustibili fossili.

Alcuni di essi sono riconosciuti o probabili agenti cancerogeni umani genotossici, per i quali non esiste una soglia al di sotto della quale non sussistano rischi per la salute umana. Durante i processi di combustione possono formarsi centinaia di singoli IPA.

In atmosfera, quelli di interesse sanitario per la loro attività cancerogena si trovano quasi totalmente adsorbiti sul materiale particolato.

# Principali inquinanti atmosferici

Il **benzo(a)pirene** (BaP) è il composto più studiato, sia nei sistemi biologici che nelle matrici ambientali.

I rapporti quantitativi tra il benzo(a)pirene e gli altri IPA cancerogeni sono sostanzialmente costanti per ogni tipo di emissione. In particolare, nei campioni d'aria prelevati in diverse città si riscontra una sostanziale uniformità di tali rapporti, nonostante la presenza di diverse fonti di emissione. Per questo motivo, il benzo(a)pirene viene generalmente usato come marker per il rischio cancerogeno della classe degli idrocarburi policiclici aromatici di interesse sanitario.

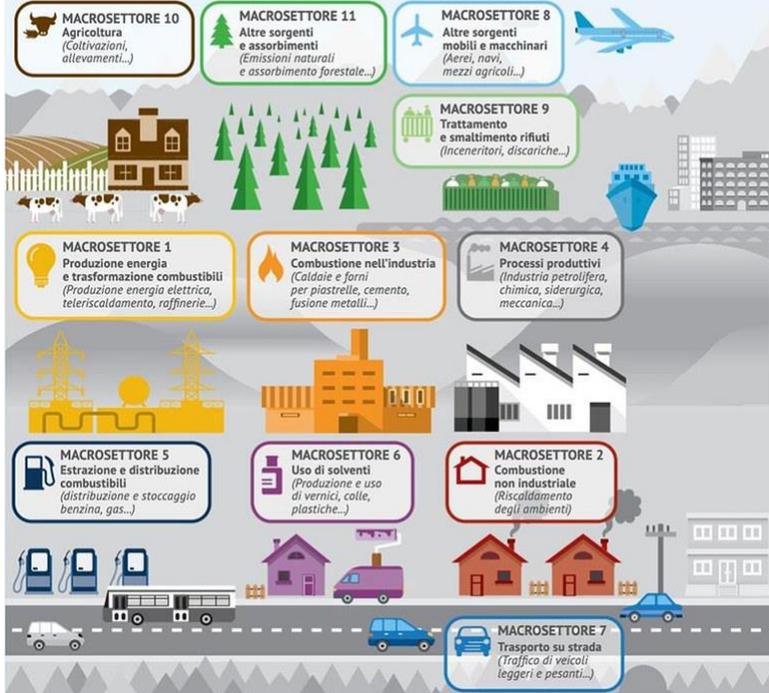
# Decreto Legislativo n.155/2010

Il provvedimento individua nelle **Regioni** le autorità competenti per effettuare la valutazione della qualità dell'aria e per la redazione dei Piani di Risanamento della qualità dell'aria nelle aree nelle quali sono stati superati i valori limite. Sono stabilite anche le modalità per la realizzazione o l'adeguamento delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria (Allegato V e IX).



# Decreto Legislativo n.155/2010

## MACROSETTORI EMISSIVI



**arpae**  
agenzia  
prevenzione  
ambiente energia  
emilia-romagna



NEMAR, Inventario regionale delle emissioni in atmosfera  
2019, ARPAAE Emilia-Romagna

# Riferimenti normative emissioni odorigene

Manca una normativa ambientale e nazionale specifica.  
Si sono sviluppate nel tempo normative/linee guida di settore su base regionale.

Il D.Lgs. 183/2017 ha introdotto l'**art.272bis** nella **parte quinta Titolo I del D.Lgs. 152/2006**, che al comma 1 recita:

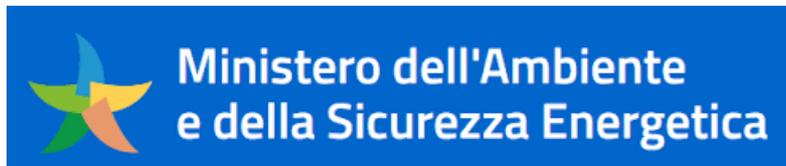
*La normativa regionale o le autorizzazioni possono prevedere misure per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene degli stabilimenti.*

# Riferimenti normative emissioni odorigene

La regolamentazione regionale delle emissioni odorigene è generalmente basata su due diversi approcci:

- **Valori limite alle emissioni**, espressa come concentrazione dell'intera miscela e/o di singoli composti chimici, in riferimento ad una particolare sorgente
- **Criteri di accettabilità al recettore**, tipicamente espressi in termini di concentrazione di odore rilevata in un intervallo temporale facendo riferimento ad una frequenza di esposizione (es. 98° percentile delle concentrazioni medie orarie in un anno).

# Riferimenti normative emissioni odorigene



Giugno 2023

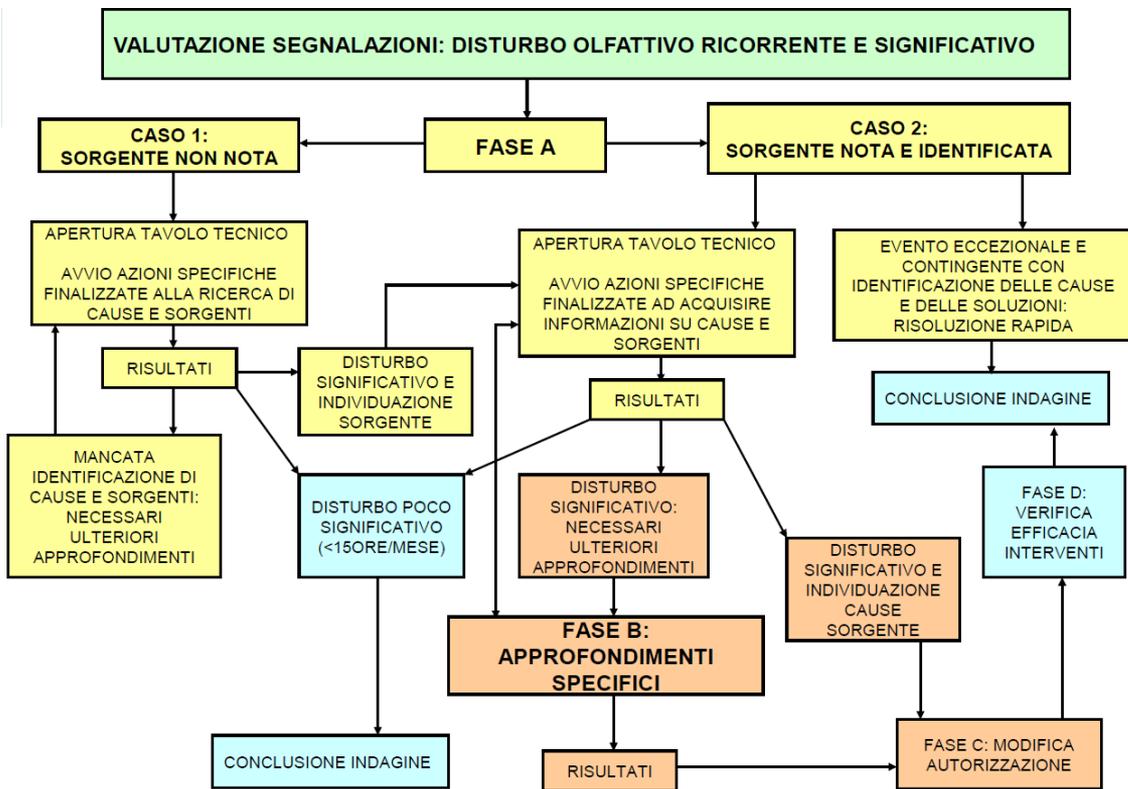


Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis del D.Lgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività



Linea guida - Emissioni odorigene - Indirizzo operativo sull'applicazione dell'art. 272Bis del D.Lgs.152/2006 e ss.mm

# Riferimenti normative emissioni odorigene



Linea guida - Emissioni odorigene -  
Indirizzo operativo sull'applicazione  
dell'art. 272Bis del D.Lgs.152/2006 e  
ss.mm

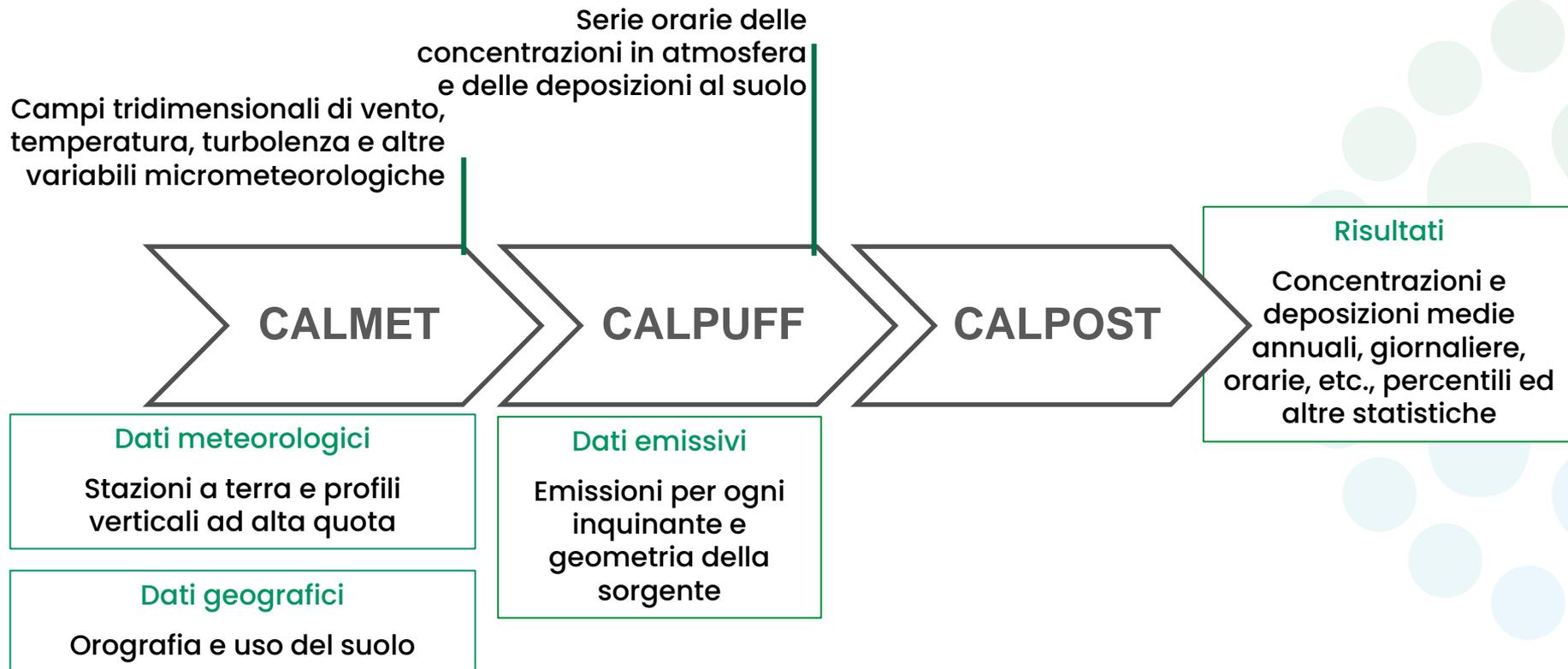
# Riferimenti normativi e adempimenti

Normalmente gli **adempimenti per gli impianti e le attività che producono emissioni in atmosfera** attengono alla legislazione in materia di prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera (**parte quinta D.Lgs. 152/2006**)

La valutazione del rispetto dei limiti di qualità dell'aria al recettore attiene:

- alle procedure di **Valutazione di Impianto Ambientale** (modelli di dispersione)
- a prescrizioni specifiche dei piani e programmi in caso di **emissioni significative** (soglie di applicazione)
- spesso in caso di **molestie olfattive**

# Riferimenti normativi e adempimenti



# Riferimenti normativi e adempimenti



Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti

elaborato dai tecnici dell'Articolazione funzionale  
"Modellistica previsionale" di ARPAT

# Le emissioni, il monitoraggio e le misure di abbattimento

# Le sorgenti di emissione

Esistono diverse tipologie di sorgenti:

**Convogliate puntiformi:** una sorgente che emette particelle da un punto fisso

**Convogliate areali:** una sorgente che emette inquinante da un'area ad un tasso per unità di area, determinato dal sistema che convoglia l'inquinante all'area stessa

**Diffuse areali o areali passive/prive di un flusso proprio:** una sorgente che emette inquinante da un'area ad un tasso per unità di area, prive di sistema di convogliamento

**Diffuse volumetriche:** La sorgente volume è una sorgente area con una dimensione verticale

**Lineari:** Una sorgente linea è la schematizzazione di tutte quelle sorgenti area in cui la dimensione trasversale risulta trascurabile rispetto alla dimensione longitudinale

**fuggitive:** emissioni accidentali e casuali che difficilmente possono essere definite e quantificate poiché non facilmente individuabili

# Le sorgenti di emissione

Convogliate puntiformi  
camini



# Le sorgenti di emissione

Convogliate areali  
biofiltri



# Le sorgenti di emissione

Diffuse areali  
vasche di trattamento reflui cumuli  
di materiale  
Superfici discariche



# Le sorgenti di emissione

Diffusa volumetriche  
capannoni con portelloni o  
finestrature aperti  
locali di ricovero capi di  
allevamento con ricircolo naturale  
dell'aria



# Le sorgenti di emissione

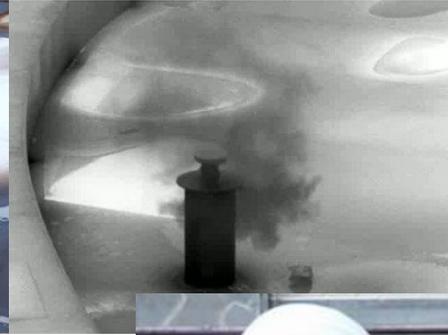
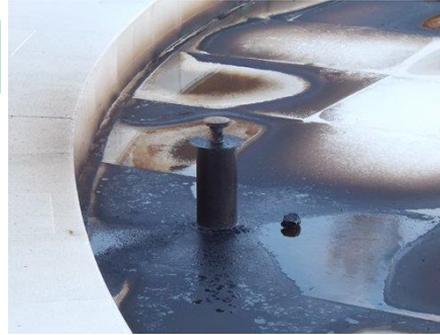
## Lineari

traffico autoveicolare lungo una  
strada  
polveri mezzi di cantiere

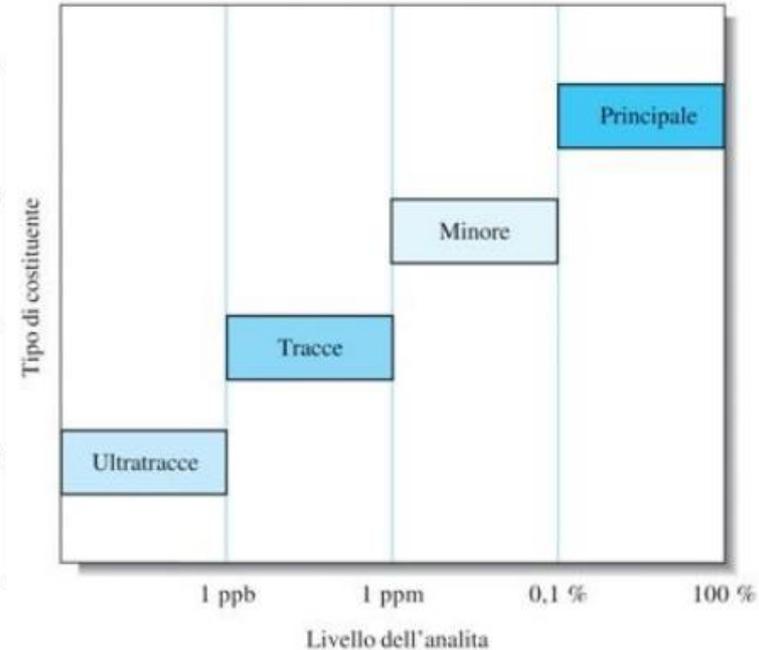
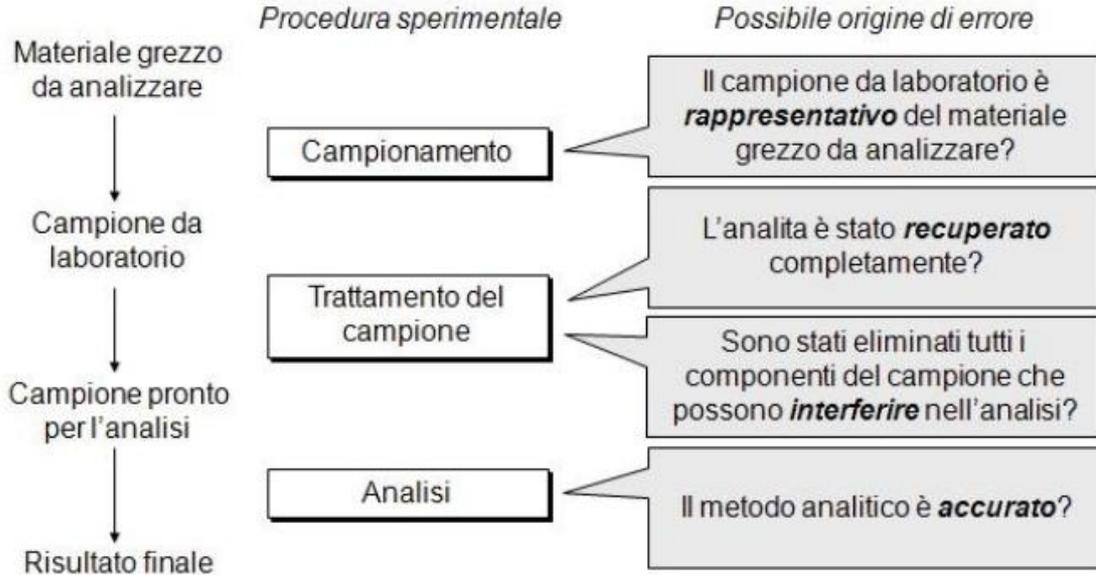


# Le sorgenti di emissione

Fuggitive



# Il monitoraggio delle emissioni



# Il monitoraggio delle emissioni

## Campionamento a lettura diretta

Campionamento contestuale o semi-contestuale all'analisi

Permette di seguire in modo puntuale l'andamento della concentrazione dell'inquinante nel tempo

## Campionamento con analisi in differita

## Campionamento d'area

Campionatore posizionato in una determinata postazione fissa

Adatto per studi di copertura spaziale

## Campionamento personale

Campionatore indossabile (lavoratore)  
Fornisce informazioni sull'esposizione durante una certa mansione

## Campionamento istantaneo

Breve durata

Adatto per valutare inquinanti la cui concentrazione non varia significativamente nel tempo

Adatto per studi di definizione temporale

## Campionamento integrato

Fornisce una concentrazione mediata nel tempo di campionamento

# Il monitoraggio delle emissioni

## Campionamento di aria

Sistema di raccolta di aria contenente gli inquinanti da ricercare

## Campionamento di inquinante

Sistema di raccolta che consente di intrappolare le sostanze chimiche di interesse presenti in aria

## Campionamento attivo

Prevede l'impiego di pompette elettriche o a mano per campionare l'aria o l'inquinante  
Permette di prelevare un campione più grande in relativamente poco tempo

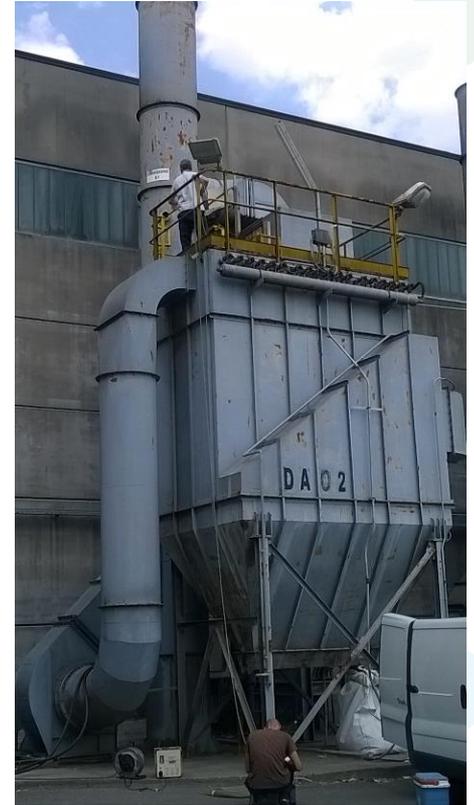
## Campionamento passivo

Si basa sulla diffusione dell'aria/inquinante  
Il campionatore è più piccolo e più facile da manipolare

# Il monitoraggio delle emissioni



# Il monitoraggio delle emissioni



# Il monitoraggio delle emissioni odorigene

Nell'ambito delle emissioni odorigene l'obiettivo del monitoraggio è la percezione che il recettore ha della sostanza. Questa varia in base a **numerosi fattori** ad esempio l'ora del giorno, il contesto ambientale, la tipologia di odore.

La valutazione da parte del recettore può diventare:

- un **disturbo**: complesso delle reazioni umane che si verifica in seguito ad una esposizione immediata ad un fattore di stress ambientale (odore) che porta ad una valutazione cognitiva negativa;
- una **molestia**: si riferisce all'effetto cumulativo prodotto da ripetuti eventi di disturbo in un lungo periodo di tempo, che genera un comportamento modificato o alterato nel recettore umano.

Questo dipende dalla **frequenza di esposizione**, dalle **caratteristiche del recettore** (residenza, attività produttiva etc.) e dalla sua **ubicazione sul territorio** nonché dalla presenza di **altri fattori di stress** ambientali.

# Il monitoraggio delle emissioni odorigene

Nell'ambito delle emissioni odorigene l'obiettivo del monitoraggio è la percezione che il recettore ha della sostanza. Questa varia in base a **numerosi fattori** ad esempio l'ora del giorno, il contesto ambientale, la tipologia di odore.

Le metodologie per la misura degli odori sono raggruppabili in:

- **determinazioni di tipo analitico**, principalmente attraverso gascromatografia - spettrometria di massa e determinazione di sostanze indicatrici;
- **tecniche di olfattometria**, ovvero la presentazione controllata delle sostanze ad un gruppo di persone (panel), la registrazione e l'elaborazione statistica delle sensazioni umane risultanti;
- l'utilizzo di **naso elettronico**, in cui si sfrutta l'interazione delle molecole volatili con specifici sensori.

# Il monitoraggio delle emissioni



CAMPIONAMENTO DELLE EMISSIONI CONVOGLIATE  
IN ATMOSFERA: ASPETTI OPERATIVI



Guida tecnica per i gestori di Sistemi di  
Monitoraggio in continuo delle Emissioni in  
atmosfera (SME)



Linee guida per le attività di  
assicurazione/controllo qualità (QA/QC) per le  
reti di monitoraggio per la qualità dell'aria  
ambiente, ai sensi del D.Lgs. 155/2010 come  
modificato dal D.Lgs. 250/2012

# I sistemi di abbattimento

Le sostanze inquinanti presenti in un flusso gassoso emesso da una attività (industriale, domestica, trasporto) possono essere suddivise nelle seguenti categorie:

- Gas e vapori
- aerosol e polveri
- odori

# I sistemi di abbattimento

CARATTERISTICHE CHIMICHE		CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE		ALTA CONCENTRAZIONE	SOLUBILE IN SOLVENTI INORGANICI O ORGANICI	ADSORBIBILI SU SUPERFICIE	ALTO CALORE DI COMBUSTIONE
		ALTO DEW POINT					
CARATTERISTICHE CHIMICHE	ORGANICI	CONDENSAZIONE		ASSORBIMENTO	ASSORBIMENTO	ASSORBIMENTO	INCENERIMENTO
	INORGANICI						COMBUSTIONE CATALITICA

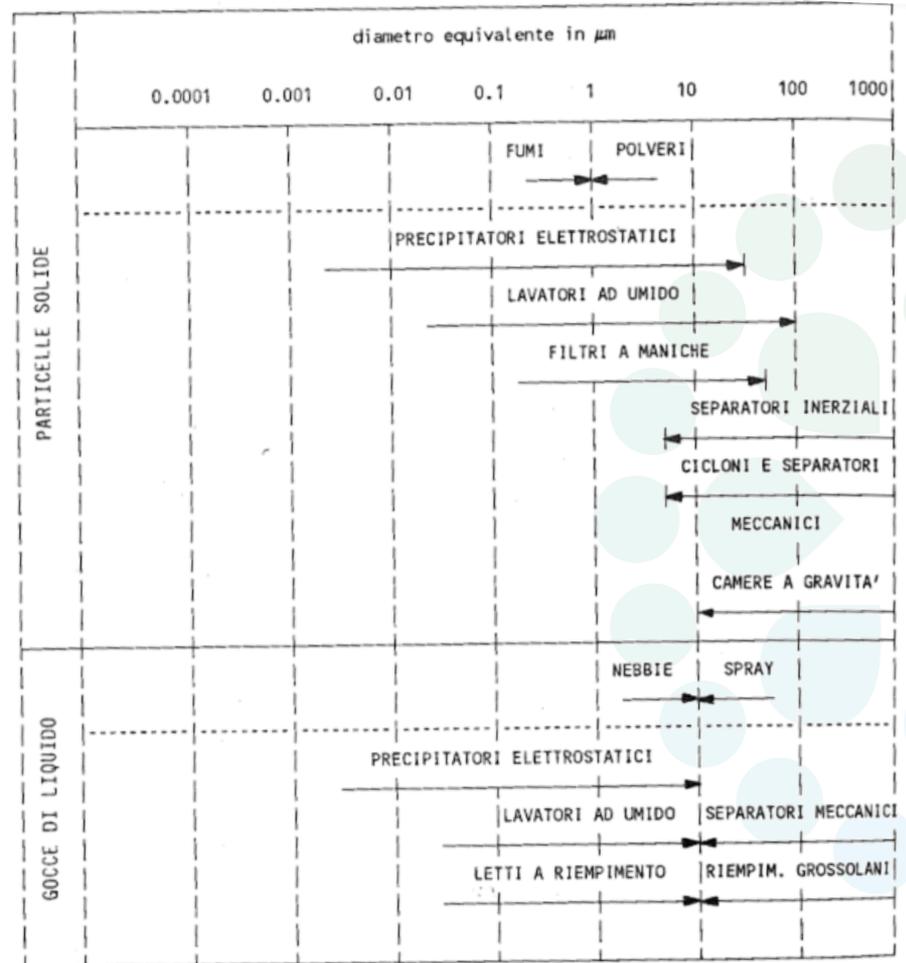
## Gas e vapori

Il controllo delle emissioni atmosferiche di impianti industriali –  
 misura e abbattimento  
 A cura di Roberto Boa e Danilo Sordelli  
 Franco Angeli editore

# I sistemi di abbattimento

## Aerosol e vapori

Il controllo delle emissioni atmosferiche di impianti industriali –  
misura e abbattimento  
A cura di Roberto Boa e Danilo Sordelli  
Franco Angeli editore



# I sistemi di abbattimento

## Odori

I metodi di abbattimento possono essere:

- la mascheratura, la compensazione e la modificazione
- il lavaggio chimico
- l'ossidazione
- l'adsorbimento
- l'incenerimento

# I cambiamenti climatici, le emissioni climalteranti e la carbon footprint

# Cambiamenti climatici

«Un cambiamento del clima attribuito direttamente o indirettamente all'attività umana che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si aggiunge alla variabilità climatica naturale osservata in periodi di tempo comparabili.»

art.1 Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC)

«Un cambiamento nello stato del clima che può essere identificato (ad esempio, utilizzando test statistici) da cambiamenti nella media e/o nella variabilità delle sue proprietà e che persiste per un periodo esteso, tipicamente decenni o più.

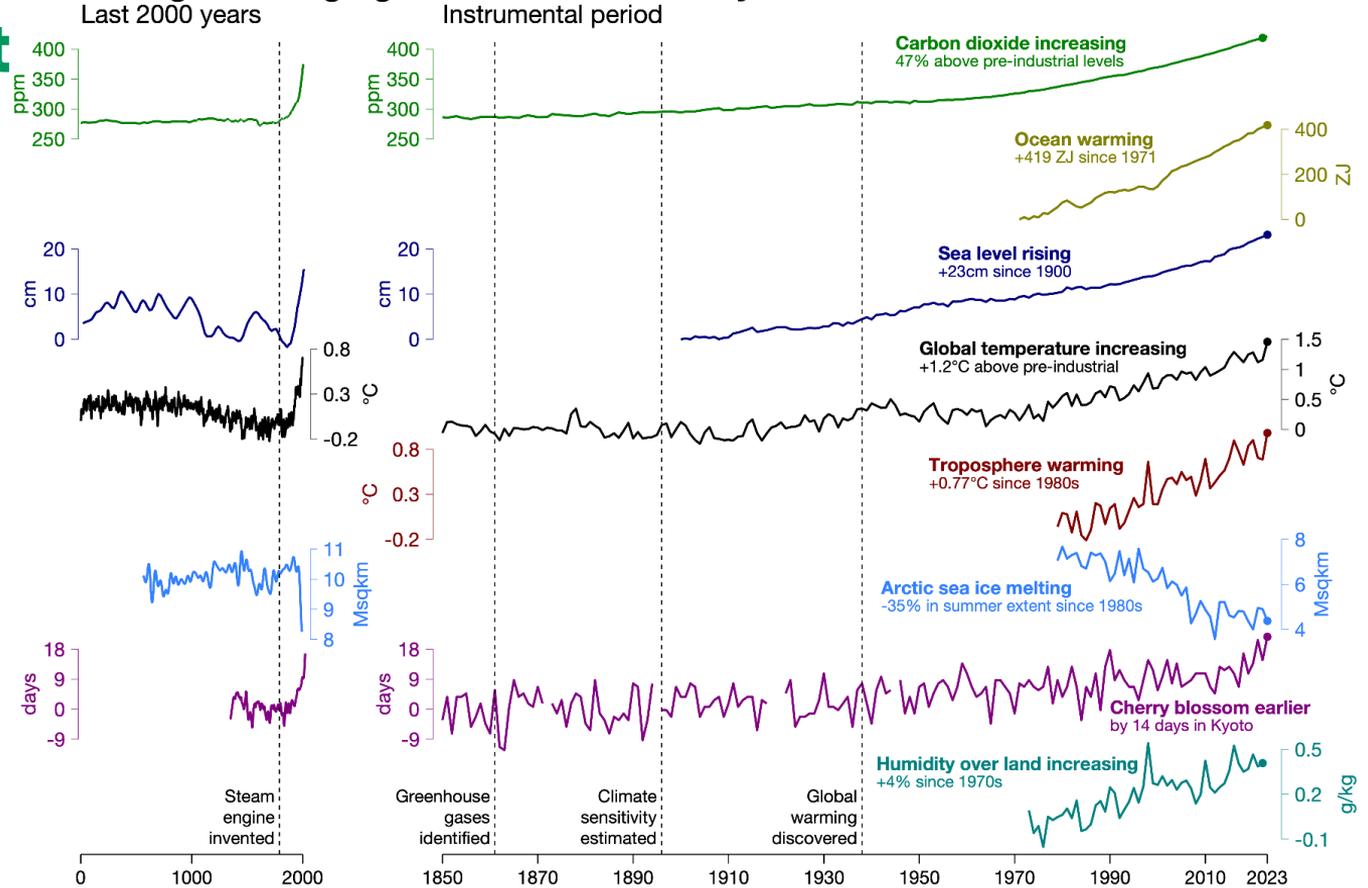
Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni o a forzanti esterne come modulazioni dei cicli solari, eruzioni vulcaniche e cambiamenti antropogenici persistenti nella composizione dell'atmosfera o nell'uso del suolo.»

FONTE: [Intergovernmental Panel on Climate Change](#)



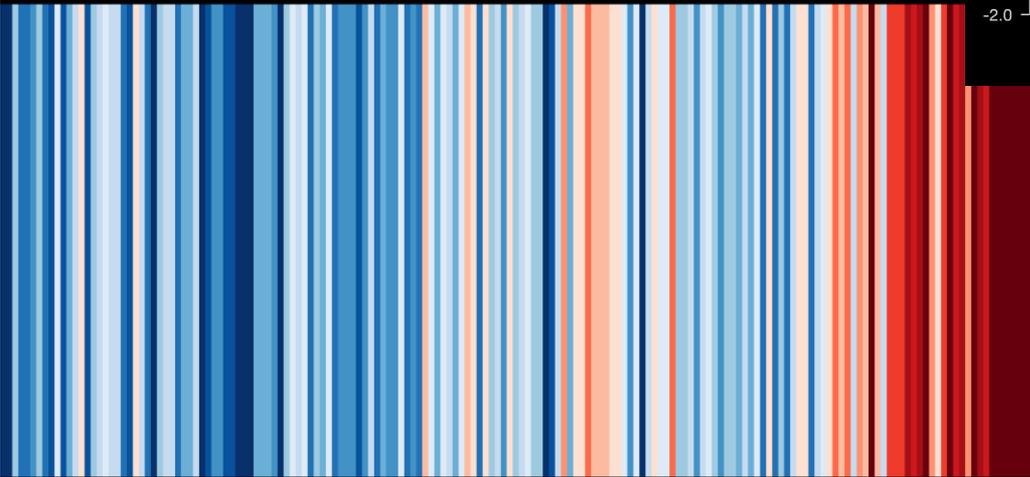
# Cambiament

## Changes emerging across the climate system

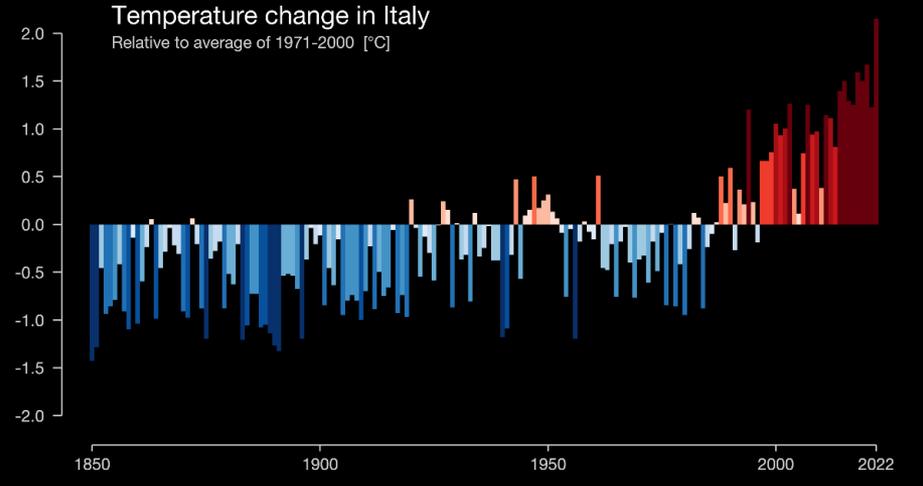


# Cambiamenti climatici

Temperature change in Italy since 1850



1860 1890 1920 1950 1980 2010



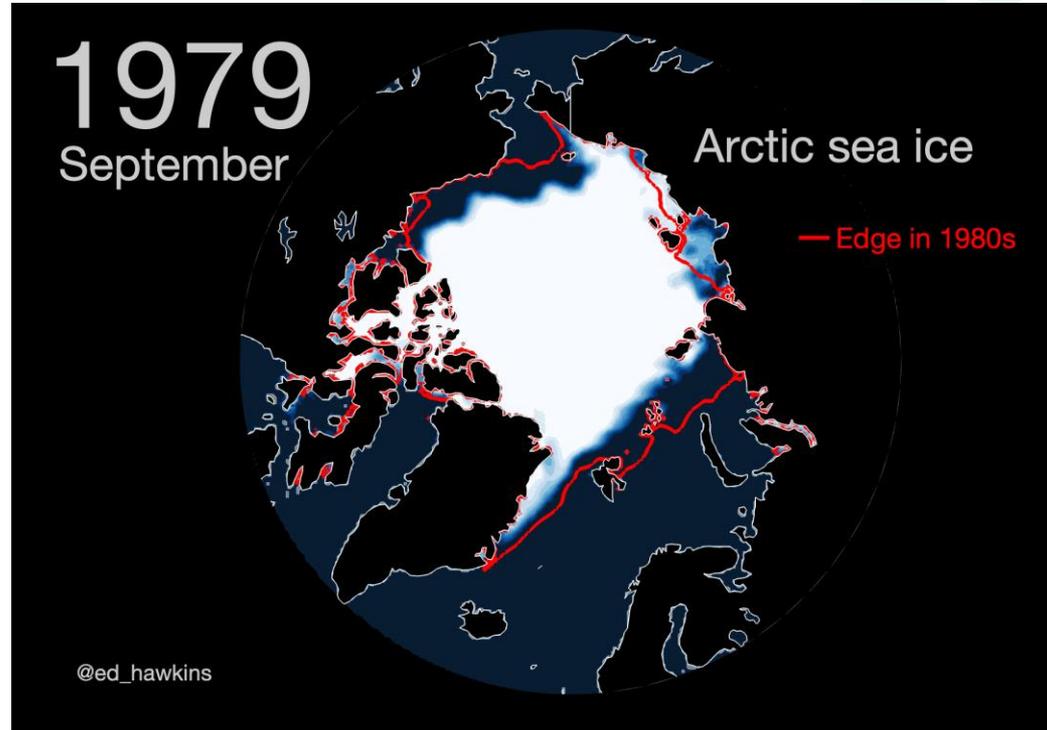
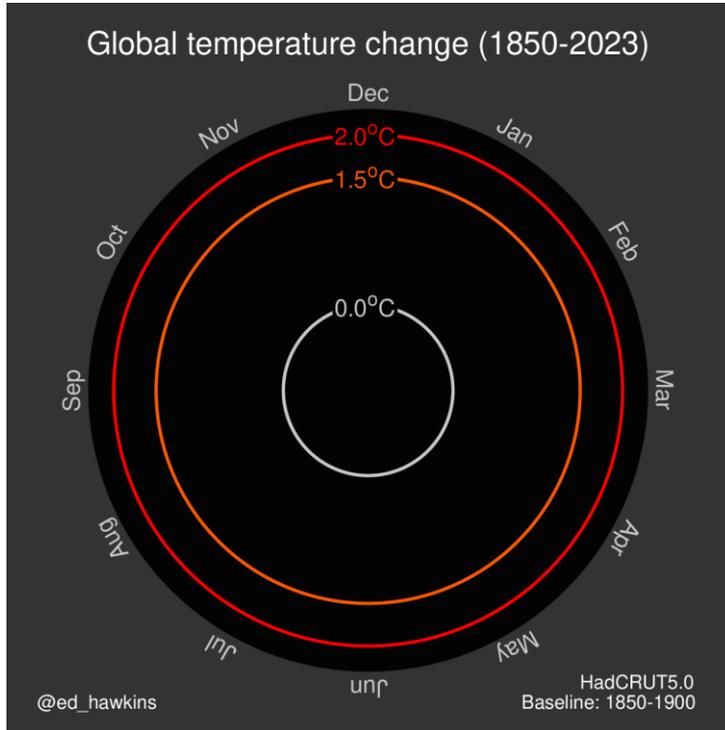
**Climate Visuals** by Professor Ed Hawkins  
(National Centre for Atmospheric Science, University of Reading)

These graphics show different aspects of how the climate is changing and are all free to use with a [CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

They will be updated as new data becomes available.

<https://showyourstripes.info/s/globe>

# Cambiamenti climatici



# Cambiamenti climatici

**Global warming o Riscaldamento globale:** «Il riscaldamento globale si riferisce all'aumento della temperatura superficiale globale rispetto a un periodo di riferimento di base, media su un periodo sufficiente per rimuovere le variazioni interannuali (ad esempio, 20 o 30 anni). Una scelta comune per il periodo di riferimento è il 1850–1900 (il periodo più antico di osservazioni affidabili con copertura geografica sufficiente), con altri periodi di riferimento più recenti utilizzati a seconda dell'applicazione.»

**FONTE:** Intergovernmental Panel on Climate Change, 6th Report

Assessment Reports about the state of scientific, technical and socio-economic knowledge on climate change, its impacts and future risks, and options for reducing the rate at which climate change is taking place

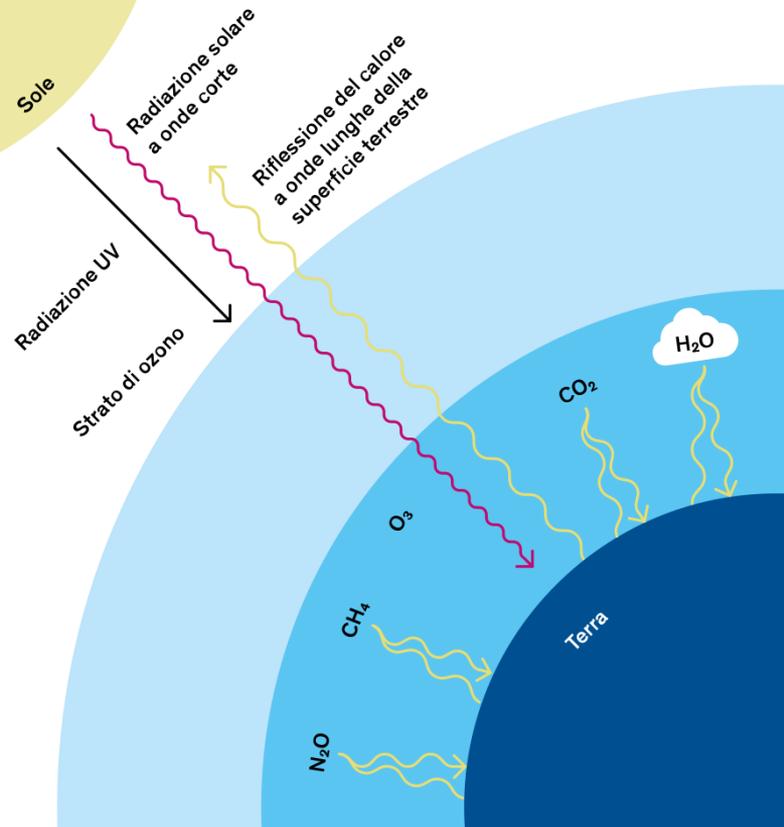


# Gas serra - GHG

**Gas ad effetto serra / gas serra (GHG - Greenhouse Gas):** costituente gassoso dell'atmosfera, sia naturale sia di origine antropica, che assorbe ed emette radiazioni a lunghezze d'onda specifiche ed all'interno dello spettro della radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre, dall'atmosfera e dalle nuvole.

- Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O)
- Idrofluorocarburi (HFCs)
- Perfluorocarburi (PFCs)
- Trifluoro di Azoto (NF<sub>3</sub>)
- Esafluoro di Zolfo (SF<sub>6</sub>)

# Gas serra - GHG



- Anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ )
- Metano ( $\text{CH}_4$ )
- Ossido di diazoto ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- Idrofluorocarburi (HFCs)
- Perfluorocarburi (PFCs)
- Trifluoro di Azoto ( $\text{NF}_3$ )
- Esafluoro di Zolfo ( $\text{SF}_6$ )

# Gas serra - GHG

**Potenziale di riscaldamento globale di un gas (Global Warming Potential GWP):** indice basato sulle proprietà radianti dei gas serra; misura il forzante radiativo accumulato in atmosfera in un periodo di tempo definito a seguito dell'emissione di un'unità di massa di un determinato gas serra rispetto al forzante radiativo dell'anidride carbonica nelle medesime condizioni (quantitative e temporali).

il GWP è quindi un indice adimensionale che quantifica l'effetto combinato del tempo di permanenza dei gas serra nell'atmosfera e della loro «efficienza» nel generare radiazioni. Si determina attraverso modelli di calcolo complessi che vengono aggiornati con regolarità.

# Gas serra - GHG

**Potenziale di variazione di temperatura globale (Global Temperature Change Potential GTP):** indice che misura la variazione di temperatura globale media superficiale in risposta all'emissione di una quantità di gas serra in atmosfera in un dato momento rispetto alla variazione di temperatura attribuita all'emissione di anidride carbonica nelle condizioni (quantitative e temporali).

# Gas serra – GHG

[https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_FullReport.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf)

**Table 7.15 | Emissions metrics for selected species: global warming potential (GWP), global temperature-change potential (GTP).** All values include carbon cycle responses as described in Section 7.6.1.3. Combined GTPs (CGTPs) are shown only for species with a lifetime less than 20 years (Section 7.6.1.4). Note CGTP has units of years and is applied to a change in emissions rate rather than a change in emissions amount. The radiative efficiencies are as described in Section 7.3.2 and include tropospheric adjustments where assessed to be non-zero in Section 7.6.1.1. The climate response function is from Supplementary Material 7.SM.5.2. Uncertainty calculations are presented in Supplementary Tables 7.SM.8 to 7.SM.13. Chemical effects of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O are included (Section 7.6.1.3). Contributions from stratospheric ozone depletion to halogenated species metrics are not included. Supplementary Table 7.SM.7 presents the full table.

Species	Lifetime (Years)	Radiative Efficiency (W m <sup>-2</sup> ppb <sup>-1</sup> )	GWP-20	GWP-100	GWP-500	GTP-50	GTP-100	CGTP-50 (years)	CGTP-100 (years)
CO <sub>2</sub>	Multiple	1.33 ± 0.16 × 10 <sup>-5</sup>	1.	1.000	1.000	1.000	1.000		
CH <sub>4</sub> -fossil	11.8 ± 1.8	5.7 ± 1.4 × 10 <sup>-4</sup>	82.5 ± 25.8	29.8 ± 11	10.0 ± 3.8	13.2 ± 6.1	7.5 ± 2.9	2823 ± 1060	3531 ± 1385
CH <sub>4</sub> -non fossil	11.8 ± 1.8	5.7 ± 1.4 × 10 <sup>-4</sup>	79.7 ± 25.8	27.0 ± 11	7.2 ± 3.8	10.4 ± 6.1	4.7 ± 2.9	2675 ± 1057	3228 ± 1364
N <sub>2</sub> O	109 ± 10	2.8 ± 1.1 × 10 <sup>-3</sup>	273 ± 118	273 ± 130	130 ± 64	290 ± 140	233 ± 110		
HFC-32	5.4 ± 1.1	1.1 ± 0.2 × 10 <sup>-1</sup>	2693 ± 842	771 ± 292	220 ± 87	181 ± 83	142 ± 51	78,175 ± 29,402	92,888 ± 36,534
HFC-134a	14.0 ± 2.8	1.67 ± 0.32 × 10 <sup>-1</sup>	4144 ± 1160	1526 ± 577	436 ± 173	733 ± 410	306 ± 119	146,670 ± 53,318	181,408 ± 71,365
CFC-11	52.0 ± 10.4	2.91 ± 0.65 × 10 <sup>-1</sup>	8321 ± 2419	6226 ± 2297	2093 ± 865	6351 ± 2342	3536 ± 1511		
PFC-14	50,000	9.89 ± 0.19 × 10 <sup>-2</sup>	5301 ± 1395	7380 ± 2430	10,587 ± 3692	7660 ± 2464	9055 ± 3128		

# Gas serra - GHG

**Equivalente di biossido di carbonio / CO2 equivalente / CO2e** : unità convenzionale per il confronto della forza radiante di un GHG con quella del biossido di carbonio.

Convenzionalmente la massa di un GHG viene convertita in equivalenti di CO2, moltiplicando la sua massa per il corrispondente GWP100.

# Carbon footprint

La **Carbon footprint** (impronta carbonica o impronta di carbonio) è un parametro che viene utilizzato per stimare le emissioni gas serra causate da un prodotto, da un servizio, da un'organizzazione, da un evento o da un individuo, espresse generalmente in tonnellate di CO2 equivalente.

## Carbon Footprint di Organizzazione

Inventario delle emissioni di gas serra riferito all'esercizio annuale, per capire dove e quanto un'organizzazione realizza la sua impronta di carbonio così da poter poi agire per la sua riduzione e/compensazione

## Carbon Footprint di Prodotto

Calcolo dell'impronta carbonica di prodotto che comprende la quantificazione di tutte le emissioni di gas ad effetto serra lungo tutto il ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime allo smaltimento finale del prodotto (in gergo, dalla culla alla tomba).

# Carbon footprint di organizzazione

## UNI EN ISO 14064:2019 "Gas a effetto serra"



Parte 1: Specifiche e guida, al livello dell'organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione

Parte 2: Specifiche e guida, al livello di progetto, per la quantificazione, il monitoraggio e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra o dell'aumento della loro rimozione

Parte 3: Specifiche e guida per la validazione e la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra

## The Greenhouse Gas Protocol – World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development (WRI e WBCSD)

Standard internazionale per la contabilizzazione dei gas serra, rappresenta un sistema di reporting rivolto alle organizzazioni di tutto il mondo che fornisce strumenti e metodologie di calcolo per misurare e quantificare le proprie emissioni di gas climalteranti.



# Carbon footprint di organizzazione

- ★ Definizione dei confini organizzativi del sistema
- ★ Definizione dei confini operativi/di rendicontazione:
  1. Identificare le emissioni incluse all'interno dei confini
  2. Classificare le emissioni fra dirette e indirette
  3. Classificarle secondo lo scope/categorie di inventario
- ★ Scegliere l'approccio di calcolo e calcolare l'impronta

# Carbon footprint di organizzazione

## Definizione dei confini organizzativi del sistema

Confini: linee immaginarie che comprendono le emissioni da includere nell'inventario dei gas serra di un'azienda

**Confini organizzativi:** Determina quali operazioni aziendali includere

Approccio di consolidamento	Definizione	Emissioni di GHG da considerare
Equa ripartizione	Quota di proprietà	% di proprietà
Controllo (finanziario)	Dirige politiche finanziarie per ottenere vantaggi economici	Se si: 100% Se no: 0% Se condivisa: la % detenuta
Controllo (operativo)	Ha l'autorità di introdurre e attuare politiche operative	Se si: 100% Se no: 0%

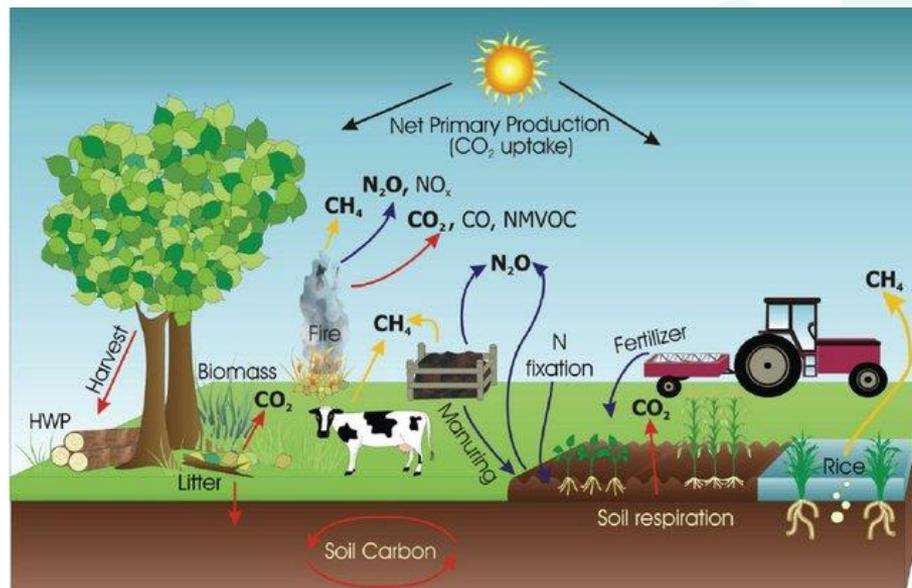
# Carbon footprint di organizzazione

## Definizione dei confini operativi/di rendicontazione

### 1. Identificare le emissioni incluse all'interno dei confini

Occorre anche definire se sono di origine **fossile** o **biogenica**

Non solo la CO<sub>2</sub>



# Carbon footprint di organizzazione

## Definizione dei confini operativi/di rendicontazione

1. Identificare le emissioni incluse all'interno dei confini
2. Classificare le emissioni fra dirette e indirette

**Dirette:** emissioni da fonti possedute o controllate dall'organizzazione

**Indirette:** emissioni che sono conseguenza delle attività dall'organizzazione ma si verificano presso fonti possedute o controllate da un'altra società

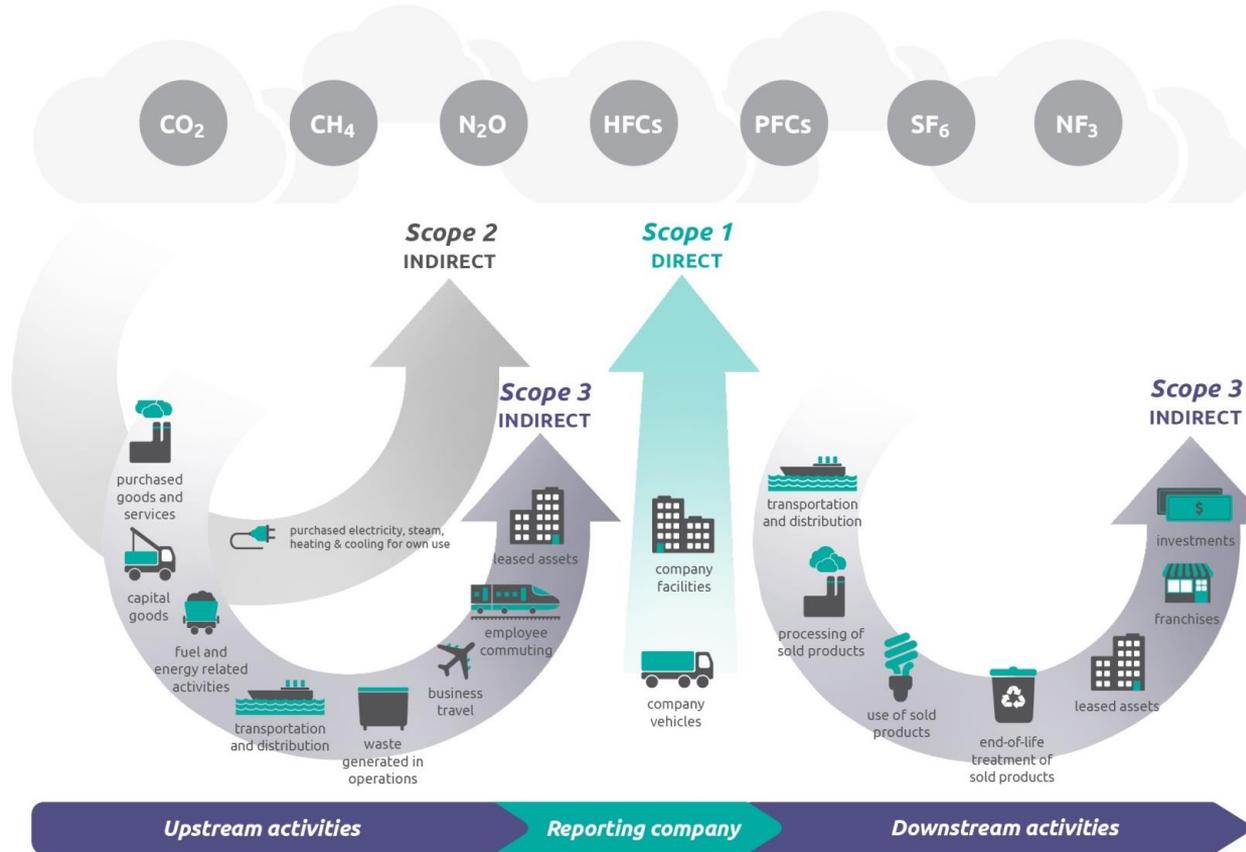
# Carbon footprint di organizzazione

## Definizione dei confini operativi/di rendicontazione

1. Identificare le emissioni incluse all'interno dei confini
2. Classificare le emissioni fra dirette e indirette
3. Classificarle secondo lo scope/categorie di inventario:
  - Scope 1, Scope 2 e Scope 3 secondo il **GHG Protocol**
  - sei categorie di inventario secondo la **UNI EN ISO 14064-1**

# Carbon footprint di organizzazione

GHG Protocol



# Carbon footprint di organizzazione

UNI EN ISO 14064-1

## Categorie dell'inventario di GHG

Le emissioni di GHG a livello dell'organizzazione devono essere suddivise nelle categorie seguenti:

- a) emissioni e rimozioni dirette di GHG;
- b) emissioni indirette di GHG derivanti da energia importata;
- c) emissioni indirette di GHG derivanti dal trasporto;
- d) emissioni indirette di GHG derivanti da prodotti utilizzati dall'organizzazione;
- e) emissioni indirette di GHG associate all'uso di prodotti provenienti dall'organizzazione;
- f) emissioni indirette di GHG da altre fonti.

In ciascuna categoria, le emissioni non biogeniche, le emissioni biogeniche antropogeniche e, se quantificate e rendicontate, le emissioni biogeniche non antropogeniche devono essere separate (vedere Appendice D).

L'organizzazione dovrebbe documentare le categorie sopra elencate separatamente a livello di installazione.

Le emissioni di GHG devono essere ulteriormente suddivise in sottocategorie coerenti con le categorie sopra elencate. L'Appendice B riporta un esempio di sottocategorie.

# Carbon footprint di organizzazione

Scegliere l'approccio di calcolo e calcolare l'impronta

**Misurazione diretta:** monitorare la concentrazione e la portata dei gas serra

**Calcolo stechiometrico:** misurare attraverso un calcolo di massa, gli elementi in ingresso e in uscita

**Stimare l'emissione:** moltiplicare i dati di attività per il fattore di emissione appropriato



# Carbon footprint di organizzazione

Scegliere l'approccio di calcolo e calcolare l'impronta

Dati di  
attività

- Dati d'inventario, forniti dall'organizzazione o dati di settore (es: BAT reference documents);
- Rendicontati attraverso file di contabilizzazione dei dati;
- Unità di misura specifiche a seconda del dato (es. consumo di energia kWh, consumo idrico litri, trasporti km/tkm etc...).

# Carbon footprint di organizzazione

## Scegliere l'approccio di calcolo e calcolare l'impronta

### Fattore di emissione

- I fattori di emissione convertono i dati di attività in valori di emissione
- vengono reperiti da database attendibili e letteratura scientifica
- Hanno unità di misura specifiche (es. per l'energia kg CO<sub>2</sub>/kWh, per il packaging kg CO<sub>2</sub>/kg, per i trasporti kgCO<sub>2</sub>/tkm etc...)

[Government conversion factors for company reporting of greenhouse gas emissions – UK](#)

[Ecoinvent](#)

[Greenhouse Protocol](#)

[IPCC](#)

[European Environment Agency](#)

[ISPRA](#)

# Carbon footprint di organizzazione

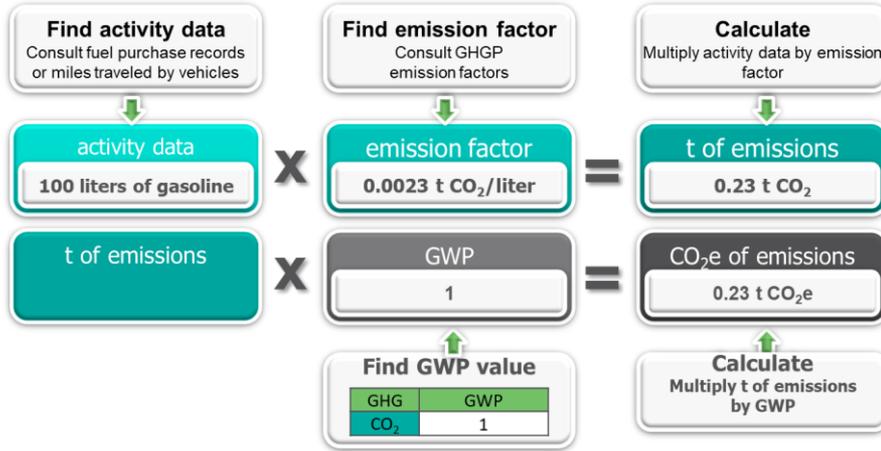
Scegliere l'approccio di calcolo e calcolare l'impronta

Kg CO<sub>2</sub>e of  
emissions

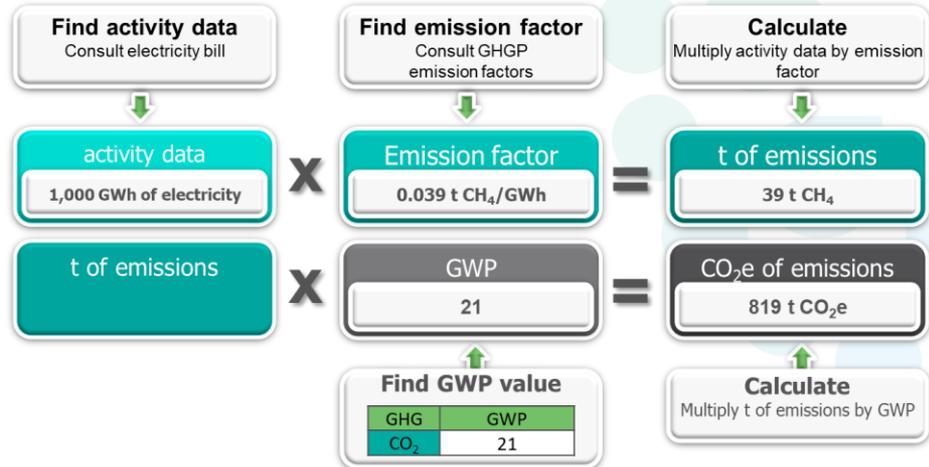
- ★ Il risultato è la quantificazione dei GHG emessi dall'attività, espressa in termini di chilogrammi di CO<sub>2</sub> equivalente
- ★ I chilogrammi di CO<sub>2</sub> equivalente sono calcolati moltiplicando i dati di attività per il suo fattore di emissione corrispondente e quando necessario il **GWP** del GHG emesso
- ★ Questa operazione può essere effettuata attraverso un [tool di calcolo](#)

# Carbon footprint di organizzazione

- How would you calculate the CO<sub>2</sub> emissions from travel in company-owned vehicles?



How would you calculate the CH<sub>4</sub> (methane) emissions from use of purchased electricity?





New approach for managing  
Holistic Environmental governance Practices

**Tema: rifiuti**  
**11 giugno 2024**

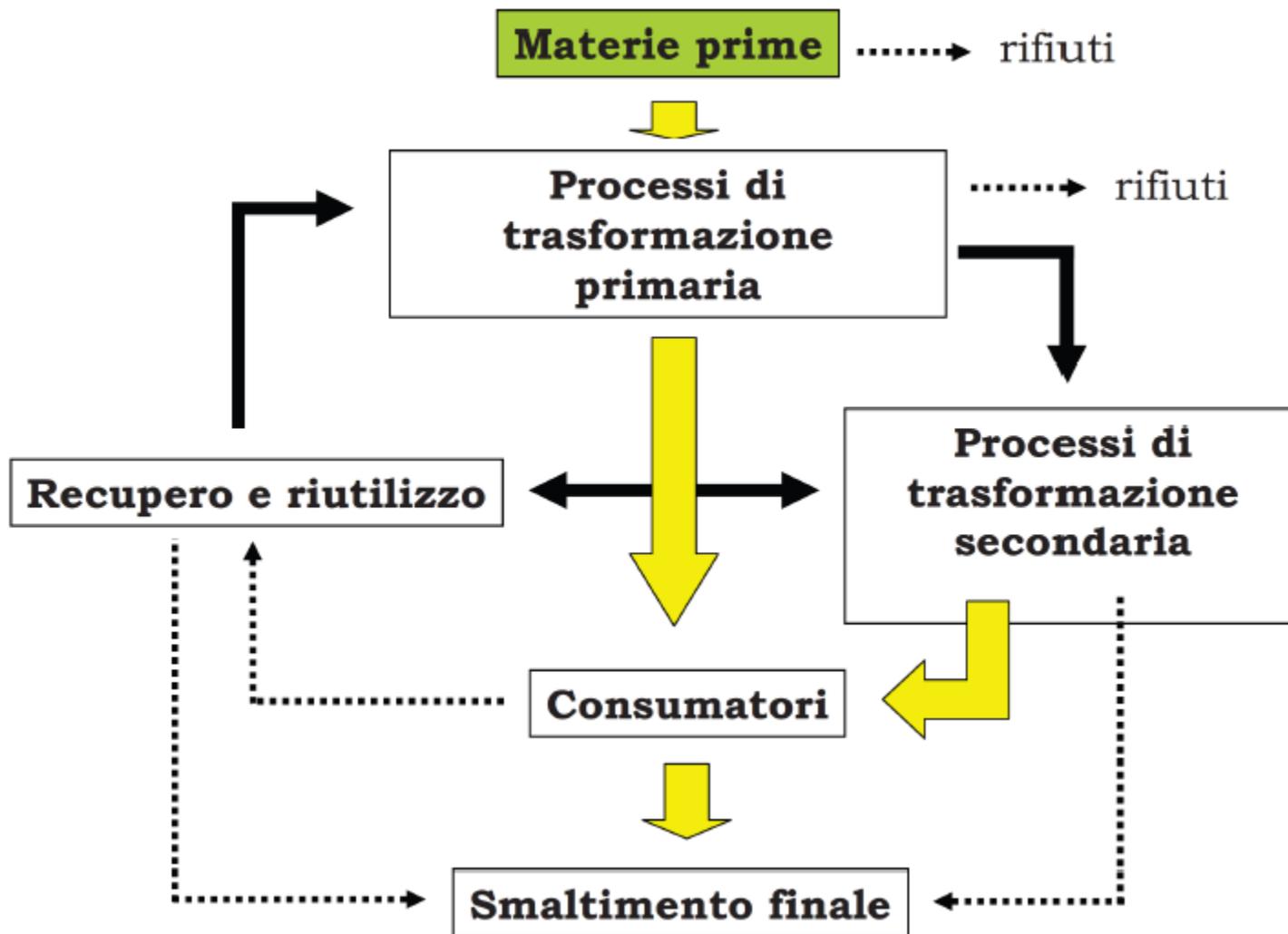
Prof. Lidia Lombardi  
[lidia.lombardi@unicusano.it](mailto:lidia.lombardi@unicusano.it)

## Sommario

- Definizioni e terminologia
- Gerarchia delle attività di gestione e trattamento dei rifiuti
- Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento
- Dati di produzione, raccolte e trattamento di rifiuti urbani in Italia e EU

# Definizioni e terminologia

Rifiuti: processi produttivi e di consumo



## Definizioni e terminologia

**"rifiuto":  
qualsiasi sostanza od oggetto di cui il  
detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia  
l'obbligo di disfarsi**

Definizioni (art. 183) D. Lgs. 152/2006

### **D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.**

Parte quarta – Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti contaminati

... anche in attuazione delle direttive comunitarie, in particolare della direttiva ***2008/98/CE così come modificata dalla direttiva (UE) 2018/851***

## Principi

I rifiuti sono gestiti senza pericolo per la salute dell'uomo e senza usare procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all'ambiente e, in particolare:

- a) senza determinare rischi per l'acqua, l'aria, il suolo, nonché per la fauna e la flora;
- b) senza causare inconvenienti da rumori o odori;
- c) senza danneggiare il paesaggio e i siti di particolare interesse, tutelati in base alla normativa vigente.

La gestione dei rifiuti è effettuata conformemente ai principi di precauzione, di prevenzione, di sostenibilità, di proporzionalità, di responsabilizzazione e di cooperazione di tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione, nell'utilizzo e nel consumo di beni da cui originano i rifiuti, nonché' del principio chi inquina paga.

A tale fine la gestione dei rifiuti è effettuata secondo criteri di

- efficacia
- efficienza
- economicità
- trasparenza
- fattibilità tecnica ed economica

nonché' nel rispetto delle norme vigenti in materia di partecipazione e di accesso alle informazioni ambientali.

# Definizioni e terminologia

## Classificazione (art. 184)

I rifiuti sono classificati, secondo l'origine, in rifiuti urbani e rifiuti speciali e, secondo le caratteristiche di pericolosità, in rifiuti pericolosi e rifiuti non pericolosi.

		Origine	
		Urbani	Speciali
Pericolosità	Non pericolosi	RU	RS
	Pericolosi	RUP	RSP

# Definizioni e terminologia

## Classificazione (art. 184)

### IN BASE ALL'ORIGINE:

#### URBANI

#### SPECIALI

##### **Sono rifiuti urbani (art. 184 comma 2):**

1. i rifiuti domestici indifferenziati e da raccolta differenziata, ivi compresi: carta e cartone, vetro, metalli, plastica, rifiuti organici, legno, tessili, imballaggi, rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, rifiuti di pile e accumulatori e rifiuti ingombranti, ivi compresi materassi e mobili;
2. i rifiuti indifferenziati e da raccolta differenziata provenienti da altre fonti che sono simili per natura e composizione ai rifiuti domestici indicati **nell'allegato L -quater prodotti dalle attività riportate nell'allegato L -quinquies** ;
3. i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade e dallo svuotamento dei cestini portarifiuti;
4. i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive dei corsi d'acqua;
5. i rifiuti della manutenzione del verde pubblico, come foglie, sfalci d'erba e potature di alberi, nonché i rifiuti risultanti dalla pulizia dei mercati;
6. i rifiuti provenienti da aree cimiteriali, esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli di cui ai punti 3, 4 e 5.

##### **Sono rifiuti speciali (art. 184 comma 3):**

- a) i rifiuti prodotti nell'ambito delle attività agricole, agro-industriali e della silvicoltura, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 2135 del codice civile, e della pesca;
- b) i rifiuti prodotti dalle attività di costruzione e demolizione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 184-bis;
- c) i rifiuti prodotti nell'ambito delle lavorazioni industriali se diversi da quelli di cui al comma 2;
- d) i rifiuti prodotti nell'ambito delle lavorazioni artigianali se diversi da quelli di cui al comma 2;
- e) i rifiuti prodotti nell'ambito delle attività commerciali se diversi da quelli di cui al comma 2;
- f) i rifiuti prodotti nell'ambito delle attività di servizio se diversi da quelli di cui al comma 2;
- g) i rifiuti derivanti dall'attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue, nonché i rifiuti da abbattimento di fumi, dalle fosse settiche e dalle reti fognarie;
- h) i rifiuti derivanti da attività sanitarie se diversi da quelli all'articolo 183, comma 1, lettera b-ter);
- i) i veicoli fuori uso.

# Definizioni e terminologia

## Allegato L -quater

<i>Frazione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>EER</i>
<i>RIFIUTI ORGANICI</i>	<i>Rifiuti biodegradabili di cucine e mense</i>	<i>200108</i>
	<i>Rifiuti biodegradabili</i>	<i>200201</i>
	<i>Rifiuti dei mercati</i>	<i>200302</i>
<i>CARTA E CARTONE</i>	<i>Imballaggi in carta e cartone</i>	<i>150101</i>
	<i>Carta e cartone</i>	<i>200101</i>
<i>PLASTICA</i>	<i>Imballaggi in plastica</i>	<i>150102</i>
	<i>Plastica</i>	<i>200139</i>
<i>LEGNO</i>	<i>Imballaggi in legno</i>	<i>150103</i>
	<i>Legno, diverso da quello di cui alla voce 200137*</i>	<i>200138</i>
<i>METALLO</i>	<i>Imballaggi metallici</i>	<i>150104</i>
	<i>Metallo</i>	<i>200140</i>
<i>IMBALLAGGI COMPOSITI</i>	<i>Imballaggi materiali compositi</i>	<i>150105</i>
<i>MULTIMATERIALE</i>	<i>Imballaggi in materiali misti</i>	<i>150106</i>
<i>VETRO</i>	<i>Imballaggi in vetro</i>	<i>150107</i>
	<i>Vetro</i>	<i>200102</i>
<i>TESSILE</i>	<i>Imballaggi in materia tessile</i>	<i>150109</i>
	<i>Abbigliamento</i>	<i>200110</i>
	<i>Prodotti tessili</i>	<i>200111</i>
<i>TONER</i>	<i>Toner per stampa esauriti diversi da quelli di cui alla voce 080317*</i>	<i>080318</i>
<i>INGOMBRANTI</i>	<i>Rifiuti ingombranti</i>	<i>200307</i>
<i>VERNICI, INCHIOSTRI, ADESIVI E RESINE</i>	<i>Vernici, inchiostri, adesivi e resine diversi da quelli di cui alla voce 200127</i>	<i>200128</i>
<i>DETERGENTI</i>	<i>Detergenti diversi da quelli di cui alla voce 200129*</i>	<i>200130</i>
<i>ALTRI RIFIUTI</i>	<i>Altri rifiuti non biodegradabili</i>	<i>200203</i>
<i>RIFIUTI URBANI INDIFFERENZIATI</i>	<i>Rifiuti urbani indifferenziati</i>	<i>200301</i>

# Definizioni e terminologia

Elenco attività che producono rifiuti di cui all'articolo 183, comma 1, lettera b-ter), punto 2)

Allegato L - quinquies

1. Musei, biblioteche, scuole, associazioni, luoghi di culto.
2. Cinematografi e teatri.
3. Autorimesse e magazzini senza alcuna vendita diretta.
4. Campeggi, distributori carburanti, impianti sportivi.
5. Stabilimenti balneari.
6. Esposizioni, autosaloni.
7. Alberghi con ristorante.
8. Alberghi senza ristorante.
9. Case di cura e riposo.
10. Ospedali.
11. Uffici, agenzie, studi professionali.
12. Banche ed istituti di credito.
13. Negozi abbigliamento, calzature, libreria, cartoleria, ferramenta, e altri beni durevoli.
14. Edicola, farmacia, tabaccaio, plurilicenze.
15. Negozi particolari quali filatelia, tende e tessuti, tappeti, cappelli e ombrelli, antiquariato.
16. Banchi di mercato beni durevoli.
17. Attività artigianali tipo botteghe: parrucchiere, barbiere, estetista.
18. Attività artigianali tipo botteghe: falegname, idraulico, fabbro, elettricista.
19. Carrozzeria, autofficina, elettrauto.
20. Attività artigianali di produzione beni specifici.
21. Ristoranti, trattorie, osterie, pizzerie, pub.
22. Mense, birrerie, hamburgerie.
23. Bar, caffè, pasticceria.
24. Supermercato, pane e pasta, macelleria, salumi e formaggi, generi alimentari.
25. Plurilicenze alimentari e/o miste.
26. Ortofrutta, pescherie fiori e piante, pizza al taglio.
27. Ipermercati di generi misti.
28. Banchi di mercato generi alimentari.
29. Discoteche, night club.

Rimangono escluse le attività agricole e connesse di cui all'articolo 2135 del codice civile.

Attività non elencate, ma ad esse simili per loro natura e per tipologia di rifiuti prodotti, si considerano comprese nel punto a cui sono analoghe.

# Definizioni e terminologia

## Differenze nella gestione dei RU e dei RS

RU



servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani – Gestore unico nell'ATO, selezionato per mezzo di gara (affidamento x 15 anni)

RS



Il **produttore iniziale** o altro detentore di rifiuti provvedono direttamente al loro trattamento, oppure li consegnano ad un intermediario, ad un commerciante, ad un ente o impresa che effettua le operazioni di trattamento dei rifiuti, o ad un soggetto pubblico o privato addetto alla raccolta dei rifiuti.

«MERCATO»

Classificazione (art. 184)

## IN BASE ALLE CARATTERISTICHE:

NON PERICOLOSI

PERICOLOSI

Sono rifiuti pericolosi quelli che recano le caratteristiche di pericolosità di cui all'allegato I del decreto



- Contenuto di sostanze pericolose (tossiche, infiammabili, corrosive, reattive, etc.)
- Mobilità sostanze pericolose (prove di solubilità)
- Origine (elenchi)

## Allegato I – Caratteristiche di pericolosità

- H1 "Esplosivo": sostanze e preparati che possono esplodere per effetto della fiamma o che sono sensibili agli urti e agli attriti piu' del dinitrobenzene;
- H2 "Comburente": sostanze e preparati che, a contatto con altre sostanze, soprattutto se infiammabili, presentano una forte reazione esotermica;
- H3-A "Facilmente infiammabile": sostanze e preparati: - liquidi il cui punto di infiammabilita' e' inferiore a 21° C (compresi i liquidi estremamente infiammabili), o -che a contatto con l'aria, a temperatura ambiente e senza apporto di energia, possono riscaldarsi e infiammarsi, o - solidi che possono facilmente infiammarsi per la rapida azione di una sorgente di accensione e che continuano a bruciare o a consumarsi anche dopo l'allontanamento della sorgente di accensione, o - gassosi che si infiammano a contatto con l'aria a pressione normale, o - che, a contatto con l'acqua o l'aria umida, sprigionano gas facilmente infiammabili in quantita' pericolose;
- H3-B "Infiammabile": sostanze e preparati liquidi il cui punto di infiammabilita' e' pari o superiore a 21° C e inferiore o pari a 55° C;
- H4 "Irritante": sostanze e preparati non corrosivi il cui contatto immediato, prolungato o ripetuto con la pelle o le mucose puo' provocare una reazione infiammatoria;
- H5 "Nocivo": sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi per la salute di gravita' limitata;
- H6 "Tossico": sostanze e preparati (comprese le sostanze e i preparati molto tossici) che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi per la salute gravi, acuti o cronici e anche la morte;
- H7 "Cancerogeno": sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre il cancro o aumentarne l'incidenza;
- H8 "Corrosivo": sostanze e preparati che, a contatto con tessuti vivi, possono esercitare su di essi un'azione distruttiva;
- H9 "Infettivo": sostanze contenenti microrganismi vitali o loro tossine, conosciute o ritenute per buoni motivi come cause di malattie nell'uomo o in altri organismi viventi;
- H10 "Tossico per la riproduzione": sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre malformazioni congenite non ereditarie o aumentarne la frequenza;
- H11 "Mutageno": sostanze e preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono produrre difetti genetici ereditari o aumentarne l'incidenza;
- H12 Rifiuti che, a contatto con l'acqua, l'aria o un acido, sprigionano un gas tossico o molto tossico;
- H13 "Sensibilizzanti": sostanze o preparati che per inalazione o penetrazione cutanea, possono dar luogo a una reazione di ipersensibilizzazione per cui una successiva esposizione alla sostanza o al preparato produce effetti nefasti caratteristici;
- H14 "Ecotossico": rifiuti che presentano o possono presentare rischi immediati o differiti per uno o piu' comparti ambientali.
- H15 Rifiuti suscettibili, dopo l'eliminazione, di dare origine in qualche modo ad un'altra sostanza, ad esempio a un **prodotto di lisciviazione** avente una delle caratteristiche sopra elencate.

## Classificazione (art. 184)

### Catalogo Europeo Rifiuti CER

Dove sono riportati i diversi tipi di rifiuto, identificati con un progressivo numerico a sei cifre AA.BB.CC detto “Codice CER”, dove:

- **AA:** Individua le “categorie industriali” e/o “attività” generatrici di rifiuti (N° 20 tra categorie e attività)
- **BB:** individua le sub-categorie industriali (singoli processi all’interno delle categorie industriali) o sub-attività
- **CC:** individua univocamente la tipologia del rifiuto

## Elenco Europeo Rifiuti (EER)

I rifiuti contrassegnati nell'elenco con un asterisco "\*" sono rifiuti pericolosi.

# Definizioni e terminologia

**AA: 02 rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, preparazione e lavorazione di alimenti**

**AA BB: 02 07 rifiuti della produzione di bevande alcoliche e analcoliche (tranne caffè, té e cacao)**

**AA BB CC: 02 07 01 rifiuti prodotti dalle operazioni di lavaggio, pulizia e macinazione della materia prima**

**AA BB CC: 02 07 02 rifiuti prodotti dalla distillazione di bevande alcoliche**

**AA BB CC: 02 07 03 rifiuti prodotti dai trattamenti chimici**

**AA BB CC: 02 07 04 scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione**

**AA BB CC: 02 07 05 fanghi da trattamento in loco degli effluenti**

**AA BB CC: 02 07 99 rifiuti non specificati altrimenti**

## **07 rifiuti dei processi chimici organici**

**07 06 rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di grassi, lubrificanti, saponi, detergenti, disinfettanti e cosmetici**

**07 06 01 \* soluzioni acquose di lavaggio ed acque madri**

**07 06 03 \* solventi organici alogenati, soluzioni di lavaggio ed acque madri**

**07 06 04 \* altri solventi organici, soluzioni di lavaggio ed acque madri**

**07 06 07 \* fondi e residui di reazione, alogenati**

**07 06 08 \* altri fondi e residui di reazione**

**07 06 09 \* residui di filtrazione e assorbenti esauriti alogenati**

## ELENCO CER/EEE – AA – 20 CAPITOLI DI ATTIVITA'

01	Rifiuti derivanti da prospezione, estrazione da miniera o cava, nonché dal trattamento fisico o chimico di minerali
02	Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento e preparazione di alimenti
03	Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartone
04	Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce e dell'industria tessile
05	Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone
06	Rifiuti dei processi chimici inorganici
07	Rifiuti dei processi chimici organici
08	Rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di rivestimenti (pitture, vernici e smalti vetrati), adesivi, sigillanti, e inchiostri per stampa
09	Rifiuti dell'industria fotografica
10	Rifiuti provenienti da processi termici
11	Rifiuti prodotti dal trattamento chimico superficiale e dal rivestimento di metalli ed altri materiali; idrometallurgia non ferrosa
12	Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica
13	Oli esauriti e residui di combustibili liquidi (tranne oli commestibili, 05 e 12)
14	Solventi organici, refrigeranti e propellenti discarto (tranne le voci 07 e 08)
15	Rifiuti di imballaggio, assorbenti, stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi (non specificati altrimenti)
16	Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco
17	Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati)
18	Rifiuti prodotti dal settore sanitario e veterinario o da attività di ricerca collegate (tranne i rifiuti di cucina e di ristorazione che non derivino direttamente da trattamento terapeutico)
19	Rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale
20	Rifiuti urbani (rifiuti domestici e assimilabili prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni) inclusi i rifiuti della raccolta differenziata.

# Gerarchia delle attività di gestione e trattamento dei rifiuti

Criteria di priorità nella gestione dei rifiuti (art. 179)

La gestione dei rifiuti avviene nel rispetto della seguente gerarchia

- a) **prevenzione**
- b) **preparazione per il riutilizzo**
- c) **riciclaggio**
- d) **recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia**
- e) **smaltimento**



*Direttiva 2008/98/CE*

**"preparazione per il riutilizzo"**: le operazioni di controllo, pulizia, smontaggio e riparazione attraverso cui prodotti o componenti di prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati senza altro pretrattamento;

**"riutilizzo"**: qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti;

**"riciclaggio"**: qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. Include il trattamento di materiale organico ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili o in operazioni di riempimento;

**"recupero"**: qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile, sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale;

**"smaltimento"**: qualsiasi operazione diversa dal recupero anche quando l'operazione ha come conseguenza secondaria il recupero di sostanze o di energia;

**"trattamento"**: operazioni di recupero o smaltimento, inclusa la preparazione prima del recupero o dello smaltimento.

# Gerarchia delle attività di gestione e trattamento dei rifiuti

DIRECTIVE (EU) 2018/851 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste

“Improving the efficiency of resource use and ensuring that **waste is valued as a resource** can contribute to reducing the Union’s dependence on the import of raw materials and facilitate **the transition to more sustainable material management and to a circular economy model.**”

## Directive 2018/851/UE

**Targets** for preparing for re-use and the recycling household waste and similar:

- **55 % by 2025**
- **60 % by 2030**
- **65 % by 2035**

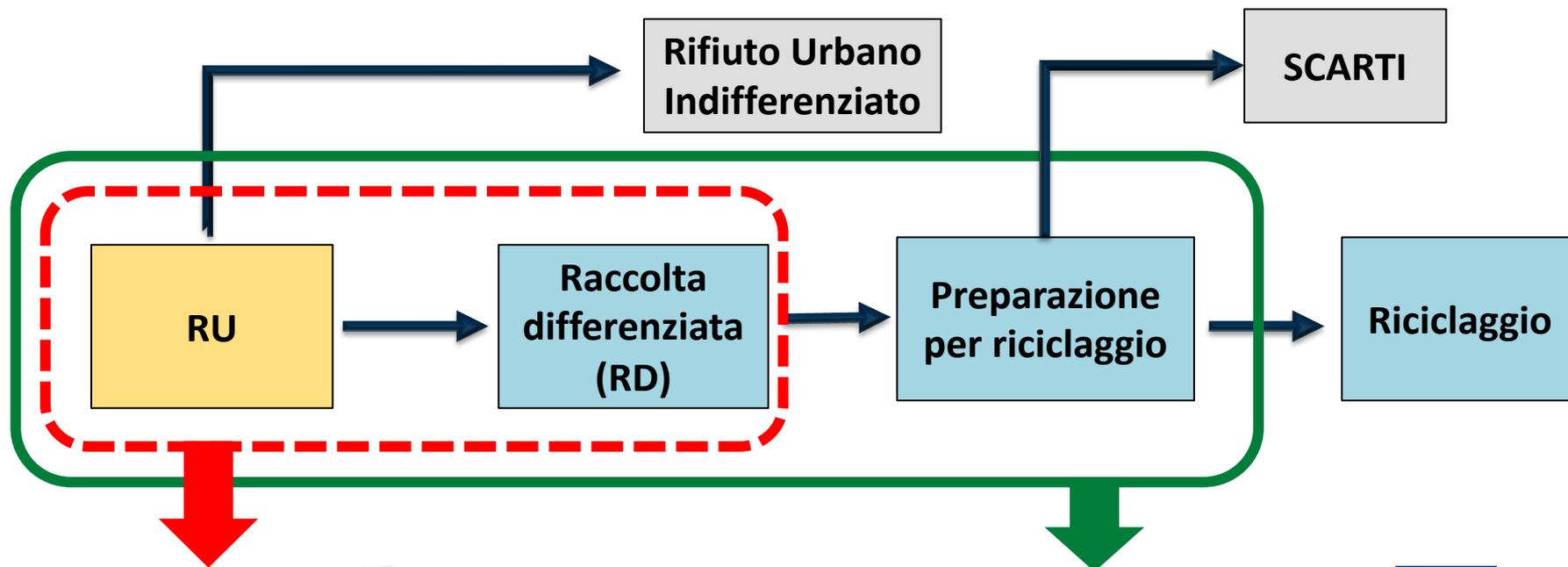
**D. Lgs. 116/2020:** ... la **preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio** di rifiuti quali **carta, metalli, plastica e vetro** provenienti dai nuclei domestici, e possibilmente di altra origine, nella misura in cui tali flussi di rifiuti sono simili a quelli domestici, sarà aumentata complessivamente **almeno al ....**



**Directive 2018/850/UE** discarica < 10%

# Gerarchia delle attività di gestione e trattamento dei rifiuti

DIRECTIVE (EU) 2018/851 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste



## D. Lgs. 152/2006

### Obiettivi raccolta differenziata:

- 50 % entro 2009
- 60 % entro 2011
- **65 % entro 2012**

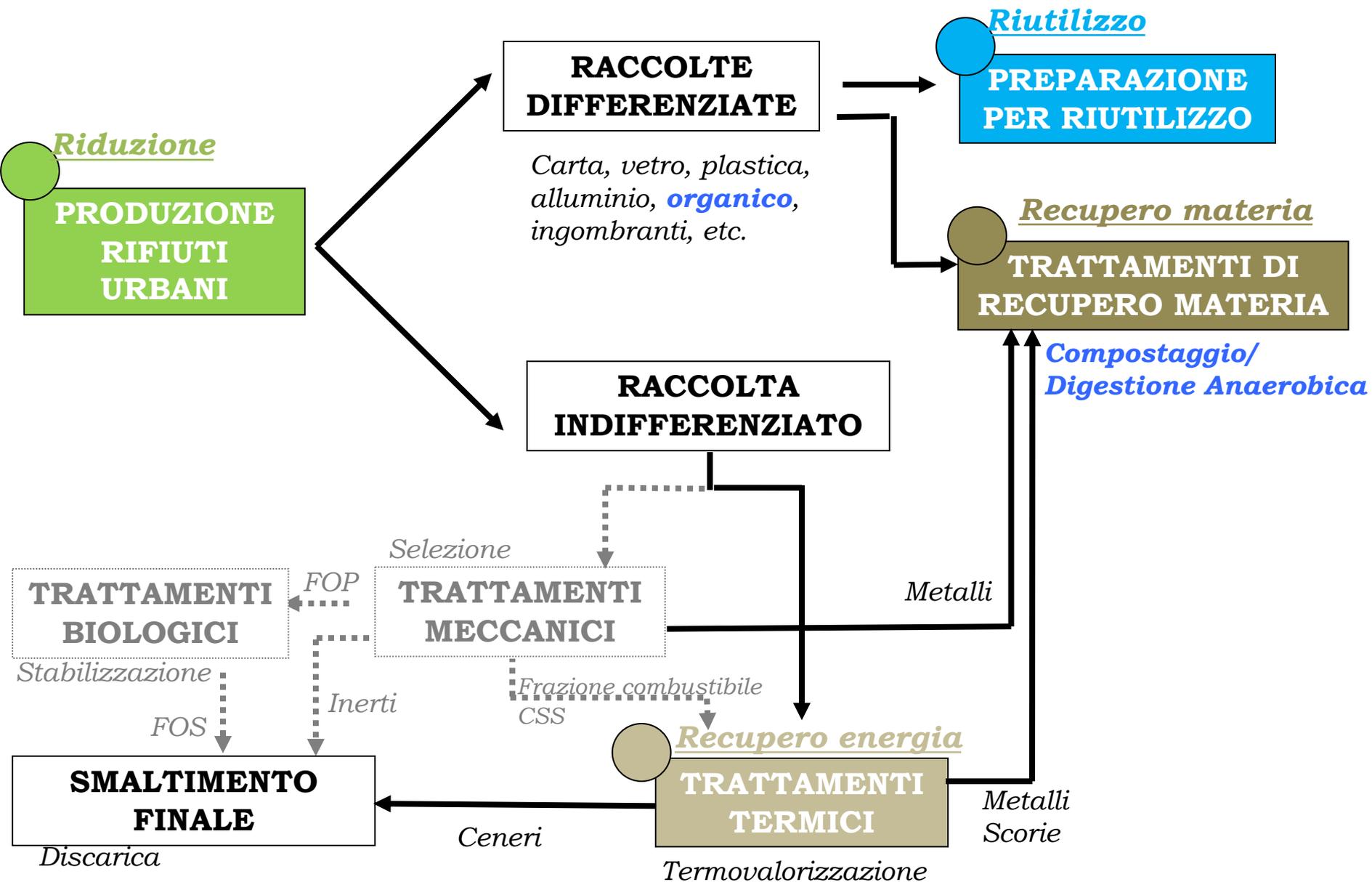
$$SC (\%) = \frac{\sum SC}{\sum SC + MW} \times 100$$

## Directive 2018/851/UE

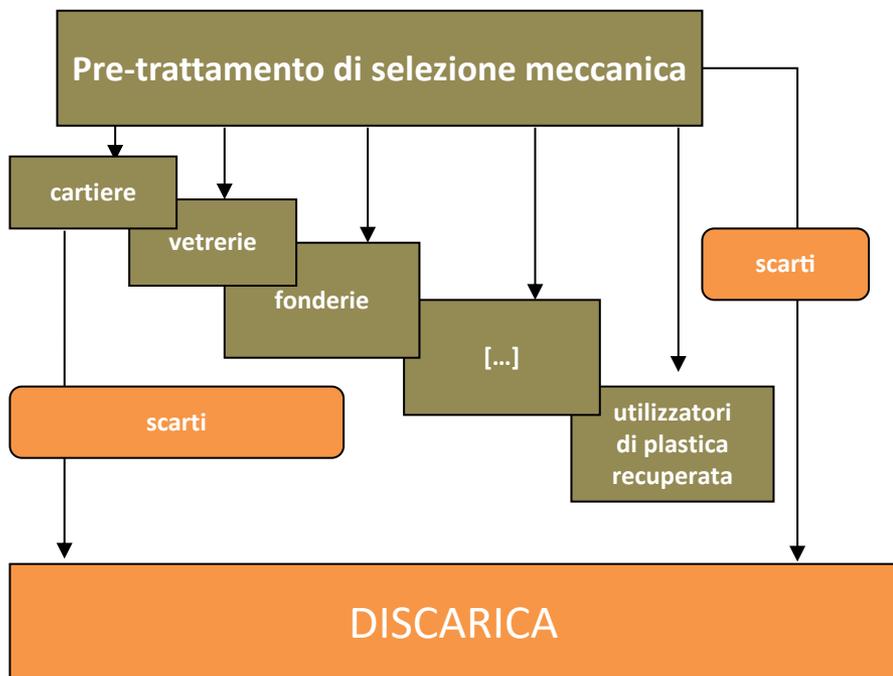
### Obiettivi preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio:

- **55 % entro 2025**
- 60 % entro 2030
- 65 % entro 2035

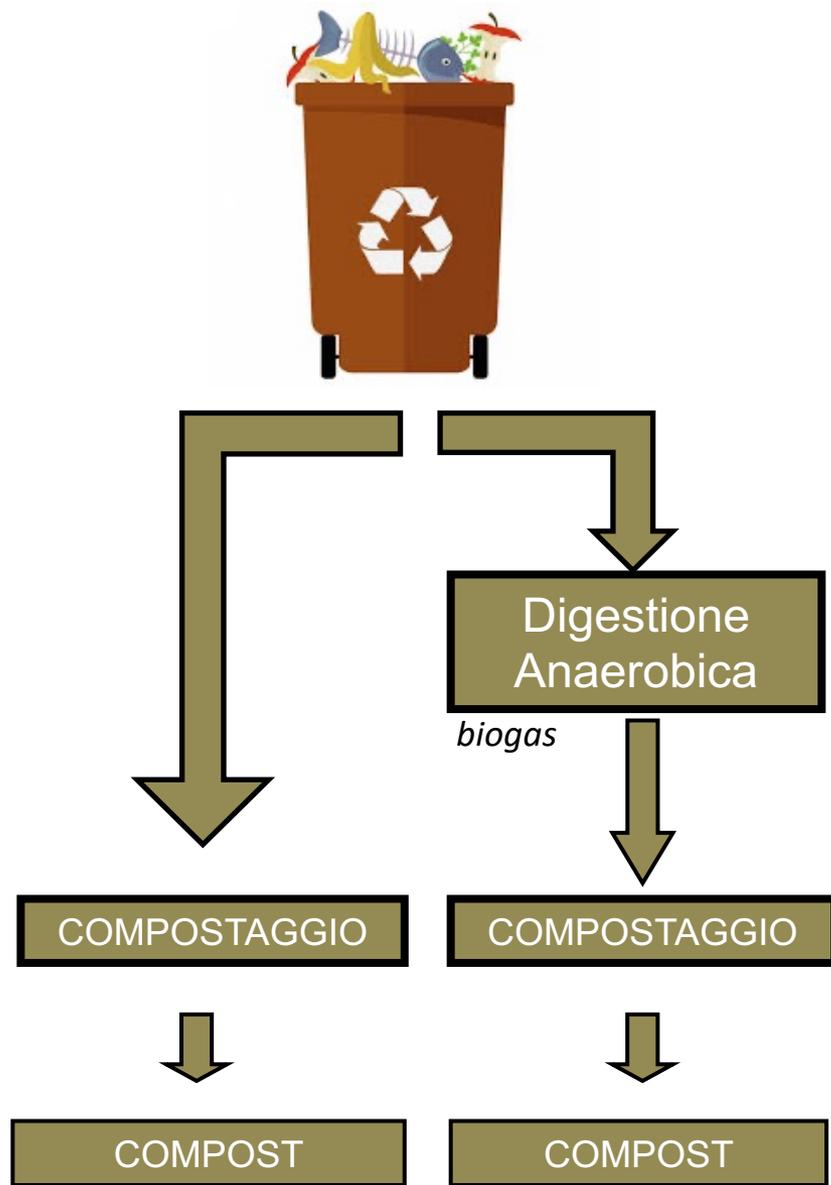
# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento



# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento



# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento



D.Lgs. 75/2010. Ammendante (misto/verde)

# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

I processi di **trattamento biologico aerobico (compostaggio)** dei rifiuti consistono nella degradazione biologica della frazione organica del rifiuto da parte di microrganismi che si sviluppano e vivono in un ambiente in cui è necessario ossigeno.

Lo scopo del processo è la riduzione di massa, la mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili, l'igienizzazione e la **produzione di compost**



# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

## Impianti di trattamento biologico aerobico (compostaggio)

I sistemi chiusi operano la fase di bio-ossidazione in ambiente confinato e controllato. L'areazione viene garantita insufflando/aspirando aria. Tempi del processo: 14-21 giorni.



**Bacini a ciclo continuo**

**Corsie**

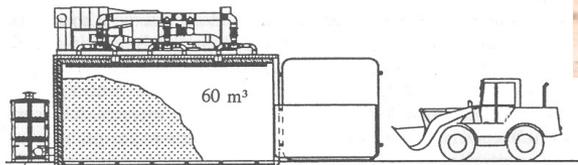


**Bacini a ciclo discontinuo**

I sistemi aperti operano la fase di bio-ossidazione all'aperto. L'areazione viene garantita da rivoltamenti meccanici.



**sistemi aperti o estensivi  
(matrici vegetali)**



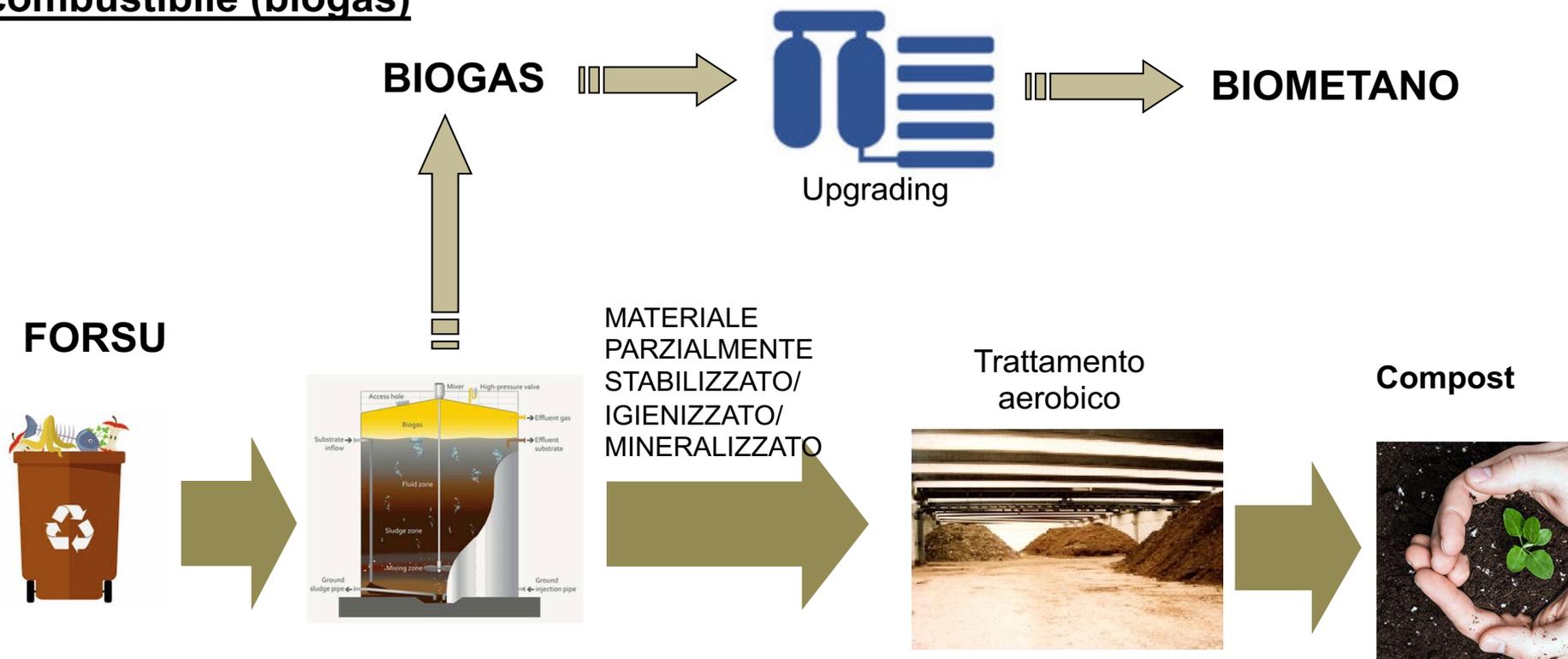
**Biocella**

**sistemi chiusi o intensivi (matrici miste)**

# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

I processi di **trattamento biologico anaerobico (digestione anaerobica)** dei rifiuti consistono nella degradazione biologica della frazione organica del rifiuto da parte di microrganismi che si sviluppano e vivono in un ambiente in cui è assente ossigeno.

Lo scopo del processo è la riduzione di massa, la mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili, l'igienizzazione e la **produzione di un gas combustibile (biogas)**



*Materiale biodegradabile + H<sub>2</sub>O ⇒ crescita cellulare + CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> [... + NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>S+...]*

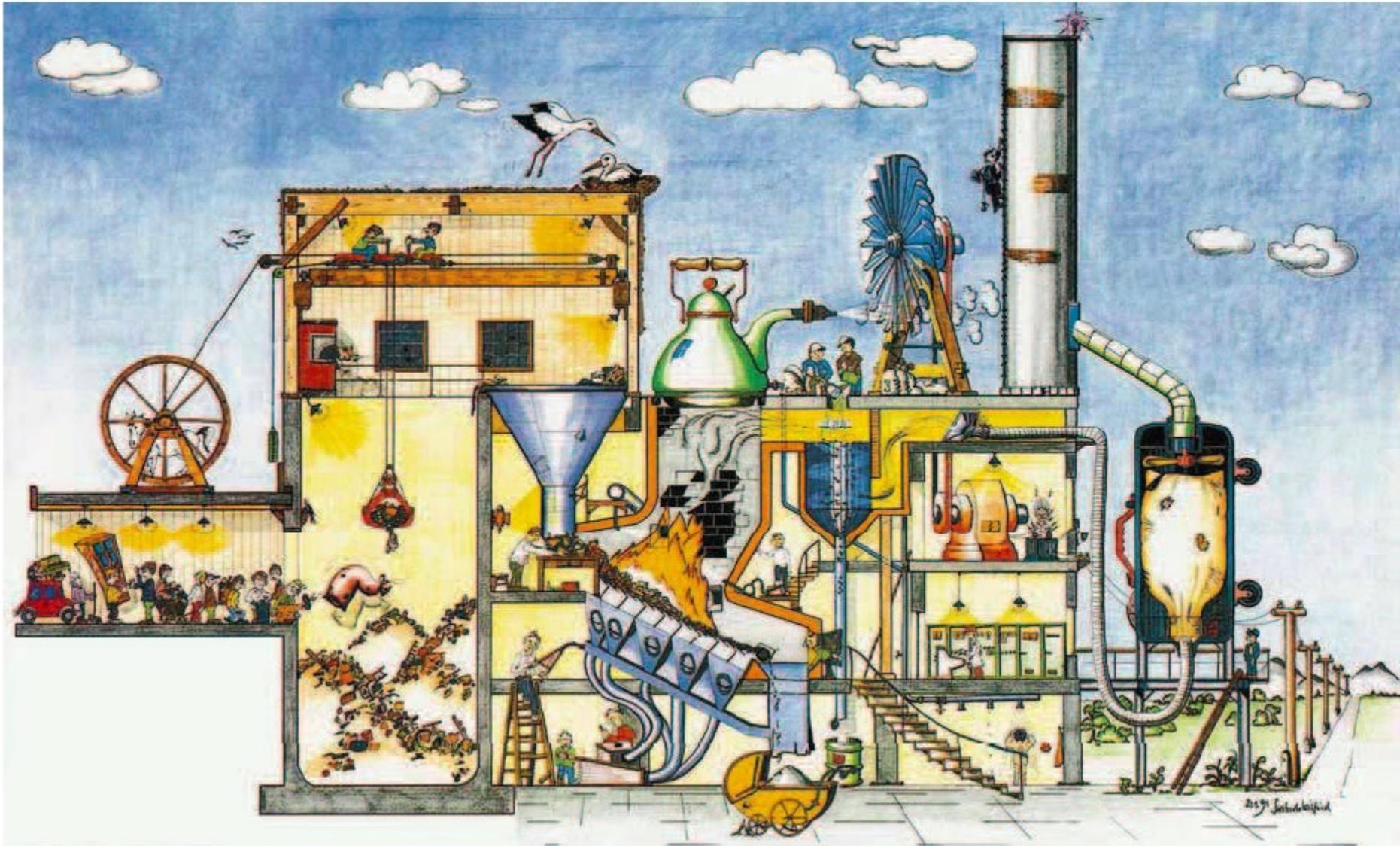
# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

Impianti di trattamento biologico anaerobico (digestione anaerobica)



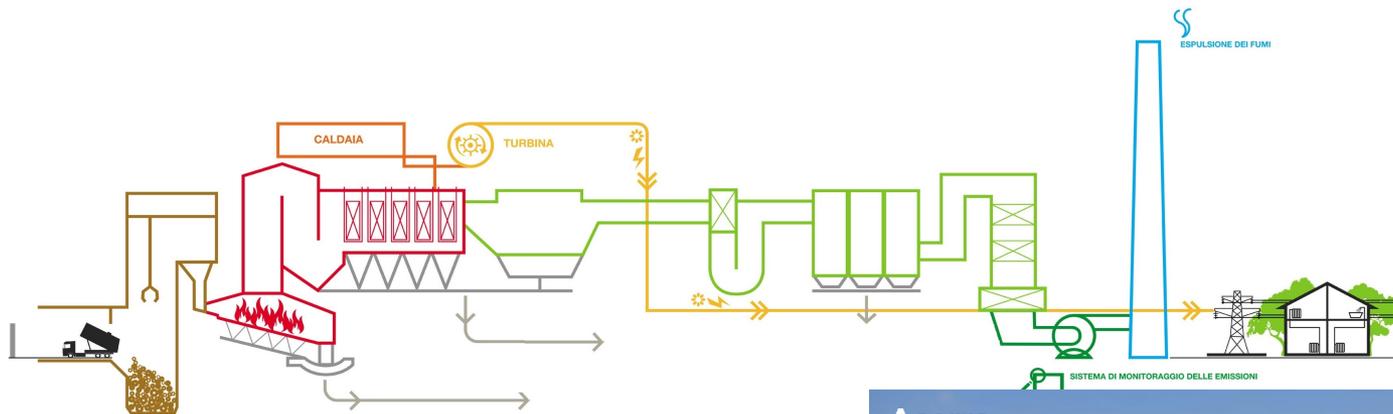
# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

Impianti di trattamento termico per recupero di energia - Termovalorizzazione



# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

Impianti di trattamento termico per recupero di energia - Termovalorizzazione



Amsterdam (NL)



Acerra



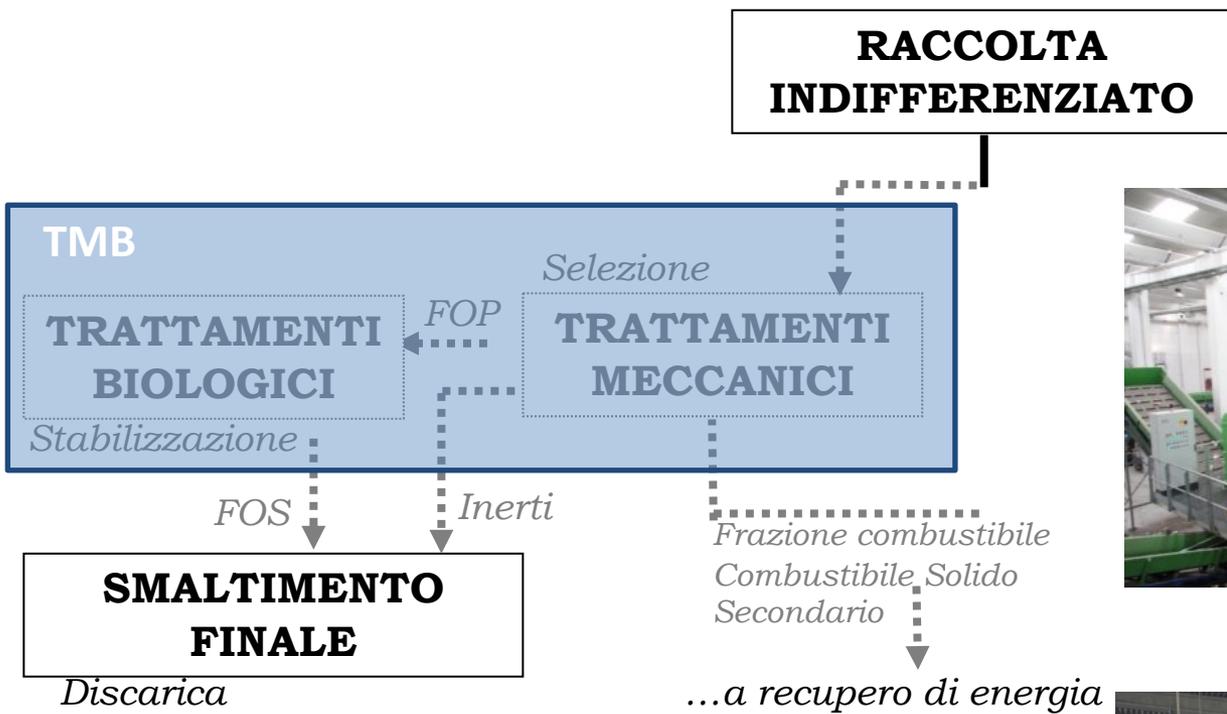
Spittelau – Vienna



Copenhagen

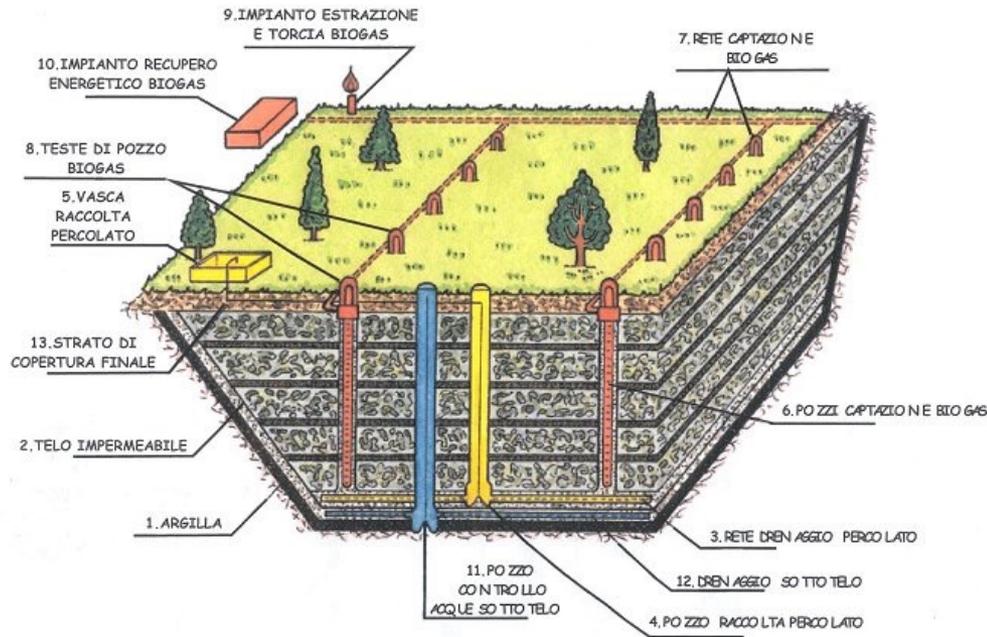
# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

Impianti di pre-trattamento meccanico-biologico (TMB)



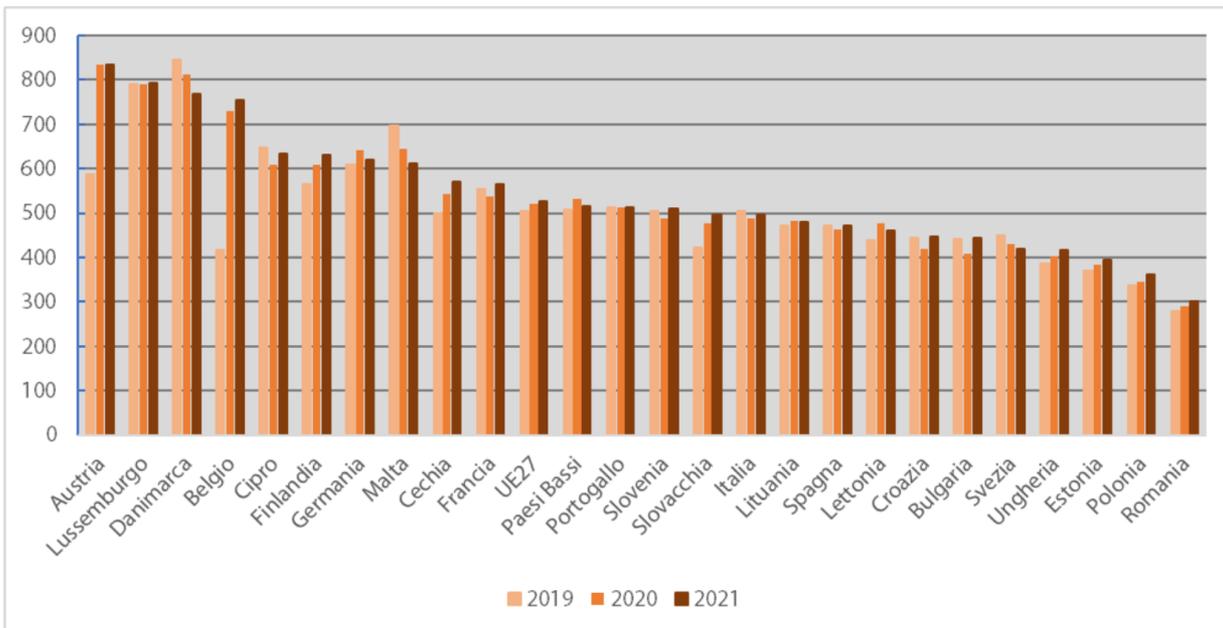
# Sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani e tipologie di trattamento

## Impianti di discarica



# Dati di produzione, raccolte e trattamento di rifiuti urbani in Italia e EU

Produzione pro capite di RU nell'UE27 (kg/abitante per anno), anni 2019 - 2021

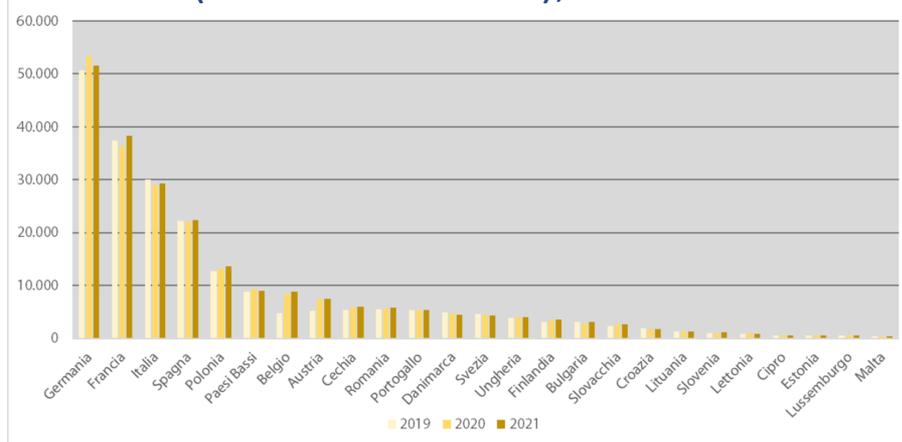


<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-rifiuti-urbani-edizione-2023>

RU = rifiuti urbani  
Fonte: elaborazioni ISPRAP su dati Eurostat

Produzione totale di RU nell'UE27 (tonnellate\*1.000), anni 2019 - 2021

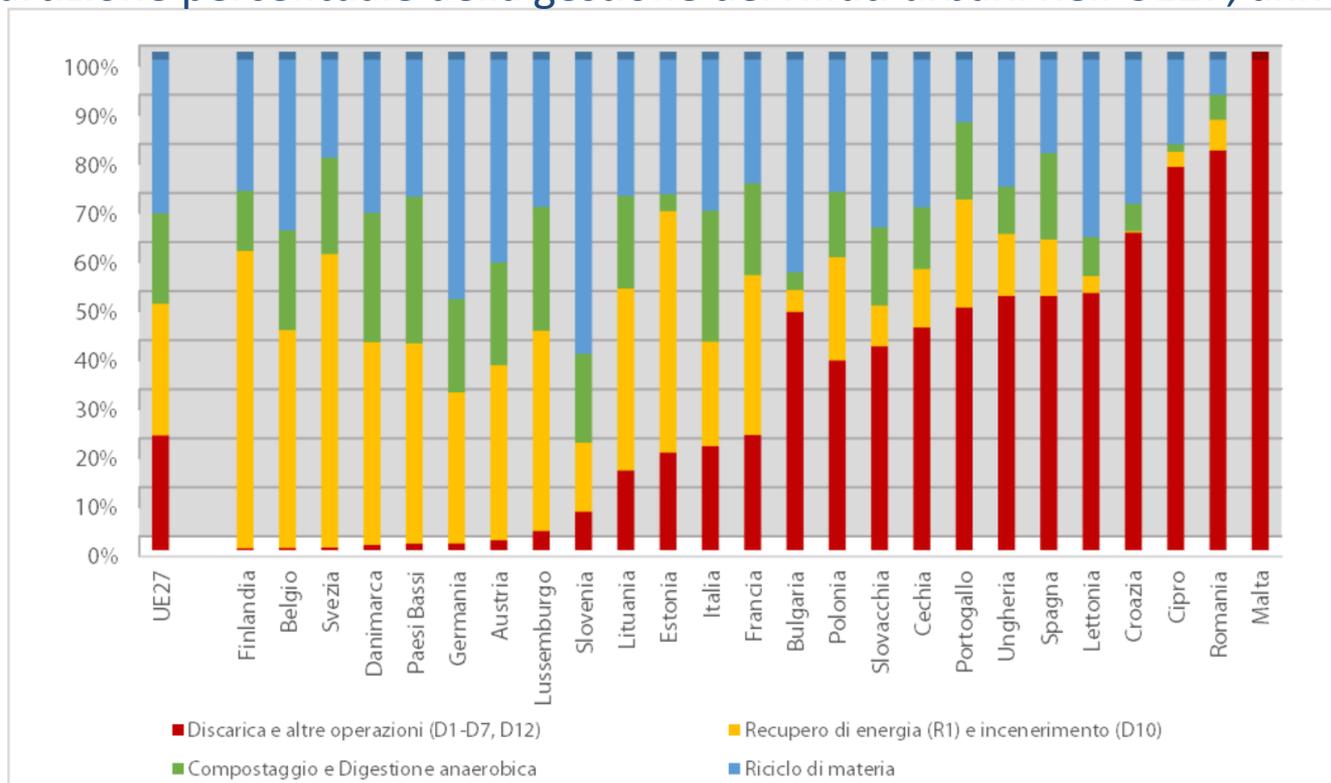
Paese/Raggruppamento	2019		2020		2021		Tipologia del dato
	kg/ab	Ton*1.000	kg/ab	Ton*1.000	kg/ab.	Ton*1.000	
<b>UE27</b>	<b>504</b>	<b>225.336</b>	<b>521</b>	<b>233.199</b>	<b>527</b>	<b>235.433</b>	<b>s</b>



RU = rifiuti urbani  
Fonte: elaborazioni ISPRAP su dati Eurostat

# Dati di produzione, raccolte e trattamento di rifiuti urbani in Italia e EU

Ripartizione percentuale della gestione dei rifiuti urbani nell'UE27, anno 2021

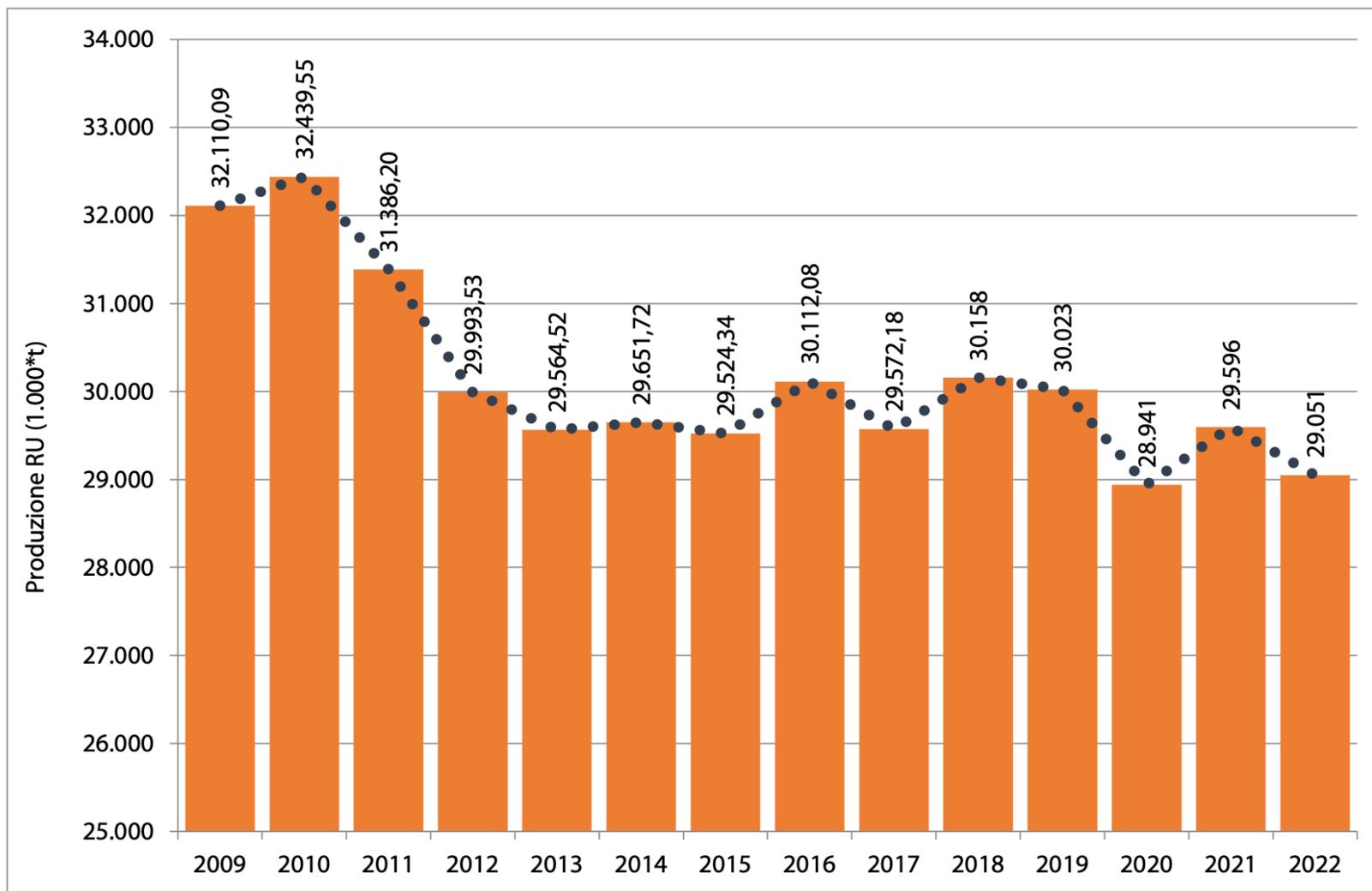


Nota: I dati relativi a Grecia e Irlanda non sono disponibili.  
 Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Eurostat

Paese/ Raggruppamento	RU prodotto (kg/abitante per anno)	RU trattato (kg/abitante per anno)	Percentuale di RU trattato (%)			
			Riciclo di materia	Compostaggio e Digestione anaerobica	Recupero di energia (R1) e Inceneri- mento (D10)	Discarica e altre operazioni (D1-D7, D12)
<b>UE27</b>	<b>527</b>	<b>519</b>	<b>31%</b>	<b>18%</b>	<b>27%</b>	<b>23%</b>

# Dati di produzione, raccolte e trattamento di rifiuti urbani in Italia e EU

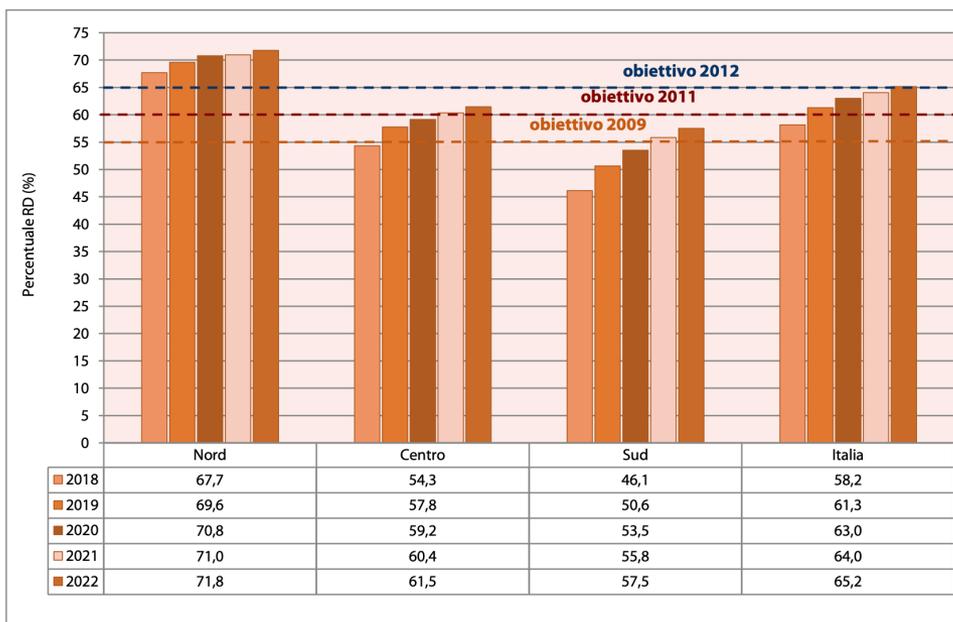
## Andamento della produzione di rifiuti urbani IT, anni 2009 – 2022



Fonte: ISPRA

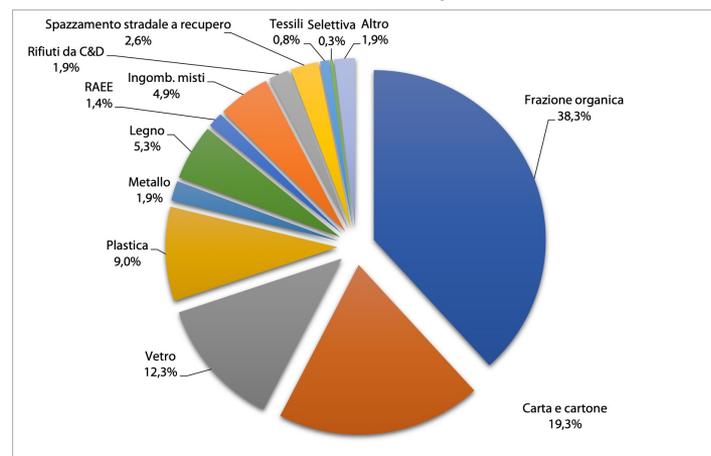
# Dati di produzione, raccolte e trattamento di rifiuti urbani in Italia e EU

## Andamento della percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani, anni 2018 – 2022



Fonte: ISPRA

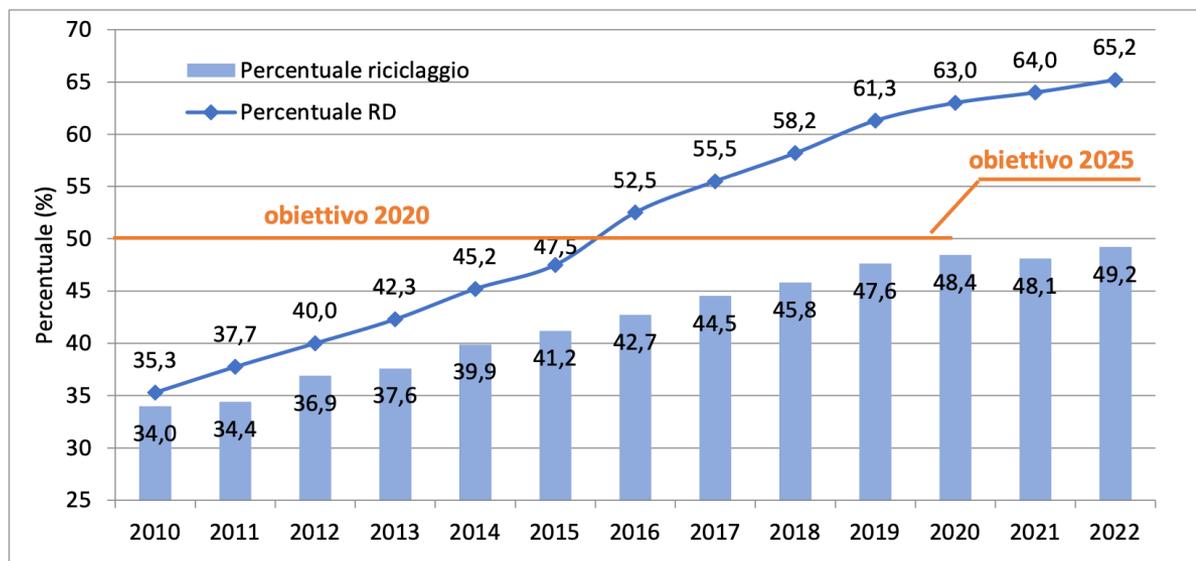
## Ripartizione percentuale della raccolta differenziata, anno 2022



Note: nella voce "Altro" sono conteggiati, a partire dal 2016, anche gli scarti della raccolta multimateriale. In base ai criteri stabiliti dal DM 26 maggio 2016, quest'ultima deve, infatti, essere integralmente computata (al lordo della quota degli scarti) nel dato della RD.  
Fonte: ISPRA

# Dati di produzione, raccolte e trattamento di rifiuti urbani in Italia e EU

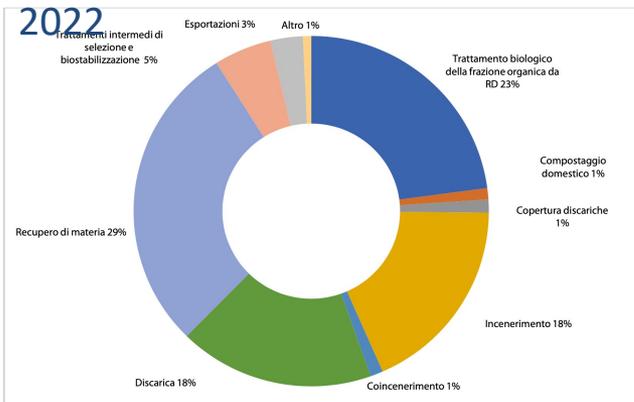
## Percentuali di riciclaggio, anni 2010 – 2022



Fonte: elaborazioni ISPRA

## Ripartizione percentuale della gestione dei rifiuti urbani, anno

2022



Fonte: ISPRA

Tipologia	Numero impianti				
	Nord	Centro	Sud	Totale	
Trattamento biologico	Compostaggio	172	37	76	285
	Trattamento integrato	34	8	9	51
	Digestione anaerobica	19	1	2	22
Trattamento meccanico o meccanico biologico	TMB	24	26	46	96
	TM	17	14	5	36
Coincenerimento		7	1	3	11
Incenerimento		25	5	6	36
Discariche		50	25	42	117
<b>Totale</b>		<b>348</b>	<b>117</b>	<b>189</b>	<b>654</b>

Fonte: ISPRA



Grazie per l'attenzione!

[lidia.lombardi@unicusano.it](mailto:lidia.lombardi@unicusano.it)



New approach for managing  
Holistic Environmental governance Practices

**Tema: acqua**  
**21 giugno 2024**

Prof. Lidia Lombardi  
[lidia.lombardi@unicusano.it](mailto:lidia.lombardi@unicusano.it)

## Sommario

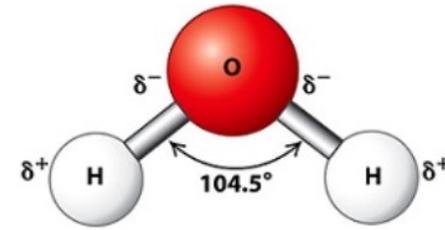
- Introduzione
- Parametri di caratterizzazione dell'acqua: chimici, fisici, microbiologici
- Qualità delle acque
- Potabilizzazione
- Il trattamento delle acque reflue (depurazione)

# Introduzione

- Composto polare (differente elettronegatività tra ossigeno ed idrogeno, insieme alla geometria della molecola)

- Elevato potere solvente

→ **facilità di contaminazione**



- Stato liquido in un ampio intervallo di temperatura (0 – 100 °C a pressione atmosferica)

- Densità massima a 4 °C:

→ stratificazione

→ ghiaccio solo superficiale

- Caratteristiche termiche:

→ elevato calore specifico (1 kcal kg<sup>-1</sup>°C<sup>-1</sup> o 4.186 kJ kg<sup>-1</sup>°C<sup>-1</sup>)

→ elevato calore latente di vaporizzazione (600 kcal kg<sup>-1</sup> o 2500 kJ kg<sup>-1</sup>)

→ effetto volano termico

Materiale	Calore specifico J/(g·°C)	Calore specifico cal/(g·°C)
acqua	4,18	1,00
alluminio	0,900	0,215
aria	1,00	0,24
rame	0,385	0,092
ferro	0,45	0,107

# Introduzione

La **concentrazione** di un componente in una miscela è una grandezza che esprime il rapporto tra la quantità del componente rispetto alla quantità totale di tutti i componenti della miscela (compreso il suddetto componente).

Soluzione (miscela liquida): Soluto/Soluzione (Soluto/Solvente)

**Concentrazione in massa:** peso/volume → es. mg/l

**Concentrazione adimensionali:** peso/peso campione → ppm  
volumi/volumi campione → ppm<sub>v</sub>

N.B. ppm = parti per milione; ppb = parti per miliardo (1 ppm = 1000 ppb)

**Molarità:** numero di moli/l  
numero di moli = peso (gr)/peso molecolare

**Peso Equivalente:**

basato sulla carica ionica

Peso molecolare/carica ionica

basato sulle reazioni acido-base

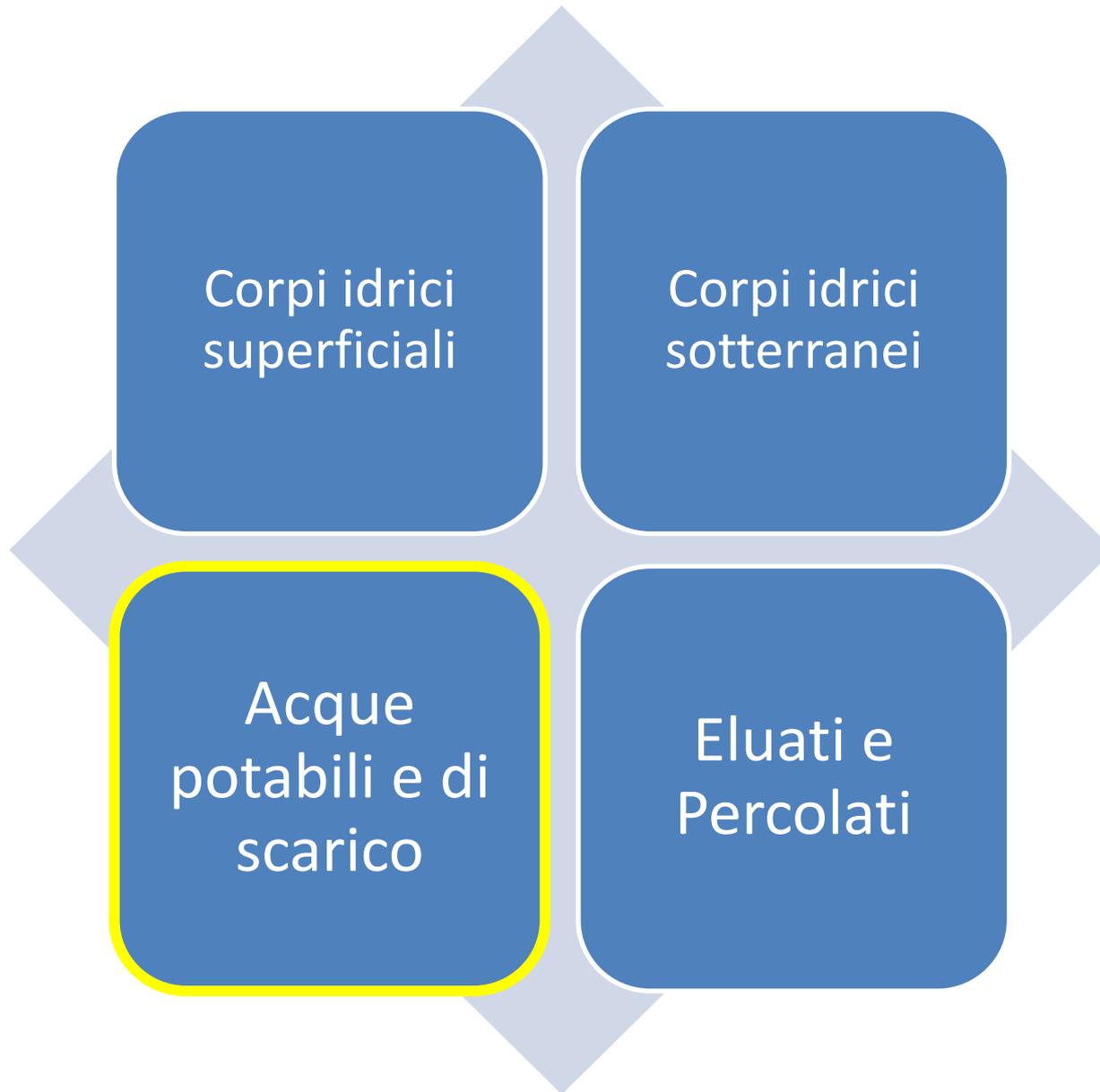
Peso molecolare/n H<sup>+</sup> o (n OH<sup>-</sup>)

basato sulle reazioni red-ox

Peso molecolare/n e<sup>-</sup> scambiati

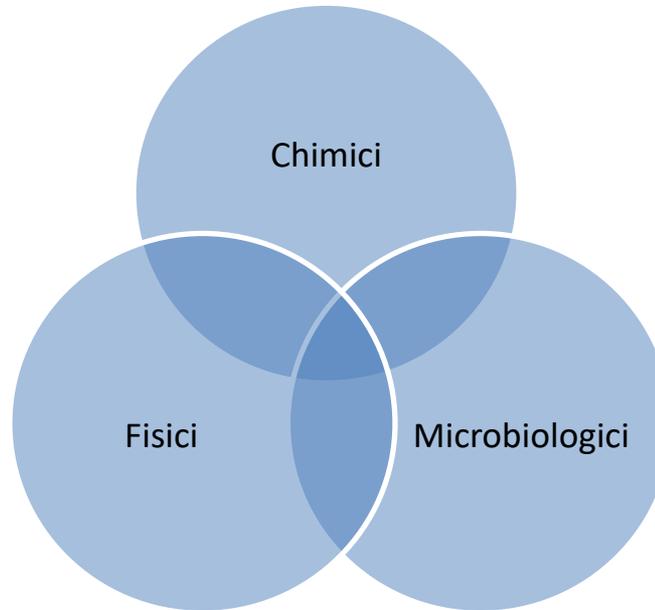
**Normalità:** numero di equivalenti/l

# Introduzione



# Parametri di caratterizzazione dell'acqua

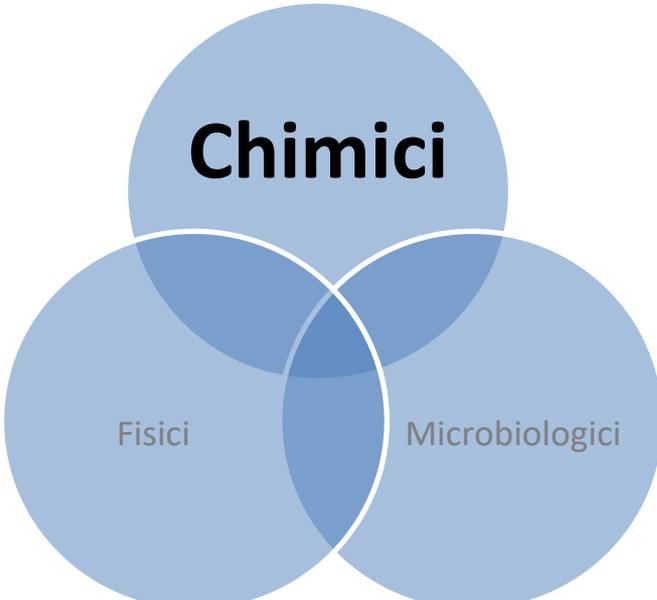
Le acque possono essere caratterizzate per mezzo della determinazione analitica di parametri ricadenti in 3 differenti categorie:



Le metodiche analitiche di riferimento che possono essere adottate per la caratterizzazione delle acque si ritrovano nei *Metodi analitici per le Acque* pubblicati a cura dell'IRSA-CNR e negli *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater* pubblicati a cura di APHA e AWWA.

Le informazioni contenute nei manuali riguardano il **campionamento**, la **conservazione**, i **limiti di rilevabilità delle metodiche**, l'**interferenza di altre specie chimiche**,...

Il campionamento è il prelievo di una piccola porzione rappresentativa di un mezzo (acqua, atmosfera, terreno, cumulo di rifiuti, ....) al fine di analizzarla e conoscere, entro un limite accettabile noto, la stessa proprietà nella massa di origine.

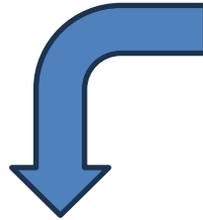


Chimici

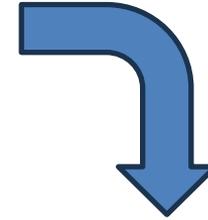
Fisici

Microbiologici

## Parametri chimici



INORGANICI



ORGANICI

Per via della sua capacità solvente in natura l'acqua non si presenta mai allo stato puro. L'acqua di mare, per esempio, è composta per il 96.5% da H<sub>2</sub>O e per il 3.5% da altre sostanze, tra cui sali, gas disciolti, sostanze organiche e particelle non solubili

# Parametri chimici inorganici

**Fondamentali:** sodio ( $\text{Na}^+$ ), potassio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), cloruri ( $\text{Cl}^-$ ), solfati ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), carbonati ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonati ( $\text{HCO}_3^-$ ), silice ( $\text{SiO}_2$ ).

Sono detti fondamentali perché derivano dalla solubilizzazione dei sali delle rocce e del terreno e sono solitamente presenti in concentrazioni dell'ordine dei **mg/l e superiori**. Spesso i costituenti che si trovano con concentrazioni superiori a 1 mg/l sono detti «maggiori»

**Altri:** nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ), nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ), ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ), fosforo (in pratica  $\text{PO}_4^{3-}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{2+/3+}$ ), manganese ( $\text{Mn}^{2+}$ ), altri metalli.

Questi altri parametri possono essere **anche** di origine naturale (es. Fe e Mn), ma sono solitamente presenti a concentrazioni inferiori rispetto a quelli fondamentali).

*Esempio di analisi ionica di un'acqua naturale.*

Cationi	P.A.	mg/l	meq/l	mg $\text{CaCO}_3$ /l	Anioni	P.M.	mg/l	meq/l	mg $\text{CaCO}_3$ /l
Calcio	40	104	5,20	260	Bicarbonato	61	305	5,00	250
Magnesio	24,3	19,5	1,62	81	Carbonato	60	30	1,00	50
Sodio	23	5,6	0,24	12	Solfato	96	48	1,00	50
Potassio	39	4,8	0,12	6	Cloruro	35,5	6,4	0,18	9
<b>TOTALE</b>	–	–	<b>7,18</b>	<b>359</b>	<b>TOTALE</b>	–	–	<b>7,18</b>	<b>359</b>

**In termini di equivalenti, i cationi devono uguagliare gli anioni**

# Parametri chimici inorganici

**Elementi in traccia.** Con questo termine vengono definiti gli elementi contenuti nelle acque in quantità generalmente modesta (**diciamo nell'ordine dei  $\mu\text{g/l}$** ).

Per quanto riguarda i parametri chimici inorganici, ricadono tipicamente in questa categoria i metalli quali boro (B), cromo (Cr), cadmio (Cd), rame (Cu), nichel (Ni), piombo (Pb), zinco (Zn), alluminio (Al), molibdeno (Mo), vanadio (V), arsenico (As), mercurio (Hg).

Molti di questi sono definiti **metalli pesanti** a causa della loro densità ( $> 5 \text{ gr/cm}^3$ ).

I **metalli pesanti** sono generalmente **tossici**. In alcune tipologie di acque reflue possono essere presenti in concentrazioni molto maggiori rispetto a quelle delle acque naturali.

Ci sono anche **elementi non metallici** che spesso sono presenti in traccia nei corpi idrici. Sono di particolare importanza ai fini della protezione dell'ambiente e degli effetti sulla salute dell'uomo, **l'arsenico, i cianuri e l'amianto**.

# Parametri chimici inorganici gas disciolti

L'acqua a contatto con l'atmosfera tende ad assorbire i gas presenti in atmosfera.

La concentrazione dei gas in acqua dipende dalla loro **solubilità** e dalla loro **pressione parziale (proporzionale alla frazione molare o volumetrica)**.

In caso di miscele di gas, come l'atmosfera, la pressione totale ( $P_{\text{tot}}$ ) può essere espressa come somma delle pressioni parziali ( $P_i$ ). La pressione parziale ( $P_i$ ) è pari a quella che avrebbe la singola componente se fossero eliminate tutte le altre.

Ad esempio, in aria, in condizioni **normali** (0°C, 1 atm), considerato che l'ossigeno rappresenta il 21% in volume dell'atmosfera, la pressione parziale dell'ossigeno è pari a 0.21 atm.

# Parametri chimici inorganici

## ossigeno disciolto

Tra i gas, l'ossigeno è di particolare importanza soprattutto nel caso dei corpi idrici superficiali in quanto indispensabile per la vita degli organismi superiori presenti in acqua.

Si misura solitamente per mezzo di apposite sonde (OSSIMETRI) potenziometriche (si sfruttano i potenziali di reazioni di ossido-riduzione) e si esprime in **mg O<sub>2</sub> /l**.

La concentrazione a saturazione dei gas (cioè la massima concentrazione in acqua) dipende dalla temperatura e diminuisce all'aumentare della temperatura

La **concentrazione a saturazione dell'ossigeno** nell'acqua varia con la T: i valori sono compresi tra 14 e 7,6 mg/l per T di 0 e 30 °C. A 20 °C la concentrazione a saturazione è pari a 9.2 mg/l.

# Parametri chimici organici

Le sostanze organiche che possono essere contenute nell'acqua sono in numero elevatissimo (decine di migliaia).

Alcune possono essere di **origine naturale** (acidi umici e fulvici derivanti dalla decomposizione della sostanza organica vegetale).

La gran parte delle sostanze organiche che si ritrovano nelle acque sono di origine **antropica**.

I composti organici possono essere classificati in base a:

**Presenza di specifici gruppi funzionali o comunque in base alla loro formula e/o struttura chimica.**

**Idrocarburi**  
**Alcoli**  
**Aldeidi**  
**Chetoni**  
**Fenoli**  
**Acidi carbossilici**

...

**Finalità di utilizzo**

**Tensioattivi**  
**Solventi**  
**Pesticidi**  
**Insetticidi**  
**Coloranti**

...

# Parametri chimici organici

## Composti organici di recente interesse

Negli ultimi anni si è iniziato a valutare il possibile impatto inquinante causato da altri composti organici, di largo consumo, presenti solitamente in concentrazione molto basse:

- Antibiotici ad uso umano ed animale;*
- Farmaci;*
- Ormoni.*

L'assunzione da parte dell'uomo, degli animali o dei pesci può causare interferenze con l'apparato endocrino con conseguenze che possono causare tumori, difetti alla nascita, alterate capacità riproduttive e altri disturbi dello sviluppo.

# Parametri chimici organici

## BOD, COD, TOC

In molte situazioni non interessa quantificare la concentrazione di ciascuna delle sostanze organiche presenti quanto piuttosto fare uso di parametri complessivi correlabili alla concentrazione delle sostanze organiche nel loro complesso.

Il contenuto di sostanze organiche viene quindi solitamente espresso attraverso i parametri:

***BOD*** - ***COD*** - ***TOC***

# Parametri chimici organici

## BOD

***BOD: acronimo di 'Biochemical Oxygen Demand'.***

**Esprime la quantità di ossigeno necessaria ad ossidare biologicamente le sostanze organiche contenute nell'acqua da parte di microrganismi aerobici.**

Le materie organiche biodegradabili sono infatti oggetto di biodegradazione aerobica secondo una reazione di questo tipo.

Materia organica + nutrienti + batteri + O<sub>2</sub> → nuovi batteri + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O

**L'ossigeno consumato dai microrganismi è dunque proporzionale alla materia organica biodegradabile presente.** Maggiore è il contenuto di materia organica, maggiore è dunque l'ossigeno consumato.

Viene determinato secondo una metodica di analisi standardizzata. Il parametro si misura in **mg O<sub>2</sub>/l**.

**II BOD NON E' UN COMPOSTO INQUINANTE!**

# Parametri chimici organici

## COD

***COD: acronimo di 'Chemical Oxygen Demand'***

Il suo valore, espresso in milligrammi di ossigeno per litro (**mg O<sub>2</sub>/l**), rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per la **completa ossidazione dei composti organici ed inorganici** (solfuri e sali metallici prevalentemente) presenti in un campione di acqua.

Rappresenta quindi un indice che misura il grado di inquinamento dell'acqua da parte di sostanze ossidabili.

**NB: per un certo campione di acqua il COD è sempre maggiore del BOD, poiché con il COD si ossidano anche sostanze non biodegradabili;**

**IL COD NON E' UN COMPOSTO INQUINANTE!**

# Parametri chimici organici

## TOC

***TOC: acronimo di 'Total Organic Carbon'.***

In italiano ***Carbonio Organico Totale*** è una misura della quantità di carbonio legato ad un composto organico.

Esprime la quantità totale di sostanze organiche contenute nell'acqua.

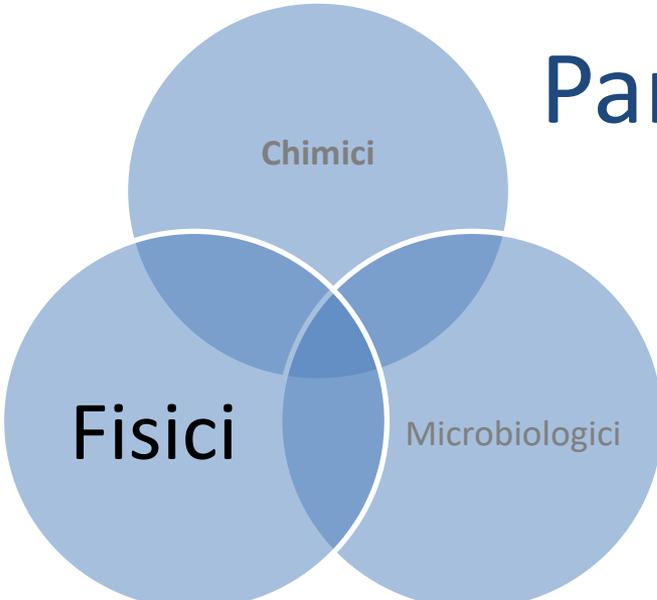
Il parametro si misura in **mg di Carbonio Organico/l.**

# Parametri chimici derivati di particolare interesse nei processi ambientali

Non misurano direttamente la concentrazione di una o più specie ma ne derivano in modo diretto

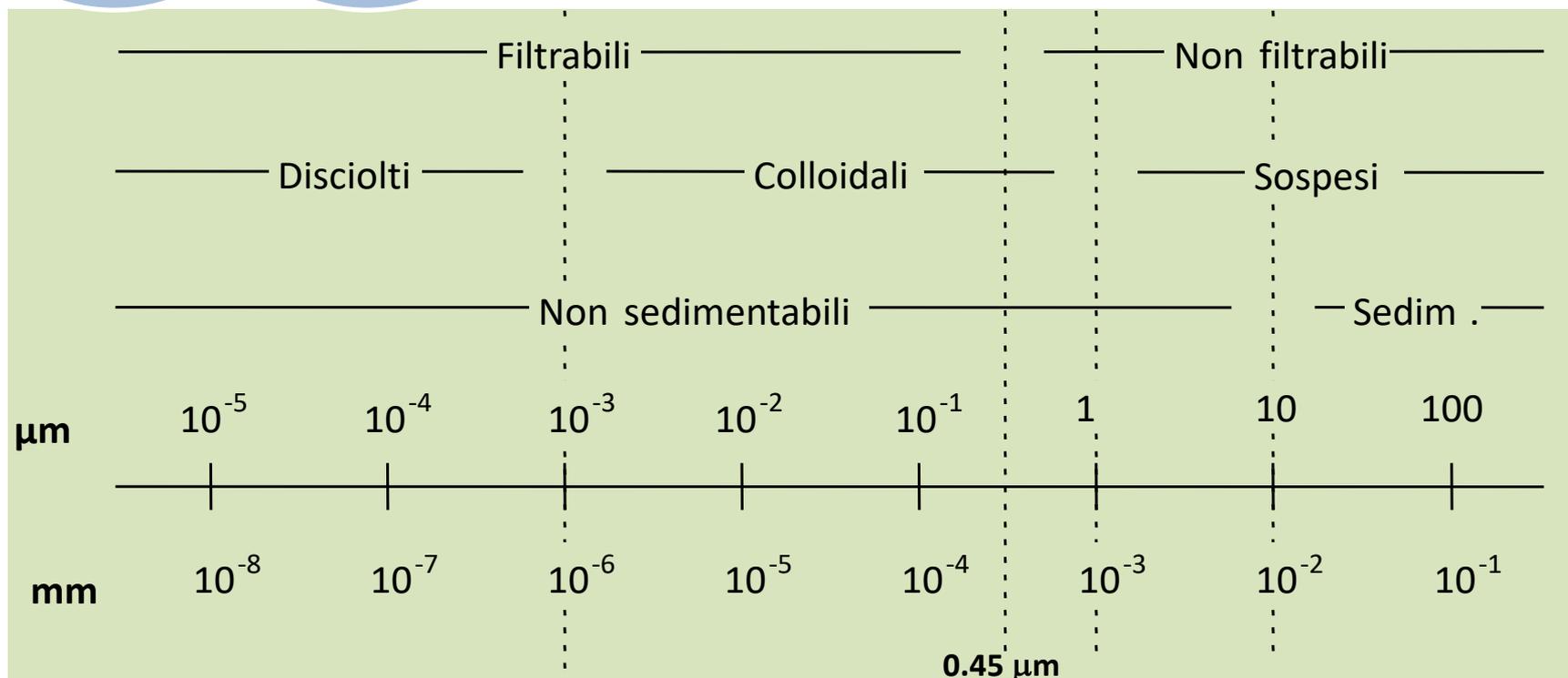
- **Alcalinità.** E' definita come la capacità di neutralizzare le specie acide
- **Durezza.** Somma delle concentrazioni dei **cationi metallici** (no alcalini e idrogeno), in pratica è data dalla concentrazione degli ioni **calcio e magnesio**. (Scala 0-50 gradi francesi)
- **Conducibilità.** Rappresenta la capacità di una soluzione di condurre corrente elettrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
- **RESIDUO FISSO:** tutto ciò che rimane dopo aver fatto evaporare un volume noto di acqua e riscaldato il tutto a 105 o 180°C.
- **pH.** E' definito come il cologaritmo della concentrazione idrogenionica in soluzione:  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . (Scala 0-14)

# Parametri fisici - solidi



**SOLIDI.** La prima classificazione può essere fatta sulla base di un criterio dimensionale.

Questa proprietà si traduce anche in diverse modalità di separazione solido-liquido, cioè alle tecniche da utilizzare per rimuoverli dalle acque.



# Parametri fisici - torbidità

**TORBIDITA'**. E' l'espressione di una proprietà ottica di un liquido che causa **l'assorbimento e la riflessione dei raggi luminosi** piuttosto che la loro propagazione in linea retta all'interno del liquido stesso. E' dovuta alla presenza di sostanze in sospensione spesso di dimensioni molto ridotte (classificazione solidi).

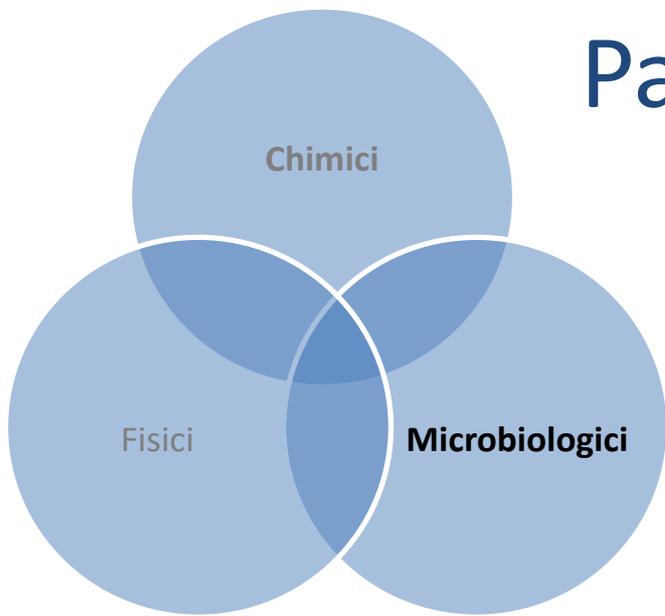
**Si definisce col termine di torbidità la riduzione della trasparenza di un campione, dovuta alla presenza di sostanze in sospensione.**

La torbidità rappresenta una misura aspecifica della concentrazione in peso dei solidi sospesi nel campione; non è tuttavia possibile stabilire una correlazione diretta tra queste due variabili, in quanto le proprietà ottiche di una sospensione risultano influenzate, oltre che dalla quantità, anche dalla forma, dalle dimensioni e dall'indice di rifrazione delle particelle sospese, nonché dalla lunghezza d'onda del raggio incidente.

**A causa di tutte le variabili che influenzano la torbidità, è impossibile correlare in modo univoco la concentrazione di sostanze sospese (solidi sospesi) con la torbidità misurata.**



# Parametri microbiologici



La presenza di microrganismi può essere sia di origine naturale che antropica ed è praticamente inevitabile, ma non sempre pericolosa in quanto **solo alcuni sono quelli patogeni**.

Le principali forme di microrganismi presenti nelle acque possono essere classificate in:

**Batteri:** organismi unicellulari, con grandezza compresa tra 0,5 e 5  $\mu\text{m}$ , possono essere dotati o meno di mobilità ed il loro tempo medio di sopravvivenza è di 20-30 giorni. **Tra i PATOGENI abbiamo: Salmonella typhi, Vibrio Cholera, Shigella sonnei, Mycobacterium tuberculosis.**

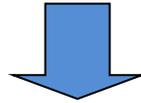
**Virus:** sono organismi piccolissimi (10 – 500 nm) e sono parassiti, cioè hanno bisogno di una cellula ospite della quale sfruttano i processi metabolici. **La maggior parte sono patogeni per l'uomo. Tra i patogeni si hanno quelli che originano l'Epatite A, la poliomelite, la meningite e molti disturbi intestinali.**

**Protozoi:** sono organismi unicellulari di dimensioni comprese tra 10 e 100  $\mu\text{m}$ . **Alcuni di questi sono parassiti e patogeni per l'uomo.** Possono sopravvivere nell'ambiente per non più di 20-30 giorni.

**Elminti:** sono organismi pluricellulari di dimensioni molto maggiori rispetto agli altri microrganismi. **Comprendono alcune specie di vermi intestinali patogeni per l'uomo** (es. *Ascaris lumbricoides*). Anche questi organismi, come i virus, presentano una dose minima infettante molto bassa (1 una o alcune unità).

# Parametri microbiologici

I microrganismi **patogeni** sono **difficilmente isolabili ed identificabili**, in quanto possono esplicare la loro azione patogena anche in concentrazioni molto basse, si utilizzano



## MICROORGANISMI INDICATORI

Per avere indicazioni sulla concentrazione di microrganismi presenti nelle acque e in particolare nei liquami, si fa generalmente riferimento a particolari batteri del ceppo “**coli**”.

I coliformi sono presenti nel tratto intestinale dell'uomo; ciascuna persona espelle circa 100-400 miliardi di coliformi al giorno, oltre ad altri tipi di batteri. **La presenza dei coliformi è considerata indice di presenza di microrganismi patogeni.**

### Indicatori frequentemente utilizzati

Coliformi totali, Coliformi fecali, Klebisella, Escherichia Coli, Streptococchi fecali, Enterococchi, Clostridium, ...

# Esempi di qualità delle acque

# Corpi idrici superficiali

Il **D.Lgs. 152/06 all'art. 74 comma 2 lettera h** definisce il **corpo idrico superficiale** come “un elemento distinto e significativo di acque **superficiali**, quale un lago, un bacino artificiale, un torrente, fiume o canale, acque di transizione o un tratto di acque costiere”.

Più in generale le acque superficiali sono costituite da tutti i corpi idrici presenti sulla crosta terrestre. Sono acque sedi di ecosistemi di varia natura e di importanza fondamentale per l'ecosfera.

Essendo a stretto contatto con le attività antropiche sono facilmente inquinabili e frequentemente, purtroppo, effettivamente contaminate dagli scarichi prodotti dall'uomo (composti organici, tensioattivi, pesticidi, carica microbica, ...). Subiscono variazioni di qualità molto repentine in occasione di eventi meteorici. Spesso hanno un contenuto di torbidità elevato e variabile.

Sono utilizzate a scopo potabile dopo trattamenti che possono essere anche molto complessi.

# Corpi idrici sotterranei

**Per acqua sotterranea si intende l'acqua che si trova al di sotto della superficie terrestre.** Questa acqua si trova immagazzinata nei pori fra le particelle sedimentarie e nelle fenditure delle rocce compatte.

Le acque sotterranee che sono ad elevate profondità possono rimanere indisturbate da effetti antropici per migliaia di anni.

La maggior parte delle falde freatiche si trova a profondità di pochi metri dalla superficie con possibilità di contaminazione (pur se in misura inferiore rispetto alle acque superficiali).

**L'acqua sotterranea è di fondamentale importanza in quanto rappresenta per l'uomo la più grande riserva di acqua potabile.**

Le acque sotterranee dal punto di vista qualitativo sono caratterizzate normalmente da una maggiore concentrazione di sali disciolti, a causa della dissoluzione delle rocce e dei terreni con cui sono a contatto. Sono acque con contenuto di ossigeno più basso rispetto a quelle superficiali. Nelle aree fortemente antropizzate (dove ci sono attività umane) sono spesso inquinate dagli scarichi industriali o civili prodotti.

# Alcuni esempi

		Esempio pioggia	Lago	Acqua sott. 1	Acqua sott. 2	Esempio mare
Residuo a 180 °C	mg/l			230	630	37720
pH	Unità pH	<b>4.5</b>	<b>7.2</b>	<b>7.1</b>	<b>7.3</b>	
Conducibilità	µS/cm	29.7	<b>136</b>	<b>330</b>	<b>850</b>	
BOD	mgO <sub>2</sub> /l			0.79	0.4	460
Durezza	°F		6.8	<b>17.6</b>	<b>42.7</b>	
Calcio	mg/l	0.78	21	52	135	458
Magnesio	mg/l	0.3	3.8	11	21.8	1332
Sodio	mg/l	0.41	2.1	801	19.3	11286
Potassio	mg/l	0.11	1.5	1.1	2.4	432
Ammonio	mg/l	1.1	<0.01	<0.01	<0.01	
Solfato	mg/l	4.5	29	17	127	2858
Nitrato	mg/l	2.9	3.7	1	18	
Cloruro	mg/l	1.1	1.7	6	31	20260
Bicarbonato	mg/l	0	45	207	335	140

# Acque minerali

		xxx	xxx	xxx
Temperatura	°C	16.7	9.4	9
Residuo a 180 °C	mg/l	250	44.5	60.9
pH	Unità pH	7.68	7.5	7.9
Conduktivität	µS/cm	400	56	93.5
BOD	mgO <sub>2</sub> /l			
Durezza	°F		2.8	4.15
Calcio	mg/l	46	7.9	12.3
Magnesio	mg/l	30	2	2.6
Sodio	mg/l	6.8	1.5	2.5
Potassio	mg/l	1.1	0.5	0.6
Ammonio	mg/l			
Solfato	mg/l	4.9	4.5	10.1
Nitrato	mg/l	6.8	2.7	2.5
Cloruro	mg/l	2.8	0.6	0.9
Idrogeno carbonato	mg/l	293	30.5	41.6

Le acque minerali nascono come acque «medicamentose», cioè con proprietà specifiche adatte a diete alimentari particolari. Per questa ragione possono avere concentrazione di alcuni sali superiori anche ai limiti di potabilità. Oppure, al contrario, un contenuto spiccatamente basso.

# Le acque di scarico e percolato di discarica

		Uscita impianto refluo civ.-ind.	Uscita impianto refluo civile	Ingresso impianto civile	Percolato di discarica
Temperatura	°C				
Residuo a 180 °C	mg/l	250	44.5		
pH	Unità pH	7.67	7.3		Da acido a neutro
Conducibilità	µS/cm	1775	720		
<b>COD</b>	<b>mgO<sub>2</sub>/l</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>500</b>	<b>7000</b>
Durezza	°F	27	19.8		
Calcio	mg/l	70.8	59.9		
Magnesio	mg/l	23	12		
Sodio	mg/l	318	82		
Potassio	mg/l	22	15.5	10	
Ammonio	mg/l	2.55	0.05	25	500 - 2000
Solfato	mg/l	121.8	58.2	30	
Nitrato	mg/l	5.5	7.74	0	
Cloruro	mg/l	237	75.2	50	
Bicarbonato	mg/l	357	240		

# Potabilizzazione

# Potabilizzazione

- Rendere un'acqua **idonea al consumo umano**, significa intervenire sulla risorsa naturale con **una serie di trattamenti** in modo che i parametri **chimici, fisici e biologici** siano in linea con quanto prescritto dalla **normativa**.
- Più in generale è necessario che l'acqua abbia **caratteristiche qualitative** tali da **non recare danno alla salute umana**.
- A ciò va aggiunto che l'acqua deve avere una serie di **caratteristiche organolettiche ed estetiche** in linea con quello che noi ci aspettiamo da un'acqua, indipendentemente dal suo effetto sulla nostra salute: **limpidezza, assenza di sapori, assenza di odori, assenza di colorazione, ...**
- La presenza di scarichi concentrati, l'inquinamento del suolo e dell'aria, oltre alle caratteristiche naturali di particolari acque, rendono spesso necessario un **intervento spinto di trattamento** il cui costo incide significativamente su quello complessivo pagato dell'utente per l'erogazione dell'acqua potabile.

# Potabilizzazione - Normativa

## Principali riferimenti:

**D. Lgs. 02/02/2001 n. 31** → requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano → standard di qualità dell'acqua all'utenza

**D. Lgs. 152/06** → caratteristiche generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative e la classificazione delle acque superficiali destinate ad uso umano (non direttamente ma previo trattamento)

# Potabilizzazione - Classificazione delle acque destinate al consumo umano

La normativa impone una classificazione delle qualità dei corpi idrici destinati alla produzione di acque potabili in categorie:

- A1
- A2
- A3
- sub A3 (cioè aventi caratteristiche peggiori della categoria A3).

**In funzione della categoria di appartenenza sono definiti i sistemi di trattamento cui le acque dovranno essere sottoposte** (più semplici per la categoria A1 e via, via più complessi per le categorie A2 ed A3).

Si dovrebbe evitare di utilizzare acque peggiori della categoria A3, se non in assenza di altre possibili fonti.

# Potabilizzazione - D. Lgs. 152/06 : acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile

Tabella 1/A: Caratteristiche di qualità per acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile

Num. Progr.	Parametro	Unità di misura	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
1	pH	unità pH	6,5-8,5	-	5,5-9	-	5,5-9	-
2	Colore (dopo filtrazione semplice)	mg/L scala pt	10	20(o)	50	100(o)	50	200(o)
3	Totale materie in sospensione	mg/L MES	25	-	-	-	-	-
4	Temperatura	°C	22	25(o)	22	25(o)	22	25(o)
5	Conduttività	µS /cm a 20°	1000	-	1000	-	1000	-
6	Odore	Fattore di diluizione a 25°C	3	-	10	-	20	-
7	Nitrati	mg/L NO <sub>3</sub>	25	50(o)	-	50(o)	-	50(o)
8	Fluoruri (1)	mg/L F	0,7/1	1,5	0,7/1,7	-	0,7/1,7	-
9	Cloro organico totale estraibile	mg/L Cl	-	-	-	-	-	-
10	Ferro disciolto	mg/L Fe	0,1	0,3	1	2	1	-
11	Manganese	mg/L Mn	0,05	-	0,1	-	1	-
12	Rame	mg/L Cu	0,02	0,05(o)	0,05	-	1	-
13	Zinco	mg/L Zn	0,5	?	1	5	1	5
14	Boro	mg/L B	1	-	1	-	1	-
15	Berillio	mg/L Be	-	-	-	-	-	-
16	Cobalto	mg/L Co	-	-	-	-	-	-
17	Nichelio	mg/L Ni	-	-	-	-	-	-
18	Vanadio	mg/L V	-	-	-	-	-	-
19	Arsenico	mg/L As	0,01	0,05	-	0,05	0,05	0,1
20	Cadmio	mg/L Cd	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
21	Cromo totale	mg/L Cr	-	0,05	-	0,05	-	0,05
22	Piombo	mg/L Pb	-	0,05	-	0,05	-	0,05
23	Selenio	mg/L Se	-	0,01	-	0,01	-	0,01
24	Mercurio	mg/L Hg	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
25	Bario	mg/L Ba	-	0,1	-	1	-	1
26	Cianuro	mg/L CN	-	0,05	-	0,05	-	0,05
27	Solfati	mg/L SO <sub>4</sub>	150	250	150	250(o)	150	250(o)
28	Cloruri	mg/L Cl	200	-	200	-	200	-
29	Tensioattivi (che reagiscono al blu di metilene)	mg/L (solfoato di laurile)	0,2	-	0,2	-	0,5	-
30	Fosfati (2)	mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4	-	0,7	-	0,7	-
31	Fenoli (indice fenoli) paranitroanilina, 4 amminoantipirina	mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	-	0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
32	Idrocarburi disciolti o emulsionati (dopo estrazione mediante etere di petrolio)	mg/L	-	0,05	-	0,2	0,5	1

I = imperativo

G = guida

...continua →

# Potabilizzazione - D. Lgs. 152/06 : acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile

← continua ...

33	Idrocarburi policiclici aromatici	mg/L	-	0,0002	-	0,0002	-	0,001
34	Antiparassitari-totali (parathion HCH, dieldrine)	mg/L	-	0,001	-	0,0025	-	0,005
35	Domanda chimica ossigeno (COD)	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	-	-	30	-
36	Tasso di saturazione dell'ossigeno disciolto	% O <sub>2</sub>	> 70	-	> 50	-	> 30	-
37	A 20°C senza nitrificazione domanda biochimica di ossigeno (BOD <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	< 3	-	< 5	-	< 7	-
38	Azoto Kjeldahl (tranne NO <sub>2</sub> ed NO <sub>3</sub> )	mg/L N	1	-	2	-	3	-
39	Ammoniaca	mg/L NH <sub>4</sub>	0,05	-	1	1,5	2	4(o)
40	Sostanze estraibili al cloroformio	mg/L SEC	0,1	-	0,2	-	0,5	-
41	Carbonio organico totale	mg/L C	-	-	-	-	-	-
42	Carbonio organico residuo (dopo flocculazione e filtrazione su membrana da 5 μ) TOC	mg/L C	-	-	-	-	-	-
43	Coliformi totali	/100 mL	50	-	5000	-	50000	-
44	Coliformi fecali	/100 mL	20	-	2000	-	20000	-
45	Streptococchi fecali	/100 mL	20	-	1000	-	10000	-
46	Salmonelle	-	assenza in 5000 mL	-	assenza in 1000 mL	-	-	-

Legenda : **Categoria A1 – Trattamento fisico semplice e disinfezione**  
**Categoria A2 – Trattamento fisico e chimico normale e disinfezione**  
**Categoria A3 – Trattamento fisico e chimico spinto, affinazione e disinfezione**

I = Imperativo

G = Guida

(o) = sono possibili deroghe in conformità all'articolo 8 lettera b del presente decreto

Modalità di trattamento delle acque

Note : (1) I valori indicati costituiscono i limiti superiori determinati in base alla temperatura media annua (alta e bassa temperatura)

(2) Tale parametro è inserito per soddisfare le esigenze ecologiche di taluni ambienti

# Casi più frequenti di non potabilità

## Sostanze di origine naturale

- Ferro (**Fe**) e Manganese (**Mn**) provenienti dalle acque profonde
- Idrogeno solforato (**H<sub>2</sub>S**) nelle acque di falde profonde o in aree vulcaniche (odori sgradevoli e corrosione)
- Solfati (**SO<sub>4</sub>**) soprattutto in falde profonde ed in zone con attività termale (sapore amarognolo ed effetti lassativi sui non residenti)
- Presenza di solidi (torbidità)
- Salinità

# Casi più frequenti di non potabilità

## Sostanze di origine antropica

- Ammoniaca, nitriti, nitrati, cloruri, tensioattivo (sia in acque superficiali che profonde)
- Metalli → solitamente assenti o presenti in tracce. Se presenti in concentrazioni rilevabili, sono conseguenza di scarichi industriali → Antimonio, Arsenico, Bario, Berillio, Cadmio, Cianuri, Cromo (VI), Mercurio, Nickel, Piombo, Rame, Selenio, Tallio
- Micro-inquinanti organici → composti organici ad elevata tossicità, presenti nelle acque in concentrazioni molto basse: fenoli e derivati, idrocarburi, pesticidi, solventi.
- Microrganismi patogeni

# Le filiere di trattamento di potabilizzazione

Gli impianti di trattamento sono costituiti da «filiere».

La filiera è una sequenza di unità di processo, ciascuna destinata ad uno specifico obiettivo, fra loro complementari per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'acqua in uscita.

La scelta di una specifica sequenza è legata a:

- Tipo di risorsa idrica da trattare
- Qualità della risorsa idrica
- Portata da trattare
- Disponibilità economica (costi di impianto e di gestione)

# Le filiere di trattamento di potabilizzazione

Obiettivo del trattamento	Principali unità di processo
Rimozione solidi sospesi e colloidali	Chiariflocculazione, filtrazione, sedimentazione, staccatura, membrane
Disinfezione	Ossidazione con $\text{Cl}_2$ , $\text{NaClO}$ , $\text{O}_3$ Irraggiamento UV
Rimozione microinquinanti organici	Adsorbimento su carbone attivo
Rimozione di composti dell'azoto	Trattamenti biologici, membrane, scambio ionico
Rimozione Fe, Mn, $\text{H}_2\text{S}$	Aerazione, ossidazione, strippaggio
Rimozione durezza	Precipitazione chimica, resine a scambio ionico
Rimozione salinità	Scambio ionico, distillazione, osmosi inversa

# Trattamento acque superficiali (di fiume)

Gli impianti destinati al trattamento delle acque superficiali, ed in particolare quelle di corsi d'acqua, sono della tipologia più complesse e costose, in ragione delle molteplici tipologie di inquinanti che possono essere presenti.

I corsi d'acqua presentano, inoltre, una forte variabilità della concentrazione di solidi sospesi che incrementano la torbidità ed interferiscono sul corretto funzionamento di altre sezioni di trattamento, come la disinfezione.

## Principali inquinanti

- Solidi Sospesi e colloidali
- Carica microbiologica
- Microinquinanti organici

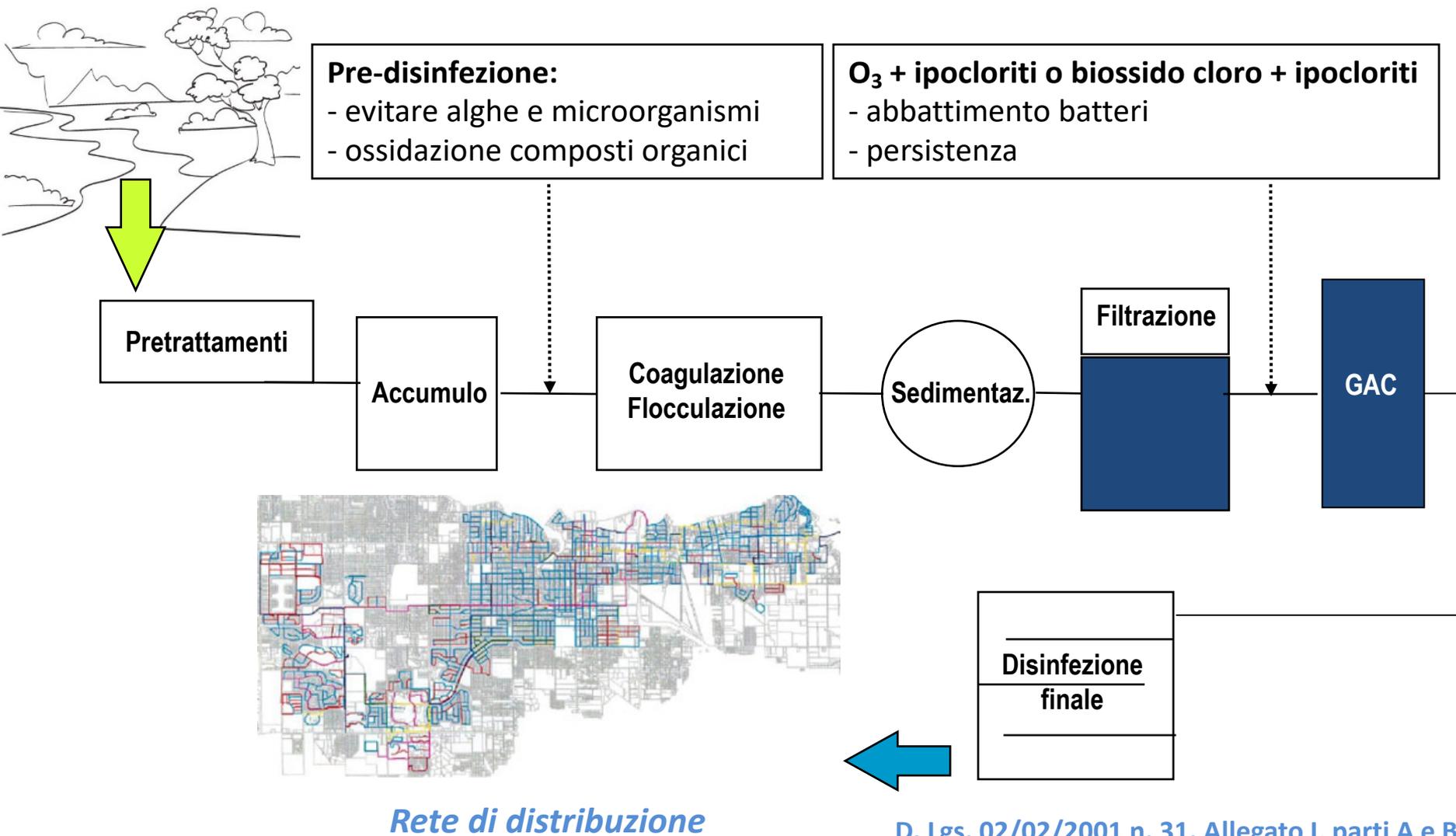


## Principali soluzioni

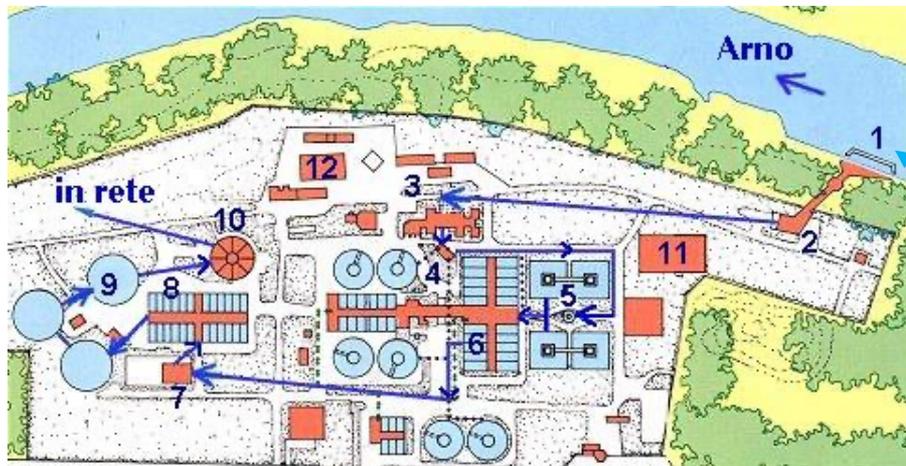
- Chiariflocculazione
- Filtrazione
- Disinfezione
- Adsorbimento

Soluzioni che richiedono volumi e superfici rilevanti

# Esempio di filiera di trattamento



# Esempio di filiera di trattamento



- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. <u>Opere di presa</u>                         | 7. <u>Ozonizzazione</u>           |
| 2. <u>Sollevamento</u>                           | 8. <u>Filtri a carbone attivo</u> |
| 3. <u>Trattamento chimico</u> (pre-disinfezione) | 9. <u>Clorazione finale</u>       |
| 4. <u>Ripartitore e chiariflocculazione</u>      | 10. <u>Centrale di spinta</u>     |
| 5. <u>Decantatori pulsator</u>                   | 11. <u>Trattamento fanghi</u>     |
| 6. <u>Filtri a sabbia</u>                        | 12. <u>Laboratori chimici</u>     |



# Trattamento delle acque reflue

# Il trattamento delle acque reflue

Le acque reflue, cioè le acque usate raccolte dalla rete fognaria, prima del loro scarico nei **corpi idrici recettori** (fiumi, mari, laghi) devono essere trattate per ridurre il loro carico inquinante, limitando in questo modo l'impatto sull'ambiente.

Per questo scopo sono utilizzati **impianti di depurazione** il cui obiettivo è quello di ridurre le concentrazioni di una serie di possibili sostanze inquinanti entro limiti fissati dalla legge o dalla pianificazione regionale.

Un'alternativa allo scarico nell'ambiente è quella del riuso delle acque reflue, sempre dopo un opportuno trattamento, per diversi possibili scopi, come l'uso irriguo, l'uso industriale, quello ricreativo, ...  
**IL RIUSO POTABILE E' COMUNQUE SEMPRE VIETATO.**

# Il trattamento delle acque reflue



Un impianto di depurazione è costituito da una serie di trattamenti, volti alla **rimozione degli inquinanti** presenti nelle acque di scarico di qualsiasi origine (scarichi domestici, scarichi industriali di vario genere, scarichi di provenienza agricola).

Le tipologie di trattamento presenti possono essere distinti in:

- **trattamenti meccanici**, basati sulla separazione e rimozione grazie a **elementi meccanici** (ad esempio: griglie, stacci, ...);
- **trattamenti biologici**, nei quali certi inquinanti vengono rimossi grazie **all'azione dei microrganismi**;
- **trattamenti chimici o chimico-fisici**, basati sulla rimozione degli inquinanti grazie a **reazioni chimiche** (ossidazione, neutralizzazione) oppure a **fenomeni fisici** (sedimentazione, adsorbimento, flocculazione, strippaggio, ...).

# Il trattamento delle acque reflue



I depuratori sono ubicati nel punto terminale di un sistema fognario.

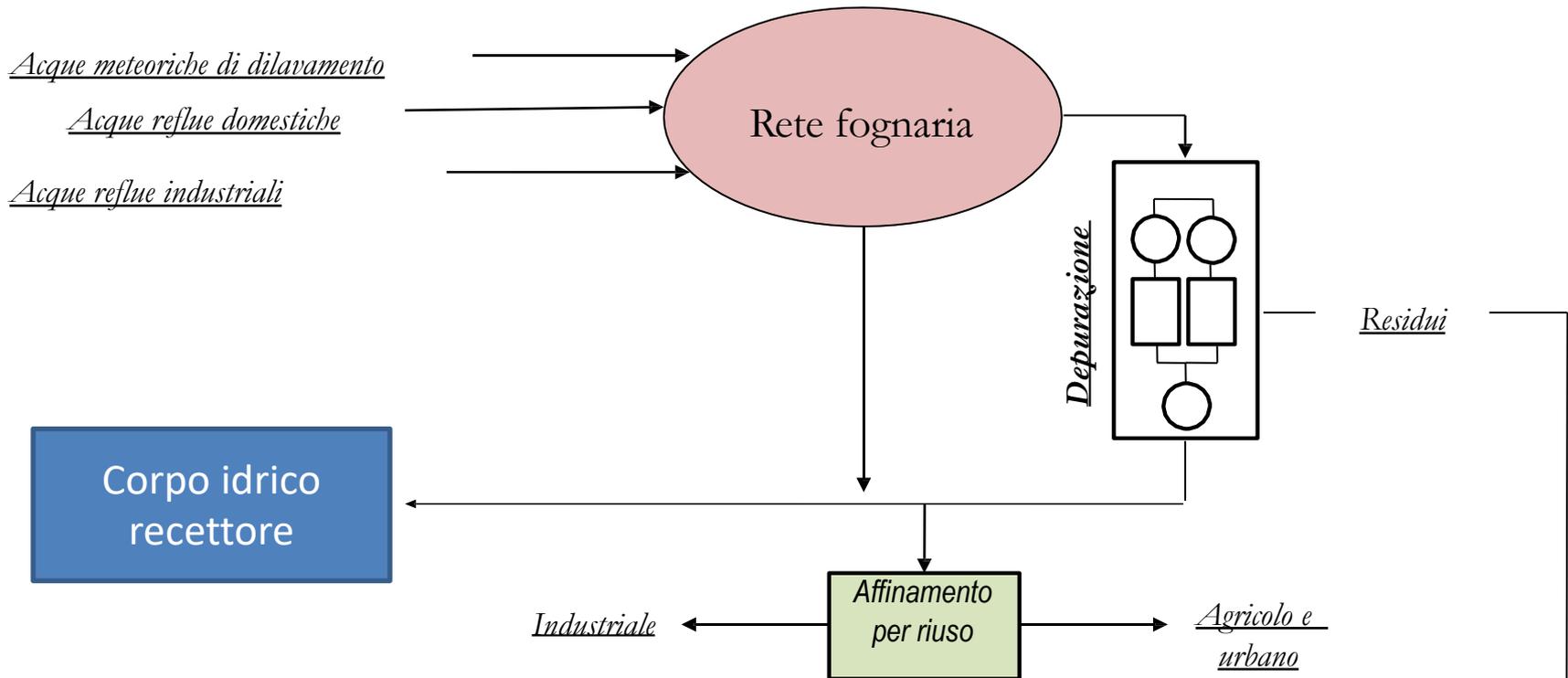
La **rete fognaria pubblica** raccoglie gli scarichi civili (domestici ed assimilati) e, previa autorizzazione e purché rispettino determinati requisiti qualitativi, anche scarichi di origine industriale.

Le **caratteristiche qualitative** che si devono raggiungere allo scarico **dell'effluente depurato** sono indicate per legge (**D. Lgs. 152/06**).

Tale decreto legislativo stabilisce, in funzione della dimensione e della potenzialità dell'impianto, dei requisiti minimi, che possono però essere di caso in caso resi più stringenti in funzione delle caratteristiche del corpo ricettore, secondo quanto indicato nel **Piano di Tutela delle Acque predisposto dalla Regione**.

La gestione degli impianti di depurazione destinati al trattamento di reflui di origine prevalentemente civile è compito del **gestore del servizio idrico integrato (acquedotto+fognatura+depurazione)**.

# Il trattamento delle acque reflue



L'impianto di depurazione è posto nel punto di confluenza di una rete fognaria, prima dello scarico finale in un corpo idrico recettore (fiume o mare). In alternativa le acque possono essere trattate in modo spinto ed essere riutilizzate in campo agricolo, urbano o industriale. Il depuratore produce una serie di scarti semi-solidi (fanghi) che hanno destini diversi a seconda della qualità.

*Incenerimento*

*Uso agricolo  
(spandimento sul suolo)*

*Discarica*

*Compostaggio*

# Il trattamento delle acque reflue

## Riferimenti normativi - D.Lgs 152/2006

### Scarichi in acque superficiali

(da Tabella 1, All. 5 alla parte III - Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane.)

Potenzialità impianto in A.E.	>10.000	
Parametri (media giornaliera)	Concentrazione	% riduzione
BOD <sub>5</sub> (senza nitrificazione) mg/L	< 25	80
COD mg/L	< 125	75
Solidi Sospesi mg/L	< 35	90



(da Tabella 3. Allegato 5 alla parte terza)

Param.	SOSTANZE	u. m.	Scarico in acque superficiali
1	pH	--	5,5-9,5
2	Temperatura	°C	non causare variazioni eccessive nel corpo recettore
3	colore		non percettibile con diluizione 1:20
4	odore		non deve essere causa di molestie
5	materiali grossolani	--	assenti
.....			
32	Fosforo totale (come P)	mg/L	< 10
33	Azoto ammoniacale (come NH <sub>4</sub> )	mg /L	< 15
34	Azoto nitroso (come N)	mg/L	< 0,6
35	Azoto nitrico (come N)	mg /L	< 20
...			
50	<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL	< 5000



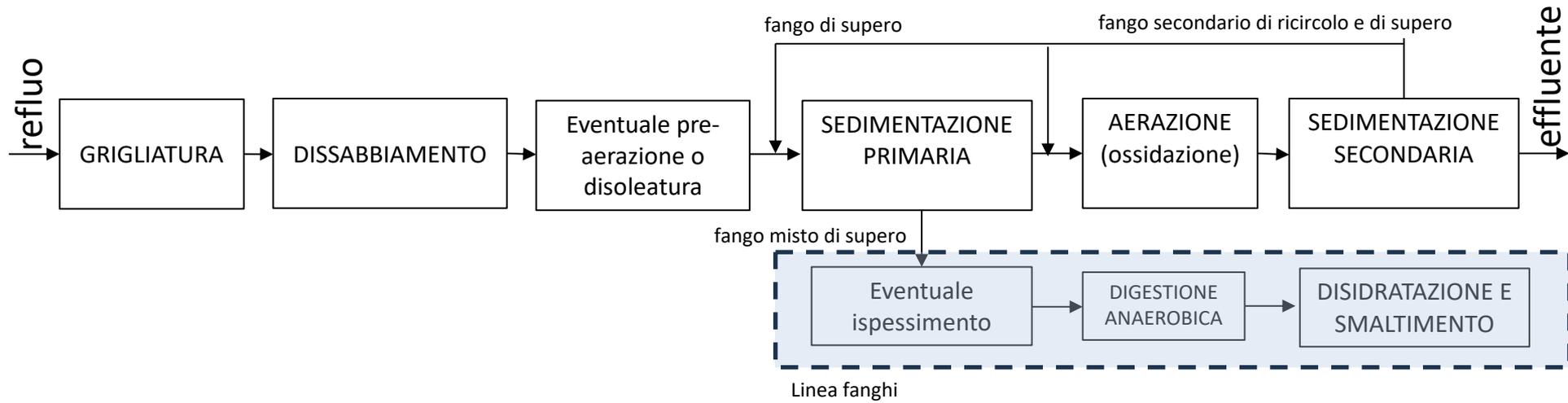
## Indagini preliminari al dimensionamento

E' necessario acquisire sia elementi quantitativi (portate in arrivo e loro andamento) che qualitativi (inquinanti in arrivo ed andamento delle loro concentrazioni nel tempo).

- Popolazione servita (residente e fluttuante).
- Insedimenti produttivi: ubicazione, tipo di attività, portate scaricate, inquinanti caratteristici.
- Previsioni di espansione demografica e/o industriale in base a strumenti urbanistici.

Eventualmente completate da un programma di analisi chimiche associato a misure di portata, in modo da rilevare i carichi inquinanti in arrivo e le loro oscillazioni.

# Impianto a fanghi attivi - schema classico

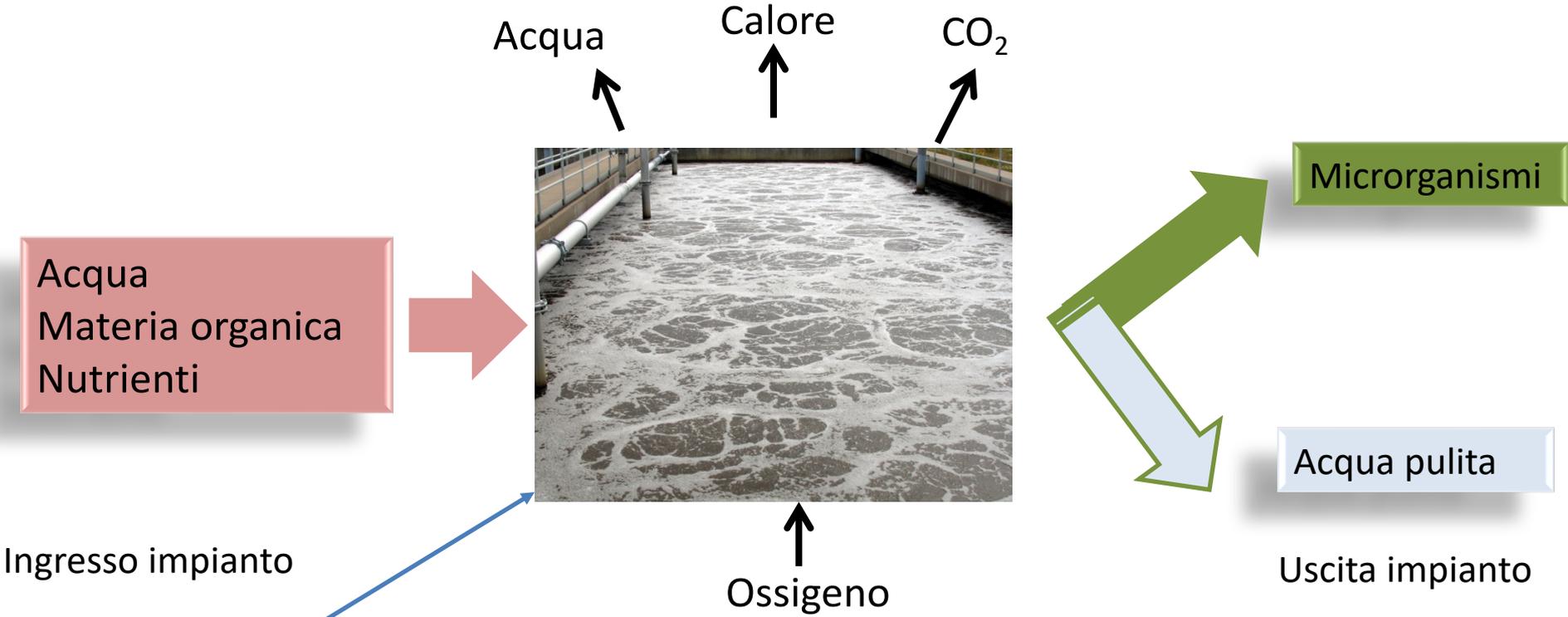


Classica filiera degli impianti di **depurazione biologici aerobici**. Dopo i trattamenti preliminari ed una «sedimentazione primaria» (utile per separare dall'acqua i solidi sedimentabili organici), si ha la fase di trattamento biologico secondo lo schema a fanghi attivi.

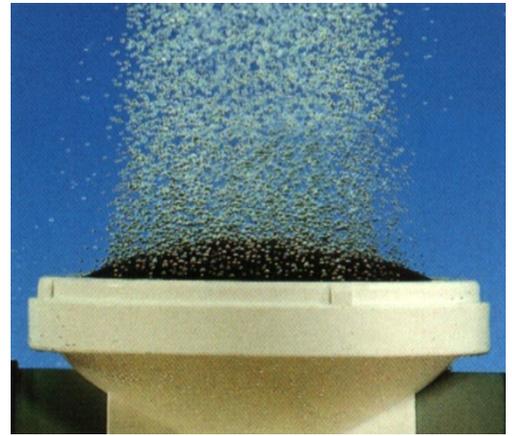
I fanghi di supero periodicamente prodotti dall'impianto devono essere a loro volta trattati perché sono una massa organica putrescibile. Il loro volume è però notevolmente inferiore rispetto a quello dell'acqua reflua in ingresso.

Nella linea fanghi si stabilizza la sostanza organica mediante un trattamento biologico anaerobico (in assenza di ossigeno) che consente la produzione di biogas (in prevalenza metano) destinabile alla produzione di energia.

# Il processo biologico aerobico



La biomassa attiva è tenuta in sospensione attraverso sistemi di agitazione che permettono di trasferire l'ossigeno necessario al metabolismo batterico.



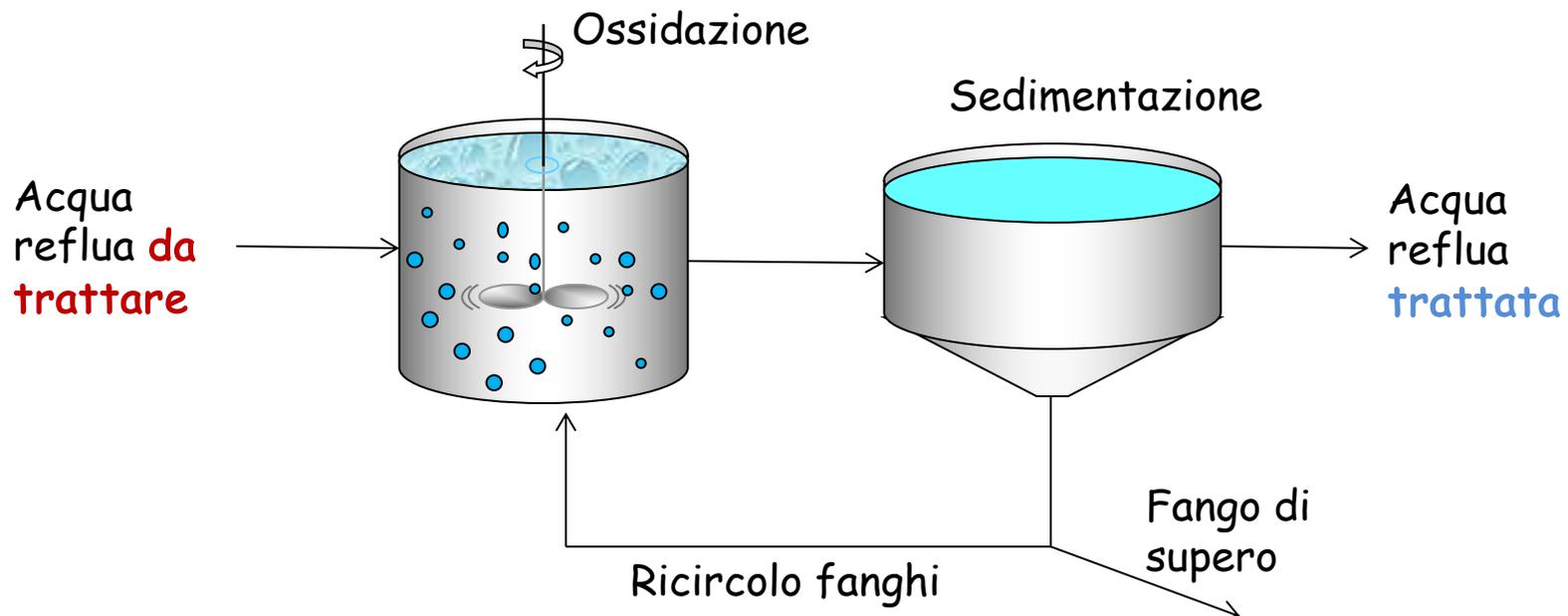
# Impianti a «fanghi attivi»

All'uscita della vasca di aerazione l'acqua è ricca di microrganismi e povera di inquinanti che sono stati degradati. E' necessaria una sedimentazione detta «**sedimentazione secondaria**» per separare i microrganismi dall'acqua che verrà successivamente scaricata nel corpo idrico recettore.

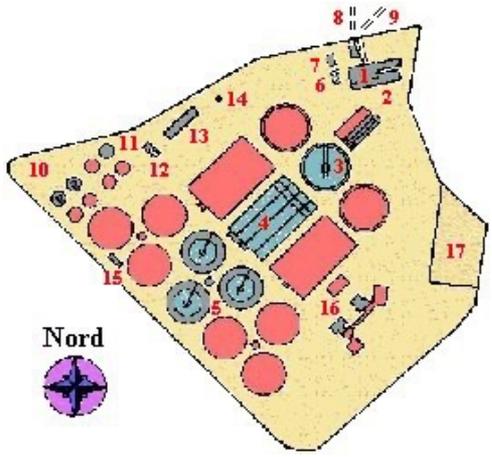
I microrganismi saranno invece rimandati nella vasca di aerazione mediante una tubazione detta di «**ricircolo**».

Periodicamente una parte dei microrganismi che si accumulano nel reattore biologico vengono allontanati dall'impianto («**fango di supero**»).

Questa impostazione è detta a FANGHI ATTIVI.



# Il trattamento delle acque reflue



1. Grigliatura
2. Dissabbiatura e disoleatura
3. Sedimentazione primaria
4. Impianto a fanghi attivi
5. Sedimentazione secondaria
6. Deodorizzazione
7. Filtrazione
8. Scarico in Arno
9. Attraversamento dell' Arno
10. Digestori
11. Gasometro
12. Desolforazione biogas
13. Preispessimento, riscaldamento e concentrazione gas
14. Torcia
15. Disinfezione
16. Laboratori
17. Centralina ENEL





Grazie per l'attenzione!

[lidia.lombardi@unicusano.it](mailto:lidia.lombardi@unicusano.it)



# Natura e Biodiversità

Pillole / 27-06-2024

# Indice

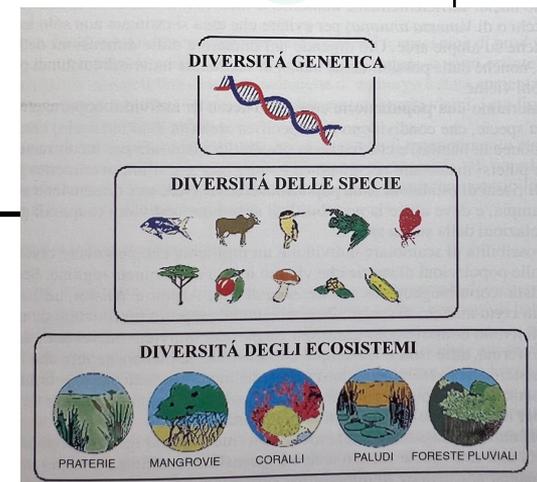
- Glossario
- Inquadramento normativo
- Strumenti EU/nazionali/regionali/comunali
- Rete Natura 2000 e Reti Ecologiche
- Focus sull'ambiente urbano
- Servizi ecosistemici e NBS
- Elenco materiale condiviso

**biodiversità**

La biodiversità, o diversità biologica, significa la variabilità tra gli organismi viventi di tutte le origini, inclusi, tra gli altri, gli ecosistemi terrestri, marini e altri ecosistemi acquatici e i complessi ecologici di cui fanno parte; ciò include la diversità all'interno delle specie, tra le specie e degli ecosistemi

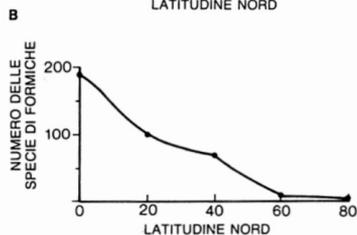
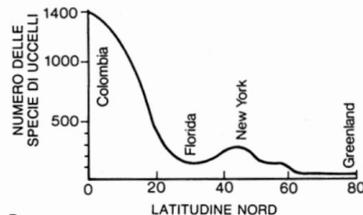
- DIVERSITÀ GENETICA (variazione genetica entro la stessa specie)
- DIVERSITÀ DELLE SPECIE (varietà delle specie viventi in un dato ambiente)
- DIVERSITÀ DEGLI ECOSISTEMI (varietà degli ecosistemi)

Definizione definita nella Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD), adottata durante la Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED) a Rio de Janeiro nel 1992. (Art. 2)



**biodiversità**

A livello globale gli ecosistemi che presentano i più alti livelli di biodiversità sono le barriere coralline e le foreste pluviali, insieme ai mari profondi e ai laghi tropicali. Quindi le foreste tropicali, le savane, le praterie, i deserti e la macchia mediterranea.



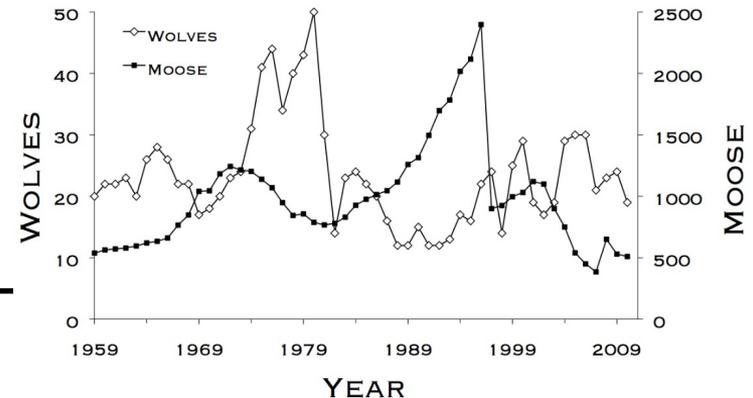
<b>Foreste tropicali</b>	7% sup. terrestre	1/2 specie esistenti
<b>Barriera corallina AU</b>	0,1% sup. marina	8% dei pesci nel mondo
<b>Ambienti mediterranei</b>	1,6% sup. terrestre	10% delle piante superiori del mondo

**ecosistema**

L'insieme della componente biotica (organismi viventi) e abiotica (materia non vivente) che si relazionano ed interagiscono in un determinato ambiente costituendo un sistema complesso autosufficiente ed in equilibrio **dinamico**. Le interazioni sono rappresentate da scambi di materia ed energia.

- COMPONENTE BIOTICA (organismi viventi: piante, animali, funghi....)
- COMPONENTE ABIOTICA (elementi non viventi: suolo, acqua, aria, temperatura, ecc.)
- INTERAZIONI (tra le specie – predazione, la simbiosi, la competizione, e tra specie e ambiente – fotosintesi, decomposizione, ciclo sostanze nutrienti)

L'equilibrio cambia perché risponde alle variazioni interne ed esterne



**specie**

L'insieme degli esseri viventi tra loro geneticamente affini, capaci di generare una prole feconda e quindi riprodursi.

*Canis lupus*

*Canis* = genere (racchiude specie strettamente affini)

*lupus* = specie

***Canis lupus* > lupo**

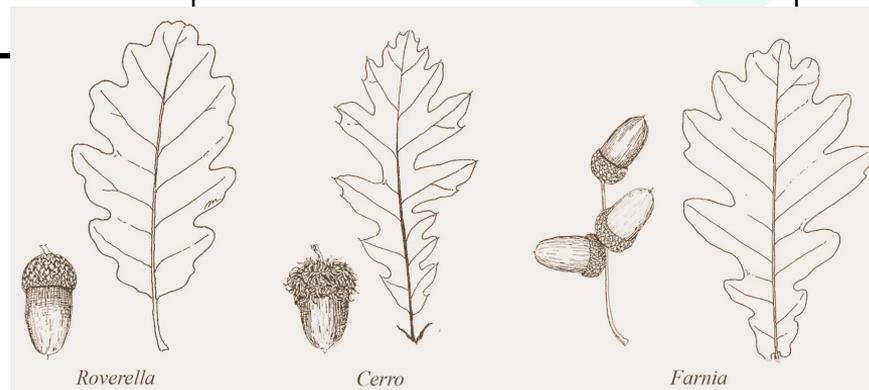
*Canis* = genere (racchiude specie strettamente affini)

*lupus* = specie

***Canis aureus* > sciacallo dorato**

Genere **quercus**

Q. ilex, Q. pubescens, Q. cerris, Q. suber, Q. robur, ecc.



**habitat**

Un ambiente definito da specifiche caratteristiche geografiche, abiotiche, biotiche, in cui una specie vive in qualsiasi stadio del suo ciclo biologico

- HABITAT TERRESTRI: foreste, praterie, montagne,
- HABITAT ACQUATICI: zone umide, fiumi, laghi
- HABITAT URBANI: parchi, giardini.....

## Definizione della Direttiva Habitat

**nicchia ecologica**

L'insieme di tutte le esigenze di un organismo perché questo viva e si riproduca. Tutte le condizioni ambientali (temperatura, pH, umidità, salinità, ecc) e le quantità delle risorse necessarie alla sua sopravvivenza. Ogni specie può quindi essere descritta in base alla varietà delle condizioni fisiche e chimiche che le permettono di completare il ciclo vitale e alla varietà delle risorse che utilizza.

[a volte definito anche come habitat = nicchia spaziale]



specialisti

generalisti



**popolazione**

Insieme di individui appartenenti alla stessa specie che vivono in una determinata area in un determinato periodo di tempo.

- DENSITA' > influenza la disponibilità delle risorse, la competizione intraspecifica
- DISTRIBUZIONE > determinata da fattori ambientali o etologici
- STRUTTURA > la distribuzione delle classi di età/sexo influenza la capacità riproduttiva
- DIMENSIONE > numero totale di individui influenza la variabilità genetica

**Interazioni intraspecifiche**  
all'interno della stessa specie

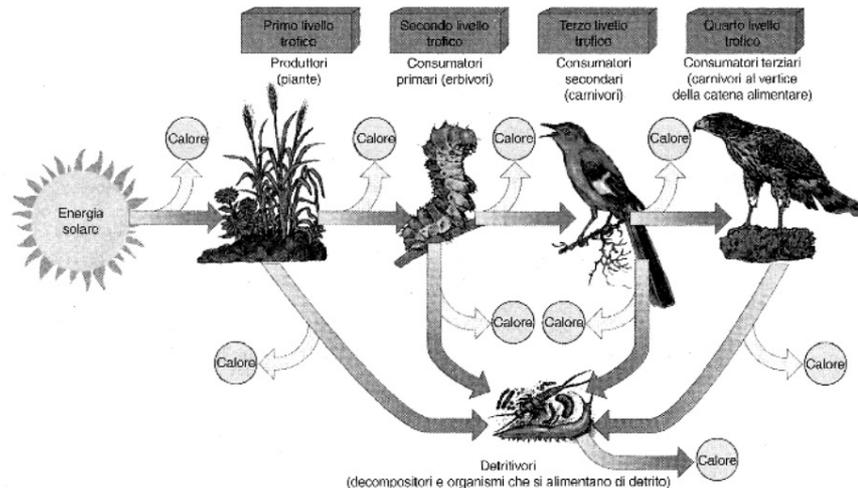
- Competizione trofica

**Interazioni interspecifiche**  
tra specie diverse

- Predazione
- Mutualismo (piante/impollinatori)
- Competizione trofica

**catena alimentare**

Definisce il trasferimento di energia all'interno di un ecosistema attraverso i rapporti alimentari: chi mangia cosa



<b>Direttiva UCCELLI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>79/409/EEC &gt; 2009/147/CE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prima direttiva comunitaria in materia di conservazione della natura. Riguarda la conservazione degli uccelli selvatici e si integra all'interno della Direttiva Habitat. Riconosce la perdita ed il degrado degli habitat come i principali fattori di rischio per la conservazione degli uccelli selvatici e si pone come obiettivo la protezione degli habitat delle specie elencate nell'Allegato I e delle specie migratrici non menzionate nell'Allegato I che ritornano regolarmente.</li> </ul>
<b>Direttiva HABITAT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>92/43/EEC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ha lo scopo di salvaguardare la biodiversità attraverso la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e fauna selvatiche nel territorio europeo degli stati membri al quale si applica il trattato. Per il raggiungimento di questo obiettivo la Direttiva stabilisce misure volte ad assicurare il mantenimento o il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat e delle specie di interesse comunitario elencati nei suoi allegati.</li> </ul>

**Direttiva  
HABITAT**

- 92/43/EEC
- RETE ECOLOGICA NATURA 2000 > costituita da siti mirati alla conservazione di habitat e specie elencati negli allegati I e II
- REGIME DI TUTELA delle specie elencate negli allegati IV e V

- ALLEGATO I > elenca i tipi di **habitat** naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione. (\* > prioritari)
- ALLEGATO II > elenco delle **specie animali e vegetali** d'interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione (\* specie prioritaria)
- ALLEGATO III > elenca i **criteri di selezione** dei siti atti ad essere individuati quali siti di importanza comunitaria e designati quali zone speciali di conservazione
- ALLEGATO IV > specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una **protezione rigorosa**
- ALLEGATO V > specie animali e vegetali di interesse comunitario il cui prelievo nella natura e il cui sfruttamento potrebbe formare oggetto di misure di gestione

<b>Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ottobre 2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la creazione di una rete coerente e ben gestita di zone protette comprendenti almeno il <b>30%</b> della superficie terrestre e marina dell'UE, di cui almeno un terzo sottoposte a tutela rigorosa</li> <li>• il ripristino degli ecosistemi degradati in tutta l'UE entro il 2030 attraverso una serie di impegni e misure specifici, tra cui la riduzione dell'uso e del rischio dei pesticidi del 50% entro il 2030 e l'impianto di 3 miliardi di alberi all'interno dell'UE</li> </ul>
<b>Nature Restoration Law</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• ripristinare almeno il 20% degli habitat degradati entro il 2030, per arrivare al 90% entro il 2050</li> <li>• Nelle aree agricole sarà obbligatorio misurare tre diversi indicatori di biodiversità (abbondanza farfalle comuni, stock di carbonio organico nei terreni, percentuale di superficie agricola con elementi caratteristici del paesaggio a elevata diversità) e ottenere per gli anni futuri un miglioramento degli andamenti di almeno due di questi parametri</li> <li>• Incremento numero di impollinatori</li> <li>• Incrementare le aree verdi nelle città e le coperture arboree</li> </ul>

## Strategia nazionale per la Biodiversità al 2030

- Ottobre 2020



Intersezione con altri ambiti strategici EU:

- Strategia EU Cambiamenti climatici
- Strategia sulla biodiversità per il 2030 EU
- Strategia forestale
- Strategia per la protezione del suolo
- Piano d’Azione EU «Zero pollution for air, water and soil»

- **Costruire una rete coerente di aree protette terrestri e marine** con il raggiungimento dei target del 30% di aree protette da istituire a terra e a mare, e del 10% di aree rigorosamente protette;
- **Ripristinare gli ecosistemi terrestri e marini**, con il raggiungimento del target del 30% di ripristino dello stato di conservazione di habitat e specie, in particolare attraverso l’attività condotta a scala regionale inerente gli obiettivi e le misure di conservazione dei siti della Rete Natura 2000.

## Strategia nazionale del Verde Urbano

### OBIETTIVI

#### BIODIVERSITÀ E SERVIZI ECOSISTEMICI

“Tutelare la biodiversità per garantire la piena funzionalità degli ecosistemi e delle Infrastrutture Verdi in una città resiliente”

#### CAMBIAMENTI CLIMATICI E ISOLA DI CALORE

“Aumentare la superficie e migliorare la funzionalità ecosistemica delle Infrastrutture verdi a scala territoriale, locale e del verde architettonico”

#### BENESSERE E QUALITÀ DELLA VITA

“Migliorare la salute e il benessere dei cittadini grazie alla rimozione degli inquinanti da parte dell’ecosistema foresta”

### AZIONI STRATEGICHE

#### SENSIBILIZZAZIONE, SICUREZZA E EDUCAZIONE AMBIENTALE

“Conoscenza e fruizione sono le basi della sicurezza”

#### PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE DELLE AREE VERDI IN CITTÀ

“Assumere la foresta come strumento di pianificazione e progettazione di spazi e di attività umane”

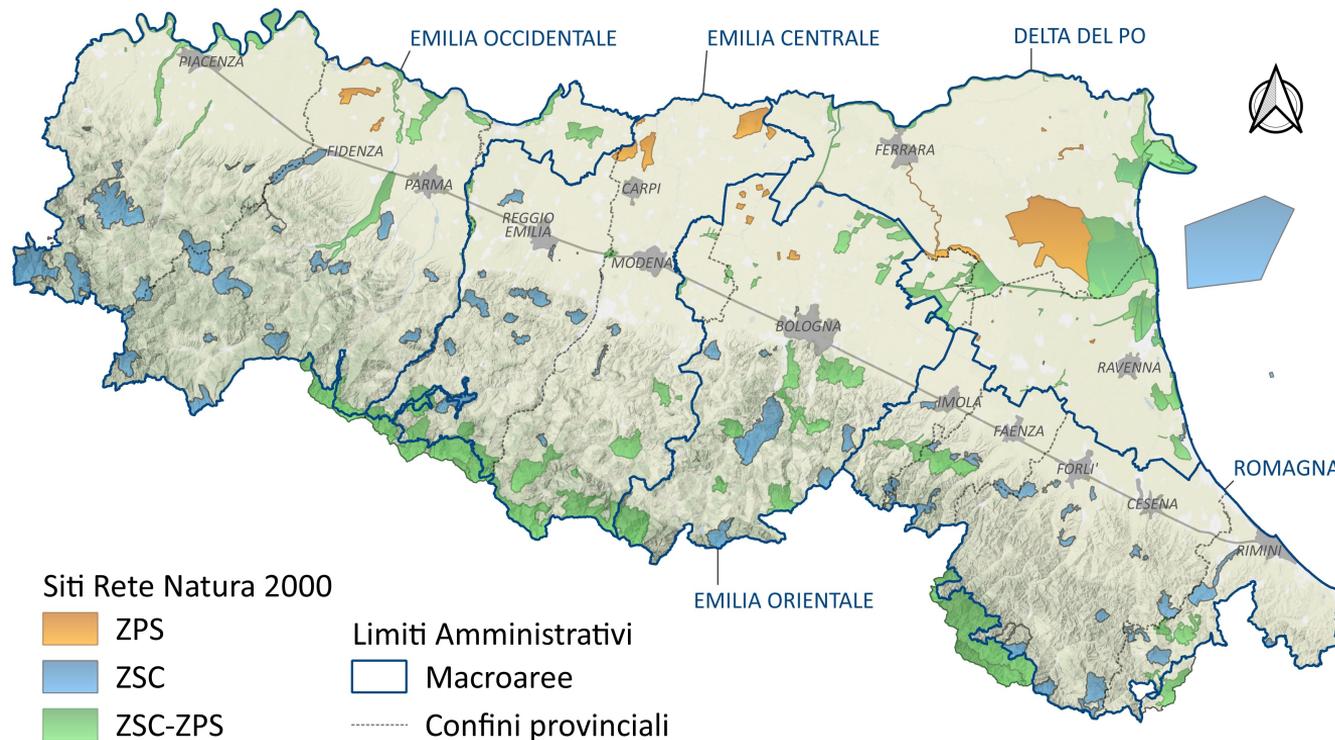
#### MONITORAGGIO DELLA STRATEGIA

“Monitorare la Strategia per aumentare i benefici ecologici, economici e sociali del verde urbano”

- Principale strumento della politica dell'EU per la conservazione della biodiversità
- Rete ecologica diffusa su tutto il territorio EU, ai sensi della Direttiva Habitat, per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario
- E' costituita dai SIC, successivamente designati in ZSC e comprende anche le ZPS istituite con la Direttiva Uccelli

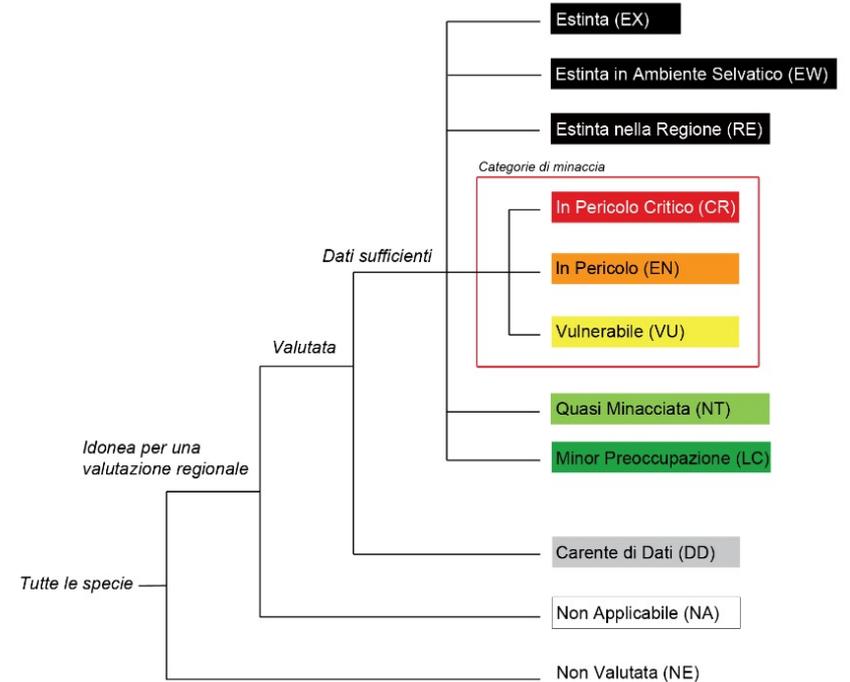


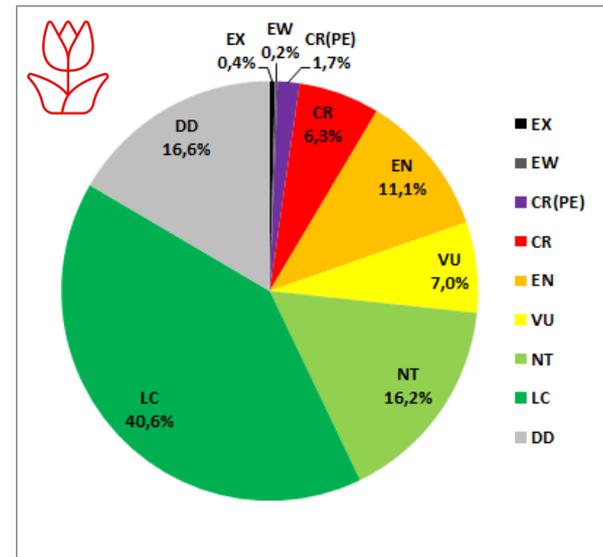
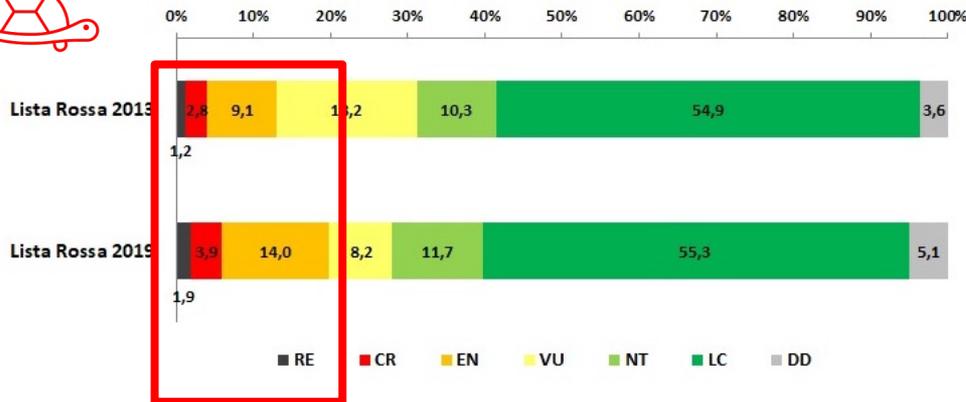
- In Italia SIC, ZSC e ZPS coprono il 19% delle terre emerse ed il 13,4% dei mari
- *(superficie al netto delle sovrapposizioni)*



- In ER 159 siti, che ricoprono 301.761 ha, pari al **11,86%** della superficie regionale ed il **16,04%** della superficie marina

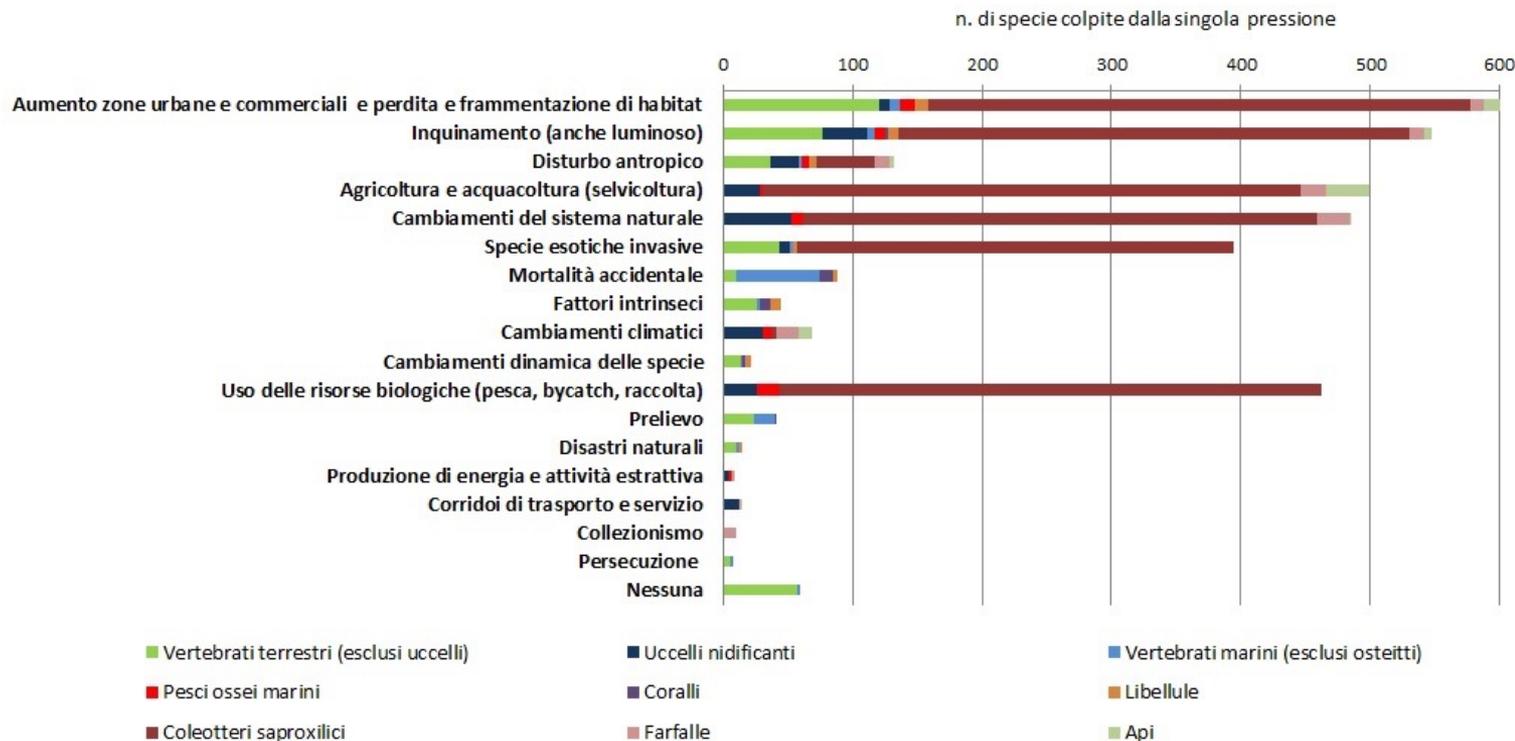
- L'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) ha la missione di influenzare, incoraggiare e assistere le società in tutto il mondo a conservare l'integrità e diversità della natura e di assicurare che ogni utilizzo delle risorse naturali si equo e ecologicamente sostenibile
- Mantiene ed aggiorna periodicamente le liste rosse delle specie minacciate da 50 anni e costituisce il più completo inventario del rischio di estinzione delle specie a livello mondiale.
- La valutazione del rischio di estinzione è basata su una serie di categorie





In Italia si stimano 58.000 specie animali, 2.704 licheni, 1.209 muschi e 8.195 specie vascolari, di cui il 16,7% è endemica, quindi si trova solo nel nostro paese

RE= estinta; CR=pericolo critico; EN=in pericolo; VU=vulnerabile;  
NT=quasi minacciata; LC=minor preoccupazione; DD=carenza di dati



E' un *sistema interconnesso di habitat, di cui salvaguardare la biodiversità*, ponendo quindi attenzione alle specie animali e vegetali potenzialmente minacciate.

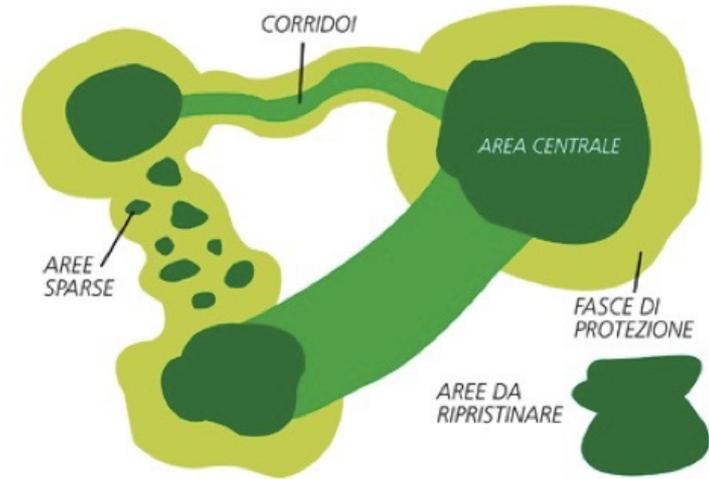
> creare e/o rafforzare un sistema di collegamento e di interscambio tra aree ed elementi naturali isolati, andando così a contrastare la frammentazione e i suoi effetti negativi sulla biodiversità.

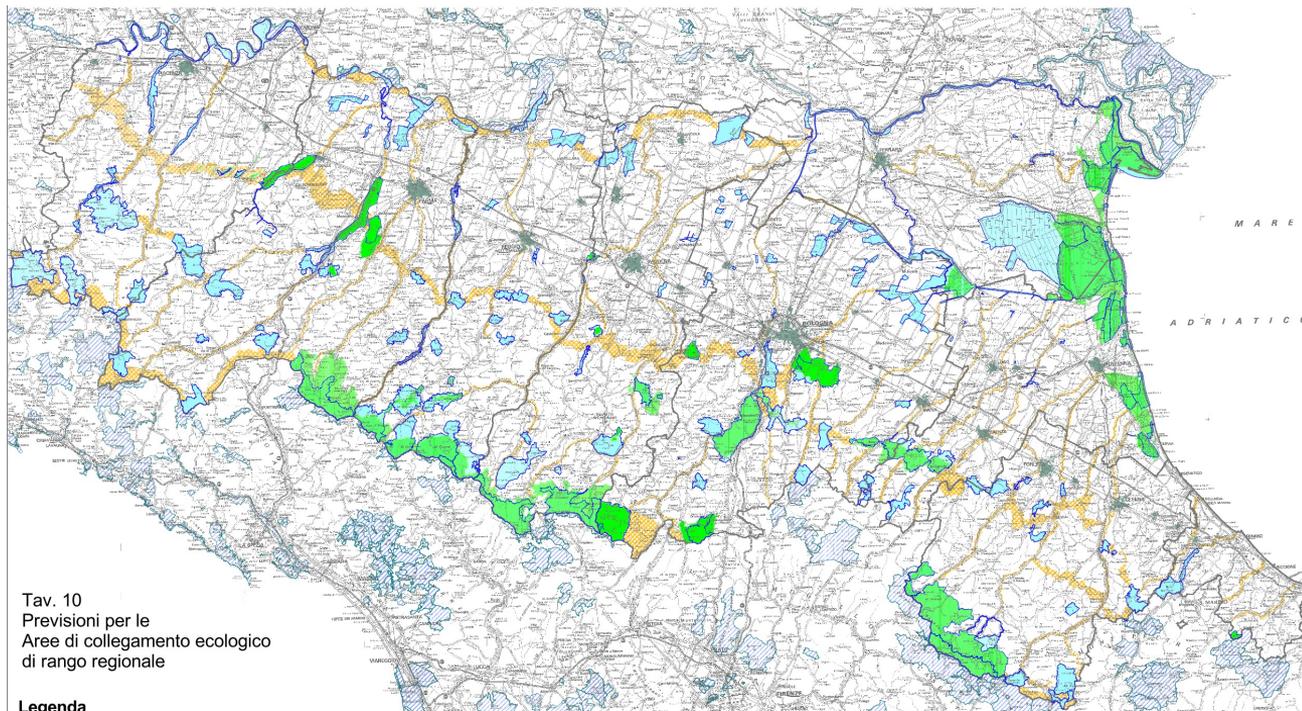
**CORE AREAS:** aree ad alta naturalità soggette a regimi di protezione (aree protette)

**BUFFER ZONES:** zone cuscinetto posizionate attorno alle core area

**CORRIDOI ECOLOGICI:** strutture lineari e continue che garantiscono il collegamento tra le core areas

**STEPPING STONES:** aree di superficie limitata che per posizione e tipologia rappresentano importanti elementi del territorio per sostenere specie in transito o popolazioni locali





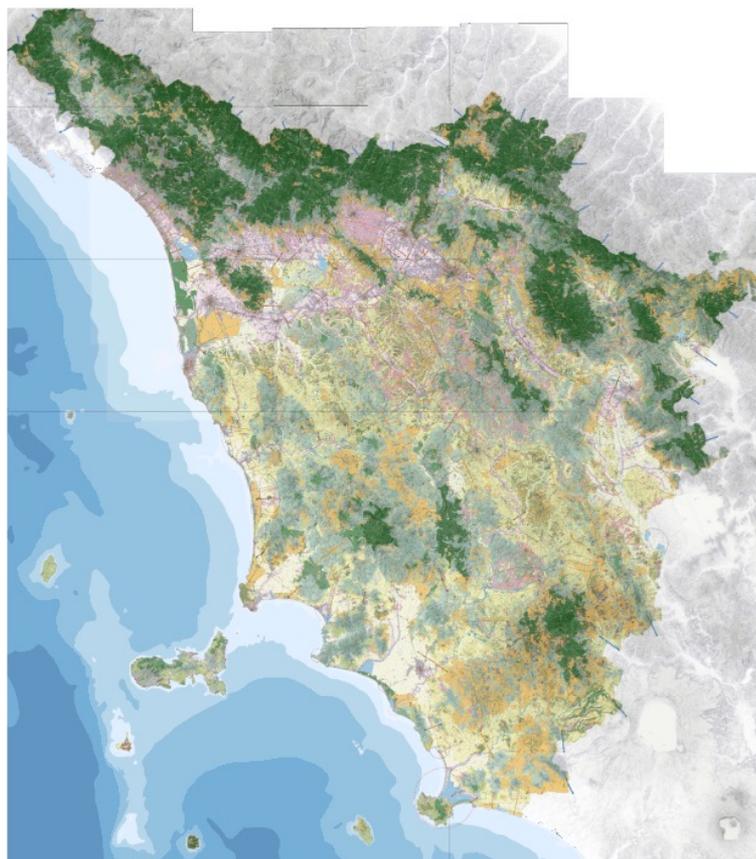
Tav. 10  
Previsioni per le  
Aree di collegamento ecologico  
di rango regionale

#### Legenda

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|  | Parchi e riserve istituiti             |  | Aree di collegamento ecologico di rango regionale |
|  | Siti rete Natura 2000                  |  | Confini provinciali                               |
|  | SIC e ZPS fuori Regione Emilia-Romagna |   |   |

La Regione tutela la biodiversità attraverso il sistema regionale delle aree protette e dei siti Nat2000, collegati tra loro dalle Aree di collegamento ecologico

LR 6/2005



## ELEMENTI STRUTTURALI DELLA RETE ECOLOGICA

## rete degli ecosistemi forestali

-  nodo forestale primario
-  nodo forestale secondario
-  matrice forestale ad elevata connettività
-  nuclei di connessione ed elementi forestali isolati
-  aree forestali in evoluzione a bassa connettività
-  corridoio ripariale

## rete degli ecosistemi agropastorali

-  nodo degli agroecosistemi
-  matrice agroecosistemica collinare
-  matrice agroecosistemica di pianura
-  agroecosistema frammentato attivo
-  agroecosistema frammentato in abbandono con ricolonizzazione arborea/arbustiva
-  matrice agroecosistemica di pianura urbanizzata
-  agroecosistema intensivo

## ecosistemi palustri e fluviali

-  zone umide
-  corridoi fluviali

## ecosistemi costieri

-  coste sabbiose prive di sistemi dunali
-  coste sabbiose con ecosistemi dunali integri o parzialmente alterati
-  coste rocciose

## ecosistemi rupestri e calanchivi

-  ambienti rocciosi o calanchivi

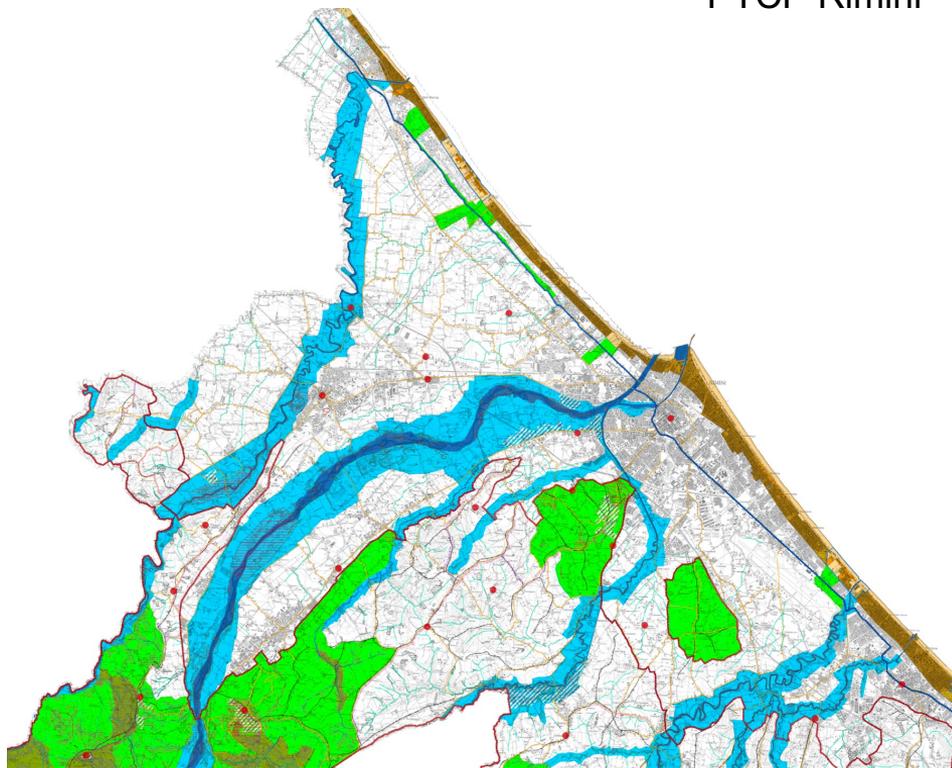
## superficie artificiale

-  area urbanizzata

## ELEMENTI FUNZIONALI DELLA RETE ECOLOGICA

-  direttrice di connettività extraregionale da mantenere
-  direttrice di connettività da ricostruire
-  direttrice di connettività da riqualificare
-  corridoio ecologico costiero da riqualificare
-  corridoio ecologico fluviale da riqualificare
-  barriera infrastrutturale da mitigare
-  aree ad elevata urbanizzazione con funzione di barriera da mitigare
-  aree critiche per processi di artificializzazione
-  aree critiche per processi di abbandono e di artificializzazione
-  aree critiche per processi di abbandono culturale e dinamiche naturali

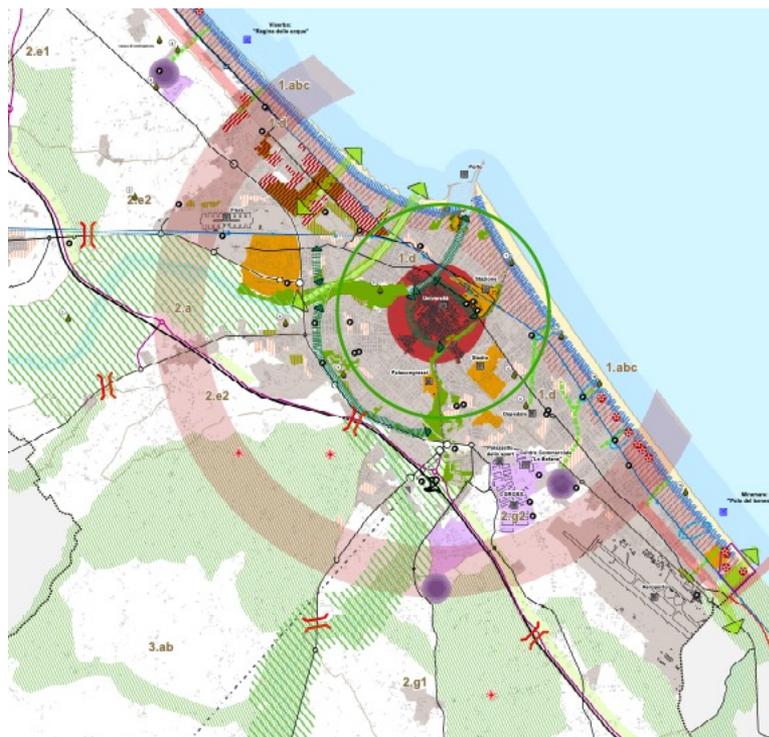
## PTCP Rimini



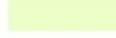
## TUTELA DEL PATRIMONIO PAESAGGISTICO

-  Zone ed elementi di interesse storico-archeologico (Art. 5.5)
-  Sistema forestale boschivo (Art. 5.1)
-  Zone di tutela naturalistica (Art. 5.2)
-  Zone di tutela agro-naturalistica (Art. 5.2b)
-  Zone di particolare interesse paesaggistico ambientale (Art. 5.3)
-  Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 2.2)
-  Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 5.4)
-  Zone di tutela naturalistica (Art. 5.2)
-  Zone di particolare interesse paesaggistico ambientale (Art. 5.3)
-  Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 5.4)
-  Zone di riqualificazione della costa e dell'arenile (Art. 5.6)
-  Zone urbanizzate in ambito costiero e ambiti di qualificazione dell'immagine turistica (Art. 5.7)
-  Ambiti di riqualificazione dell'immagine turistica (Art. 5.7 c.3)
-  Città delle Colonie (Art. 5.10)
-  Colonie marine (Art. 5.10)
-  Sistema costiero (Art. 1.3)
-  Sistema collinare - montano e dei crinali (Art. 1.2)
-  Unità di Paesaggio della pianura (Art. 1.4)
-  Reticolo idrografico principale
-  Reticolo idrografico minore (Art. 2.2)
-  Strade panoramiche (Art. 5.9)
-  Strade storiche extraurbane (Art. 5.9)
-  Linee di crinale (Art. 1.2)
-  Osservatorio Astronomico "Gruppo Astrofili N. Copernico" (Art. 10.10)
-  Insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art. 5.8)

## PSC Rimini – Tav. PSC2



## Qualificazione ambientale ed ecologica

-  Aree costituenti il sistema delle principali valenze ambientali e paesaggistiche e la trama delle reti ecologiche
-  SIC - Siti di importanza comunitaria
-  Varchi a mare
-  Prosecuzione del Parco Marecchia e raggi verdi
-  Corridoi verdi di collegamento dei parchi esistenti o di progetto
-  Parco del Mare
-  Parchi urbani esistenti
-  Fascia di ambientazione e mitigazione della nuova S.S.16
-  Connessioni verdi da progettare tra il mare e la città
-  Nuove dotazioni ecologiche in territorio rurale: campo pozzi di Molino Ronci
-  Nuove dotazioni ecologiche: interventi legati al miglioramento del sistema fognario (PSBO) e alla salvaguardia del territorio
-  Principali punti di conflitto fra rete ecologica e barriere infrastrutturali



## Rapporto SNPA, 2019 – Qualità dell'ambiente Urbano

Città	% sul territorio comunale	Disponibilità pro-capite (mq/ab)	% totale aree verdi (VU+aree protette)
Rimini	2,1	18,7	2,7

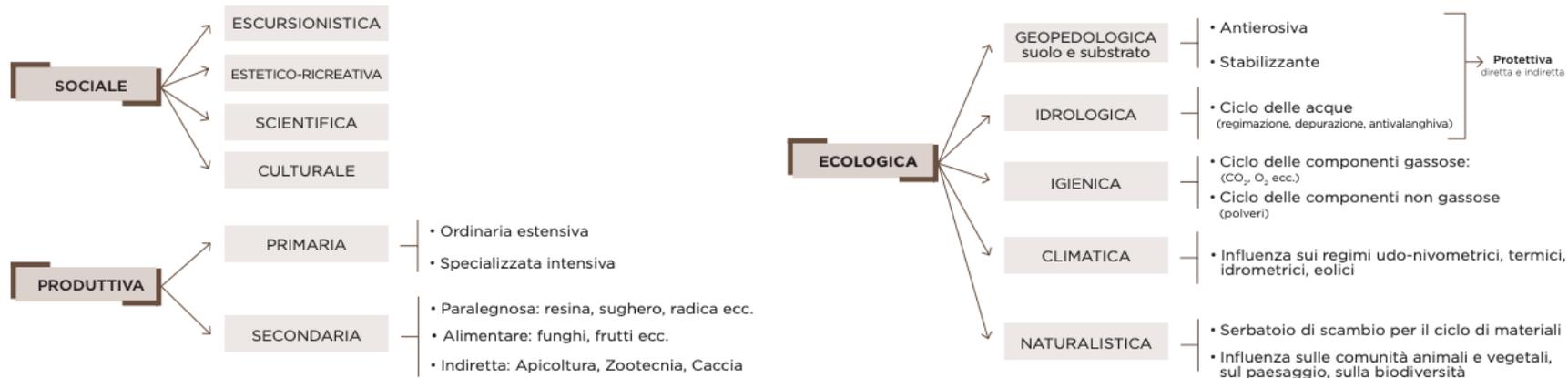
Comuni	Verde storico	Grandi parchi urbani	Verde attrezzato	Aree di arredo urbano	Forestazione urbana	Giardini scolastici	Orti botanici <sup>1</sup>	Orti urbani	Cimiteri <sup>1</sup>	Aree sportive all'aperto	Aree boschive	Verde incolto	Altro <sup>2</sup>
Rimini	6,0	11,7	18,8	38,3	3,6	4,7	-	0,9	6,0	7,2	-	2,5	0,4

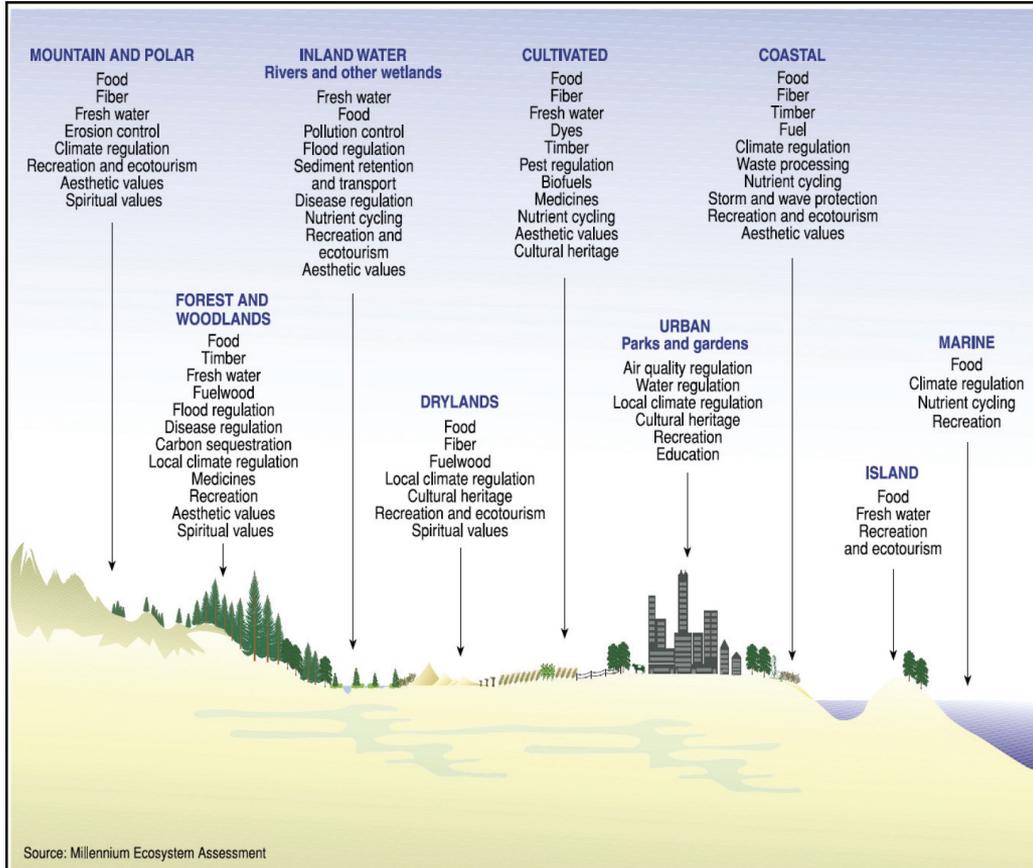
strumento	% comuni	Implemento del numero di strumenti rispetto alla precedente edizione del report
Censimento del verde	85%	+ 4
Regolamento del verde	48%	+ 2
Piano comunale del verde	4%	+1

Censimento del verde	Descrizione dettagliata delle caratteristiche del verde (QC)
Regolamento del verde	indicazioni di indirizzo e guida per una corretta progettazione, manutenzione, tutela e fruizione del verde pubblico e talvolta privato
Piano del verde	strutturalmente parte dei piani urbanistici di livello strategico, offre la possibilità di ripensare i rapporti tra verde e urbanizzato in maniera sinergica e complementare

## Servizi ecosistemici

- "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano"
- (definizione Millenium Ecosystem Assessment, 2005)
- **approvvigionamento** (come la produzione di cibo, acqua potabile, materiali o combustibile)
- **regolazione** (come regolazione del clima e delle maree, depurazione dell'acqua, impollinazione e controllo delle infestazioni)
- **supporto alla vita** (come ciclo dei nutrienti, formazione del suolo e produzione primaria)
- **valori culturali** (fra cui quelli estetici, spirituali, educativi e ricreativi)





**URBAN**  
Parks and gardens  
Air quality regulation  
Water regulation  
Local climate regulation  
Cultural heritage  
Recreation  
Education

## Nature based solutions (NBS)

Azioni per proteggere gestire in modo sostenibile e ripristinare ecosistemi naturali o modificati che affrontino le sfide della società in modo efficace e adattativo, fornendo contemporaneamente benefici per il benessere umano e la biodiversità

- Definizione Unione internazionale per la conservazione della natura UICN

<b>Eco street</b>	Interrompere il flusso delle acque che dalle strade vanno nel sistema di canalizzazione, e convogliarlo verso spazi verdi posti a margine della strada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regimazione delle acque piovane</li> <li>• Alleggerimento della portata nel sistema di canalizzazione</li> <li>• Minore manutenzione e costi di irrigazione nelle aree verdi</li> </ul>
<b>Pareti verdi</b>	Usate per il filtraggio/depurazione delle acque grigie dell'edificio e riutilizzate per lo scarico dei WC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risparmio consumo acqua</li> <li>• Aumento biodiversità (insetti)</li> <li>• Termoregolazione edificio</li> </ul>



<https://www.pareteverdeferla.it/>

La parete verde copre una **superficie di circa 30 mq**, progettata per massimizzare la capacità di trattamento, facilitando la manutenzione da parte dei tecnici comunali, così da ridurre i costi di gestione. Circa **1300 litri d'acqua al giorno alimentano il sistema**, producendo acqua trattata che viene riusata per lo scarico dei servizi igienici in sostituzione di preziosa acqua potabile. La stima è di **circa 1.000 litri di acqua potabile risparmiati all'anno per ogni studente (circa 200)**.

<b>RIE Indice riduzione impatto edilizio</b>	E' un indice che nasce per limitare la quantità di superficie impermeabilizzata negli interventi edilizi	Il valore è compreso tra 0 e 10 0 > superficie completamente sigillata 10 > superficie completamente permeabile
	Dal 2004 il Comune di Bolzano ha reso obbligatoria la certificazione RIE per tutti gli interventi edilizi sia residenziali che produttivi definendo i valori minimi di RIE rispettivamente a 4 e 1,5	

Se	Superficie equivalente delle alberature			
Categoria	Descrizione Superficie	Se (m <sup>2</sup> )	N° alberature	Tot. Se (valore calcolato)
3	Sviluppo in altezza a maturità tra 4 e 12 m	20	4	80,00
2	Sviluppo in altezza a maturità tra 12 e 18 m	65		0,00
1	Sviluppo in altezza a maturità maggiore di 18 m.	115		0,00
				80,00
Sv <sub>i</sub>	Superfici trattate a verde:			
		Numeratore		
Num.rif.	Descrizione Superficie	Ψ <sub>i</sub>	Riportare il valore di Ψ <sub>i</sub>	Rapporto Sv <sub>i</sub> · 1 / Ψ (valore calcolato)
N 1	Giardini, aree verdi, prati, prati armati (con superficie permeabile non inferiore al 95%, tipo salva-prato, grigliati, ecc), orti, superfici boscate e agricole	0,10		# DIV/0!
N 2	Corsi d'acqua in alveo naturale	0,10		# DIV/0!
N 3	Specchi d'acqua, stagni o bacini di accumulo e infiltrazione con fondo naturale	0,10		# DIV/0!
N 4	Sterrato, superfici naturali degradate	0,20		# DIV/0!

## REGGIO EMILIA

- Numero di alberature e dimensioni a maturità
- Mq della tipologia di superficie esterna trattata a verde
- Mq della tipologia di superficie esterna non trattata a verde

$$RIE = \frac{\sum_{i=1}^n S_{Vi} \frac{1}{\Psi_i} + (Sea)}{\sum_{i=1}^n S_{Vi} + \sum_{j=1}^m S_{ij} \Psi_j}$$

Dove:

Sv<sub>i</sub> = i-esima superficie trattata a verdeS<sub>ij</sub> = j-esima superficie non trattata a verdeψ<sub>i</sub> = i-esimo coefficiente di deflusso di superficie trattata a verdeψ<sub>j</sub> = j-esimo coefficiente di deflusso di superficie non trattata a verde

Sea = Superficie equivalente delle alberature

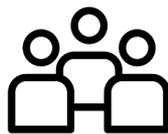
N1	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole			0,10
N2	Corsi d'acqua in alveo naturale			0,10

<b>Pubblcazioni con esempi progettuali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verde urbano</li> <li>NBS</li> </ul>	<p>Il valore è compreso tra 0 e 10</p> <p>0 &gt; superficie completamente sigillata</p> <p>10 &gt; superficie completamente permeabile</p>
<b>Strategia Nazionale del Verde Urbano</b>	<p>Dal 2004 il Comune di Bolzano ha reso obbligatoria la certificazione RIE per tutti gli interventi edilizi sia residenziali che produttivi definendo i valori minimi di RIE rispettivamente a 4 e 1,5</p>	
<b>SUDS Sustainable drainage systems</b>	<p>Manuale</p>	<p>900 pagine</p>

# Titolo slide



descrizione



descrizione



descrizione



descrizione



descrizione



descrizione



# Progetto LIFE HELP– Focus: Rumore

**Raffaella Bellomini – Vie en.ro.se. Ingegneria srl**



## Indice degli argomenti

- **L'impianto normativo sulle tematiche dell'acustica**
- **Gli adempimenti a carico delle Pubbliche amministrazioni**
- **Focus sulle competenze dei Comuni**
  - **Il Piano di Classificazione acustica**
  - **Il Piano di Risanamento acustico**
  - **La regolamentazione e gestione delle attività rumorose**
  - **Mappatura acustica e Piano d'Azione**
- **Q&A**



life  
help

Il rumore ha un impatto negativo sulla salute e sul benessere di **una persona su cinque** in Europa. Il rumore è la **seconda causa ambientale di problemi di salute** in Europa occidentale, dopo l'inquinamento atmosferico da particolato.

L'esposizione prolungata a livelli di rumore elevati (da traffico, da sorgenti fisse, da uso improprio di dispositivi..) non è soltanto un fastidio. Infatti, può causare gravi danni alla salute, tra cui cardiopatie ischemiche, gravi disturbi del sonno, diabete.

Secondo l'ultima valutazione di monitoraggio dell'EEA (European Environment Agency – anno 2023), nell'UE almeno 18 milioni di persone sono notevolmente infastidite dal rumore e 5 milioni soffrono disturbi del sonno a causa dell'esposizione a lungo termine al rumore dei trasporti (per livelli superiori a 55 dB(A) durante il periodo notturno.

Si stima che l'esposizione a lungo termine al rumore causi ogni anno in Europa **41 000 nuovi casi di malattie cardiache e 11 000 morti premature**.

Tuttavia, questi numeri sono probabilmente sottostimati. Le informazioni fornite dagli Stati membri dell'UE non coprono tutte le aree urbane, le strade, le ferrovie e gli aeroporti, né tutte le fonti di rumore.

# L'impianto normativo

**D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194** Attuazione della direttiva 2002/49/CE

Linee guida mappature acustiche (D.G.R. 17/09/2012 n.1369)

Linee guida Piani d'azione (D.G.R. 23/09/2012 n.1339)

**L.R. E-R n. 15 del 9/5/2001** «Disposizioni in materia di inquinamento acustico»

**DGR N.2053 del 9/10/2001** «Criteri e condizioni per la classificazione acustica del territorio»

**Disposizioni regionali** (L.R. e Delibere)

**Valori limite sorgenti sonore** (D.P.C.M. 14/11/1997)

**Rumore aeroportuale** (D.M.A. 31/10/1997)

**DM 23/6/2022** «Criteri ambientali minimi»

**D.Lgs. 17 febbraio 2017, n. 42**

«Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico»

**Determinazione e gestione del rumore ambientale**

**Direttiva 2002/49/CE**

**Decreto MITE n.16 del 24/03/2022**

«Definizione modalità per l'individuazione e la gestione delle zone silenziose di un agglomerato e delle zone silenziose in aperta campagna»

**Decreto MITE 14 gennaio 2022 Attuazione della direttiva (UE) 2020/367 4 marzo 2020**, «definizione di metodi di determinazione degli effetti nocivi del rumore ambientale»

**Rumore Stradale** (D.P.R. 142/2004)

**Criteri per la predisposizione Piani Risanamento** (D.M. A. 29/11/2000)

**Legge quadro inquinamento acustico n.447/1995**

**Requisiti acustici sorgenti sonore luoghi intrattenimento danzante o pubblico spettacolo** (D.P.C.M 215/1999)

**Requisiti acustici edifici** (D.P.C.M. 5/12/1997)

**Metodologia misura rumore** (D.M.A. 16/3/1998)

**Rumore ferroviario** (D.P.R. 459/1998)

# Inquadramento normativo nazionale

La Legge 447, legge quadro sull'inquinamento acustico, definisce i **principi fondamentali** in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

Non indica, in sostanza, limiti da rispettare ma definisce **"chi deve fare cosa"**.

Nella legge vengono analizzate tutte le tematiche riguardanti il rumore, i soggetti volti ad analizzarle e le competenze di Stato, Regioni, Province e Comuni.

L'art. 8 riporta l'obbligo di redigere valutazioni di **impatto acustico** e di **clima acustico** per determinate tipologie di opere.

La legge è stata aggiornata e modificata dal [Dlgs 42/2017](#)



# Gli adempimenti a carico delle PA – Lo Stato

Fra le competenze dello Stato rientrano la determinazione, da attuarsi con Decreti, dei:

a) valori limite, di emissione, di immissione (assoluti e differenziali), di attenzione e di qualità

c) tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico, tenendo conto delle peculiari caratteristiche del rumore emesso dalle infrastrutture di trasporto

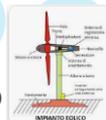
e) requisiti acustici delle sorgenti sonore e degli edifici e dei loro componenti

f) criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti

h) requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante o di pubblico spettacolo

m) criteri di misurazione del rumore emesso dagli aeromobili e della relativa disciplina per il contenimento dell'inquinamento acustico

m-bis) criteri per la misurazione del rumore emesso dagli impianti eolici e per il contenimento del relativo inquinamento acustico



# Gli adempimenti a carico delle PA

## Art. 4. - Competenze delle Regioni

1. Le Regioni, entro il termine di un anno dalla data di entrata in vigore della presente legge, definiscono con legge:
  - a) **i criteri in base ai quali i comuni, ai sensi dell'art. 6, c. 1, lett. a)**, tenendo conto delle preesistenti destinazioni d'uso del territorio e indicando altre aree da destinarsi a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, ovvero all'aperto procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle vigenti disposizioni per l'applicazione dei valori di qualità di cui all'art. 2, c.1, lett. h), stabilendo il divieto di contatto diretto di aree, anche appartenenti comuni confinanti, quando tali valori si discostano in misura superiore a 5 dB(A) di livello sonoro equivalente misurato secondo i criteri generali stabiliti dal D.P.C.M. 1° marzo 1991, pubblicati nella G.U. n. 57 dell'8 marzo 1991. Qualora nell'individuazione delle aree nelle zone già urbanizzate non sia possibile rispettare tale vincolo a causa di preesistenti destinazioni d'uso, si prevede l'adozione dei piani di risanamento di cui all'articolo 7;

...omissis

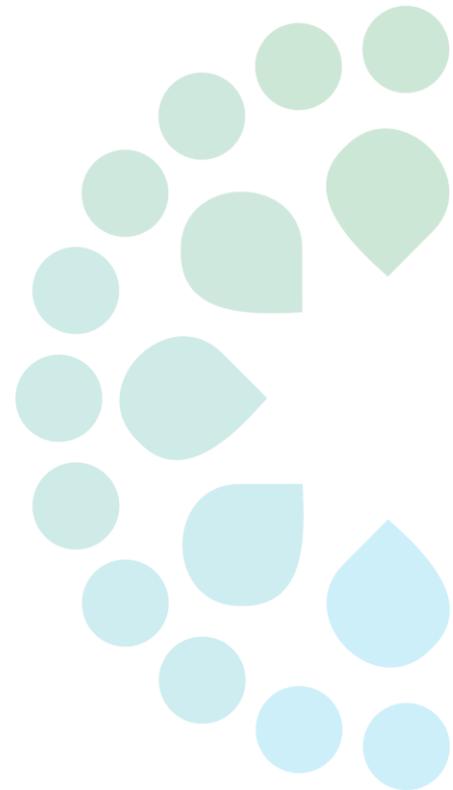
# Gli adempimenti a carico delle PA

## Art. 6. – Competenze dei Comuni

1. Sono di competenza dei Comuni secondo le leggi statali e regionali e i rispettivi statuti:
  - a) **la classificazione del territorio comunale** secondo i criteri previsti dall'art. 4, comma 1, lettera a)
  - b) **il coordinamento degli strumenti urbanistici già adottati** con le determinazioni assunte ai sensi della lettera a)
  - c) l'adozione dei **piani di risanamento** di cui all'articolo 7;
  - d) **il controllo del rispetto della normativa** all'atto del rilascio di **concessioni edilizie** (nuovi impianti/infrastrutture per attività produttive, sportive e ricreative, servizi commerciali), **nonché provvedimenti di licenza o autorizzazione all'esercizio di attività produttive;**
  - e) l'adozione di **regolamenti** per l'attuazione della disciplina statale e regionale per la tutela dall'inquinamento acustico
  - f) ...
  - g) i **controlli** (traffico veicolare e sorgenti fisse, attività all'aperto...)
  - h) **l'autorizzazione, anche in deroga**, per svolgimento di attività temporanee e manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico e per spettacoli a carattere temporaneo ovvero mobile, nel rispetto delle prescrizioni indicate dal comune stesso.
2. Rispondere a quanto richiesto dalla Direttiva comunitaria 2002/49/CE in quanto gestore di infrastrutture / agglomerato (**Mappatura acustica e Piano d'Azione**)

# Focus

- **Piano comunale di classificazione acustica**
- **Piano di risanamento acustico**
- **Strumenti per la regolamentazione e gestione delle attività rumorose**
- **Mappatura acustica e Piano d'Azione**



# Il Piano comunale di classificazione acustica (PCCA) – 1/5

Rappresenta **il principale atto di pianificazione comunale per la gestione dell'inquinamento acustico**. Il Piano consiste nella suddivisione del territorio comunale in aree acusticamente omogenee, a cui sono associati dei limiti acustici, con l'obiettivo di fornire un indispensabile strumento di pianificazione dello sviluppo urbanistico e di tutela del territorio dall'inquinamento acustico.

## Prima redazione

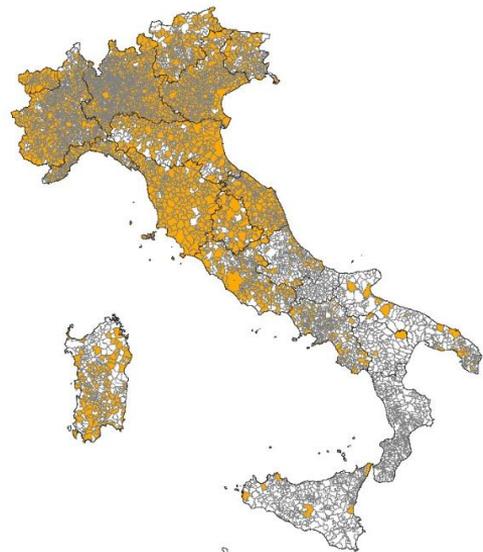
Al 31/12/2022 il Piano di classificazione acustica è stato approvato nel 63% dei comuni; permangono ancora evidenti, a scala regionale, le differenze di applicazione di questo strumento di pianificazione.

## Variante

A seguito di modifiche del territorio, nuovi grandi insediamenti infrastrutturali, industriali, commerciali o ricettori sensibili.

## Aggiornamento

A seguito di aggiornamento degli strumenti urbanistici (per esempio, nel caso della regione E-R, per l'approvazione del Piano Urbanistico Generale (PUG) che sostituirà gli strumenti urbanistici previsti dalla LR 20/2000 (PSC-RUE-POC).



Piani di Classificazione acustica

Comune con Piano di Classificazione acustica  
Comune senza Piano di Classificazione acustica

# Il Piano comunale di classificazione acustica (PCCA) – 2/5

## Valori limite definiti dal D.P.C.M. 14 novembre 1997 in base alla zonizzazione acustica

- Limiti di emissione:** valori massimi di rumore che possono essere emessi da una sorgente sonora, misurati in prossimità della sorgente stessa

Tabella B: valori limite di emissione - Leq in dB(A) (art. 2)

classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

- Limiti assoluti di immissione:** valori massimi di rumore che possono essere immessi da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori

Tabella C: valori limite assoluti di immissione - Leq in dB (A) (art. 3)

classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

- Limiti differenziali di immissione**

determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo, 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi. Tali valori non si applicano nelle aree classificate nella classe VI.

# Il Piano comunale di classificazione acustica (PCCA) – 3/5

## **FASE I – FASE CONOSCITIVA E RACCOLTA DOCUMENTALE**

Inquadramento territoriale

PCCA attuale del Comune (prima redazione o variante vigente)

Analisi del PCCA alla luce dello stato attuale dei luoghi

Il nuovo Strumento urbanistico (PUG – Piano Operativo... e gli interventi previsti)

## **FASE II – CLASSIFICAZIONE ACUSTICA PRELIMINARE**

Ricettori sensibili

Infrastrutture

Insedimenti produttivi, artigianali e commerciali

Aree destinate a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, ovvero all'aperto

Analisi della classificazione acustica in relazione ai PCCA dei comuni confinanti

## **FASE II – MONITORAGGIO FONOMETRICO (eventuale)**

Campagna di monitoraggio

Risultati delle misure fonometriche

## **FASE III – CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEFINITIVA – PROPOSTA DI PIANO E ANALISI POTENZIALI CRITICITÀ – CONCLUSIONI E AZIONI FUTURE**



# Il Piano comunale di classificazione acustica (PCCA) – 4/5

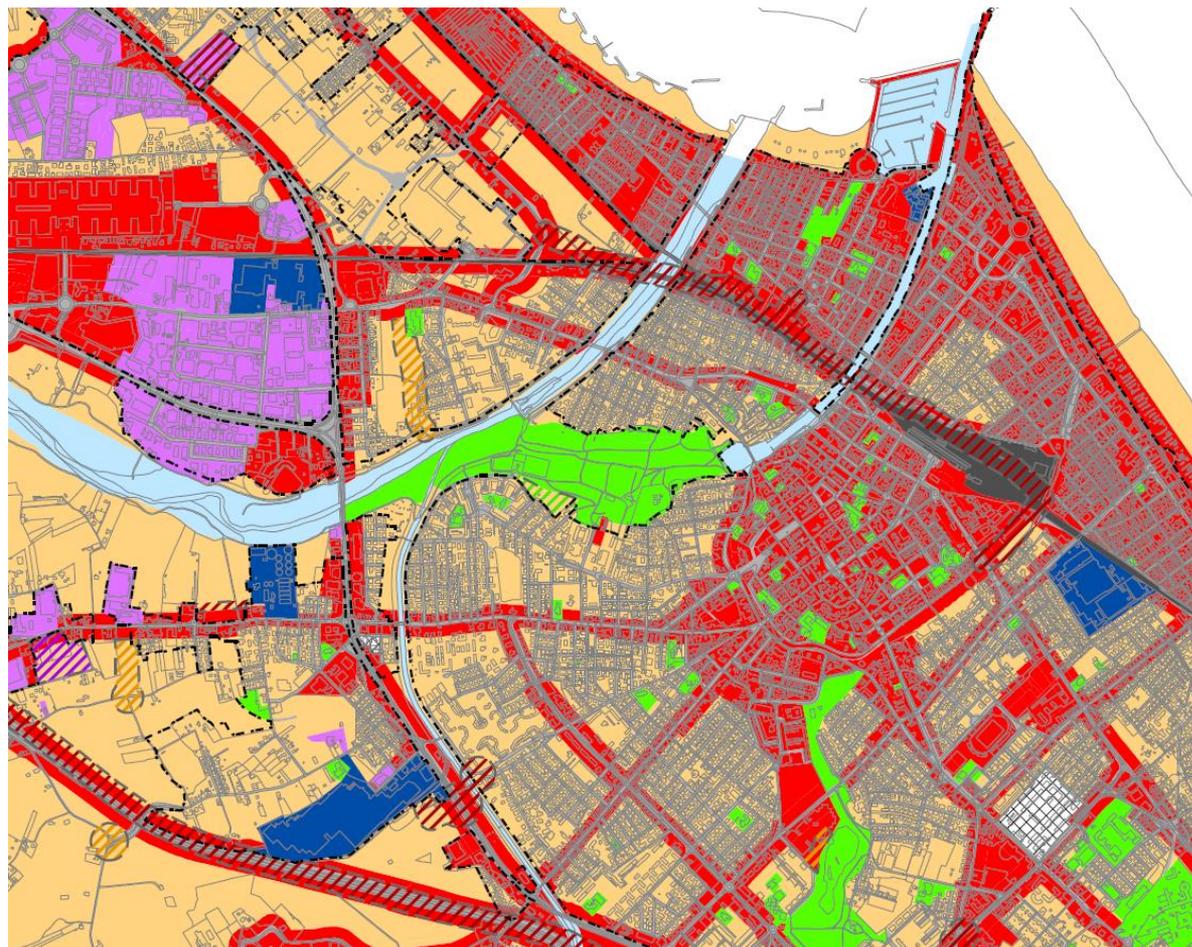
D.G.R. Emilia Romagna n. 2053/2001

Con l'emanazione della **Delibera n. 2053/2001 del 9/10/01** la Regione Emilia Romagna ha fornito ai comuni precise indicazioni per la applicazione dei disposti di cui alla L. 447/95 e alla L.R.15/2001, in merito al tema della classificazione acustica del territorio.

## Criteri generali di riferimento:

- utilizzare una base cartografica il più possibile indicativa del tessuto urbano esistente e dei suoi usi reali, con riferimento alle tipologie di destinazione d'uso disciplinate dagli strumenti urbanistici;
- evitare una classificazione troppo frammentaria del territorio (ad eccezione del caso della classe I, per la quale si accetta la presenza anche di aree piccole proprio per la necessità di proteggerle dal rumore);
- **accettare la possibilità che, nelle configurazioni urbanistiche esistenti, confinino aree con limiti che si discostano di più di 5dB(A), a patto di proporre in questi casi interventi di risanamento;**
- disporre di dati socio-demografici il più possibile aggiornati;
- utilizzare una ripartizione territoriale significativa rispetto a quella dei dati disponibili.

# Il Piano comunale di classificazione acustica (PCCA) – 5/5



## LEGENDA

..... Confine comunale

--- Perimetro del territorio urbanizzato

### Classificazione acustica

▨ Aree non classificate

■ CLASSE I - Aree particolarmente protette

■ CLASSE II - Aree prevalentemente residenziali

■ CLASSE III - Aree di tipo misto

■ CLASSE IV - Aree ad intensa attività umana

■ CLASSE V - Aree prevalentemente produttive

■ CLASSE VI - Aree esclusivamente industriali

■ Sedi stradali

■ Sede ferroviaria

■ Bacini e corsi d'acqua

### Classificazione acustica di progetto

▨ CLASSE I - Aree di progetto particolarmente protette

▨ CLASSE III - Aree di progetto di tipo misto

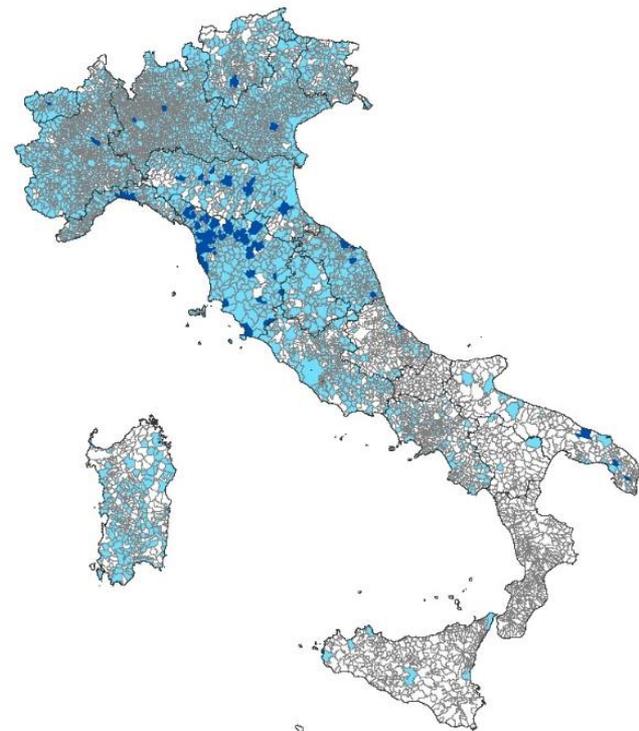
▨ CLASSE IV - Aree di progetto ad intensa attività umana

▨ CLASSE V - Aree di progetto prevalentemente produttive

# Il Piano di risanamento acustico (PDR) 1/4

- ✓ Il Piano di risanamento acustico comunale è previsto dalla normativa quale strumento fondamentale di gestione e risoluzione delle problematiche di inquinamento acustico sul territorio;
- ✓ rappresenta l'atto conseguente al Piano di classificazione acustica.
- ✓ deve essere coordinato con tutti gli altri strumenti previsti in materia di gestione del territorio comunale e deve recepire il contenuto dei Piani di contenimento e abbattimento del rumore delle infrastrutture di trasporto.

Al 31/12/2022 questo strumento di pianificazione OPERATIVA risulta scarsamente utilizzato sull'intero territorio nazionale: solo 66 comuni dei 5.017 dotati di classificazione acustica hanno approvato il Piano di risanamento acustico, confermando negli anni una percentuale di poco superiore all'1%.



# Il Piano di risanamento acustico (PDR) 2/4

Quando è necessario predisporre il PDR:

1. Nel caso di **superamento dei valori di attenzione** di cui all'articolo 2, comma 1, lettera g)\*, nonché nell'ipotesi di cui all'art. 4, c. 1, lett. a), ultimo periodo\*\* (ovvero: **divieto di contatto di classi acustiche non contigue**), i comuni provvedono all'adozione di piani di risanamento acustico, assicurando il coordinamento con il piano urbano del traffico di cui al decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 e successive modificazioni, e con i piani previsti dalla vigente legislazione in materia ambientale. I piani di risanamento sono approvati dal consiglio comunale. I piani comunali di risanamento recepiscono il contenuto dei piani di cui all'art. 3, comma 1, lettera i), e all'art. 10, comma 5. (ovvero: PIANI DI CONTENIMENTO).
2. I piani di risanamento acustico di cui al comma 1 devono contenere:
  - a) l'individuazione **della tipologia ed entità dei rumori presenti**, incluse le sorgenti mobili, nelle zone da risanare individuate ai sensi dell'articolo 6, comma 1, lettera a);
  - b) l'individuazione dei **soggetti a cui compete l'intervento**;
  - c) l'indicazione delle **priorità, delle modalità e dei tempi per il risanamento**;
  - d) la stima degli **oneri finanziari e dei mezzi necessari**;
  - e) le eventuali misure cautelari a carattere d'urgenza per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

\*valori di attenzione: il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente.

\*\*Qualora nell'individuazione delle aree nelle zone già urbanizzate non sia possibile rispettare tale vincolo a causa di preesistenti destinazioni di uso, si prevede l'adozione dei piani di risanamento di cui all'articolo 7.

# Il Piano di risanamento acustico (PDR) 3/4

Gli indici di riferimento mediante i quali viene elaborato il P.D.R., si basano su:

## ✓ Priorità degli Interventi (P)

definito ai sensi del D.M. Ambiente 29/11/2000, utilizzando la seguente formula:

$$P = \sum_i R_i \times L_i$$

dove:

- $R_i$  è il numero di persone che usufruisce dell'intervento: moltiplicato per un fattore 4 per i ricettori ospedalieri e per un fattore 3 per i ricettori scolastici;
- $L_i$  è l'indice parziale di entità del superamento rispetto ai valori di immissione, all'art. 7 del D.P.C.M. 14/11/1997, previsti nella configurazione ante-operam.

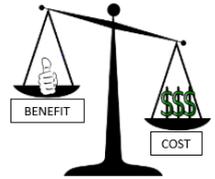
PRIORITIES

- 1.
- 2.
- 3.

## ✓ Costo/Beneficio (I)

definito ai sensi della DGR Regione Toscana, utilizzando la seguente formula:

$$I = \sum_i \frac{R_i \times [K_i \times (L_i + M_i) - K_i \times S_i]}{C}$$



dove:

- $R_i$  è il numero di persone che usufruisce dell'intervento: in questo caso tale dato non viene moltiplicato per alcun fattore;
- $K_i$  è l'indice parziale di classe di appartenenza secondo il P.C.C.A., ed assume un valore pari a 8 per edifici ospedalieri, 6 per edifici scolastici, e, per quanto riguarda gli edifici residenziali, assume un valore pari a 5 per Classe II, 4 per Classe III, 3 per Classe IV, 2 per Classe V e 1 per Classe VI;
- $L_i$  è l'indice parziale di entità del superamento rispetto ai valori di immissione di cui all'art. 7 del D.P.C.M. 14 novembre 1997 previsti nella configurazione ante-operam;
- $M_i$  è l'indice parziale di entità del superamento rispetto ai valori di sofferenza acustica;
- $S_i$  è l'indice parziale di entità del superamento rispetto ai valori di immissione di cui all'art. 7 del D.P.C.M. 14 novembre 1997 previsti nella configurazione post-operam;
- $C$  è il costo indicativo dell'intervento di risanamento acustico prescelto, con valori espressi in migliaia di euro (a differenza di quanto indicato nella citata DGR Toscana, che prevede di fare riferimento ai costi standardizzati riportati in allegato al DM 29/11/2000).

# Il Piano di risanamento acustico (PDR) 4/4

## CAMPO 1:

tipologia del ricettore sensibile (scolastica o ospedaliera)  
 codifica univoca per l'identificazione del ricettore sensibile  
 nome dell'istituto - foto dell'istituto  
 posizione della situazione critica in una classifica rispetto all'Indice di Priorità P;  
 indice di Priorità P  
 indice costo/beneficio I  
 riferimento all'area critica del Piano d'Azione  
 utenti (numero di alunni iscritti o numero di posti letto)  
 toponimo del ricettore sensibile

## CAMPO 2:

Livello acustico massimo simulato in facciata periodo di riferimento diurno/notturno  
 limite di immissione dal D.P.C.M. 14/11/1997 periodo di riferimento diurno/notturno  
 superamento ante-operam e post-operam periodo di riferimento diurno/notturno

## CAMPO 3:

tipologia di intervento di risanamento acustico previsti nel P.D.R.  
 codifica univoca per l'identificazione dell'intervento  
 identificazione della facciata esposta al rumore  
 tipologia e stato di manutenzione dell'infilso  
 ipotesi di intervento proposto  
 dimensionamento dell'intervento: superficie, costo al m2 e costo totale dell'opera

## CAMPO 4:

eventuali interventi di risanamento acustico complementari, o applicati su sorgenti critiche che possono avere un potenziale impatto sul ricettore sensibile

Tipologia	Ricettore Sensibile	Denominazione
Scolastica	SC02	Istit. di Datt. di via Margherita Savoia+L. n. 2 via Dant.
		
Posizione (rispetto a Indice di Priorità P)	1	
P (Indice di priorità)	53.079,6	
I (Indice costo/beneficio)	6.632,0	
AREA CRITICA (Piano d'Azione)	AC1	
Utenti	994	
Indirizzo	VIA CARDUCCI GIOSE'	
<b>Ricostruzione dei livelli acustici</b>		
L <sub>sec,max</sub> (R/A)	GIORNO	67,8
	NOTTURNO	-
<b>Valori limite di riferimento (D.P.C.M. 14/11/1997)</b>		
Classe Acustica	I	
L <sub>sec</sub> (R/A)	GIORNO	50
	NOTTURNO	40
<b>Superamento dei valori limite (situazione ANTE-OPERAM)</b>		
L <sub>sec</sub> (R/A)	GIORNO	17,8
	NOTTURNO	-
<b>Superamento dei valori limite (situazione POST-OPERAM)</b>		
L <sub>sec</sub> (R/A)	GIORNO	0,0
	NOTTURNO	-
<b>Interventi di risanamento acustico</b>		
Tipologia	Intervento sugli infissi (facciate ad azule e con affaccio sulla sorgente critica)	
Codice intervento	INF_01	
Identificazione delle facciate e esposte	Affaccio su Via Carducci	
Tipologia di infisso e sistema	Ferro - Alluminio	
Stato di manutenzione de l'infisso	Scorso	
Ipotesi intervento 1: sostituzione de l'infisso	x	
Ipotesi intervento 2: manutenzione de l'infisso		
Superficie vetrata da risanare (m <sup>2</sup> )	32,50	
Costo (€/m <sup>2</sup> )	570,00	
COSTO DELL'OPERA (€)	18.525,00	
<b>Interventi di risanamento acustico COMPLEMENTARI su sorgenti critiche</b>		
Codifica della sorgente critica	258	
Tipologia	Modifiche alla circolazione	
Codice intervento	CIR_02	
Descrizione	Istituzione Zona a Traffico Limitato in Via Carducci in orario 9-14	

# Regolamentazione e gestione delle attività rumorose 1/4

a) **il controllo del rispetto della normativa** all'atto del rilascio di **concessioni edilizie** (nuovi impianti/infrastrutture per attività produttive, sportive e ricreative, servizi commerciali), **nonché provvedimenti di licenza o autorizzazione all'esercizio di attività produttive**;



Acquisizione valutazioni previsionali di clima e/o impatto acustico

b) l'adozione di **regolamenti** per l'attuazione della disciplina statale e regionale per la tutela dall'inquinamento acustico



Comune di Rimini: Regolamento per la tutela dall'inquinamento acustico approvato con delibera CC 12/2005 e smi

c) ...  
d) i **controlli** (traffico veicolare e sorgenti fisse, attività all'aperto...)



e) **l'autorizzazione, anche in deroga**, per svolgimento di attività temporanee e manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico e per spettacoli a carattere temporaneo ovvero mobile, nel rispetto delle prescrizioni indicate dal comune stesso.



# Regolamentazione e gestione delle attività rumorose 2/4

## Regolamento per la tutela dall'inquinamento acustico

Rilascio delle autorizzazioni in deroga ai limiti fissati dalla classificazione acustica del territorio per lo svolgimento di

- attività temporanee e di manifestazioni in luogo pubblico
- o aperto al pubblico e
- per spettacoli a carattere temporaneo ovvero mobile qualora comportino l'impiego di sorgenti sonore o effettuino operazioni rumorose.



## Alcuni Comuni con il Regolamento disciplinano anche:

- Modalità di presentazione di documentazione di clima e impatto acustico
- Piani di risanamento delle imprese
- Requisiti acustici degli edifici
- Modalità di contenimento delle emissioni da traffico veicolare



# Regolamentazione e gestione delle attività rumorose 3/4

## Regolamento per la tutela dall'inquinamento acustico

Nell'ambito della gestione delle deroghe, la regolamentazione specifica riguarda:

- Orari di svolgimento delle attività, consentiti e richiedibili in deroga
- Limiti di emissione e di immissione, consentiti e richiedibili in deroga
- Tempistiche e modulistica per la richieste di deroga
- Modalità e soggetti demandati al controllo
- Sanzioni

# Regolamentazione e gestione delle attività rumorose 4/4

**esempio di attività all'aperto quale per es. Piano bar, concertino ecc.**

Comune	Orari di svolgimento delle attività, consentiti e richiedibili in deroga	Limiti di emissione e di immissione, consentiti e richiedibili in deroga	Tempistiche e modulistica per la richieste di deroga	Modalità e soggetti demandati al controllo	Sanzioni
Rimini	Entro le ore 24	Limite in facciata LAeq 70 Limite in facciata LASmax 108	45 giorni (tacito assenso se dopo 30 giorni non sono richieste integrazioni)	Leq, almeno 10 min di misura  Polizia Municipale - ARPA	Assenza autorizzazione: da € 516 a € 5.164, e cessazione attività Non rispetto dei limiti: da € 258,00 a Euro 10.329,00
Firenze	Deroga semplificata: entro le ore 24.	Deroga semplificata: limite di 70 dB (A) in orario diurno e 60 dB(A) in orario notturno, in facciata agli edifici dei ricettori più esposti.	15 giorni (deroga semplificata) 45 giorni (deroga non semplificata)	Leq, almeno 30 min di misura Direzione Ambiente e Polizia Municipale (eventi) - ARPA (attività artigianali, industriali e infrastrutture)	150€/giorno e sospensione dell'attività

# Regolamentazione e gestione delle attività rumorose 4/4

esempio di attività all'aperto quale per es. Piano bar, concertino ecc.

Comune	Orari di svolgimento delle attività, consentiti e richiedibili in deroga	Limiti di emissione e di immissione, consentiti e richiedibili in deroga	Tempistiche e modulistica per la richieste di deroga	Modalità e soggetti demandati al controllo	Sanzioni
Venezia	70 dB(A) fino alle ore 23.00 e di 65 dB(A) dalle ore 23.00 alle ore 24.00.		30 giorni	LAeq riferito a 30 minuti, misurato secondo la metodologia del D.M. 16/03/1998. Ufficiali e gli agenti di polizia giudiziaria	Assenza di autorizzazione: da Euro 258,00 a Euro 10.329,00 Superamento dei limiti concessi in deroga: da Euro 516,00 a Euro 5.160,00
Perugia	In facciata all'edificio più esposto - non oltre 85 dB(A) di LAeq per le attività all'aperto, con una durata massima di 3 giorni e di 4 ore nell'arco della stessa giornata; - Non oltre 70 dB(A) di LAeq per i concerti al chiuso e le attività all'aperto con durata massima prevista in 15 giorni e di 4 ore nell'arco della stessa giornata.		60 giorni	Modalità di misura: non definita  Comune e ARPA	Le violazioni al regolamento sono punite con la sanzione amministrativa da 258,00 € a 10.329,00 €

# Inquadramento normativo comunitario 1/15

## Direttiva 2002/49/CE – Determinazione e gestione del rumore ambientale

La direttiva fornisce indicazioni in merito a come i Paesi membri della Comunità europea devono determinare e gestire il rumore in ambiente esterno.

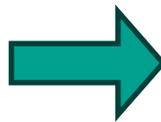
A seguito della direttiva, **recepita a livello nazionale dal D.Lgs. 194/2005**,

per i seguenti ambiti:

- **Agglomerati**
- **Infrastrutture principali** (aeroporti, assi stradali, assi ferroviari)

devono essere predisposti:

- **mappa acustica, mappa acustica strategica**
- **piani d'azione**



**Aggiornati ogni cinque anni**

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 2/15

**Agglomerato:** area urbana con più di 100.000 abitanti.

Infrastrutture **stradali** principali: infrastruttura su cui transitano più di 3 milioni di veicoli all'anno.

**Aeroporto** principale: civile o militare aperto al traffico civile in cui si svolgono più di 50.000 movimenti all'anno.

Asse **ferroviario** principale: infrastruttura ferroviaria su cui transitano ogni anno più di 30.000 treni

Mappatura acustica: rappresentazione di dati relativi ad una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico (Lden – Lday – Levening – Lnight) che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di un descrittore acustico di una certa zona.

Mapa acustica strategica: mappa finalizzata alla determinazione dell'esposizione **globale** al rumore in una certa zona a causa di varie sorgenti di rumore ovvero alla definizione di previsioni generali per tale zona.

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 3/15

Con l'obiettivo specifico di armonizzare la normativa italiana e la direttiva europea 2002/49/CE documenti di interesse sono le Linee Guida elaborate dalla Regione Emilia Romagna.

Deliberazione della Giunta Regionale 17 settembre 2012, n. 1369 D.Lgs. 194/2005 "Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale" - Approvazione delle "Linee guida per l'elaborazione delle mappature acustiche e delle mappe acustiche strategiche relative alle strade provinciali ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna"

Deliberazione della Giunta Regionale 23 settembre 2013, n.1339 D.Lgs. 194/2005 "Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale" - Approvazione delle "Linee guida per l'elaborazione dei piani d'azione relativi alle strade ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna"

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 4/15

## Come si costruisce la mappatura acustica

- acquisire i **grafi georeferenziati** delle infrastrutture viarie e delle linee di trasporto pubblico e relativi dati di traffico
- acquisire la **cartografia di base ed associare agli edifici i punti di calcolo**
- **elaborare i dati di traffico**, suddividendoli nei periodi di riferimento (6.00-20.00 / 20.00-22.00 / 22.00-6.00)
- **costruire il modello di simulazione acustica**
- effettuare **rilievi fonometrici e dei flussi di traffico per la taratura del modello di emissione/propagazione;**
- redigere **mappe di rumore**
- **valutazione degli esposti**
- redigere **mappe di conflitto**

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 5/15

## Mappatura acustica (overall) Comune di Rimini Anno 2022

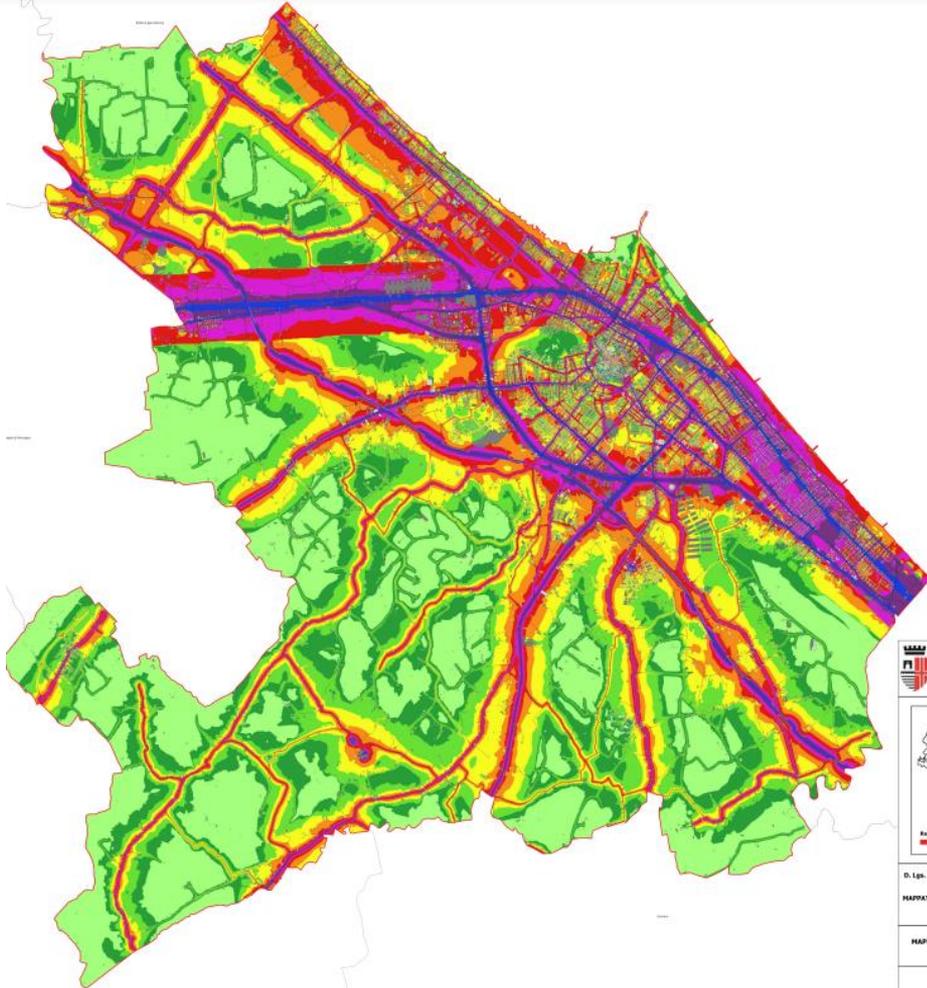
**LEGENDA:**

- STRADE
- STRADE PRINCIPALI
- FERROVIA
- AREE INDUSTRIALI
- BARRIERE ANTIRUMORE
- EDIFICI RESIDENZIALI
- EDIFICI OSPEDALIERI
- EDIFICI SCOLASTICI
- EDIFICI ALTRO
- CONFINE COMUNALE

**Lden [dBA]**

- < 40
- 40 - 44
- 45 - 49
- 50 - 54
- 55 - 59
- 60 - 64
- 65 - 69
- 70 - 74
- >= 75

Altezza della griglia sul p.c.: 4 m  
Griglia di calcolo: 10 m x 10 m



Comune di Rimini | Vie en.ro.se. Ingegniero

Regione EMILIA ROMAGNA  
Comune di Rimini

D. Lgs. 15/08/2005, n. 134 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"  
MAPPATURA ACUSTICA STRATEGICA IN CICLO DI AGGIORNAMENTO (2022)  
AGGIORNAMENTO DI RIMINI (AG. 11\_08\_00010)  
(Aggiornamento con più di 100.000 abitanti)

MAPPATURA ACUSTICA DEL CONTRIBUTO DI TUTTE LE SORGENTI  
(aggiornata a 4 sources) - Lden

TAVOLA N°7 | FEBBRAIO 2022 | SCALA: 1:20.000

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 6/15

## Come si costruisce il Piano d'Azione

Ripartendo dai risultati della mappatura acustica (mappe di rumore, mappe di conflitto, ...):

- **Definizione delle aree critiche**
- **Definizione degli interventi da attuare e relative priorità**
- **Definizione del piano di interventi**
- **Inserimento degli interventi nel modello acustico**
- Simulazione della **mappatura post-operam**



# Mappature acustiche e Piani d'Azione 7/15

## Esempio comune di Rimini Individuazione aree critiche

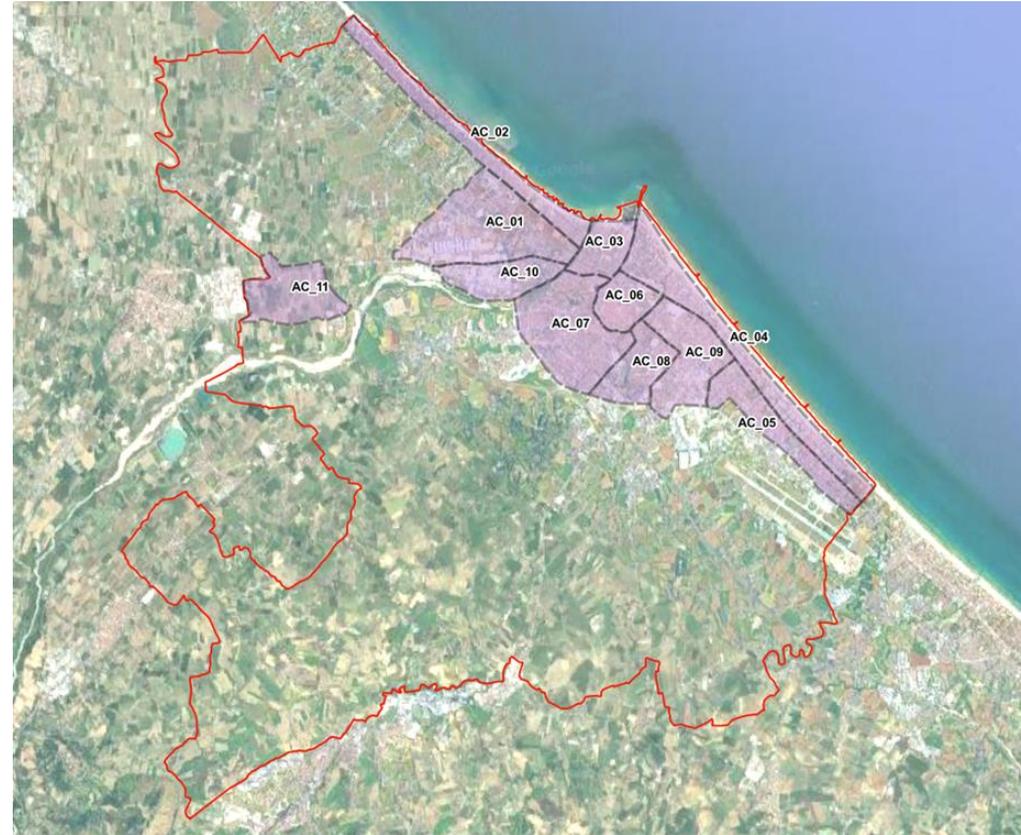
Combinazione dei seguenti aspetti:

- superamento dei limiti previsti dalla vigente normativa
- individuazione delle aree ad elevata densità di popolazione residente, o attribuibile ad edifici di tipologia sensibile
- criteri di omogeneità territoriale

11 aree critiche definite con poco meno di 17.000 edifici, ai quali sono attribuite un totale di 133.944 persone.

Nello specifico sono presenti:

- 16.798 edifici di tipologia residenziale
- 32 edifici sensibili di tipologia sanitaria
- 111 edifici sensibili di tipologia scolastica
- 111.554 persone residenti in edifici residenziali
- 1.712 posti letto relativi agli edifici sensibili di tipologia sanitaria
- 20.678 alunni iscritti agli edifici sensibili di tipologia scolastica.



PIANO D'AZIONE (IV ciclo di aggiornamento 2024) - AGGLOMERATO DI RIMINI (AG\_IT\_00\_00035)

Allegato 1: AREE CRITICHE

**Dati generali**

Posizione dell'area critica nella classifica delle priorità	4 su 11
Codifica dell'area critica	AC_03
Sorgenti presenti	agglomerationRoad, agglomerationMajorRailway

**Inquadramento territoriale**

**Quantificazione degli esposti presenti nell'area critica**

	Residenziali	Sanitari	Scolastici
Numero di edifici presenti	1.191	2	9
Numero di persone presenti	7.200	0	1.768

**Statistiche nell'area critica**

	Ante Operam	Post Operam	Differenza
ECU <sub>den</sub> dovuto a tutte le sorgenti	79,3	78,2	-1,1
ECU <sub>den</sub> dovuto alle sorgenti stradali	80,1	78,7	-1,3
Massimo superamento rispetto ai livelli limite L <sub>den</sub> (0.00 - 24.00)	27,6	25,7	-1,9
Massimo superamento rispetto ai livelli limite L <sub>night</sub> (22.00 - 6.00)	13,5	12,9	-0,6
Popolazione esposta a valori acustici superiori al limite - L <sub>den</sub> (0.00 - 24.00)	2.324	2.177	-147,0
Popolazione esposta a valori acustici superiori al limite - L <sub>night</sub> (22.00 - 6.00)	2.562	2.415	-147,0

**Interventi**

ID intervento	Descrizione	Costo (€)	Note
r_26-1	Asse mediano - Completamento rotatorie provvisorie: via Spluga-XXIII settembre-Carlo Zavagli	200.000	-
c_21	Completamento Bicipolitana; riqualificazione del tratto da via Tiberio a via Marecchiese	1.400.000	Costo degli interventi da c_20 a c_26
a_07	Via Treves - Asfalto Tradizionale	10.173	-
a_08	Via Vendemini - Asfalto Tradizionale	14.837	-
a_43	Lavori di risanamento conservativo e funzionale della viabilità del Comune di Rimini - Viale Matteotti - Asfalto Tradizionale	235.000	-

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 9/15

## Valutazione della criticità acustica mediante indicatore Exposure Comparison Unit, $ECU_{den}$

$$ECU_{den} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i + L_c}{10}}$$

dove:

$N$  è il numero di abitanti attribuiti ad un certo edificio  
 $L_i$  è il valore del livello  $L_{den}$  della facciata più esposta dell'edificio (vengono considerati unicamente i valori  $L_{den}$  superiori a 55 dB(A)).

$L_c$  è un fattore di correzione per gli edifici pari a: 0 dB(A) per gli edifici residenziali; +5 dB(A) per gli edifici a destinazione d'uso scolastica; +10 dB(A) per gli edifici a destinazione d'uso sanitario/ospedaliera.

Tabella 15 – Indicatore di criticità  $ECU_{den}$  per area critica

ID AREA CRITICA	<u><math>ECU_{den\_road}</math></u>	<u><math>ECU_{den\_all}</math></u>
1	74,4	77,1
2	75,9	74,5
3	80,1	79,3
4	80,2	80,2
5	77,4	79,0
6	80,5	80,4
7	75,8	75,7
8	76,8	76,8
9	80,7	80,4
10	77,9	77,4
11	77,9	78,3

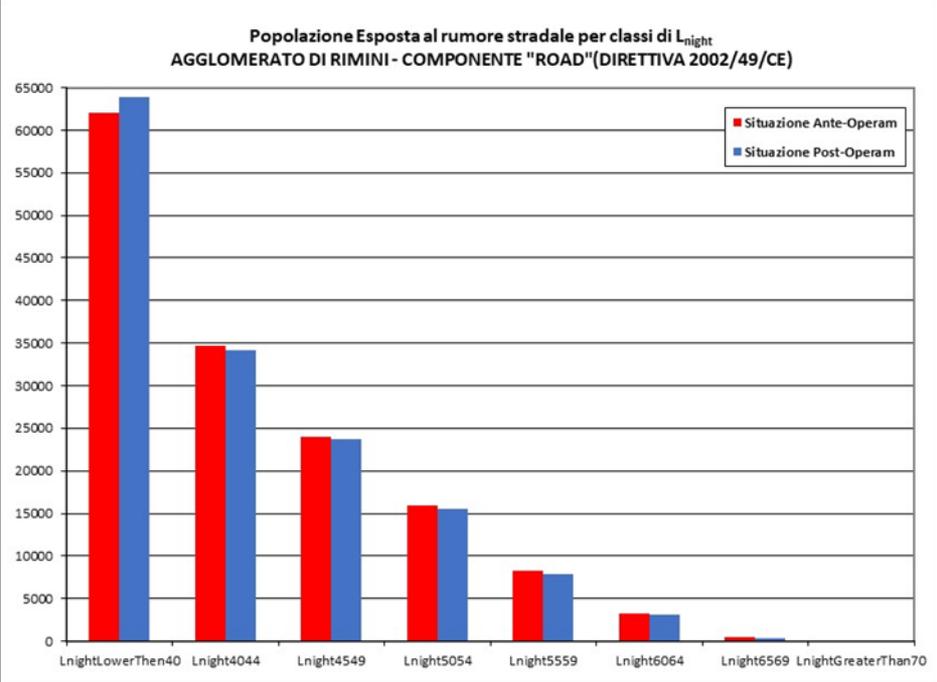
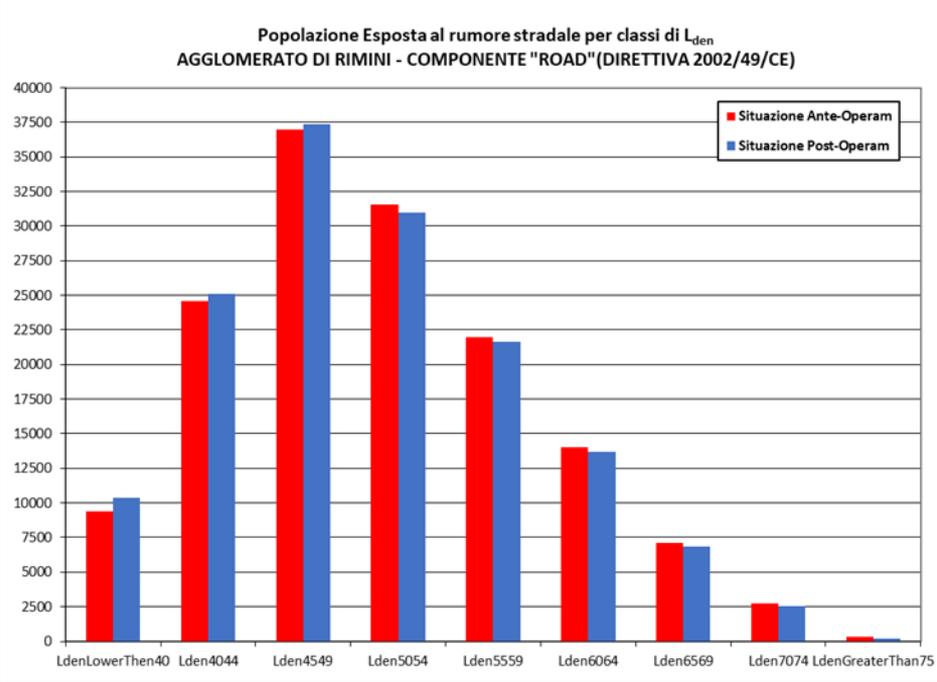
# Mappature acustiche e Piani d'Azione 10/15

## Definizione interventi - esempio

ID INTERVENTO	Descrizione	ID_AC
st_01	Allargamento del tratto terminale di Via Lotti in corrispondenza del campo sportivo di Viserbella	AC_02
st_02	Allargamento via Proteo	AC_02
st_03	MESSA IN SICUREZZA DI SEDE STRADALE TRAVERSA DI VIA MARECCHIESE (EX TIRO A VOLO)	OUT
st_04	Attuazione Parco del Mare: Lungomare Sud (tratti 6-7) – Interventi di riqualificazione e rigenerazione urbana	AC_04
st_05	Ponte che unisce via Tosca con rotonda valentini (fine 2023)	AC_07
st_07	Messa in sicurezza scarico e alleggerimento del traffico urbano su SS16 area Rimini Nord con collegamenti interni alternativi alla stessa SS16. (ampliamento sede stradale viale Mazzini, Caprara, Serpieri e Domeniconi per renderle percorribili nei due sensi).	AC_02
st_08	Progetto per la riqualificazione urbana ed ambientale e il recupero delle vocazioni identitarie dei luoghi dell'area turistica di Rimini Nord – Bando delle Periferie: nuovi lungomari nord con limite di velocità a 30 km/h e definizione di area ZTL (non si tratta di totale pedonalizzazione, ma comunque di una significativa riduzione dei flussi e delle velocità)	AC_02
st_09	Progetto per la riqualificazione urbana ed ambientale e il recupero delle vocazioni identitarie dei luoghi dell'area turistica di Rimini Nord – Bando delle Periferie: asse viario a monte (ampliamento sede stradale che corre lato ferrovia per renderla percorribile nei due sensi e realizzazione di nuovo sottopasso di collegamento con la rete stradale esistente).	AC_02
st_10	Progetto per la riqualificazione urbana ed ambientale e il recupero delle vocazioni identitarie dei luoghi dell'area turistica di Rimini Nord – Bando delle Periferie: parcheggi a monte (parcheggio area mercatale e via Foglino).	AC_02

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 11/15

## Simulazioni post-operam



# Mappature acustiche e Piani d'Azione 12/15

## Piano di Azione vs Piano di Risanamento Acustico

**Piano di Azione:** piano destinato a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione. Il Piano di Azione considera molti ambiti già trattati dal PDR >>> necessità di armonizzazione del contenuto dei Piani di Azione con quelli del PDR.

Il **Piano di Azione** dovrebbe identificare le aree in cui sono presenti valori di rumore elevati ("Aree Critiche") e le aree che dovrebbero essere preservate ("Zone Silenziose")

Per quanto riguarda le "**Aree Critiche**", l'individuazione di tali aree può essere realizzata con riferimento ai limiti normativi stabiliti dalla normativa italiana.

Per quanto riguarda le "**Aree Silenziose**", il Decreto MITE n.16 del 24/03/2022, specifica i criteri obbligatori che devono essere rispettati per l'individuazione delle zone silenziose di un agglomerato:

- ✓ Criterio obbligatorio 1 - il valore di  $L_{den}$  non deve essere superiore al valore limite di 55 dB(A).
- ✓ Criterio obbligatorio 2 - con riferimento alla classificazione acustica vigente del territorio comunale, le porzioni di territorio devono essere classificate in classi non superiori alla III.
- ✓ Criterio obbligatorio 3 - estensione territoriale di almeno 3.000 m<sup>2</sup>.
- ✓ Criterio obbligatorio 4 - le destinazioni d'uso dei piani urbanistici dei comuni costituenti l'agglomerato devono essere coerenti con l'effettiva e legittima fruizione pubblica del territorio.

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 13/15

## Piano di Azione vs Piano di Risanamento Acustico

### ANALOGIE:

- Necessità di effettuare una mappatura
- Necessità di individuare le criticità acustiche

### DIFFERENZE:

- Descrittori ( $L_{Aeq}$  per il PDR,  $L_{den}$ , e  $L_{night}$  per il D.Lgs. 194/2005)
- Modalità di calcolo (a tutti i piani di tutti gli edifici per il pdr, in facciata a 4 metri per il D.Lgs. 194/2005)
- Valori limite (li definisce solo la normativa italiana li definisce all'interno dei decreti attuativi, es. D.P.R. 142/2004 per le infrastrutture stradali – il D.Lgs. 194/2005 richiede di definire la popolazione esposta a intervalli di livelli in riferimento a parametri europei di  $L_{den}$ )
- Informazione e consultazione pubblico (obbligatoria per il D.Lgs. 194/2005, assente per l'approvazione del PRD)
- Regime sanzionatorio

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 14/15

## Mancata o inesatta consegna della documentazione nei termini stabiliti – Conseguenze

1. Le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture che non adempiono agli obblighi di **redazione delle Mappature acustiche e dei Piani d'Azione** sono soggetti alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma **da euro 30.000 a euro 180.000 per ogni mese di ritardo**.
2. Le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture che non adempiono all'obbligo di cui agli articoli 3, comma 5, e 4, comma 5 (**requisiti minimi**), sono soggetti alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma **da euro 2.000 a euro 12.000**.
3. Le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture che non adempiono agli obblighi di cui all'articolo 7, comma 2-bis, (**comunicazione al Ministero ogni 5 anni**) sono soggetti alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma **da euro 5.000 a euro 30.000**.

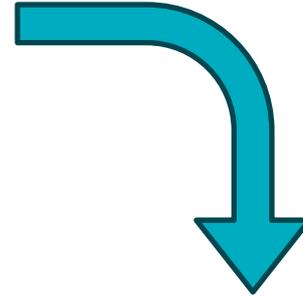


**All'irrogazione delle sanzioni amministrative pecuniarie provvede la regione**, ad eccezione delle ipotesi relative ad infrastrutture principali che interessano più regioni nonché di quelle previste al comma 3 per le quali provvede il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

# Mappature acustiche e Piani d'Azione 15/15

## Mancata o inesatta consegna della documentazione nei termini stabiliti – Conseguenze

- Responsabilità internazionale esclusiva dello Stato italiano per la violazione del diritto europeo imputabile alle Regioni e agli altri enti locali
- Attivazione delle procedure di infrazione ai sensi degli artt. 258 ss TFUE (Treaty on the Functioning of the European Union)

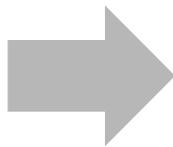


Gli strumenti del Governo centrale nelle ipotesi di violazioni del diritto europeo determinate da attività positive e omissive delle Regioni e degli altri enti locali

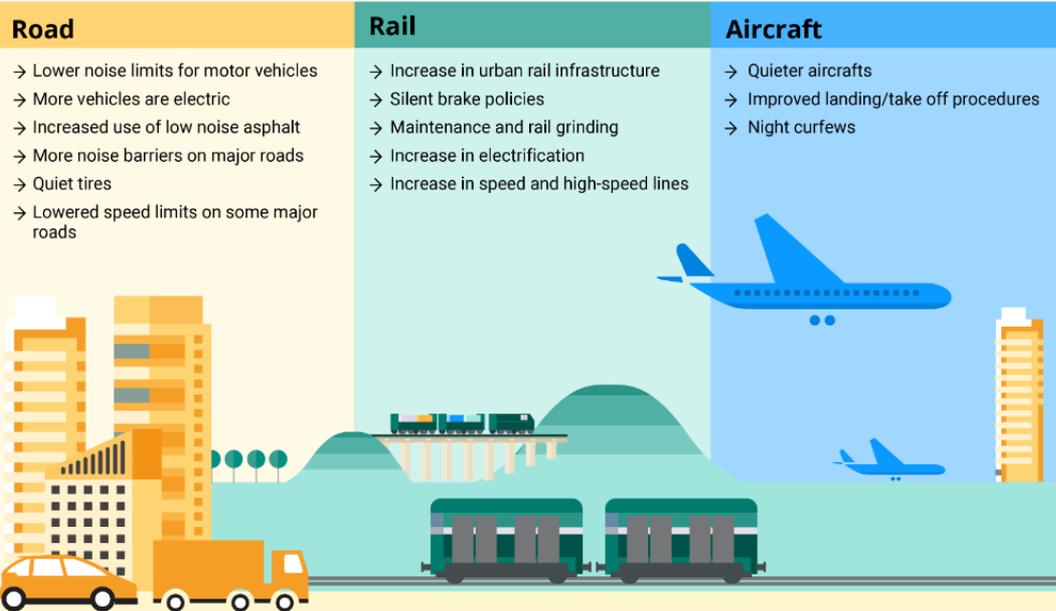
1. Potere sostitutivo > Costituzione italiana (artt. 117 e 120) - Legge 131/2003 (art. 8) - Legge 234/2012 (artt. 37 e 41)
2. Diritto di rivalsa - Legge 234/2012 (art. 43) Direzione Generale Valutazioni Ambientali 13 M

# Cosa si può fare?

Politiche pubbliche



Azioni individuali



- Road**
- Lower noise limits for motor vehicles
  - More vehicles are electric
  - Increased use of low noise asphalt
  - More noise barriers on major roads
  - Quiet tires
  - Lowered speed limits on some major roads

- Rail**
- Increase in urban rail infrastructure
  - Silent brake policies
  - Maintenance and rail grinding
  - Increase in electrification
  - Increase in speed and high-speed lines

- Aircraft**
- Quieter aircrafts
  - Improved landing/take off procedures
  - Night curfews

Scegli modalità di trasporto attive	Prenditi pause dal rumore	Crea consapevolezza
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cammina</li> <li>➤ Vai in bicicletta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cerca zone blu o verdi in città</li> <li>➤ Vai in campagna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ In casa</li> <li>➤ Nell'ambiente di lavoro</li> </ul>

# Bibliografia

<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-023-00983-y> Association between exposure to multiple air pollutants, transportation noise and cause-specific mortality in adults in Switzerland

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32442789/> - Long-term residential road traffic noise and mortality in a Danish cohort

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722001474> Long-term exposure to road traffic noise and all-cause and cause-specific mortality: a Danish Nurse Cohort study

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37061017/> Long-term exposure to residential transportation noise and mortality: A nationwide cohort study

