

Workshop “Gli strumenti operativi per la governance ambientale per i Comuni: Smartness in Waste Management come Decision Support System

Fare i conti con l'ambiente - Ravenna 2014

21 maggio 2014



La validazione del sistema di calcolo delle emissioni dirette ed indirette della gestione dei rifiuti

Sabina Di Franco
IIA - CNR



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto sull'Inquinamento Atmosferico



Le sorgenti e gli effetti

Tra le maggiori sorgenti dell'inquinamento atmosferico urbano:

- Processi di combustione: autoveicoli, impianti di riscaldamento, impianti industriali, inceneritori, ecc.
- Processi industriali
- Trasporti: usura e dispersione di materiali dal manto stradale, pneumatici, parti metalliche, materiali trasportati

Gli effetti sull'uomo dell'inquinamento possono essere divisi in:

- Acuti (breve termine): disagio per odori sgradevoli, effetti irritanti per occhi e mucosa delle vie respiratorie (naso e gola), aumento dei casi di bronchite ed asma, ricoveri ospedalieri e aumento della mortalità in soggetti portatori di malattie croniche
- Cronici (medio e lungo termine): difficili da valutare in quanto gli effetti si hanno dopo molti anni a causa delle basse dosi assunte nel tempo (ipotesi: tumore del polmone, broncopneumopatie croniche)



Principali inquinanti urbani e loro effetti

- ✓ Biossido di zolfo (SO_2): irritante, acidificazione ambiente
- ✓ Biossido di azoto (NO_2): irritante, effetti sugli asmatici
- ✓ Ozono O_3 : irritante, riduzione funzione polmonare, tosse, asma
- ✓ Benzene: agente cancerogeno
- ✓ Benzopirene (componente degli idrocarburi policiclici aromatici - IPA): probabili effetti cancerogeni.
- ✓ Piombo: effetti sul sistema nervoso centrale, funzionalità renale, sistema immunitario
- ✓ Gas serra - biossido di carbonio (CO_2), vapore acqueo (H_2O), il ossido di diazoto (N_2O) e il metano (CH_4): cambiamenti climatici

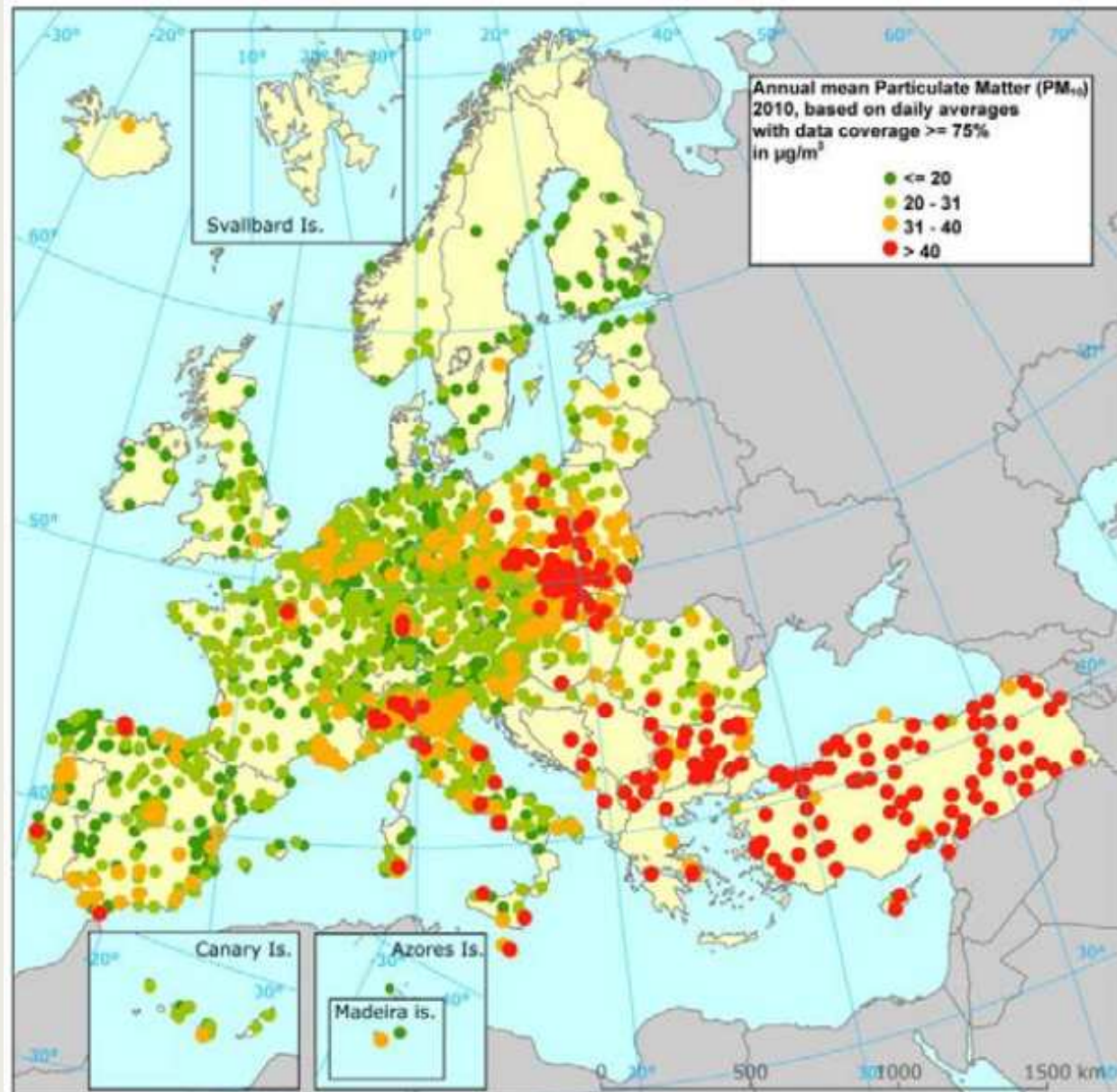


Normativa - Tabella valori limite

Sostanza	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Modalità di calcolo	Margine di tolleranza	Legislazione
Biossido di zolfo SO_2	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350	1 ora	Nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 ore	Nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
	Valore limite protezione ecosistemi	20	Anno civile e inverno (1 ottobre – 31 marzo)		D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
	Soglia di allarme	500	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
Biossido di azoto NO_2	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200 (+10)	1 ora	10	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
	Valore limite protezione salute umana	40 (+5)	Anno civile	2	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
	Soglia di allarme	400	8 ore	nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
Ossidi di azoto NO_x	Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
Monossido di carbonio CO	Valore limite protezione salute umana	10 mg	8 ore	nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10

Sostanza		Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Modalità di calcolo	Margine di tolleranza	Legislazione
Particolato fine PM10	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24 ore	nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
PM2,5	Valore limite protezione salute umana	25	Anno civile	20% l'11 giugno 2008, riduzione il 1° gennaio successivo e poi ogni 12 mesi secondo % annua costante fino allo 0 % entro 1/1/2015	D.Lgs 155/10
Benzene C_6H_6	Valore limite protezione salute umana	5 (+1)	Anno civile	nessuno	D.M. n. 60 del 2/04/02 D.Lgs 155/10
Ozono O_3	Valore bersaglio protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	120	8 ore su tre anni 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su tre anni	nessuno	D. Lgs n. 183 del
	Valore bersaglio protezione vegetazione	18.000	AOT40 (maggio-luglio) su 5 anni	nessuno	D. Lgs n. 183 del
	Soglia di informazione	180	1 ora	nessuno	D. Lgs n. 183 del
	Soglia di allarme	240	1 ora	nessuno	D. Lgs n. 183 del
Piombo	Valore limite protezione salute umana	0,5	Anno civile	nessuno	D. Lgs. 152/2007 D.Lgs 155/10
Arsenico	Valore obiettivo	6 ng/m^3	Anno civile	nessuno	D. Lgs. 152/2007 D.Lgs 155/10
Cadmio	Valore obiettivo	5 ng/m^3	Anno civile	nessuno	D. Lgs. 152/2007 D.Lgs 155/10
Nichel	Valore obiettivo	20 ng/m^3	Anno civile	nessuno	D. Lgs. 152/2007 D.Lgs 155/10
Benzo-(a)pirene	Valore obiettivo	1 ng/m^3	Anno civile	nessuno	D. Lgs. 152/2007 D.Lgs 155/10

Qualità dell'aria – PM10



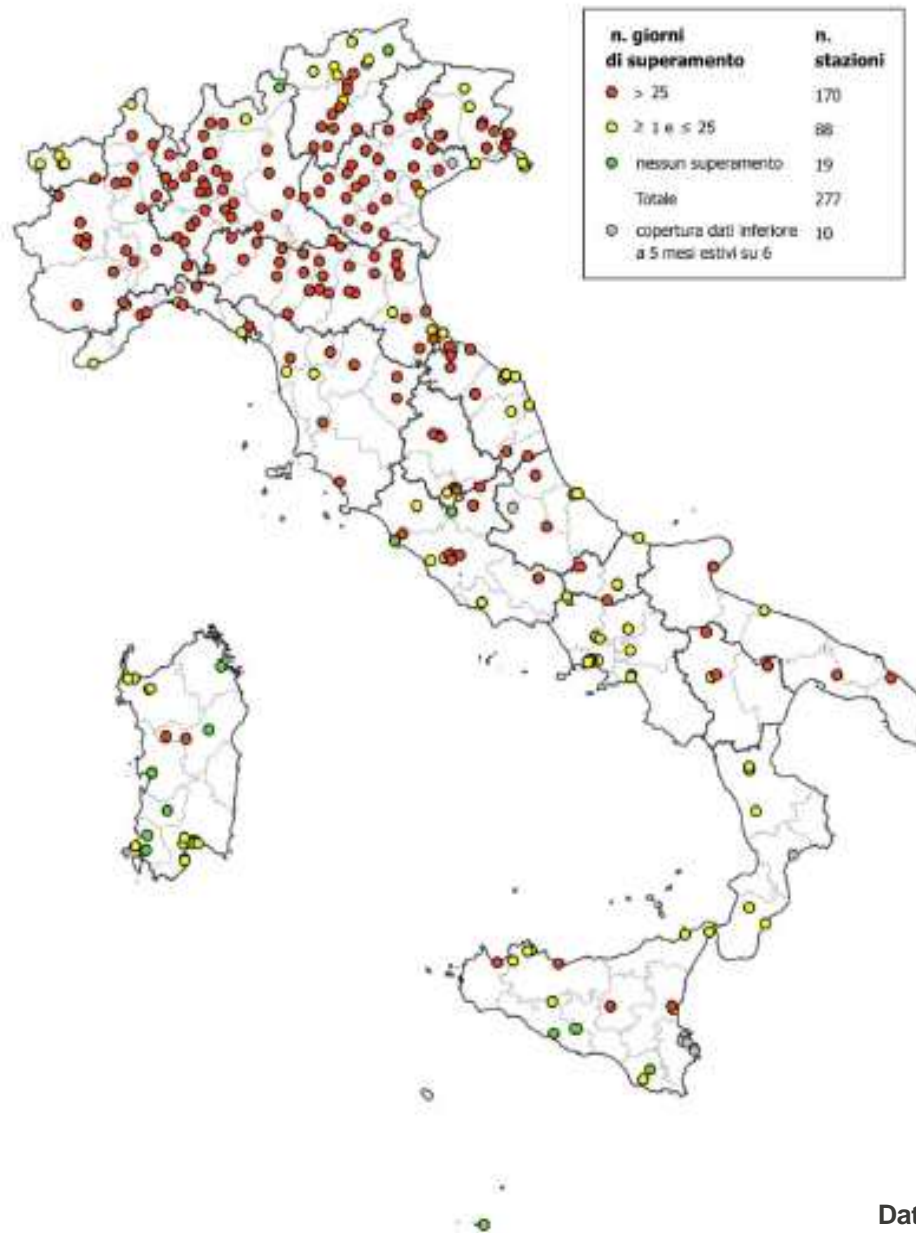
Source: ETC/ACM-AirBase

february 2012

PM10, Europa: il 33% delle stazioni di monitoraggio inquinamento da traffico supera il valore limite giornaliero

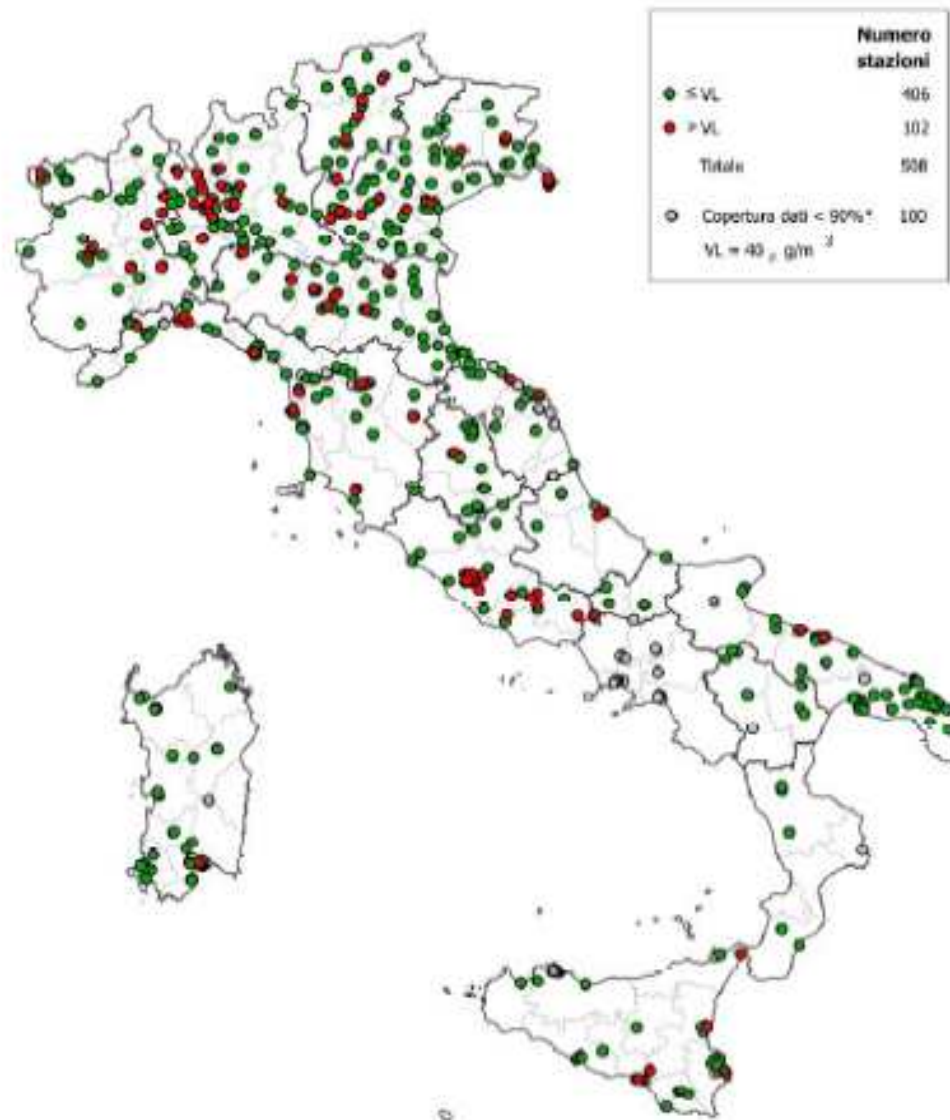
Dati annuario ISPRA 2012

Qualità dell'aria - Ozono (O₃)



Italia, Ozono, periodo estivo 2012: nel 93% delle stazioni di monitoraggio sono stati registrati superamenti dell'obiettivo a lungo termine. La situazione più critica è nel Nord Italia.

Qualità dell'aria - Biossido di azoto (NO₂)



Italia, Biossido di azoto, 2011: il 20% delle stazioni supera il valore limite annuale.

Emissioni annuali per settore

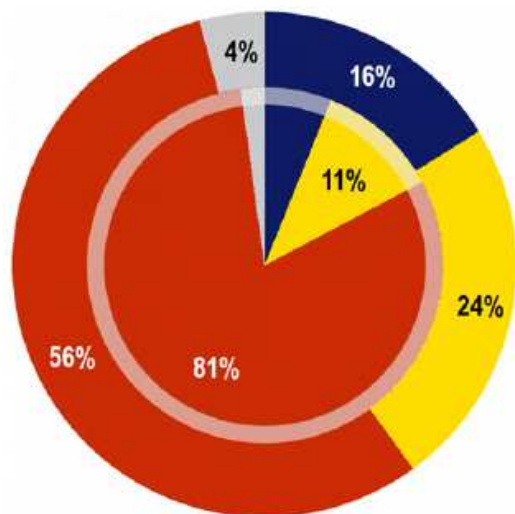
Percentuali relative alle emissioni prodotte annualmente, espresse in kilotonnellate (Unità di peso o di capacità pari a 1.000 tonnellate).

	Ossidi di Azoto (Nox)	Composti organici volatili non metanici (COVNM)	Particolato < 10 µm (PM 10)	Particolato Fine < 2,5 µm (PM 2,5)	Biossido di Zolfo (SO2)
Traffico stradale	53,5 (55%)	14,9 (16%)	4,6 (25%)	3,9 (30%)	0,1 (<1%)
Piattaforme aeroportuali	6 (6%)	0,6 (1%)	0,3 (1%)	0,2 (1%)	0,4 (2%)
Traffico ferroviario e fluviale	1,2 (1%)	0,2 (<1%)	0,6 (3%)	0,3 (2%)	0,1 (<1%)
Residenziale e terziario	19,5 (20%)	27,4 (30%)	5,4 (29%)	5,2 (39%)	6,1 (36%)
Industria manifatturiera	4,1 (4%)	20 (22%)	1,1 (6%)	0,5 (4%)	1,1 (6%)
Cantieri e scavi	2,7 (3%)	9,1 (10%)	3,8 (20%)	1,9 (15%)	0,1 (1%)
Estrazione trasformazione e distribuzione dell' energia	5,7 (6%)	3,9 (4%)	0,2 (1%)	0,1 (1%)	8,5 (50%)
Trattamento dei rifiuti	2,1 (2%)	0,3 (<1%)	0,3 (1%)	0,3 (2%)	0,6 (4%)
Agricoltura	2,9 (3%)	0,6 (1%)	2,6 (14%)	0,7 (6%)	0,1 (1%)
Emissioni naturali	<0,1 (<1%)	14,5 (16%)	<0,1 (<1%)	<0,1 (<1%)	<0,1 (<1%)
Totale Settori	97,9 (100%)	91,4 (100%)	18,8 (100%)	13,1 (100%)	17,2 (100%)

fonte : tabella redatta da Airparif per l'anno 2010

Percezione qualità dell'aria in Italia ed Europa

Q2. Secondo Lei, nel corso degli ultimi 10 anni la qualità dell'aria nel (NOSTRO PAESE)...?

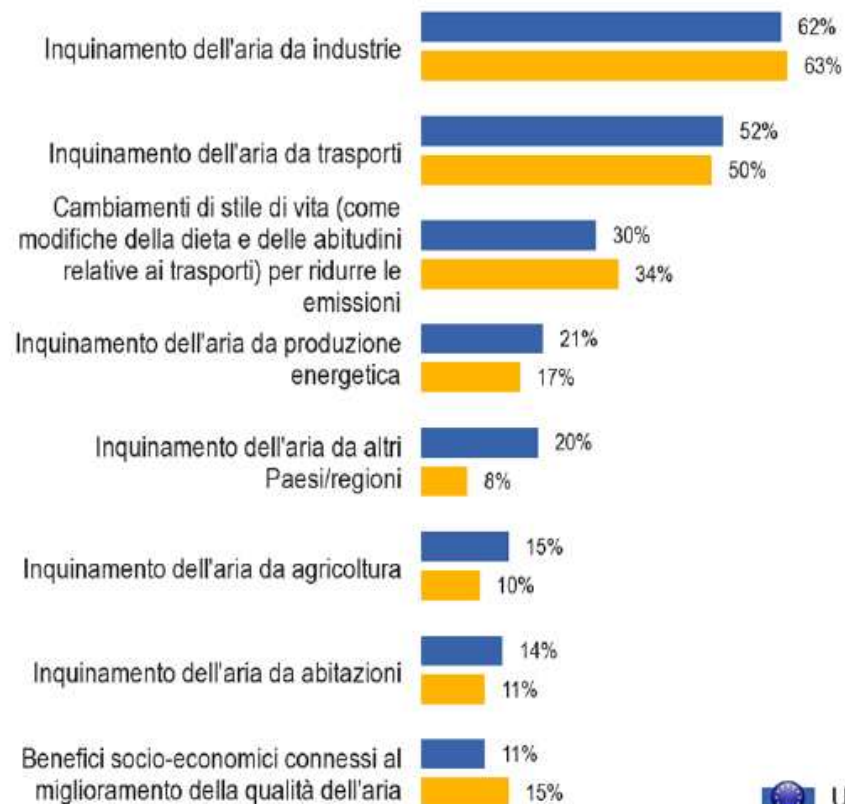


- È migliorata
- È rimasta uguale
- È deteriorata
- Non sa

UE27 Grafico esterno

IT Grafico interno

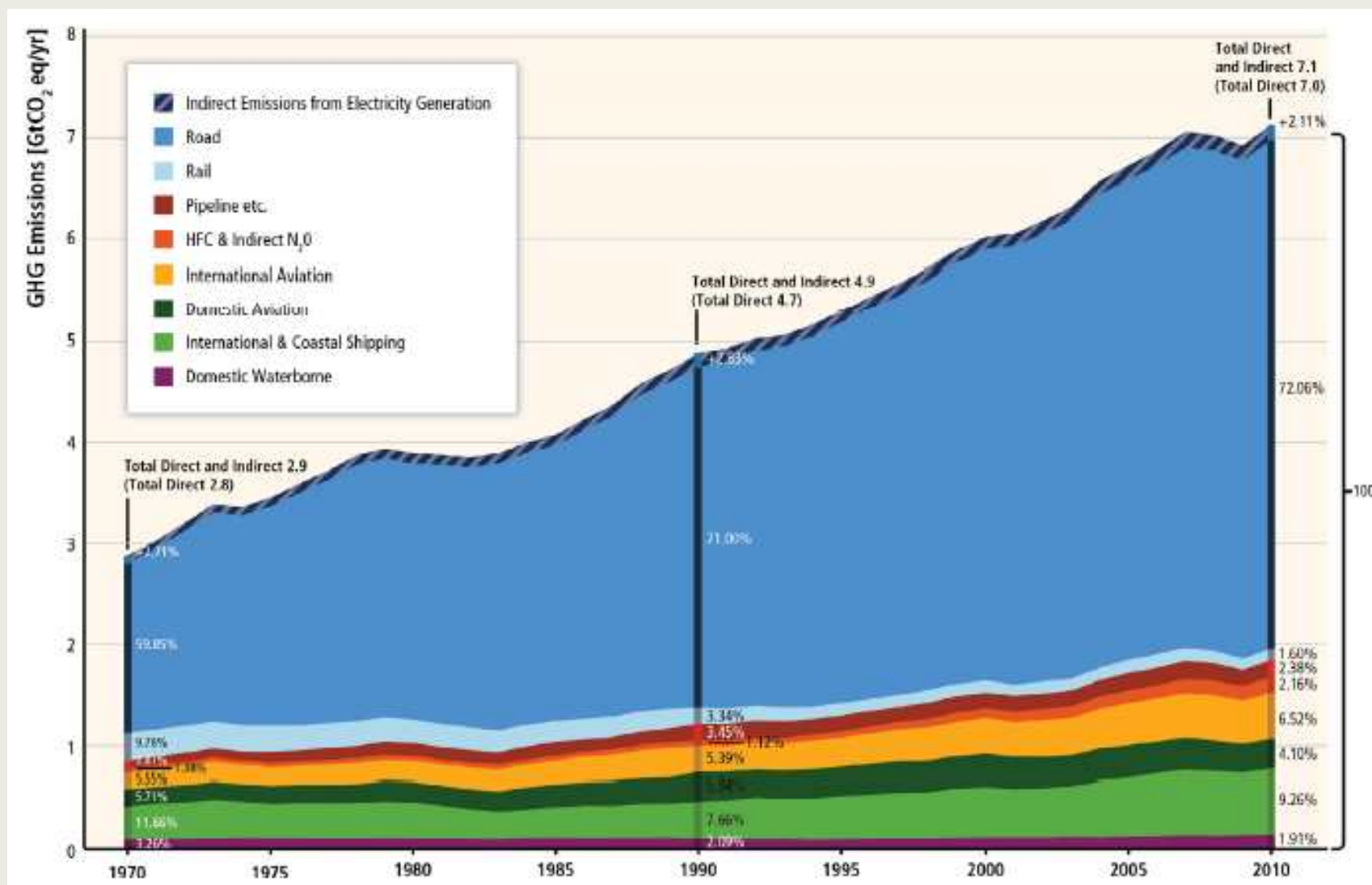
Q15. Quali pensa dovrebbero essere le maggiori priorità di questa nuova strategia? MAX. DUE RISPOSTE



UE27
 IT

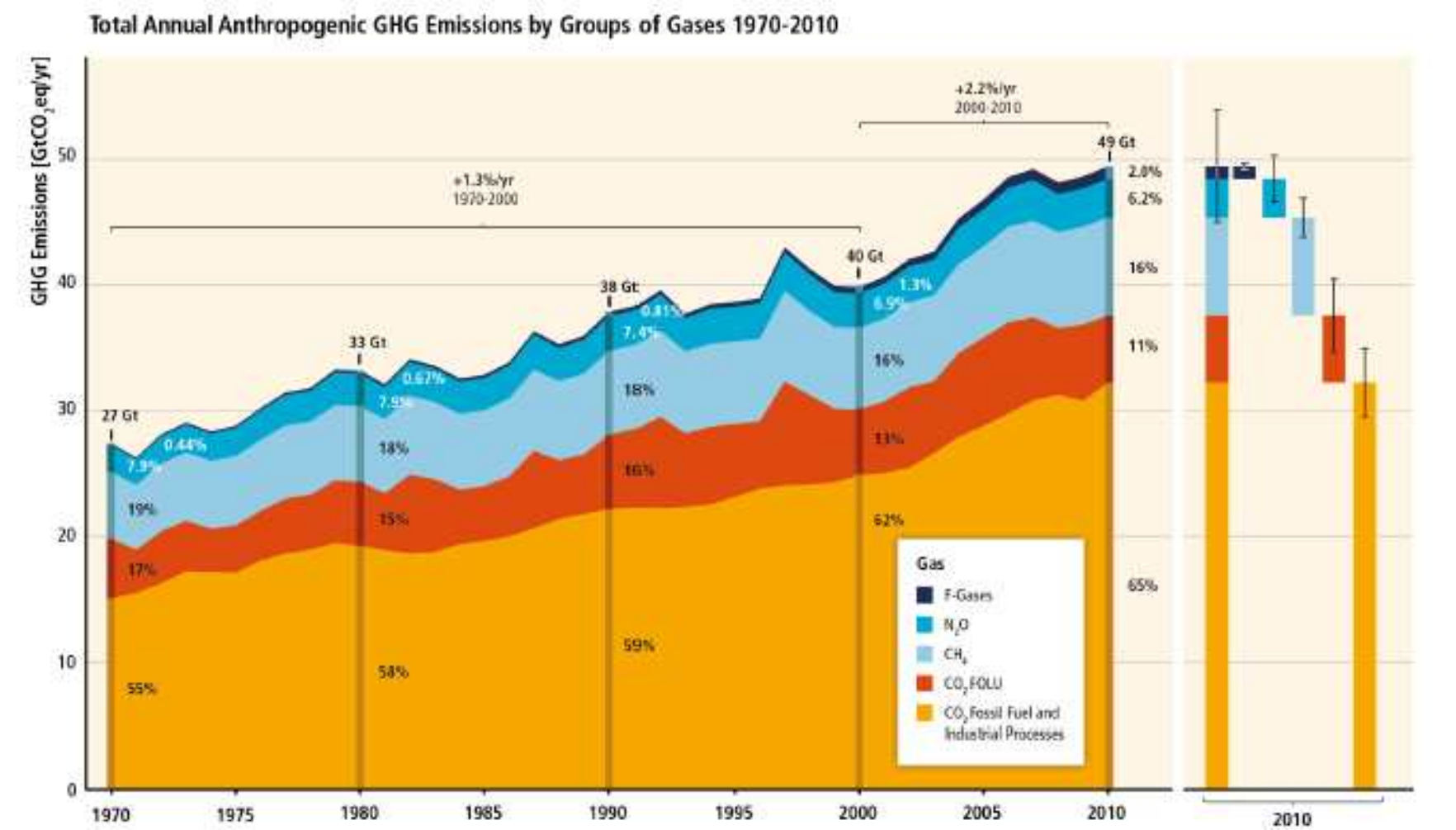
Eurobarometer, Commissione Europea (2013)

Emissioni gas serra per settori

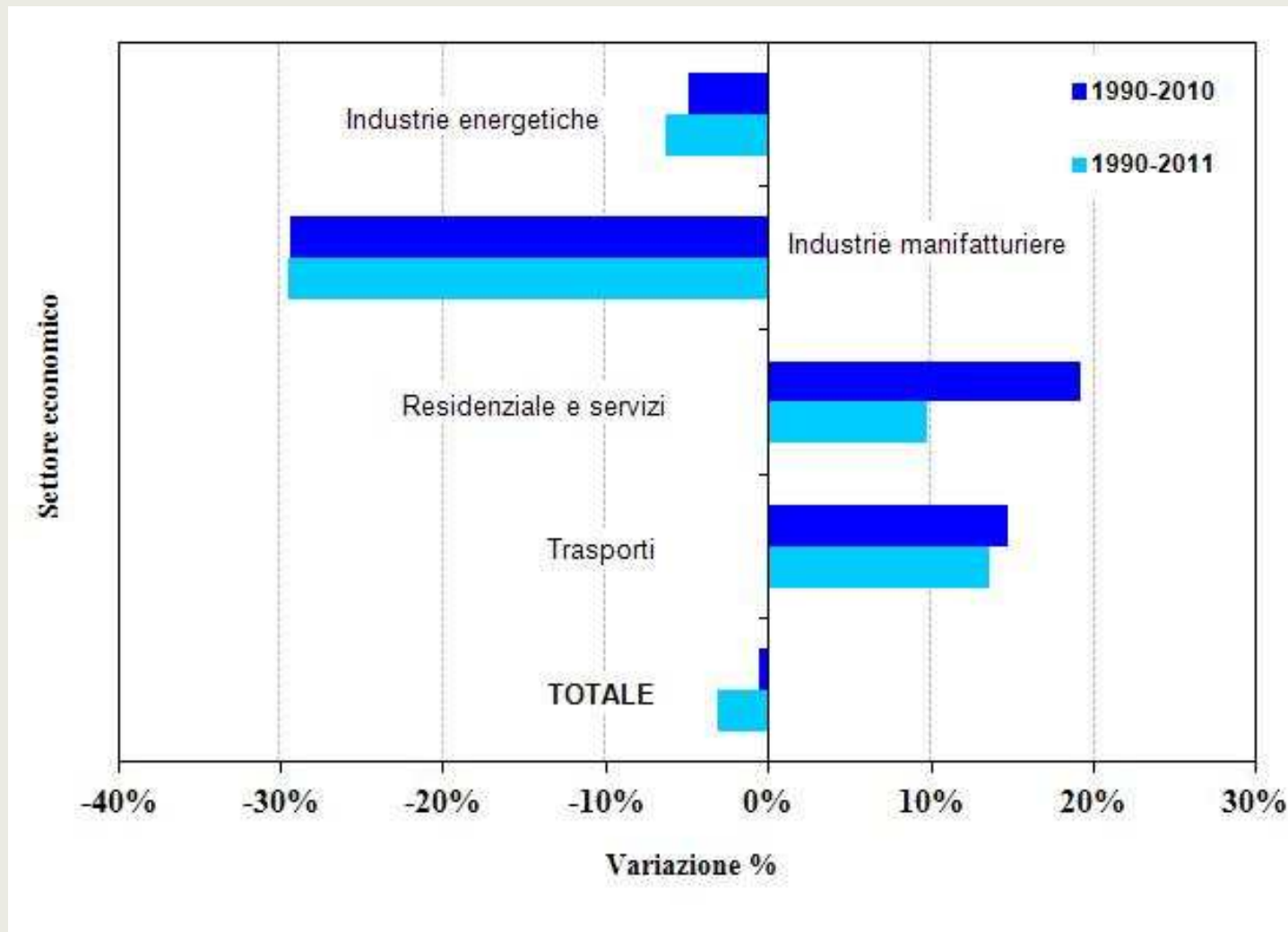


IPCC – International Panel on Climate Change 2013

Emissioni gas serra per tipo

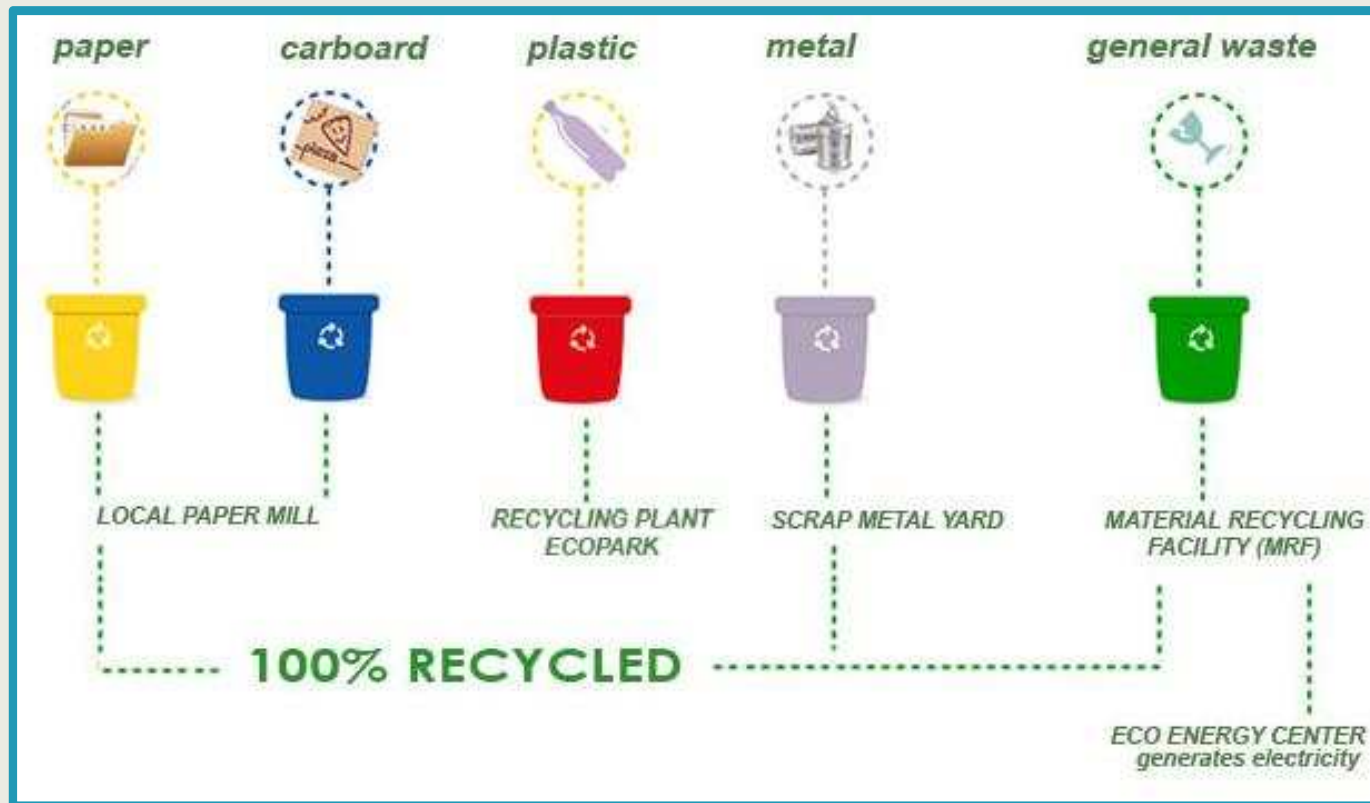


CO2 equivalente per settori



Dati annuario ISPRA 2012

....e i rifiuti?



L'impatto della gestione dei rifiuti

Trasporto

Il trasporto in Italia produce circa un quarto delle emissioni complessive di anidride carbonica equivalente. Circa il 90% delle emissioni associate al trasporto è dovuto allo spostamento su strada. Un trasportatore di rifiuti, percorre circa 220.000 km in un anno, rilasciando emissioni di gas serra in atmosfera per oltre mezza tonnellata al giorno. Ecocerved 2010

Trattamento

Discarica	Emissioni di metano dai rifiuti biodegradabili, contributo al riscaldamento globale
Inceneritore	Emissioni di inquinanti nocivi per atmosfera quali NOx, SO2, HCl, polveri sottili e diossina, emissione di CO2 da rifiuti quali le plastiche e protossido d'azoto, che contribuiscono al riscaldamento globale. Solo parte dell'energia prodotta è rinnovabile, da materiali di origine biogena, il resto delle emissioni di CO2 sono di origine fossile e vanno conteggiate come emissioni climalteranti
Riciclo	Risparmio di energia (meno energia è richiesta per produrre un prodotto da materia prima secondaria) e minor emissione di gas serra e altri inquinanti
Compostaggio	No produzione di metano dalla degradazione dei rifiuti organici (processo aerobico)
Digestione anaerobica	Produzione di metano usabile come fonte energetica rinnovabile e produzione di un ammendante organico per la sostituzione di concimi di sintesi e fertilizzanti organici
TMB – Trattamento meccanico biologico	Riduzione della produzione di metano per via della riduzione del materiale organico nelle discariche

“Gerarchia” dei rifiuti



Prevenire la
produzione

Riutilizzo

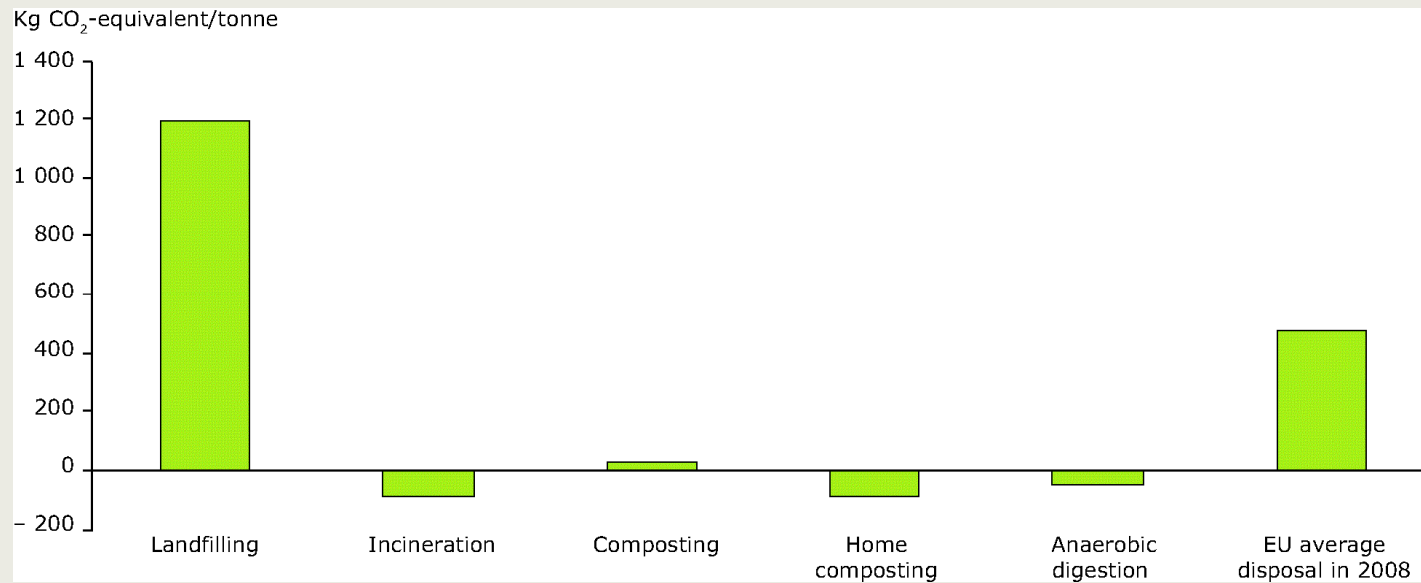
Riciclo e/o
compostaggio

Recupero energia -
incenerimento

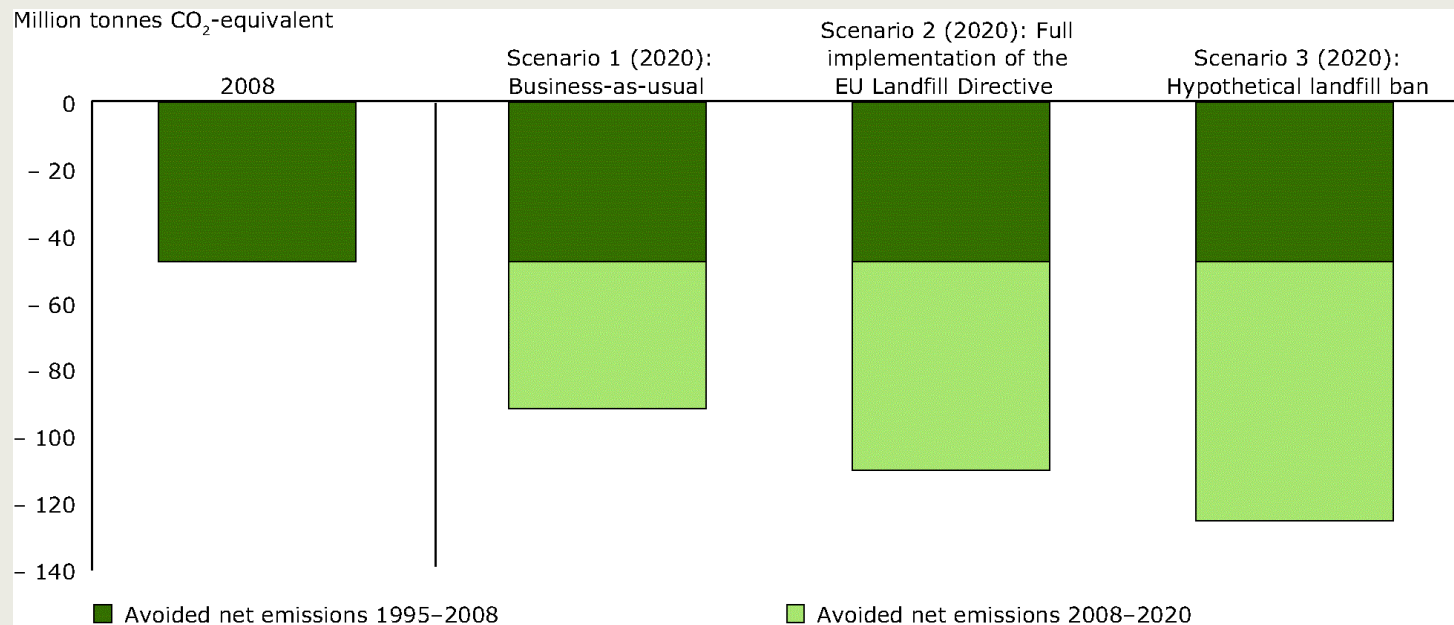
Smaltimento in
discarica



Rifiuti come “opportunità”

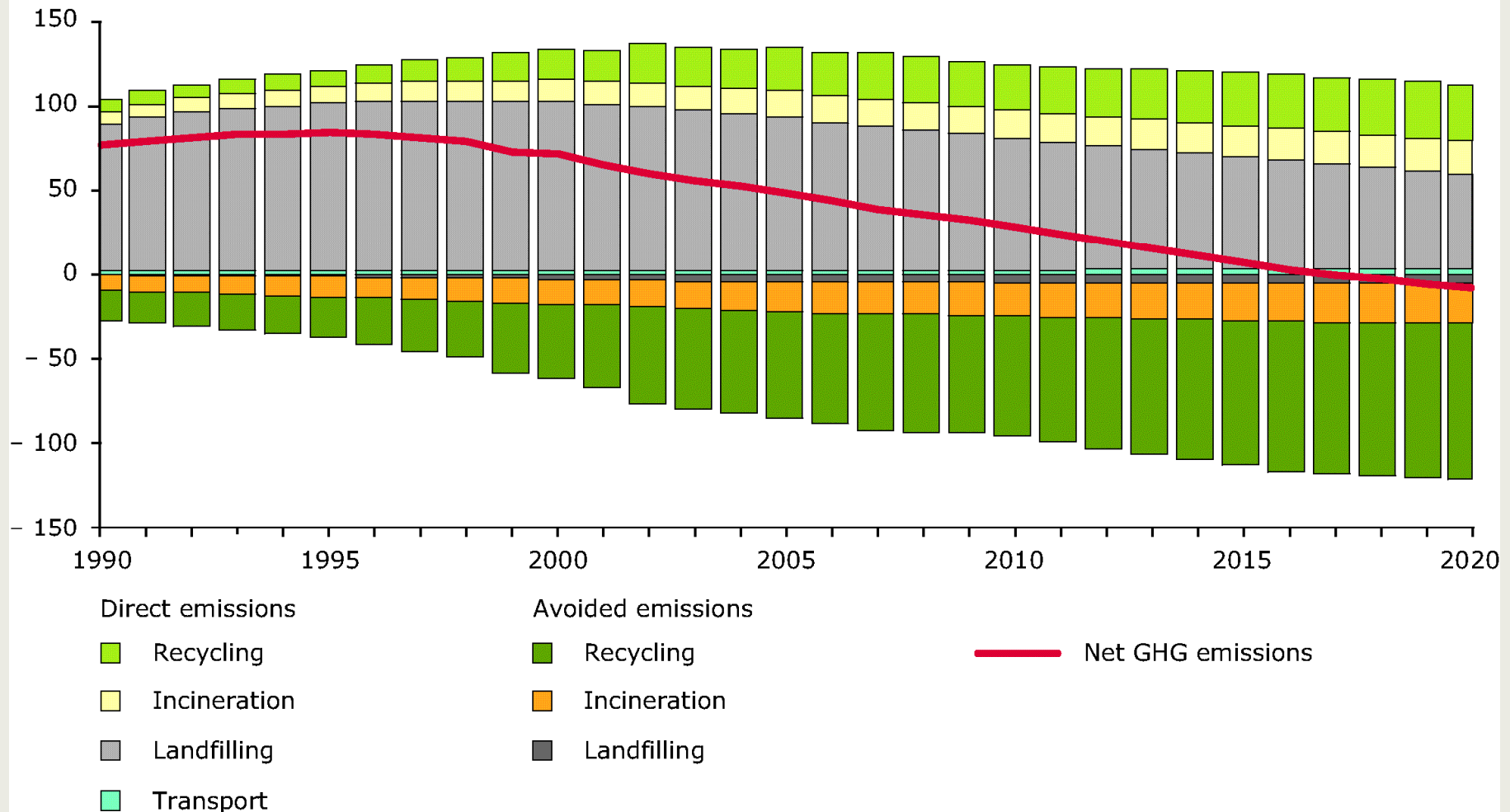


Waste opportunities:
Past and future climate
benefits from better
municipal waste
management in Europe
EEA Report 2011



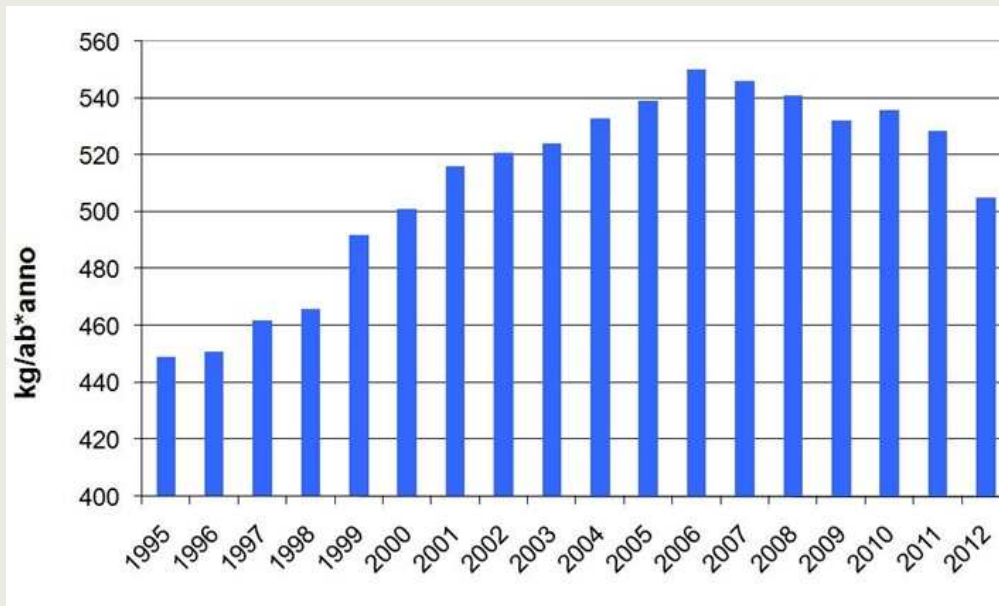
Rifiuti come “opportunità”

Million tonnes CO₂-equivalent emissions (+)/savings (-)

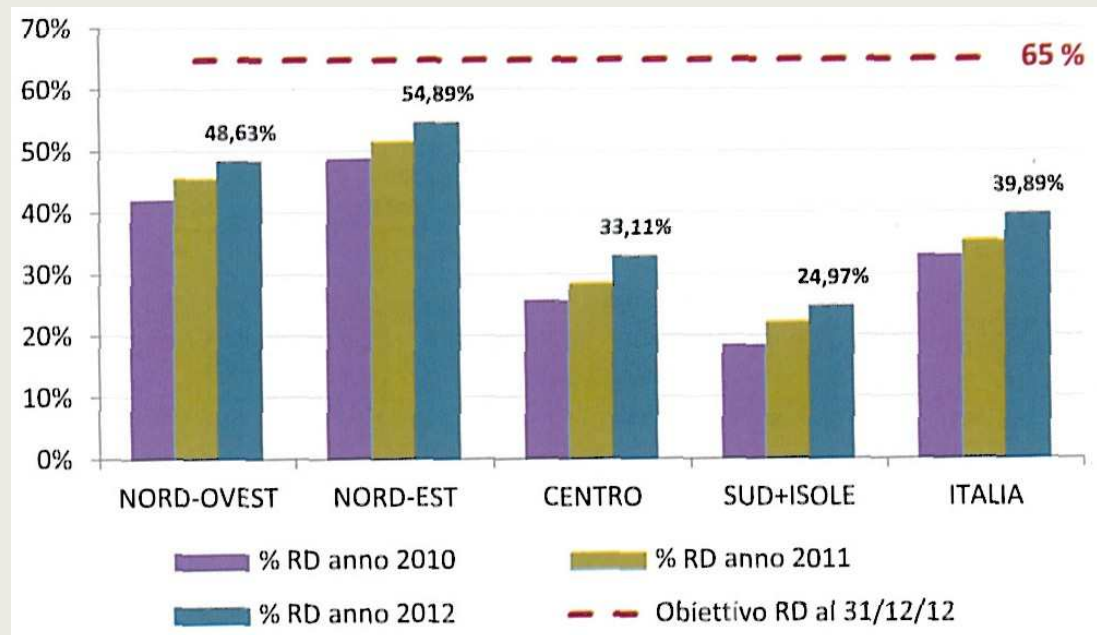


Waste opportunities: Past and future climate benefits from better municipal waste management in Europe.
EEA Report 2011

Rifiuti urbani pro-capite



Dati annuario ISPRA 2012



Smartness in Waste Management

Obiettivi principali:

- ✓ Trovare indicatori valutazione efficienza del servizio (intercettazione pro capite per singola frazione oggetto di raccolta e confronto con best practices)
- ✓ Quantificare emissioni in atmosfera fasi raccolta e trasporto dei rifiuti
- ✓ Quantificare emissioni evitate grazie al riciclo

- 1 **RACCOLTA** dalla stazione base dell'automezzo allo svuotamento dell'ultimo contenitore
- 2 **TRASPORTO** dallo svuotamento dell'ultimo contenitore al conferimento del rifiuto all'impianto
- 3 **TRATTAMENTO** l'impianto di destinazione finale: riciclo, recupero energetico e smaltimento



1

Sostituzione degli automezzi (passaggio a una classe ambientale migliore o un carburante meno impattante);

Variatione della frequenza di raccolta (aumentare o diminuire le uscite dei mezzi della raccolta);

Variatione della modalità di raccolta (es. da multimateriale pesante a leggero)

2

Sostituzione automezzi (passaggio ad un classe ambientale migliore o un carburante meno impattante);

Variatione impianto di destinazione (scelta di un diverso trattamento e di un impianto più vicino al luogo di raccolta)

3

Vari impianti con trattamenti diversi

$$Emissioni_{TOT} = \sum_i N_k \cdot M_k \cdot EF_{i,k}$$

k = tipologia di veicoli,

i = indice per principali inquinanti emessi per il trasporto (CO, VOC, NO_x, PM, CO₂, CH₄).

N_k - è il numero degli automezzi

M_k - sono i km percorsi

EF_k - sono i fattori di emissione

Emissioni tratte da CORINAIR (trasporto su strada si basa su COPERT IV)

CORINAIR

Inventario delle emissioni dell'EEA-Agenzia Ambientale Europea, per tutti settori produttivi

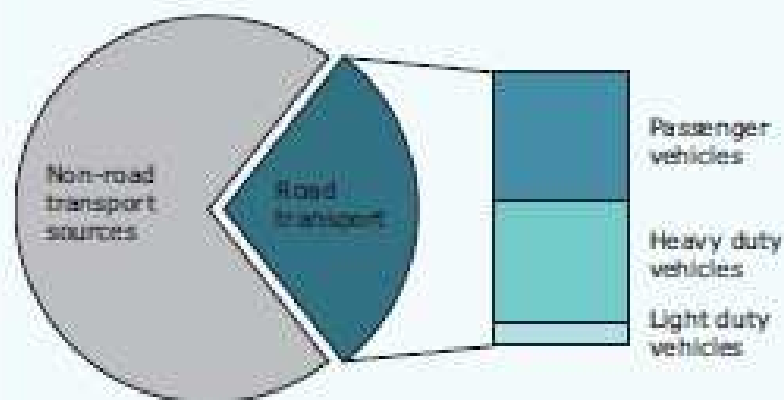
COPERT 4 (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) is a Microsoft Windows® application to calculate emissions from the road-transport sector.

- Internationally recognised — used by many European countries for reporting official emissions data.
- A research tool — calculate emissions at a national, regional or local scale, and for annual to daily estimates.
- Technologically advanced and transparent — COPERT's methodology is published and peer-reviewed by experts of the UNECE LRTAP Convention.
- Includes all main pollutants: greenhouse gases, air pollutants and toxic species.

COPERT IV

Method	Pollutants
Emission factors	CO, NO _x , NMVOC, CH ₄ , N ₂ O, NH ₃ , PM incl. PM _{2.5} , PM ₁₀ , EC etc., PM number and surface area
Fuel consumption based	CO ₂ , SO ₂ , Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Se, Zn
Percentage of total VOC	PAHs, POPs, dioxins, furans, alkanes, alkenes, alkynes, aldehydes, ketones, cycloalkanes, aromatic

Europe's road transport NO_x emissions



Emissioni

1. Tipologia degli automezzi (portata, carburante e classe ambientale). Informazioni richieste direttamente alle aziende e collegate al FIR (Formulario Identificativo Rifiuti) tramite la targa - prevalentemente HV e LV, diesel
2. Carico, considerato sempre al 100% pieno carico
3. Velocità media per la raccolta pari a 25 km/h e a 50 km/h per il trasporto
4. Pendenza secondo la classificazione ISTAT : 1=Montagna interna; 2=Montagna litoranea; 3=Collina interna; 4=Collina litoranea; 5=Pianura

I fattori di conversione

Per valutare le emissioni di gas climalteranti è stata fatta la conversione in CO₂ equivalenti. I gas con potenziale effetto serra sono l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) e l'ossido di azoto (N₂O)

Species	Lifetime (years)	Global Warming Potential (time horizon)		
		20 years	100 years	500 years
CO ₂	variable	1	1	1
CH ₄	12±3	56	25	6,5
N ₂ O	120	280	298	170

IPCC – 2007

Emissioni della fase del trattamento

Per gli impianti saranno considerate le emissioni dirette (prodotte dall'impianto) e le emissioni indirette (evitate per la non produzione di materia prima vergine)

Tecnica	Frazione	Emissioni prodotte	Emissioni evitate
Riciclo/Recupero	Frazione secca (carta, plastica, metalli ferrosi e non ferrosi, vetro) Frazione umida	Trasporto Consumi energetici	Estrazione e trasporto materie prime
Trattamenti termici	Frazione ad alto potere calorifero (carta, plastica) nella gestione media nazionale	Trasporto Emissioni di CO ₂ da fonti fossili Emissioni di N ₂ O	Produzione di energia elettrica e/o termica Recupero di metalli ferrosi e non
Discarica controllata	Frazione secco residuo Frazioni merceologiche estranee (da selezione)	Trasporto Emissioni di CH ₄	Sequestro del carbonio Produzione di energia elettrica e/o termica da biogas

Emissioni prodotte ed evitate delle fasi di trattamento considerate nello studio - Ancitel Energia & Ambiente Energia & Ambiente

Materiali	kgCO ₂ eq/t	Fattore di sostituzione	kgCO ₂ eq/t
Carta e Cartone	680	0,7	-476
Plastica	1720	0,85	-1462
Vetro	180	1,00	-180
Metalli	4110	0,88	-3616,8
Legno	90		0
Tessili	1960	1,54	-3018,4

Emissioni evitate per il riciclo di ogni frazione. Fonte: European Topic Centre del 2011

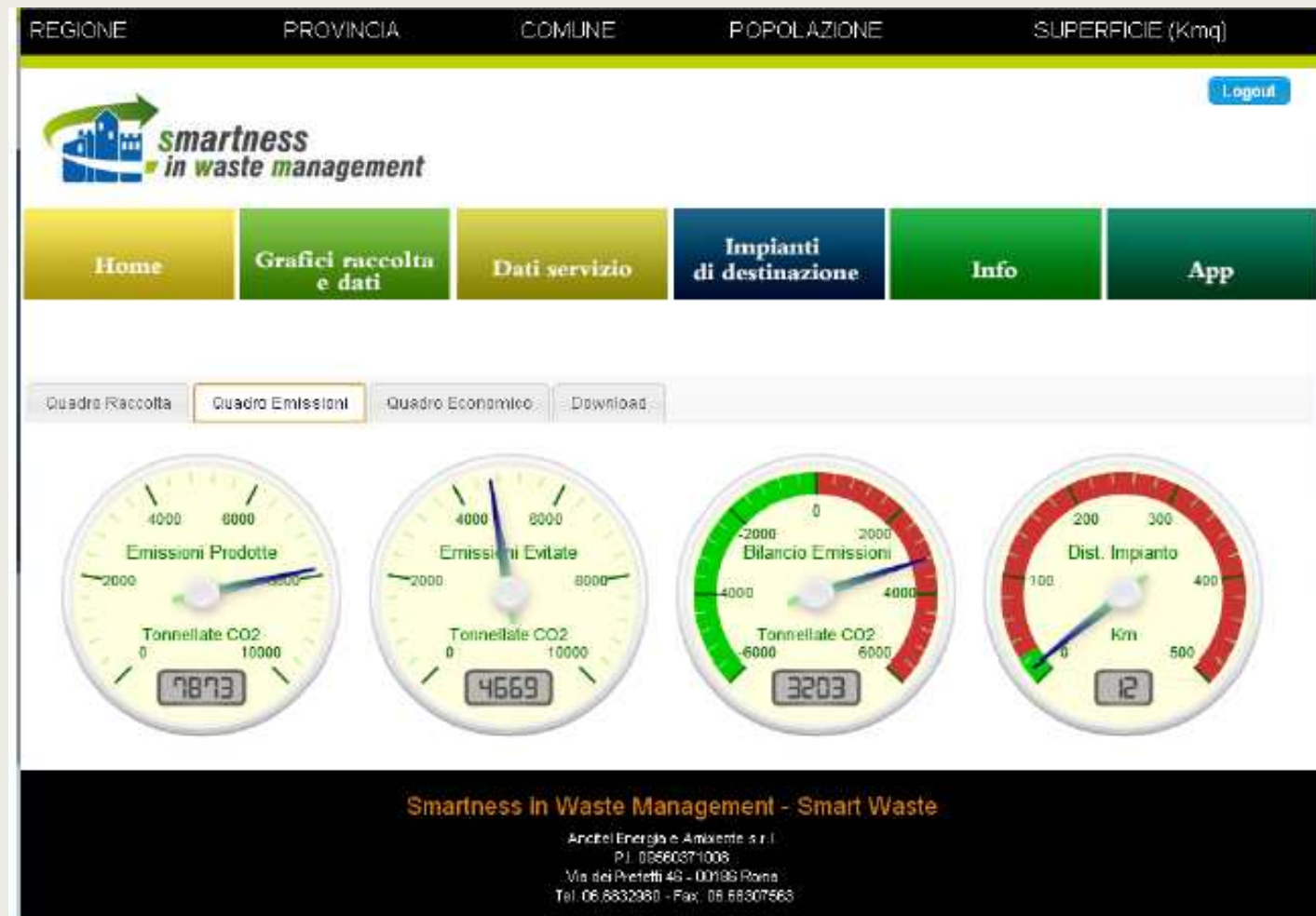
	Emissioni prodotte		Emissioni evitate		Emissioni Nette
	kg CH4/t	kg CO2/t	kgCO2eq/t	C Sequestrato kgCO2/t	
	$(DDOC * 50\% * 16000 / 12)$	$(DDOC * 50\% * 44000 / 12)$			$(DOC - \%DDOC) * 44000 / 12$
Carta	77,00	211,75	2136,75	-951,06	1185,69
Scarti organici	75,00	206,25	2081,25	-413,60	1667,65
Verde	80,00	220,00	2220,00	-854,48	1365,52
Legno	81,07	222,93	2249,60	-675,77	1573,83
Tessili	39,00	107,25	1082,25	-666,38	415,87
Pannolini	64,75	178,06	1796,81	-995,12	801,70
Fini	36,40	100,10	1010,10	-289,96	720,14

Emissioni prodotte, evitate e nette per il trattamento termico di ogni frazione
Fonte: AEA Technology for European Commission 2001

FRAZIONE	CER	RACCOLTA	TRASPORTO	TRATTAMENTO	TOTALE
PLASTICA	150102	-	0,008	-0,131	-0,12233
VETRO	150107	-	0,003	-0,153	-0,15032
CARTA	200101	-	0,002	-0,356	-0,3544
ORGANICO	200108	-	0,001	0,029	0,029854
	200201	-	0,002	0,029	0,031045
RESIDUO SECCO	200301	-	0,002	0,931	0,93292
Media ponderata		-	0,0020	0,5423	0,54428

Emissioni prodotte dai comuni pilota per fase di gestione e per frazione (tCO_{2eq}/t)

“Cruscotto” emissioni



Fonte: Ancitel Energia & Ambiente

Horizon 2020

- ❖ **WASTE-4-2014/2015: Towards near-zero waste at European and global level**
- ❖ **WASTE-6-2015: Promoting eco-innovative waste management and prevention as part of sustainable urban development**
- ❖ **SC5-4-2015: Improving the air quality and reducing the carbon footprint of European cities**

Grazie per l'attenzione



Sabina Di Franco
Istituto Inquinamento Atmosferico (IIA) – CNR
difranco@iia.cnr.it