

Inventario diossine e IPA: aggiornamento fattori di emissione

Alessandro Marongiu

a.marongiu@arpalombardia.it



Analisi preliminare dei fattori di emissione



Idrocarburi Policiclici Aromatici

Alcuni tra gli idrocarburi policiclici aromatici più tossici sono un importante gruppo d'inquinanti organici persistenti (POP). Gli IPA sono emessi in caso di combustione incompleta sia sotto forma gassosa (frazione di minor peso molecolare) sia sotto forma di particolato, con una ripartizione variabile con il sistema e il combustibile impiegato.

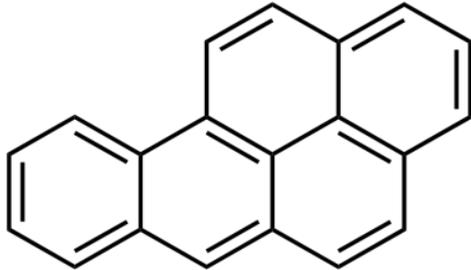
Sorgenti di emissione rilevanti in atmosfera includono le **combustioni di legna nel settore residenziale** – **gli incendi incontrollati**, processi industriali di **produzione dei metalli** ed **il trasporto su strada**.

Principali IPA

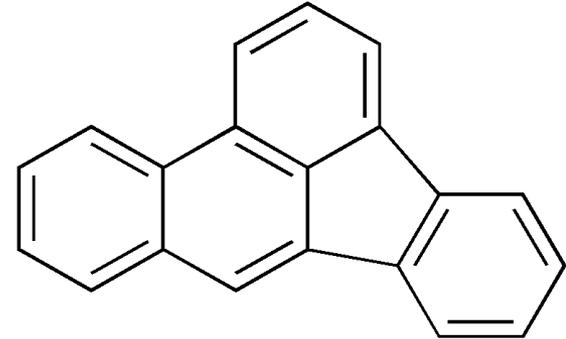
	D.Lgs 155/10 1 ng /m ³	UNECE - CLRTAP	Borneff six OSPAR	D.Lgs 155/10	ex D.Lgs 152/05
benzo(a)pirene	●	●	●	●	●
benzo(b)fluorantene		●	●	●	●
indeno(1,2,3-cd)pirene		●	●	●	●
benzo(k)fluorantene		●	●	●	●
benzo(g,h,i)perilene			●		
fluorantene			●		
benzo(a)antracene				●	●
benzo(j)fluorantene				●	●
dibenzo(a,h)antracene				●	●
dibenzo(a,e)pirene					●
dibenzo(a,h)pirene					●
dibenzo(a,i)pirene					●
dibenzo(a,l)pirene					●

Principali IPA

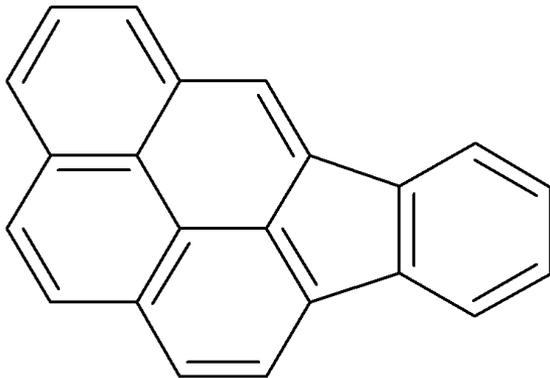
Benzo(a)pirene



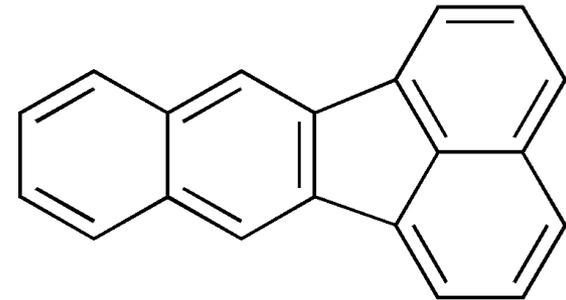
Benzo(b)fluorantene



Indeno(1,2,3-cd)pirene



Benzo(k)fluorantene



Tossicità equivalente

Gli IPA comprendono un largo numero di composti tra i quali il benzo(a)pirene, BaP che è uno dei composti più cancerogeno di tutta la famiglia di inquinanti. Per questo motivo la stima delle emissioni di IPA in atmosfera può essere espressa in tossicità equivalente (TEQ), il cui riferimento è la tossicità del BaP il cui TEF è pari a 1.

Nome inquinante	Abb.	TEF
Acenaftalene	ACE	0,001
Acenaftalene	ACY	0,001
Antracene	ANT	0,01
Benzo[a]antracene	BAA	0,1
Benzo[a]pirene	BaP	1
Benzo[b]fluorantene	BbF	0,1
Benzo[g,h,i]perilene	BgP	0,01
Benzo[k]fluorantene	BkF	0,1
Crisene	CHR	0,01
Dibenzo[a,h]antracene	DBA	1
Fluorantene	FLA	0,001
Fluorene	FLU	0,001
Indeno[1,2,3-cd]pirene	IND	0,1
Naftalene	NAP	0,001
Fenantrene	PHE	0,001
Pirene	PYR	0,001

Fattori importanti

- Il contenuto di idrocarburi aromatici nei combustibili
- Tecnologie di abbattimento e depolverazione
- Condizioni di combustione incompleta
- La presenza di processi o fasi di pirolisi
- Sono stati considerati a parte i fattori di emissione del settore dei trasporti

Macrosettore 1

Produzione di energia e
trasformazione dei combustibili

Osservazioni sul MAC 1

- Emissioni da processi che coinvolgono la combustione
- Processi di conversione termica di combustibili solidi come i forni di cokeria
- Principale caratterizzazione in funzione del tipo di combustibile impiegato
- Alcune attività come i processi di conversione termica di combustibili solidi ed i motori a pistone richiedono una analisi specifica

EEA EMEP Guidebook 2009 – 1.A.1

Combustibile	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
altri combustibili liquidi				1
carbone per cokeria	5	5	5	5
coke da petrolio	10			10
gas di raffineria	1	1	1	1
gas naturale (metano)	29	29	29	29
gas petrolio liquido (GPL)	6	6	6	6
gasolio	11	11	11	11
legna e similari	6	6	6	6
lignite	17			17
olio combustibile				1
olio residuo				5
rifiuti di legna	5	5	5	5
Totale complessivo	90	63	63	97

Ripartizione dei fattori di emissione disponibili sulla nuova versione del Guidebook rispetto all'impiego di differenti combustibili nei processi. Evidenti alcune lacune nel caso di combustibili liquidi, mentre i combustibili gassosi sono quelli maggiormente caratterizzati.

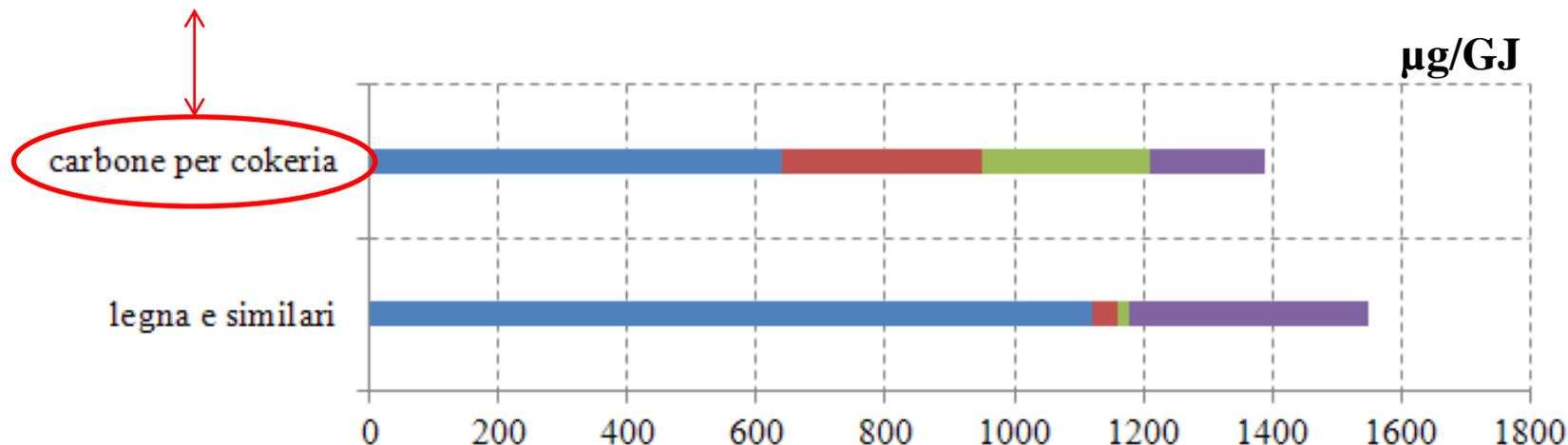
Approccio generale Tier 1 per tipo di combustibile



	lignite (hard coal)	lignite (brown coal)	gas naturale (metano)	gas di raffineria	olio combustibile	altri combustibili liquidi
■ Benzo(a)pyrene	0,7	1,6	0,6	0,6		
■ Benzo(b)fluoranthene			0,8	0,8		
■ Benzo(k)fluoranthene			0,8	0,8		
■ Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1,2	2,6	0,8	0,8	6,90	6,90

Approccio generale Tier 1 per tipo di combustibile

SNAP 01.04.06

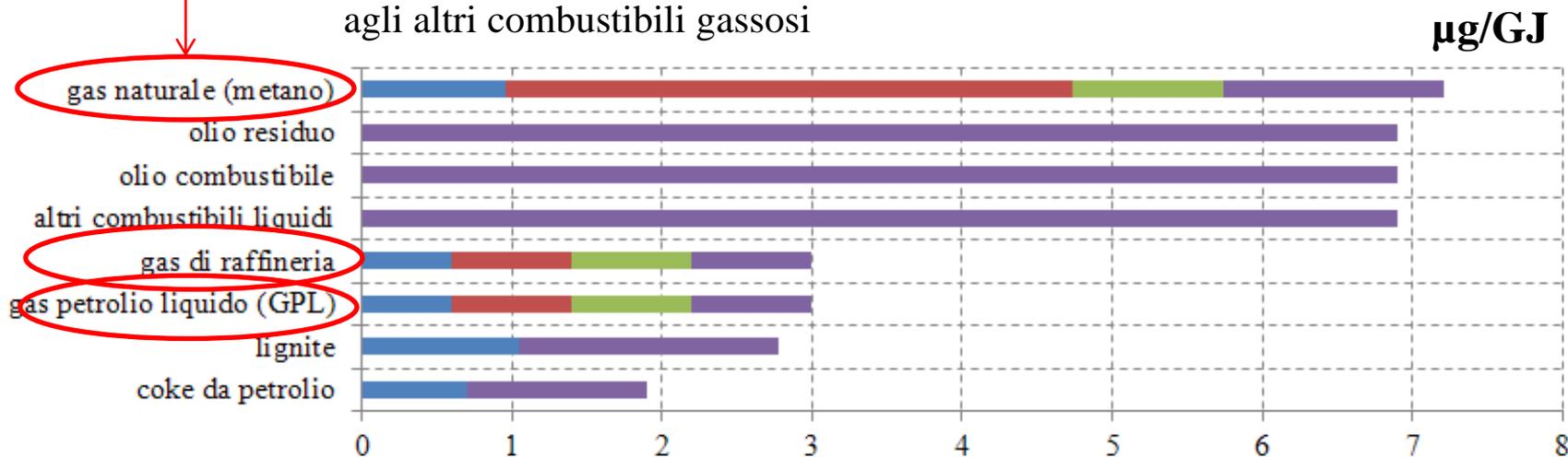


	legna e similari	carbone per cokeria
■ Benzo(a)pyrene	1120	640
■ Benzo(b)fluoranthene	40	310
■ Benzo(k)fluoranthene	20	260
■ Indeno(1,2,3-cd)pyrene	370	180

Maggiore dettaglio sul processo (tier 2)

I valori sono generalizzati su tutti i tipi di caldaia, turbina o motore

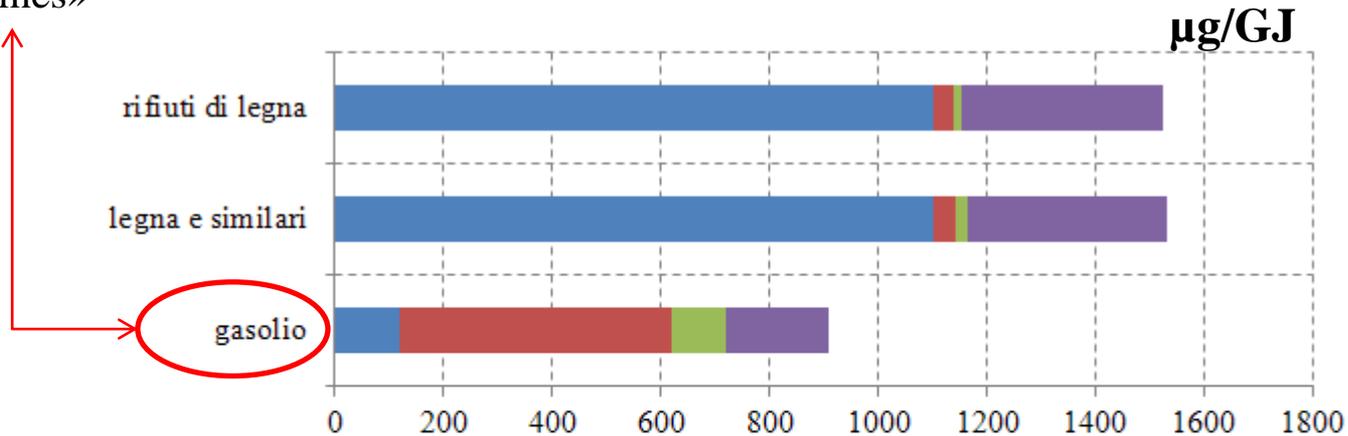
Motori a pistone – «reciprocating engines», alzano la media rispetto agli altri combustibili gassosi



	coke da petrolio	lignite	gas petrolio liquido (GPL)	gas di raffineria	altri combustibili liquidi	olio combustibile	olio residuo	gas naturale (metano)
■ BaP	0,7	1,05	0,6	0,6				0,96
■ BbF			0,8	0,8				3,78
■ BkF			0,8	0,8				1,00
■ IcdP	1,2	1,72	0,8	0,8	6,9	6,9	6,9	1,47

Maggiore dettaglio, tier 2

Motori a pistone – «reciprocating engines»



	gasolio	legna e similari	rifiuti di legna
■ BaP	120	1103	1100
■ BbF	500	40	40
■ BkF	100	20	15
■ IcdP	190	370	370

Utilizzato in motori a combustione interna e motori a pistone

Osservazioni

- Per quanto riguarda i differenti settori, i fattori di emissione più elevati sono rilevati nel caso dei motori a combustione interna e motori a pistone
- Per i combustibili sono più rilevanti i fattori di emissione derivanti dall'uso di gasolio, legna e rifiuti di legna
- Salvo i casi particolari i fattori di emissione sono generalizzabili per tutto il macrosettore

Forni di cokeria – SNAP 01 04 06

La produzione di coke è un processo di tipo batch condotto generalmente in batterie di forni. Il carbone è riscaldato in una atmosfera non ossidante in condizioni pirolitiche. Il riscaldamento del forno è effettuato dalla combustione di una porzione dei gas che si sviluppano durante il processo di pirolisi, dopo un opportuno rattamento per rimuovere l'ammoniaca, H₂S, I composti del tar ed i composti organici condensabili. Il recupero dei prodotti secondari, nei processi with by-product recovery prevede la loro combustione nei forni al contrario dei processi senza recupero.

Nel Tier 1 i fattori di emissione che tengono conto del processo e della combustione (ed un rendimento medio di abbattimento del 95%), si basano sul consumo di carbone in termini di contenuto netto di energia. Per il Tier 2 si basano sul consumo di carbone da parte del processo e possono essere convertiti tramite il fattore 1285 kg carbone/t coke prodotto.

x 1,285 t carbone/t coke prodotto

IPA	µg/GJ	µg/t carbone	µg/t coke prodotto
Benzo(a)pyrene	640	19000	24415
Benzo(b)fluoranthene	310	8900	11437
Benzo(k)fluoranthene	260	7600	9766
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	180	5100	6554

x 30 GJ/t carbone

Fattori di emissione proposti

Settore	Combustibile	BaP	BbF	BkF	IcdP	Tot IPA	u.m.
Turbine, caldaie, motori stazionari	coke da petrolio	0,7			1,2	1,9	µg/GJ
	lignite	1,05			1,72	2,77	µg/GJ
	gas petrolio liquido (GPL)	0,6	0,8	0,8	0,8	3	µg/GJ
	gas di raffineria	0,6	0,8	0,8	0,8	3	µg/GJ
	altri combustibili liquidi				6,9	6,9	µg/GJ
	olio combustibile				6,9	6,9	µg/GJ
	olio residuo				6,9	6,9	µg/GJ
	gas naturale (metano)	0,6	0,8	0,8	0,8	3	µg/GJ
	legna e simili	1100	40	20	370	1530	µg/GJ
	rifiuti di legna	1100	40	20	370	1530	µg/GJ
Motori a pistone	gasolio	120	500	100	190	910	µg/GJ
	gas naturale (metano)	2,7	18	2	4,7	27,4	µg/GJ
Forno di cokeria	carbone per cokeria	24415	11437	9766	6554	52171	µg/t coke

Macrosettore 2

Combustione non industriale

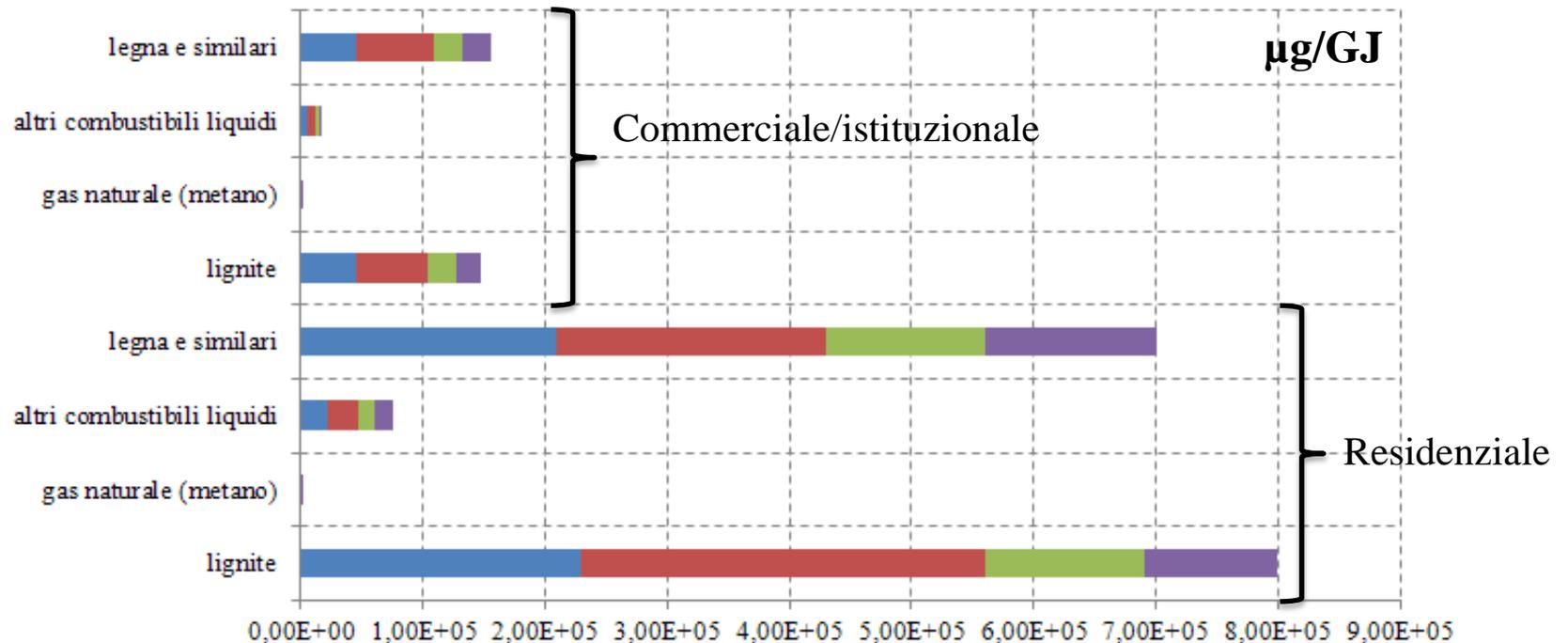
EEA EMEP Guidebook 2009 – 1.A.4

Combustibile	Benzo(a)pyrene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Indeno(1,2,3-cd)pyrene
altri combustibili liquidi	4	4	4	4
altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ..)	3	3	3	3
gas naturale (metano)	9	9	9	9
gasolio	1	1	1	1
legna e similari	10	10	10	10
lignite	7	7	7	7
Totale complessivo	34	34	34	34

I settori sono diversificati tra apparecchi per uso civile o di impiego residenziale.

Il combustibile che ha ricevuto maggiore attenzione è stata sicuramente la legna rispetto all'impiego del gas naturale o di altri combustibili fossili di tipo carbonioso

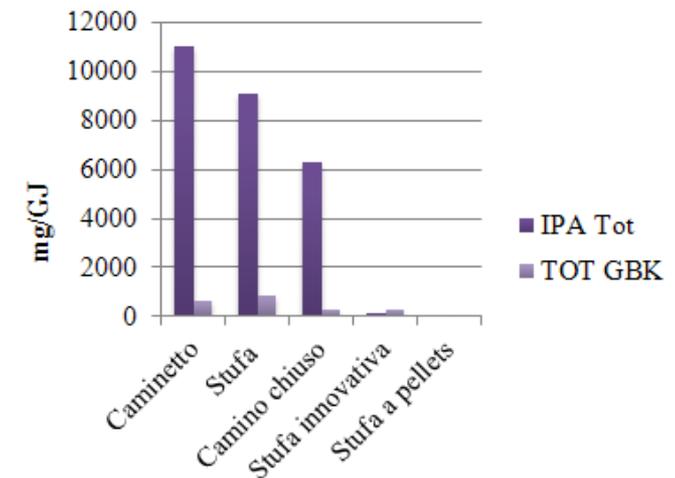
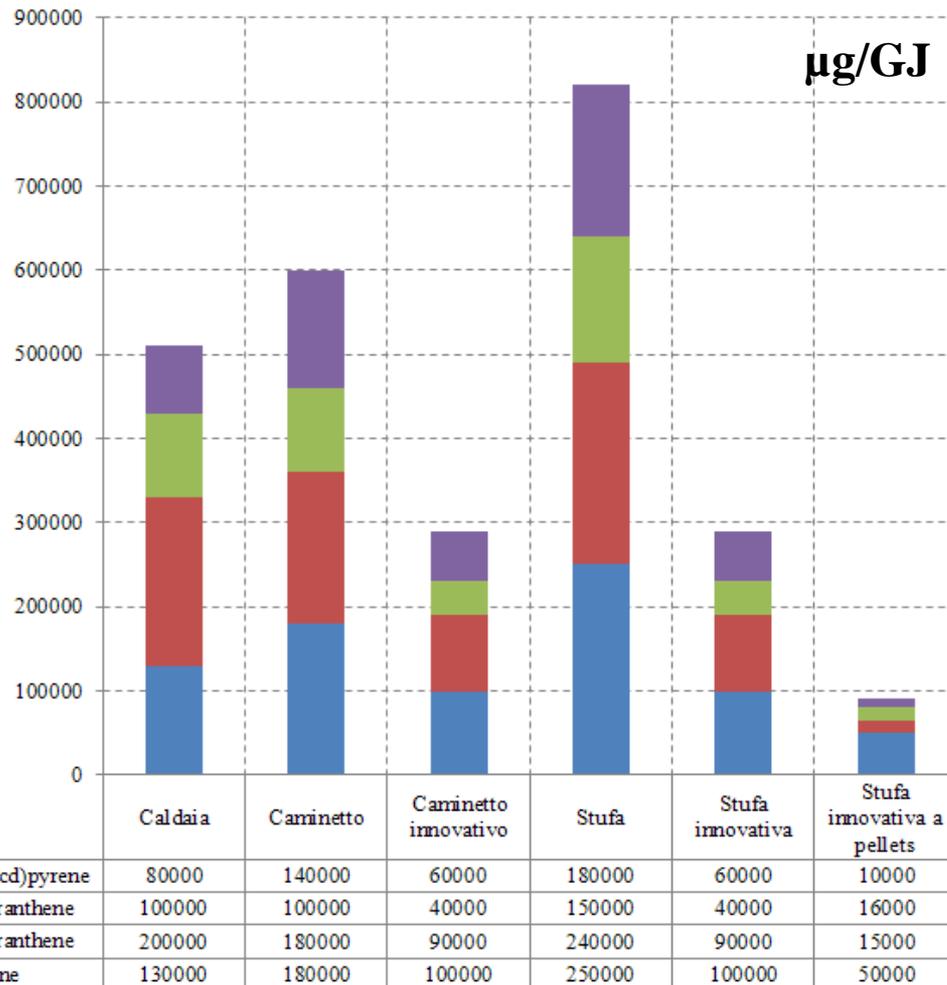
Riscaldamento residenziale/civile



	lignite	gas naturale (metano)	altri combustibili liquidi	legna e similari	lignite	gas naturale (metano)	altri combustibili liquidi	legna e similari
■ Benzo(a)pyrene	230000	0,562	22000	210000	45500	0,562	5200	44600
■ Benzo(b)fluoranthene	330000	0,843	25700	220000	58900	0,843	6200	64900
■ Benzo(k)fluoranthene	130000	0,843	12500	130000	23700	0,843	4000	23400
■ Indeno(1,2,3-cd)pyrene	110000	0,843	14800	140000	18500	0,843	2200	22300

Piccoli apparecchi domestici a legna

Utilizzando la stessa classificazione di INEMAR



La grande differenza tra i valori INEMAR e quelli del Guidebook è relativa alla differente speciazione degli IPA considerati

Piccoli apparecchi di combustione

µg/GJ

	Benzo(a)pyrene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	IPA Tot
Caldia					
altri combustibili liquidi	10000	11000	5000	4000	30000
altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ..)	270000	250000	100000	90000	710000
gas naturale (metano)	0,562	0,843	0,843	0,843	3,091
legna e similari	130000	200000	100000	80000	510000
Caminetto					
altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ..)	100000	170000	100000	80000	450000
gas naturale (metano)	0,562	0,843	0,843	0,843	3,091
legna e similari	180000	180000	100000	140000	600000
Caminetto innovativo					
legna e similari	100000	90000	40000	60000	290000
Stufa					
altri combustibili liquidi	50000	60000	30000	40000	180000
altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ..)	250000	400000	150000	120000	920000
gas naturale (metano)	0,562	0,843	0,843	0,843	3,091
legna e similari	250000	240000	150000	180000	820000
Stufa innovativa					
legna e similari	100000	90000	40000	60000	290000
lignite	150000	180000	100000	80000	510000
Stufa innovativa a pellets					
legna e similari	50000	15000	16000	10000	91000

Apparecchi ad uso civile

- Salvo i casi particolari i fattori di emissione sono generalizzabili per tutto il macrosettore
- Come per il mac 1 fattori di emissione maggiori sono rilevati nel caso di motori a pistone che debbono essere classificati in maniera specifica
- Considerando il Tier 2 per i combustibili gassosi non ci sono differenze (sempre gli stessi valori), mentre maggiore caratterizzazione viene rilevata per le caldaie a lignite.

Fattori di emissione proposti

Settore	Apparechio	Combustibile	BaP	BbF	BkF	IcdP	Tot IPA	u.m.
Residenziale	Caldaia	altri combustibili liquidi	10000	11000	5000	4000	30000	µg/GJ
		altri combustibili solidi (catrame, be	270000	250000	100000	90000	710000	µg/GJ
		gas naturale (metano)	0,562	0,843	0,843	0,843	3,091	µg/GJ
		legna e similari	130000	200000	100000	80000	510000	µg/GJ
	Caminetto	altri combustibili solidi (catrame, be	100000	170000	100000	80000	450000	µg/GJ
		gas naturale (metano)	0,562	0,843	0,843	0,843	3,091	µg/GJ
		legna e similari	180000	180000	100000	140000	600000	µg/GJ
	Caminetto innovativo	legna e similari	100000	90000	40000	60000	290000	µg/GJ
	Stufa	altri combustibili liquidi	50000	60000	30000	40000	180000	µg/GJ
		altri combustibili solidi (catrame, be	250000	400000	150000	120000	920000	µg/GJ
		gas naturale (metano)	0,562	0,843	0,843	0,843	3,091	µg/GJ
		legna e similari	250000	240000	150000	180000	820000	µg/GJ
		Stufa innovativa	legna e similari	100000	90000	40000	60000	290000
Stufa innovativa a pellets	lignite	150000	180000	100000	80000	510000	µg/GJ	
	legna e similari	50000	15000	16000	10000	91000	µg/GJ	
Civile	Caldaie	lignite	45500	58900	23700	18500	146600	µg/GJ
		gas naturale (metano)	0,562	0,843	0,843	0,843	3,091	µg/GJ
		altri combustibili liquidi	5200	6200	4000	2200	17600	µg/GJ
		legna e similari	44600	64900	23400	22300	155200	µg/GJ
	Motori a comb.	gas naturale (metano)	2,7	18	2	4,7	27,4	µg/GJ
		gasolio	116	502	98,7	187	903,7	µg/GJ

Macrosettore 3

Combustione nell'industria

EEA EMEP Guidebook 2009 – 1.A.2

- Sono disponibili per gli IPA principalmente dati relativi ad un approccio Tier 1 quindi classificati unicamente in funzione del tipo del combustibile. Solo per la combustione nel settore del cemento sono disponibili dei dati (03 03 11) tipo Tier 2.

Fattori di emissione proposti

Combustibile	BaP	BbF	BkF	IcdP	Tot IPA	um
lignite	45500	58900	23700	18500	146600	µg/GJ
gas naturale (metano)	0,6	0,8	0,8	0,8	3	µg/GJ
altri combustibili liquidi	5200	6200	4000	2200	17600	µg/GJ
legna e similari	44600	64900	23400	22300	155200	µg/GJ

	BaP	BbF	BkF	IcdP	Tot IPA	um
Produzione di cemento	0,065	0,28	0,077	0,043	0,465	µg/t di clinker

Macrosettore 4

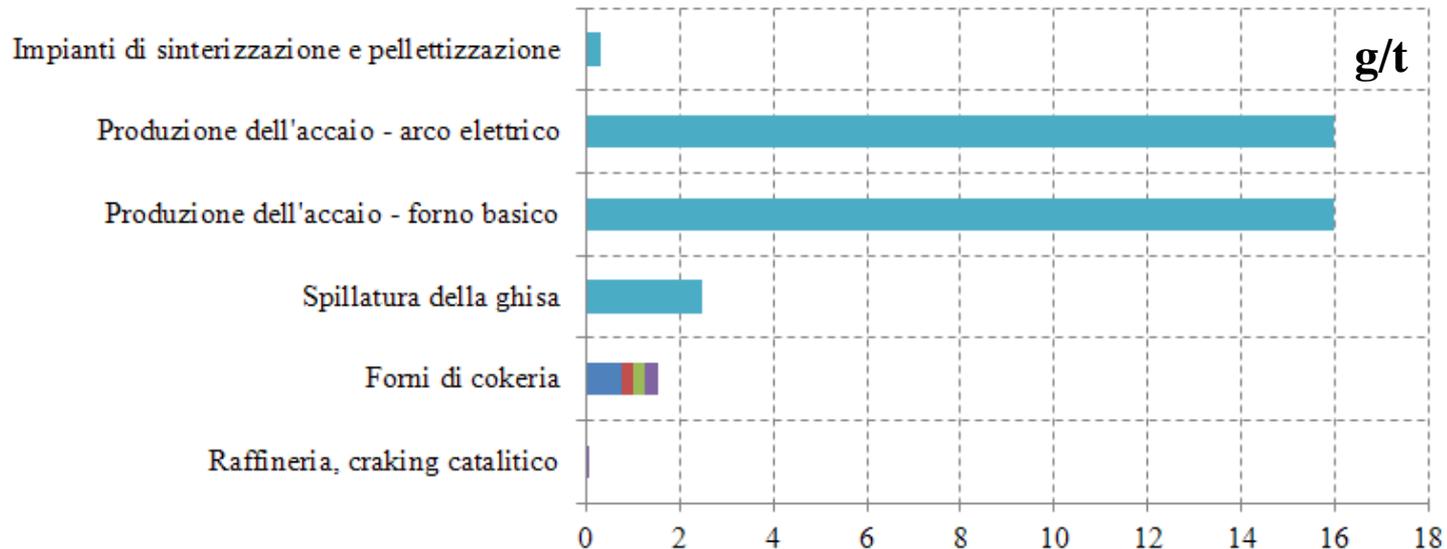
Processi produttivi

EEA EMEP Guidebook 2009 – 1.B e 2.C

- Gli indicatori di attività sono basati principalmente sulle quantità di prodotto
- E' necessaria una maggiore caratterizzazione del tipo di processo

Fattori di emissione proposti

■ Benzo(a)pirene ■ Benzo(b)fluorantene ■ Benzo(k)fluorantene ■ Indeno(1,2,3-cd)pirene ■ Tot 4 IPA



M	S	A	Descrizione	um	BaP	BbF	BkF	IcdP	Tot 4 IPA
4	1	2	Raffineria, craking catalitico	g/t	0,003	0,0029	0,0029	0,0029	
4	2	1	Forni di cokeria	g/t	0,75	0,25	0,25	0,3	
4	2	3	Spillatura della ghisa	g/t					2,5
4	2	6	Produzione dell'acciaio - forno basico	g/t					16
4	2	7	Produzione dell'acciaio - arco elettrico	g/t					16
4	2	9	Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	g/t					0,3

I fattori di emissione sono riportati nel Tier 2 considerando differenti sistemi di abbattimento ma hanno gli stessi valori.

Macrosettore 9

Trattamento e smaltimento dei rifiuti

EEA EMEP Guidebook 2009 – 6.C

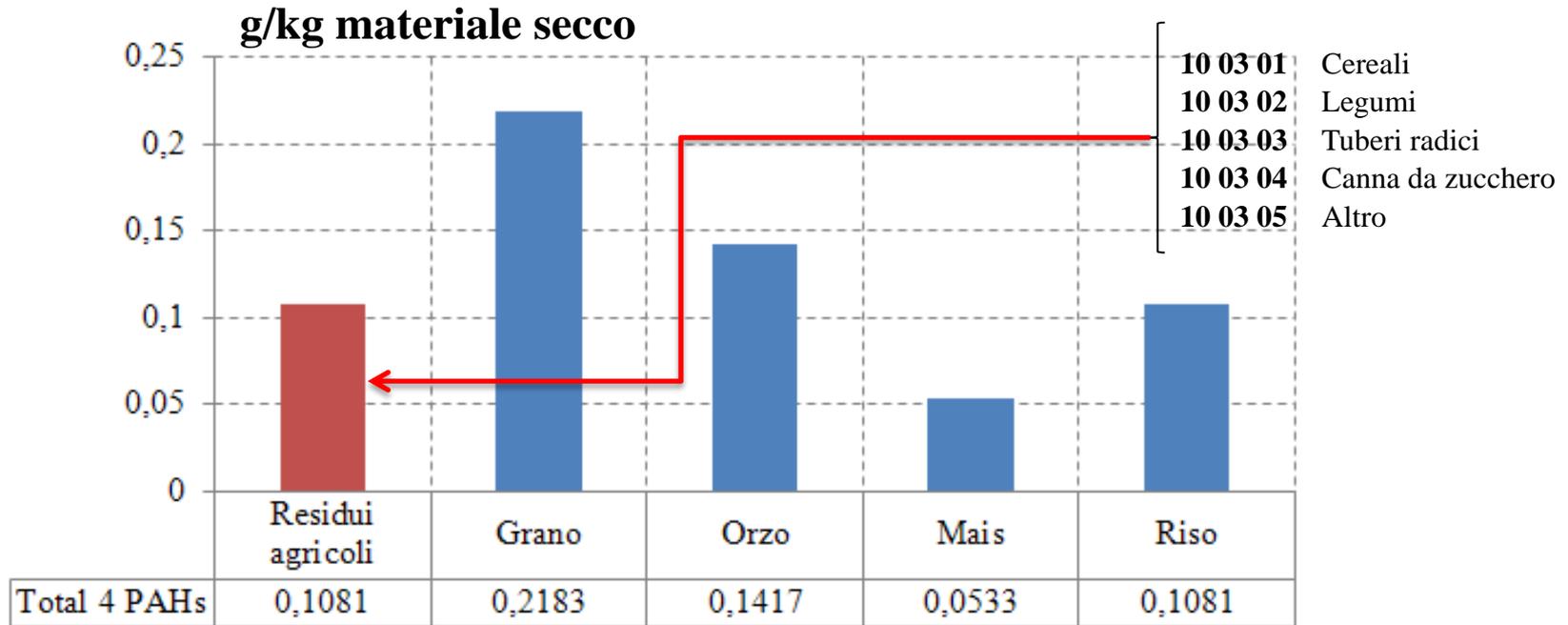
M	S	A	Origine	um	BaP	BbF	BkF	Total 4 PAHs
9	2	7	Incenerimento di rifiuti ospedalieri	g/t				0,00004
9	2	2	Incenerimento di rifiuti industriali	g/t				0,02
9	2	5	Incenerimento di fanghi da trattamento di acque	g/t				0,02
9	2	1	Incenerimento di rifiuti solidi urbani	g/t	0,0042	0,0032	0,0031	
9	7	0	Incenerimento di rifiuti agricoli	g/t				100
9	9	2	Cremazione di carcasse	g/t				100

- Non sono disponibili dati sull'IcdP
- I principali fattori di emissione sono gli stessi dell'approccio tipo Tier 1 estesi senza differenze per il tipo di tecnologia di abbattimento impiegata

Macrosettore 10

Agricoltura

EEA EMEP Guidebook 2009 – 4.F

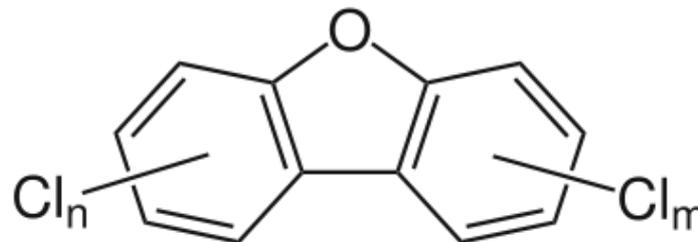
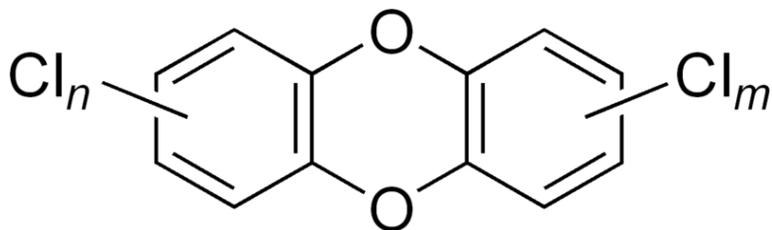


- Combustione delle stoppie in agricoltura, differenziata per tipologia di residuo
- Non necessariamente confrontabili con la classificazione in INEMAR

Fattori di emissione proposti

M	S	A	Descrizione	um	Tot 4 IPA
10	3	1	Combustione delle stoppie in agricoltura	g/kg materiale secco	0,1081
10	3	2	Combustione delle stoppie in agricoltura	g/kg materiale secco	0,1081
10	3	3	Combustione delle stoppie in agricoltura	g/kg materiale secco	0,1081
10	3	4	Combustione delle stoppie in agricoltura	g/kg materiale secco	0,1081
10	3	5	Combustione delle stoppie in agricoltura	g/kg materiale secco	0,1081

Diossine e dibenzofurani



Il termine diossine indica un gruppo di 75 congeneri di policlorodibenzo-p-diossine (PCDD) e 135 congeneri di policlorodibenzofurani (PCDF), 17 dei quali suscitano preoccupazione sotto il profilo tossicologico. Si tratta di composti organici aromatici alogenati, con proprietà chimico fisiche simili e variabili con il numero e la posizione degli atomi di cloro sostituenti.

Tossicità equivalente

Diossine	Fattore di tossicità (I-TEF)	Furani	Fattore di tossicità (I-TEF)
2,3,7,8 - TCDD	1	2,3,7,8 - TCDF	0,1
1,2,3,7,8 - PeCDD	0,5	2,3,4,7,8 - PeCDF	0,5
		1,2,3,7,8 - PeCDF	0,05
1,2,3,4,7,8 - HxCDD	0,1	1,2,3,4,7,8 - HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8 - HxCDD		1,2,3,7,8,9 - HxCDF	
1,2,3,7,8,9 - HxCDD		1,2,3,6,7,8 - HxCDF	
		2,3,4,6,7,8 - HxCDF	
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD	0,01	1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF	0,01
		1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	
OCDD	0,001	OCDF	0,001

Il congenere più tossico ed ampiamente studiato è la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (2,3,7,8 TCDD), questo costituisce il composto di riferimento per tutta la classe di questi inquinanti. Ciascun congenere delle diossine presenta un diverso livello di tossicità. Per poter sommare la tossicità di questi diversi congeneri è stato introdotto il concetto dei fattori di tossicità equivalente (TEQ) in modo da agevolare la valutazione del rischio e il controllo normativo. Ciò significa che i risultati analitici relativi a tutte le diossine che suscitano preoccupazione sotto il profilo tossicologico vengono espressi mediante un'unità quantificabile, ovvero in tossicità equivalente di TCDD (TEQ).

Macrosettore 1

Produzione di energia e
trasformazione dei combustibili

Osservazioni

- I valori medi riportati sono caratterizzabili in funzione del combustibile
- I valori sono sempre gli stessi anche tra Tier 1 e Tier 2
- Come caso specifico deve essere trattato quello della cokeria

Fattori di emissione proposti

Combustibile	INEMAR	Tier 1	Tier 2
gas di raffineria		0,5	
gas naturale (metano)	6,51 ←	0,5	0,5
gasolio	0,05		
olio combustibile	4,82 ←	2,5	
olio residuo			2,5
altri combustibili liquidi		1,5	
lignite		10	10
coke da petrolio			10
rifiuti di legna			50
legna e similari		50	50

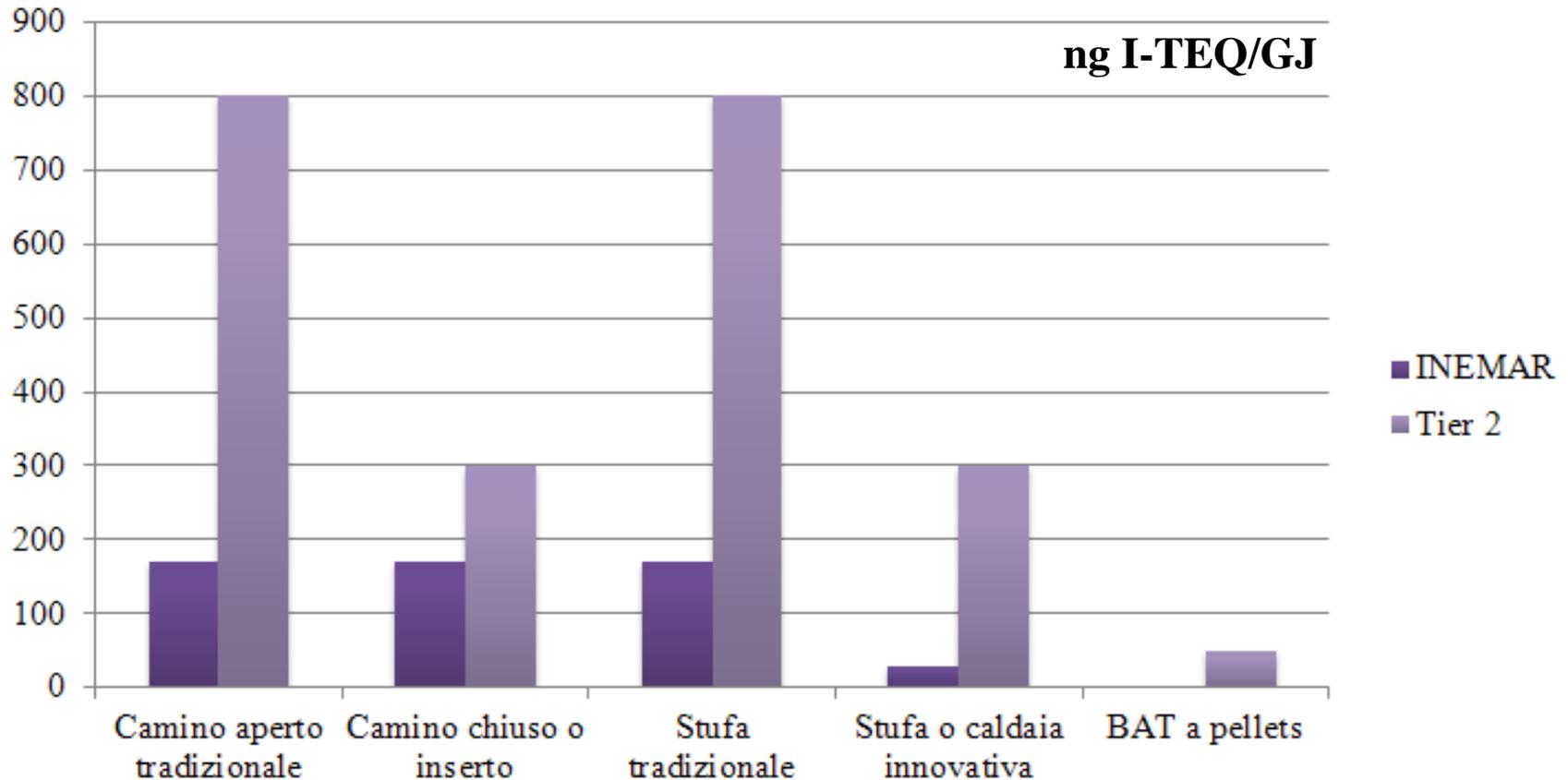
ng I-TEQ/GJ

M	S	A	Descrizione	NOME_COMBUSTIB	ng I-TEQ/t carbone	ng I-TEQ/t coke prodotto
1	4	6	Forni di cokeria	carbone per cokeria	230	295,55

Macrosettore 2

Combustione non industriale

Piccoli apparecchi a legna

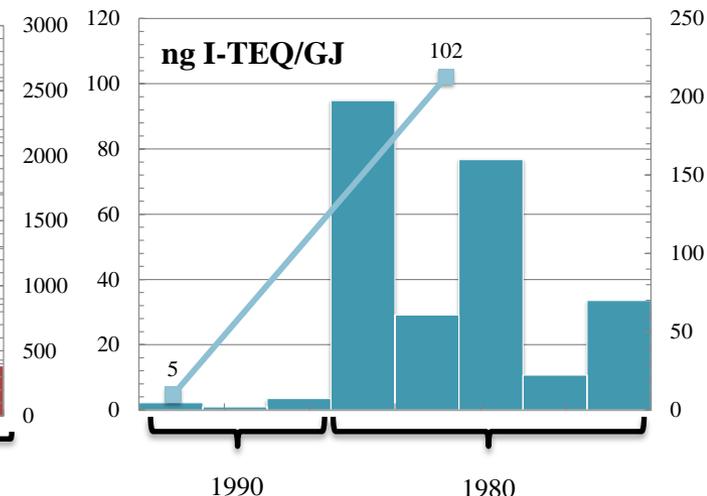
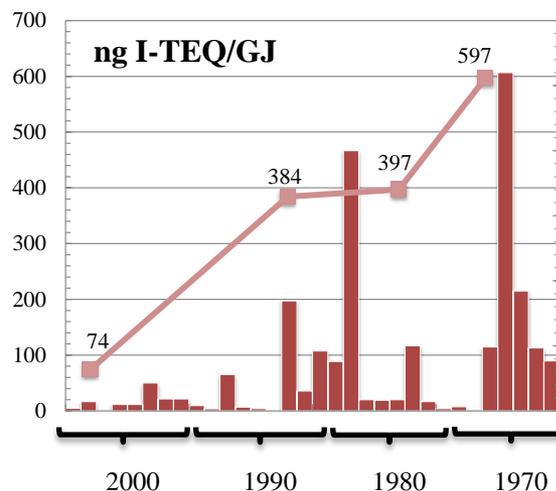
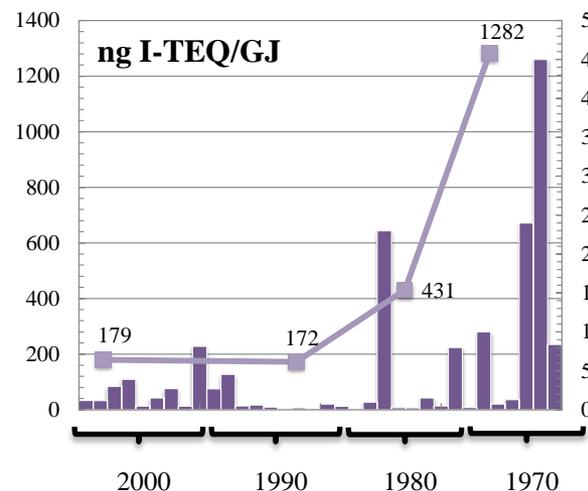


Evoluzione tecnologica degli apparecchi

piccoli apparecchi domestici (ca. 8kW)

caldaie residenziali (ca. 30 kW)

Caldaie automatiche (ca. 50 kW)



Elaborazione dati bibliografici

NERI Technical Report No, 602, 2006 Dioxin Air Emission Inventory 1990-2004

Schatowitz B, Brandt GA, Gafner F, Schlumpf E, Bzuhler R, Hasler P, Nussbaumer T, Dioxin emissions from wood combustion, *Organohalogen Compounds* 1993;11:307-10,

Schatowitz B, Brandt G, Gafner F, Schlumpf E, Bihler R, Hasler P, Nussbaumer T. Dioxin emissions from wood combustion. *Chemosphere* 1994;29(9-11):2005-13.

PfeiDer F, Struschka M, Baumbach G, Hagenmaier H, Hein KRG. PCDD/PCDF emissions from small ring systems in households. *Chemosphere* 2000;40(2):225-32.

ERMD (Emission Research and Measurement Division). Characterization of organic compounds from selected residential wood stoves and fuels. Report ERMD 2000-01, Canada; 2000.

Schleicher O, Jensen A, Blinksbjerg P, Thomsen E, Schilling B. Dioxin emissions from biomass red energy plants and other sources in Denmark. *Organohalogen Compounds* 2002;56:147-50.

Fattori di emissione proposti

Settato ma non utilizzato

ng I-TEQ/GJ

Settore	Apparecchio	Combustibile	INEMAR	Tier 1	Tier 2	
Civile	Pizzerie con forno a legna	legna e similari	500			
		altri combustibili liquidi		10		
	Caldaie	carbone da vapore	76,9			
		gas naturale (metano)		2		
		legna e similari		326		
		lignite		203		
	olio combustibile	3,9				
Residenziale	Altri sistemi (stufe caminetti cucine ecc.)	legna e similari	500			
	BAT a pellets	legna e similari			50	
	Caldaie con potenza termica < 50 MW	altri combustibili liquidi				10
		altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ..)				500
		carbone da vapore	76,9			
		gas naturale (metano)				1,5
		legna e similari				500
		olio combustibile	3,9			
	Camino aperto tradizionale	altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ..)				500
		gas naturale (metano)				1,5
		legna e similari	170			800
	Camino chiuso o inserto	legna e similari	170			300
	Stufa o caldaia innovativa	carbone per cokeria				500
		legna e similari	30			300
	Stufa tradizionale	altri combustibili liquidi				10
		altri combustibili solidi (catrame, benzolo, pece, ..)				1000
gas naturale (metano)					1,5	
legna e similari		170			800	

Macrosettore 3

Combustione nell'industria

Fattori di emissione per differenti combustibili

ng I-TEQ/t

Combustibile	INEMAR	Tier 1
altri combustibili liquidi		10
biogas	93,3	
carb. da vapore	3,2	
coke carb. foss.	34,1	
gas naturale (metano)		2
legna e similari	63	326
lignite		203
olio combust	5,4	
petcoke	3,2	
Rif. di legna	63	

Tier 1- Sono riportati valori medi classificati unicamente in funzione della tipologia del combustibile

Fattori di emissione specifici per tipologia di impianto

ng I-TEQ/t

Attività	Inemar	Tier 2
Agglomerati bituminosi	14	
Calce (incluse le industrie del ferro dell'acciaio e di paste per la carta)	28	
Contenitori di vetro	7	
Fonderie di ghisa e acciaio	1260	
Industria cartiera (processi di essiccazione)	28	
Produzione di alluminio di seconda fusione	68000	35000
Produzione di piombo di seconda fusione	4950	
Produzione di rame di seconda fusione		50000
Produzione di zinco di seconda fusione	50000	100000
Produzione di piombo di seconda fusione		8000
Vetro piano	7	

Macrosettore 4

Processi produttivi

Fattori di emissione proposti

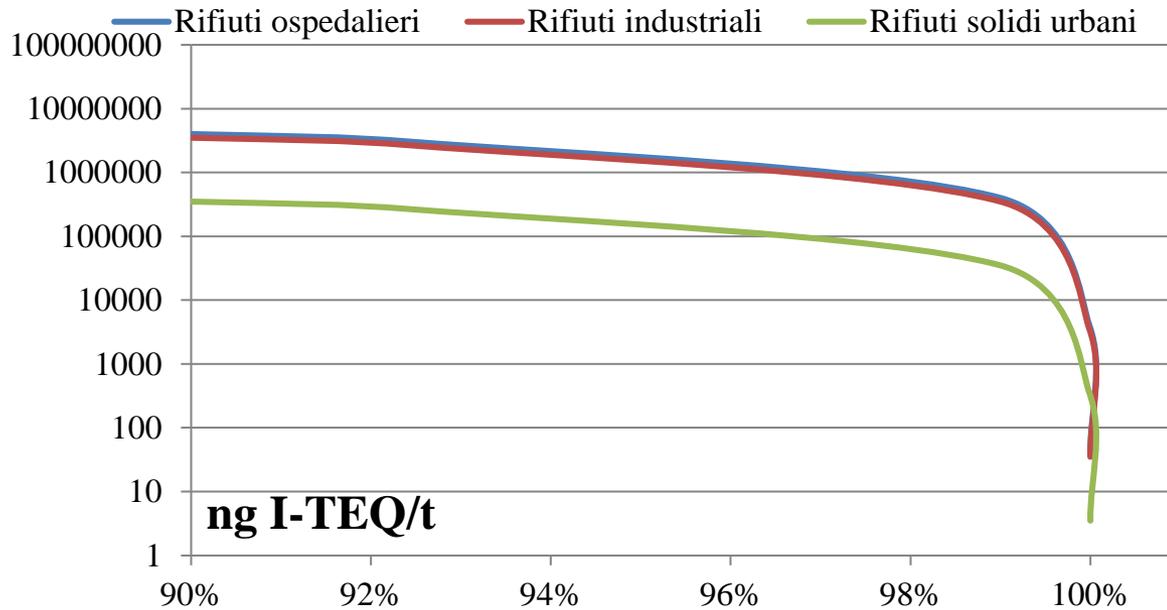
ng I-TEQ/t

M	S	A	Descrizione	Tier 2	INEMAR
4	2	3	Spillatura della ghisa	2	
4	2	6	Produzione dell'acciaio - forno basico	800	
4	2	7	Produzione dell'acciaio - arco elettrico	800	4450
4	2	9	Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	6000	

Macrosettore 9

Trattamento e smaltimento dei rifiuti

Incenerimento dei rifiuti



In Inemar 5500 ng TEQ/t per RSU e 3500 ng TEQ/t per rifiuti industriali

ng I-TEQ/t	0%	50%	70%	80%	90%	93%	99%	99,99%	99,9999%
Rifiuti ospedalieri	40000000	20000000	12000000	8000000	4000000	3000000	400000	4000	40
Rifiuti industriali	35000000	17500000	10500000	7000000	3500000	2625000	350000	3500	35
Rifiuti solidi urbani	3500000	1750000	1050000	700000	350000	262500	35000	350	3,5

Senza abbattimento

Tier 1

Fattori di emissione proposti

M	S	A	Origine	DIOX	u.m.
9	2	7	Incenerimento di rifiuti ospedalieri	3500	ng I-TEQ/t
9	2	2	Incenerimento di rifiuti industriali	3500	ng I-TEQ/t
9	2	5	Incenerimento di fanghi da trattamento di acque		ng I-TEQ/t
9	2	1	Incenerimento di rifiuti solidi urbani	350	ng I-TEQ/t
9	7	0	Incenerimento di rifiuti agricoli	10000	ng I-TEQ/t
9	9	2	Cremazione di carcasse	10000	ng I-TEQ/t

Macrosettore 10 e 11

Incendi di stoppie e boschi

Osservazioni sugli FE

Nel caso del Mac 10 i fattori del Guidebook sono gli stessi per tutte le tipologie di residui agricoli inceneriti: **0,5 µg TEQ/t**.

Maggiori approfondimenti sono invece necessari alla verifica dei valori già presenti in INEMAR per il MAC11 (incendi non boschivi 11.3.2 FE = ~~40000 g~~ **40000 ng TEQ/ha**, per incendi boschivi 11.3.1 FE = **40000 ng TEQ/ha**).

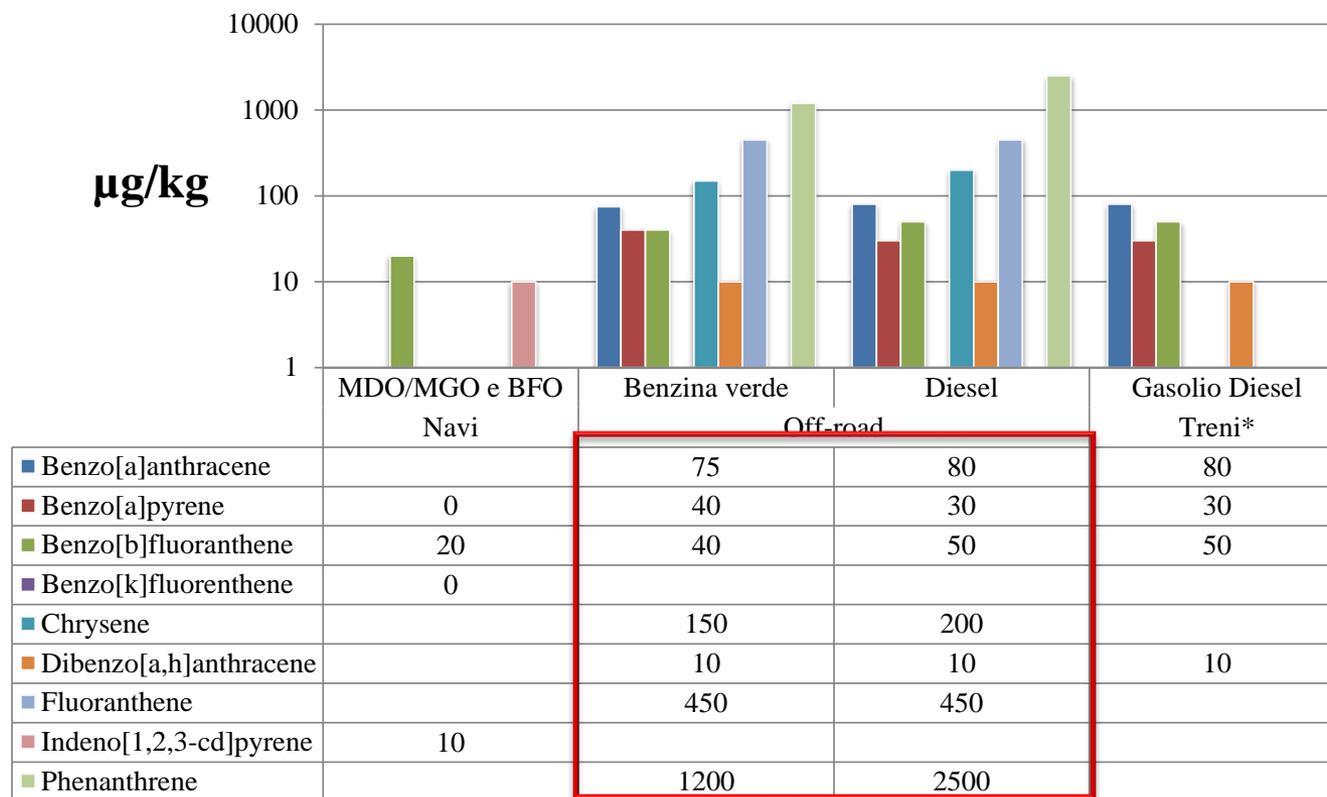
Il fattore di emissione negli incendi boschivi è attualmente equivalente a **0,571 ng I-TEQ/kg** (ipotizzando per la Lombardia una densità forestale di 70 t/ha) rispetto a dati di letteratura scientifica come quelli di Gullet di **18,59 ng I-TEQ/kg**.

Gullett, B; Touati, A. (2003) PCDD/F emissions from forest fire simulations. Atmospheric Environment 37:803-813.

Trasporti

Marittimi, su strada e off-road

Off-road, traffico ferroviario e marittimo



* Per gli inquinanti mancanti si raccomanda di utilizzare gli FE del settore trasporti definiti per gli HDV di vecchia generazione del capitolo del traffico su strada

Nel caso del traffico marittimo erano presenti fattori di emissione per gli IPA che nell'aggiornamento sono stati rimossi aggiungendo però quelli delle dissine (MDO/MGO 0,13 mg TEQ/t e per BFP 0,47 mg TEQ/t).

Traffico su strada

IPA	µg/km						ppm wt.	
	Gasoline PC & LDV		Diesel PC & LDV		HDV	LPG	Tyre wear	Brake wear
	Convent.	Euro I & on	DI	IDI	DI			
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1,03	0,39	0,7	2,54	1,4	0,01		
Benzo[k]fluorenthene	0,3	0,26	0,19	2,87	6,09	0,01	0	0,62
Benzo[b]fluoranthene	0,88	0,36	0,6	3,3	5,45		0	0,42
Benzo[a]pyrene	0,48	0,32	0,63	2,85	0,9	0,01	3,9	0,74
	pg I-TEQ/km							
DIOX	31,5			1,5	10,9			

Conclusioni

- Nel caso degli IPA è necessaria una caratterizzazione di ciascuna specie (es: BaP) dal momento che la stima degli IPA totali potrebbe portare al confronto di valori ottenuti con ipotesi molto differenti
- Fattori di emissione per gli IPA-CLRTAP (BaP, IcdP, BbF, BkF) sono disponibili sulle linee guida EMEP
- Per altri IPA i dati si concentrano principalmente nel settore dei trasporti su strada ed off-road
- In alcuni casi la stima delle emissioni di BaP per gli strumenti modellistici è effettuata tramite profili di speciazione dei COV. La armonizzazione delle stime quindi è comunque necessaria nel caso di stima di differenti IPA
- Per le diossine le unità di riferimento sono sicuramente legate alla I-TEQ e comprendono anche le emissioni di benzofurani