



Utilizzo energetico del legno: tecnologia, emissioni e qualità dell'aria



Enrico Brizio
Silvio Cagliero

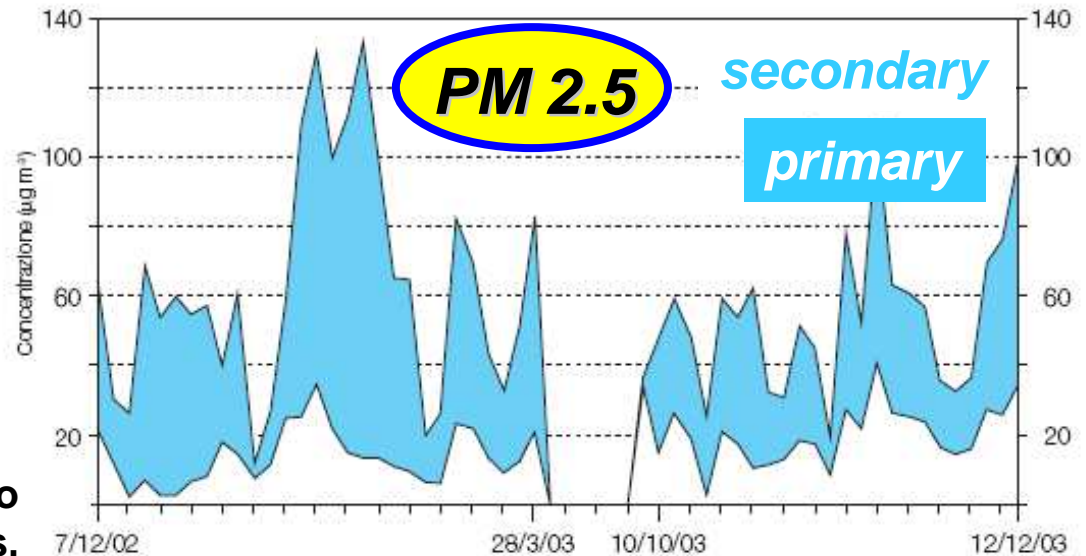


Aspetti ambientali focali per le bio-energie

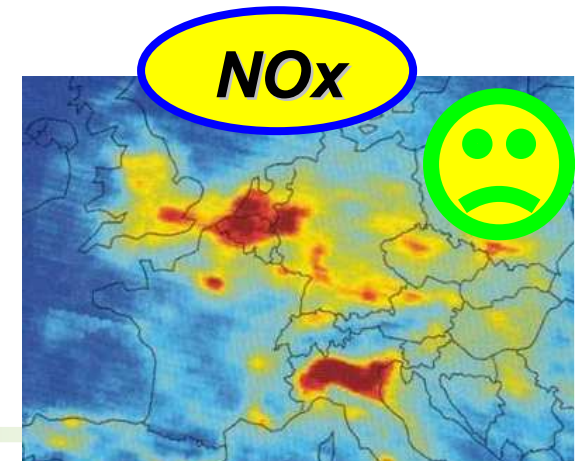
- ✗ compliance with air quality limits;
- ✗ limitation/control of emissions;
- ✗ use of B.A.T.;
- ✗ positive emissive balance;
- ✗ energy efficiency (also thermal!);
- ✗ origin and transport of biomass;
- ✗ odors (& VOC);
- ✗ global warming related issues;
- ✗ environmental aspects referring to biomass production (water, fertilizers, use of territory, nitrate directive);
- ✗ kind of economic subsidy.

- *anaerobic digestion (manure, energy crops, bio-waste)*
- *wood combustion (steam/organic Rankine cycle)*
- *wood gasification*
- *vegetable oil /animal fats engines*

Fig. 4 - COMPONENTE PRIMARIA E SECONDARIA DEL PM_{2.5}. STAZIONE DI FONDO URBANA DI MILANO, VIA MESSINA (inverno 2002-2003)



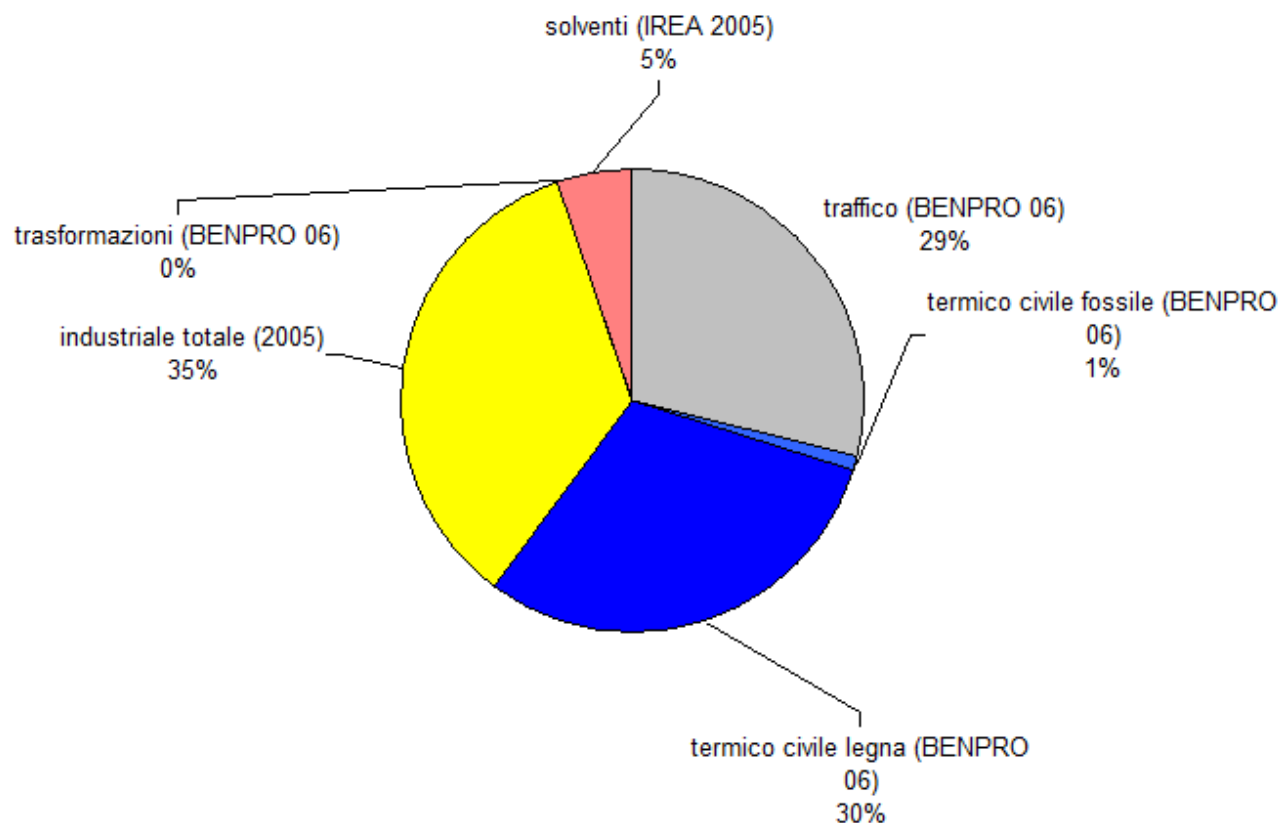
Giugliano, Lonati. Polveri fini in atmosfera: la componente secondaria. 2005





Inventario provinciale delle emissioni (PM10 primari)

PM10 primario (2005-06)



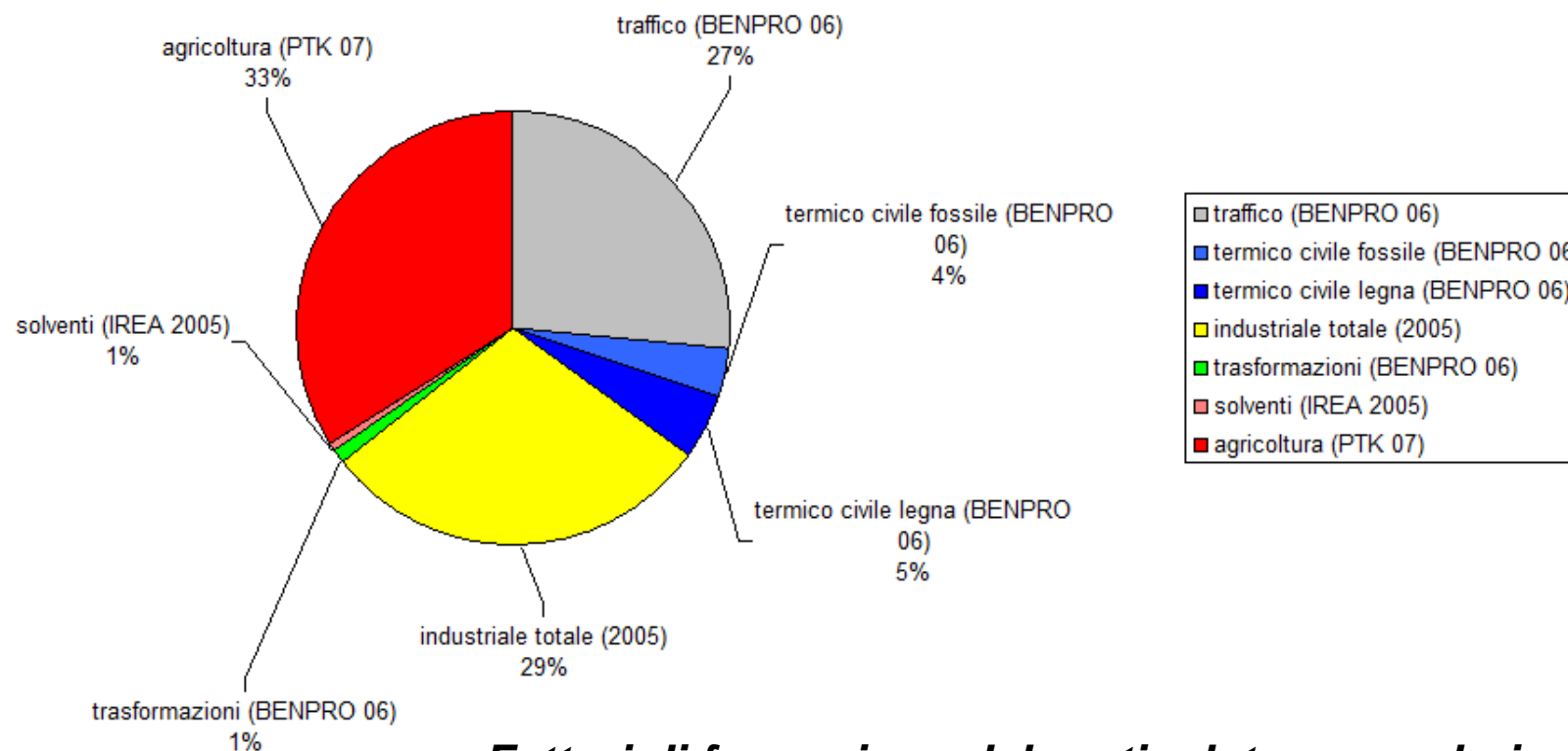
**Consumo di biomassa in Pv di CN: 352000 t/y
(dato BEnPro 2006) ~ 975 GWh**



Inventario provinciale delle emissioni (PM10 I+II)

PM10 primario e secondario (2005-06)

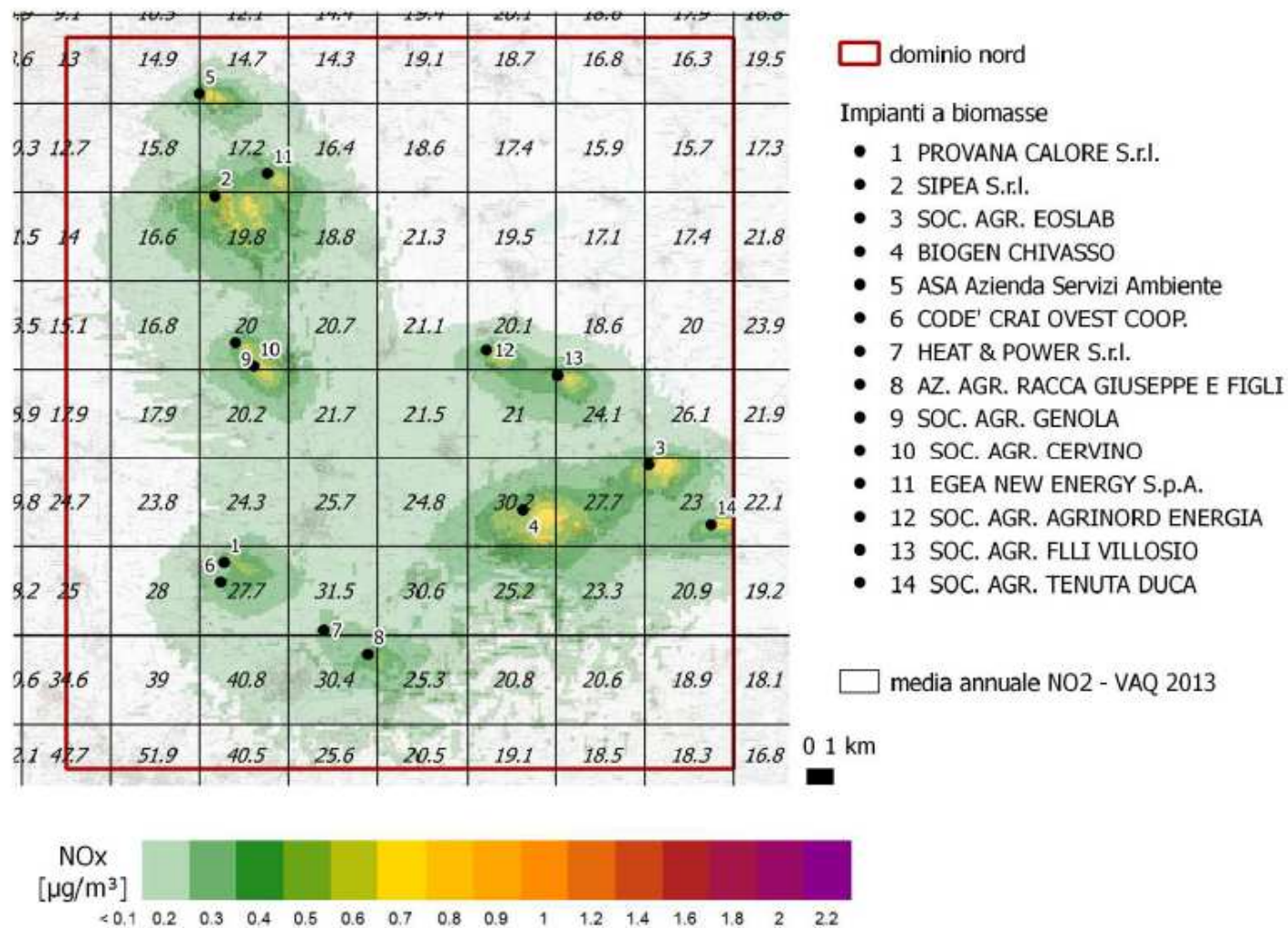
NB: il dato di particolato secondario stimato si riferisce alla quota "inorganica", ovvero ai contributi derivanti da NO_x, SO_x e NH₃



Fattori di formazione del particolato secondario:
SO₂ 0.54; NO_x 0.88; NH₃ 0.64.



Effetti sulla qualità dell'aria: modellizzati

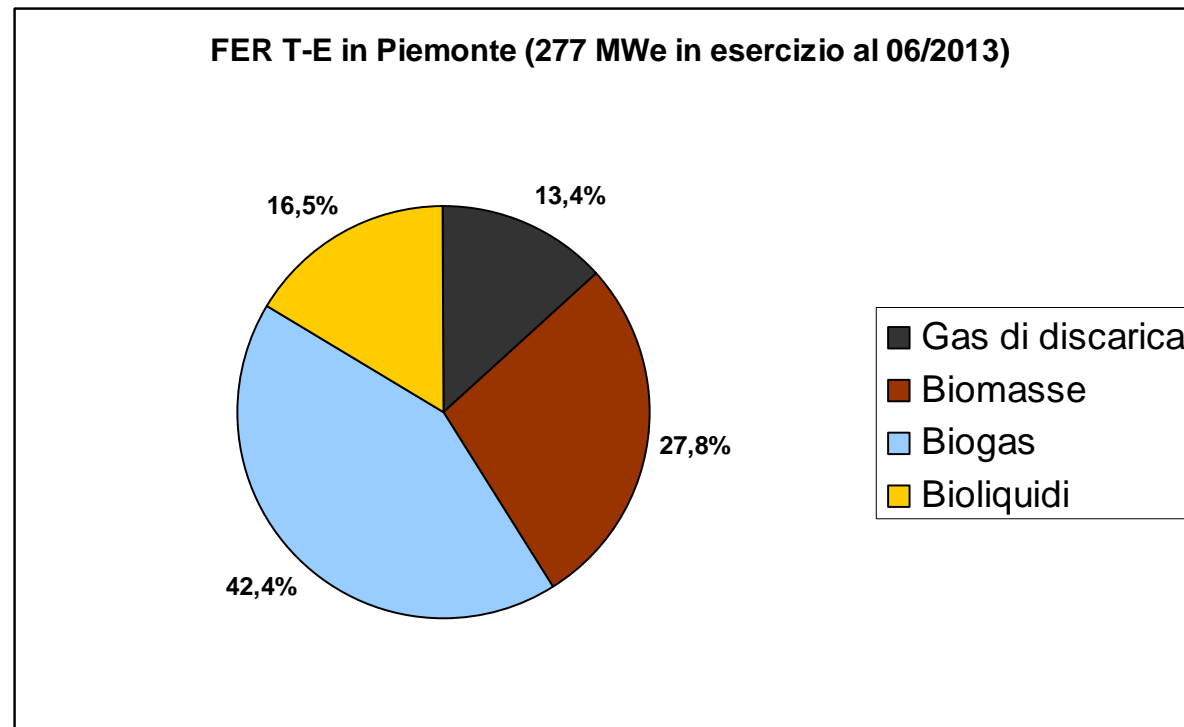


Fonte: ARPA Piemonte relazione modellistica sulle ricadute degli impianti a biomasse nella provincia di torino

Pianificazione regionale: limitazione delle emissioni da FER

- ✘ DGR 28/09/2009 n. 30-12221: criteri autorizzativi relativi alla filiera del legno;
- ✘ Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 6 del 7 marzo 2005 e smi ha approvato il "Piano d'Azione per la riduzione del rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme in materia di qualità dell'aria"; → *Bilancio ambientale positivo*
- ✘ DGR 4/08/2009, n. 46-11968: Piano Stralcio per il riscaldamento ambientale e il condizionamento;
- ✘ Deliberazione della Giunta Provinciale n. 149 del 21 aprile 2009: Linee Guida per l'Utilizzazione Energetica delle Biomasse Vegetali;
- ✘ DGR del 30 gennaio 2012, n. 6-3315: individuazione delle aree e dei siti non idonei all'installazione ed esercizio di impianti per la produzione di energia elettrica alimentati da biomasse ai sensi del DM del 10/09/2010.

FER termoelettriche in Piemonte: dati salienti



Fonte	Potenza (MWe)									
	PIEMONTE	AL	AT	BI	CN	NO	TO	VC	VCO	
Gas di discarica	37,038	2,512	0,34	1,566	7,427	3,447	21,746	0	0	
Biomasse	76,892	2,626	0	3,3	12,919	1,541	22,956	33,55	0	
Biogas	117,469	37,182	2,107	1,635	23,516	9,298	31,296	12,435	0	
Bioliquidi	45,608	5,24	0	6,619	5,317	0,84	23,206	2,945	1,441	
Totale	277,007	47,56	2,447	13,12	49,179	15,126	99,204	48,93	1,441	



FER: prestazioni ambientali a confronto

	parco termoelettrico IT (*)	biomassa (combustione diretta)	biomassa (gassificazione)	motore olio veg / grassi animali	digestione anaerobica → biogas
efficienza elettrica	38%	18%	25÷35%	42%	40%
efficienza termica	-	60% (1)	35% (1)	40% (1)	40% (1)
CO ₂ (g/kWh _e)	746	virtually 0	virtually 0	up to 1500 (6)	250-600 (9)
NO _x (g/kWh _e)	0.498	1.1÷5.5 (2)	0.45÷1.44 (4)	0.56 (7)	1.63 (10)
SO _x (g/kWh _e)	0.525	0.2	0.1	0.14	0.18 (11)
PM (g/kWh _e)	0.024	0.11÷0.33 (3)	0.045÷0.072 (5)	0.056 (8)	~0
(*) ENEL report 2009			(6) in dipendenza dalle aree di coltivazione		
(1) spesso disapplicato			(7) SCR: < 200 mg/Nm ³ O ₂ @ 5%		
(2) < 100÷500 mg/Nm ³ O ₂ @ 11%			(8) catox + SCR: < 20 mg/Nm ³ O ₂ @5%		
(3) < 10÷30 mg/Nm ³ O ₂ @ 11%			(9) emissioni indirette GHG		
(4) < 100÷320 mg/Nm ³ O ₂ @ 5%			(10) < 500 mg/Nm ³ O ₂ @ 5%		
(5) < 10÷16 mg/Nm ³ O ₂ @ 5%			(11) < 50 mg/Nm ³ O ₂ @ 5%		

principali argomenti di discussione:

- ✗ emissioni indirette di CO₂ dalle FER (anche quando virtualmente assenti);
- ✗ emissioni di NO_x e PM dalle FER;
- ✗ efficienza energetica e recupero dell'energia termica disponibile



Costi esterni: una spinta verso la minimizzazione delle emissioni da FER

	parco termoelettrico IT (*)	biomassa (combustione diretta)	biomassa (gassificazione)	motore olio veg / grassi animali	digestione anaerobica → biogas
efficienza elettrica	38%	18%	25÷35%	42%	40%
efficienza termica	-	60% (1)	35% (1)	40% (1)	40% (1)
CO ₂ (euro/MWh _e)	14,9	virtually 0	virtually 0	0÷30	5÷12
NO _x (euro/MWh _e)	4,3	9.5÷47.3	3.9÷12.4	4,8	14,0
SO _x (euro/MWh _e)	4,9	1,9	0,9	1,3	1,7
PM (euro/MWh _e)	1,2	5.7÷17.2	2.34÷3.7	2,9	~0
tot (euro/MWh _e)	25,3	17.1÷66.4	7.14÷17	9÷39	20.7÷27.7

Approccio dei bilanci emissivi a livello locale

Costi esterni medi italiani:

NH₃: 17000 €/t;

NO_x: 8600 €/t;

PM_{2.5}: 52000 €/t;

SO₂: 9300 €/t;

VOC: 1600 €/t;

CO₂: 19 €/t

Fonte: Clean Air for Europe (CAFE) Programme, Damages per tonne emission of PM_{2.5}, NH₃, SO₂, NO_x and VOCs from each EU25 Member State



Combustione e gassificazione: pro e contro

Combustione

- tecnologia matura
- tecnologia adatta ad alimentazioni di legno molto variabili in termini di umidità e pezzatura
- elevata disponibilità (h_{eq}/y)
- ✗ bassa resa in termini elettrici
- ✗ energia termica cogenerabile a temperature non elevate
- ✗ emissioni di polveri potenzialmente elevate

gassificazione

- maggiore rendimento elettrico
- possibilità tecnologica di elevato contenimento alle emissioni
- ✗ vincoli di umidità e granulometria in alimentazione
- ✗ efficienza di conversione energetica legno/syngas
- ✗ complicazione impiantistica
- ✗ disponibilità di impianto
- ✗ vincoli di clean up del syngas e di contenuto di tar
- ✗ gestione dei transitori/torcia
- ✗ produzione di rifiuti



Use of GE, TG and chemicals production: TAR as a nuisance

typical levels of Tar in biomass gasifier by type	
gasifier type	average tar concentration (g/Nm ³)
downdraft	< 1,0
fluidized bed	10
updraft	50

upper limits for particles and tar		
application	particulates (mg/Nm ³)	Tar (mg/Nm ³)
direct combustion	no limit specified	no limit specified
gas engine	30	50-100
gas turbine	0,1-120	0,05-5
syngas application	0,02	0,1
pipeline transport		50-500 for compressor
fuel cell		< 1

TABLE 4.3 Typical Composition of Tar

Component	Weight (%)
Benzene	37.9
Toluene	14.3
Other 1-ring aromatic hydrocarbons	13.9
Naphthalene	9.6
Other 2-ring aromatic hydrocarbons	7.8
3-ring aromatic hydrocarbons	3.6
4-ring aromatic hydrocarbons	0.8
Phenolic compounds	4.6
Heterocyclic compounds	6.5
Others	1.0

Source: Adapted from Milne et al., 1998.

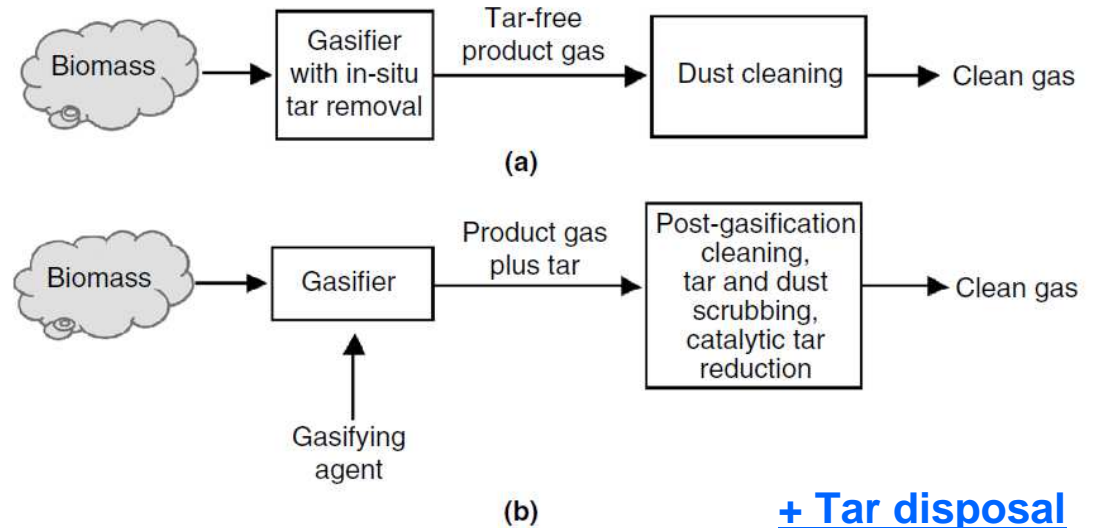


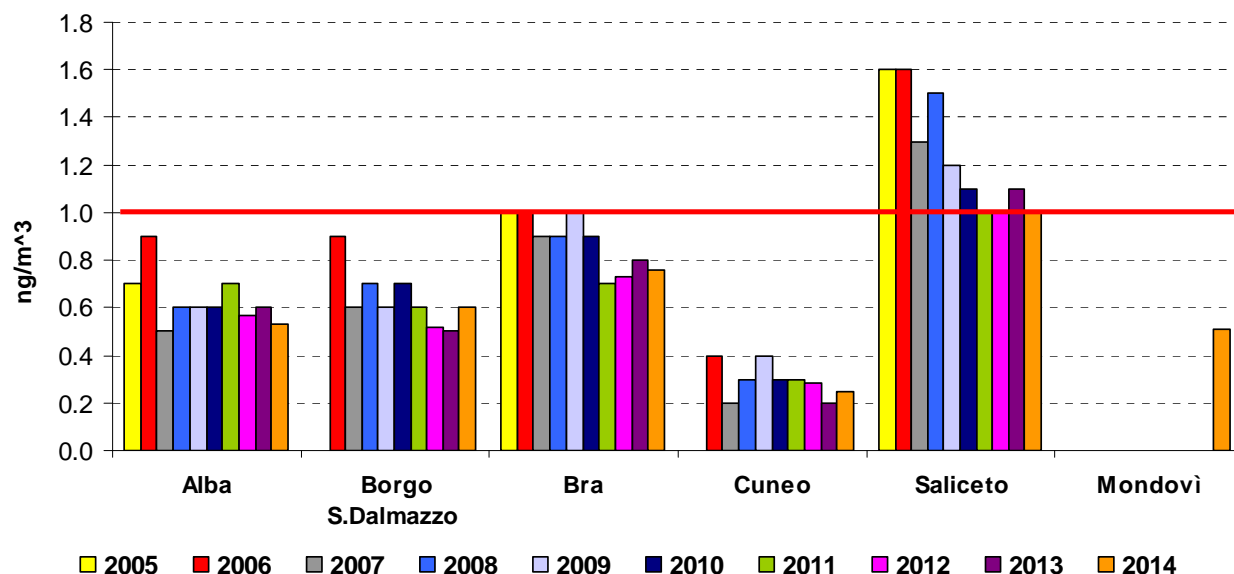
FIGURE 4.3 (a) In-situ tar reduction. (b) Post-gasification tar reduction.



Effetti sulla qualità dell'aria: misurati

Benzo(a)pirene

La figura 39 riporta le medie annuali per tutte le centraline nelle quali il parametro viene monitorato con disponibilità dei dati almeno pari al 90%. Le concentrazioni registrate nel 2013 sono poco differenti da quelle dell'anno precedente; soltanto per la centralina di Saliceto il valore risulta superiore a quello previsto dalla normativa.



Misure su motore syngas



CAMPIONE	2013/30117	
Verbale	EM 61/13/0606	
Punto di emissione	1 (motore 1)	
PARAMETRO	Risultato analitico (ng/Nm ³)	Recupero % standard deuterati
Benzo(a)Antracene	5,55	72
Benzo(b)Fluorantene	4,87	
Benzo(k)Fluorantene	1,69	
Benzo(j)Fluorantene	8,53	
Benzo(a)Pirene	1,64	57
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	0,933	
Dibenzo(a,h)Antracene	< 0,0105	124
Dibenzo(a,l)Pirene	< 0,0163	
Dibenzo(a,e)Pirene	< 0,0163	
Dibenzo(a,i)Pirene	1,14	29
Dibenzo(a,h)Pirene	< 0,0163	
IPA totali (ng/Nm ³)	24,4	
IPA totali (mg/Nm ³)	0,0000244	

Origine? Soluzioni?



Conclusioni: la via alla sostenibilità è tecnologica

La produzione di energia da fonte rinnovabile, da un lato motore di innovazione e sostenibilità globale, può comportare rilevabili effetti ambientali locali, quali il peggioramento della qualità dell'aria, in particolare in regioni delicate come la pianura padana. I punti chiave per la sostenibilità di tali soluzioni energetiche sono:

x perseguimento di **bilanci emissivi positivi** o neutri sulla scala locale (impiego dell'energia termica cogenerabile, scelte coerenti di dimensione e localizzazione degli impianti)

teleriscaldamento,
utenze termiche industriali

x B.A.T. → **tecniche di abbattimento & scelte di processo**

SNCR, SCR, ossidazione termica e catalitica, filtrazione, scrubbing
Umidità e granulometria della biomassa, essiccazione, pulizia del syngas, tipologia del motore (Otto/Diesel)

x **prospettive pianificatorie:** filiera corta, approccio di espianto sostenibile, ricaduta locale dei sussidi economici

***Grazie
dell'attenzione!***

Arpa Piemonte - Dipartimento Provinciale di Cuneo





Pianificazione regionale: vincoli

Nel caso di impianti di cogenerazione alimentati con biomassa solida o liquida, o con biodiesel, o con biogas individuati alle lettere h), i), n) del paragrafo 1, sezione 2, parte I dell'Allegato X alla Parte Quinta del d.lgs. 152/2006, devono essere rispettati i seguenti valori limite:

$$\eta_{ee} \geq 15 \%$$

$$FE_{et}(NO_x) \leq 350 \text{ mg di } NO_x \text{ (espressi come } NO_2) / kWh$$

$$FE_{et}(PT) \leq 20 \text{ mg di particolato totale / kWh}$$

Inoltre le condizioni di esercizio reali dell'impianto cogenerativo devono permettere il rispetto, su base annua, dei seguenti valori degli indici IRE e LT (*)

$$IRE > 0$$

$$LT > 0,5 \text{ per impianti di cogenerazione con } \eta_{ee} \leq 0,38 (\%)$$

$$LT > (1 - \eta_{ee} / 0,75) \text{ per impianti di cogenerazione con } \eta_{ee} > 0,38 (\%)$$



ALLEGATO 2

Sezione A. Requisiti minimi per generatori di calore alimentati a biomassa solida installati in zona di piano

Potenza termica nominale-complessiva	Rendimento in condizioni nominali	Polveri totali (valori medi orari mg/Nm ³ 11% O ₂ fumi secchi)	Tecnologie di contenimento (esempio)	NO _x (valori medi orari - mg/Nm ³ 11% O ₂ fumi secchi)	Tecnologie di contenimento (esempio)
35 ≤ P _n (kWt) ≤ 3000	35 ≤ P _n (kWt) ≤ 300 η ≥ 67+6log(P _n) 300 < P _n (kWt) ≤ 3000 η ≥ 82%	30	Filtro a tessuto o Precipitatore Elettrostatico	400	Tecnologie primarie per la riduzione degli NO _x (1)
3000 < P _n (kWt) ≤ 6000	η ≥ 82%	30	Filtro a tessuto o Precipitatore Elettrostatico	300	Tecnologie primarie per la riduzione degli NO _x (1)
6000 < P _n (kWt) ≤ 20000	η ≥ 82%	30 10(*)	Filtro a tessuto o Precipitatore Elettrostatico	400 200 (*)	Tecnologie primarie e/o secondarie per la riduzione degli NO _x (2)

(*) Valori medi giornalieri

Il presente documento individua, per i Comuni inseriti in Zona di Piano, i requisiti minimi, in termini di sfruttamento della cogenerazione, al di sotto dei quali il territorio in questione non si ritiene idoneo ad accogliere l'impianto in questione. Di seguito sono elencati i citati requisiti minimi:

Filiera ligno-cellulosica

- Rispetto di un valore di PES(*) > 0 %

Filiera biomassa liquida

- Rispetto di un valore di PES(*) > 10 %
- Rispetto di un valore di LT(*) > 0,15

Filiera biogas

- Rispetto di un valore di PES(*) > 0 %
- Rispetto di un valore di LT(*) > 0,15
- Idonea copertura di tutte le vasche di stoccaggio dei prodotti in ingresso (ad es. liquami zootecnici) e in uscita (ad es. digestato) dall'impianto di produzione e valorizzazione energetica del biogas, con il recupero dei gas emessi anche dopo la fase di digestione in modo da minimizzare la massa dei gas emessi direttamente in atmosfera durante il ciclo

Resta comunque ferma l'applicazione delle norme nazionali e regionali vigenti ai fini del contenimento delle emissioni in atmosfera ed in particolare:

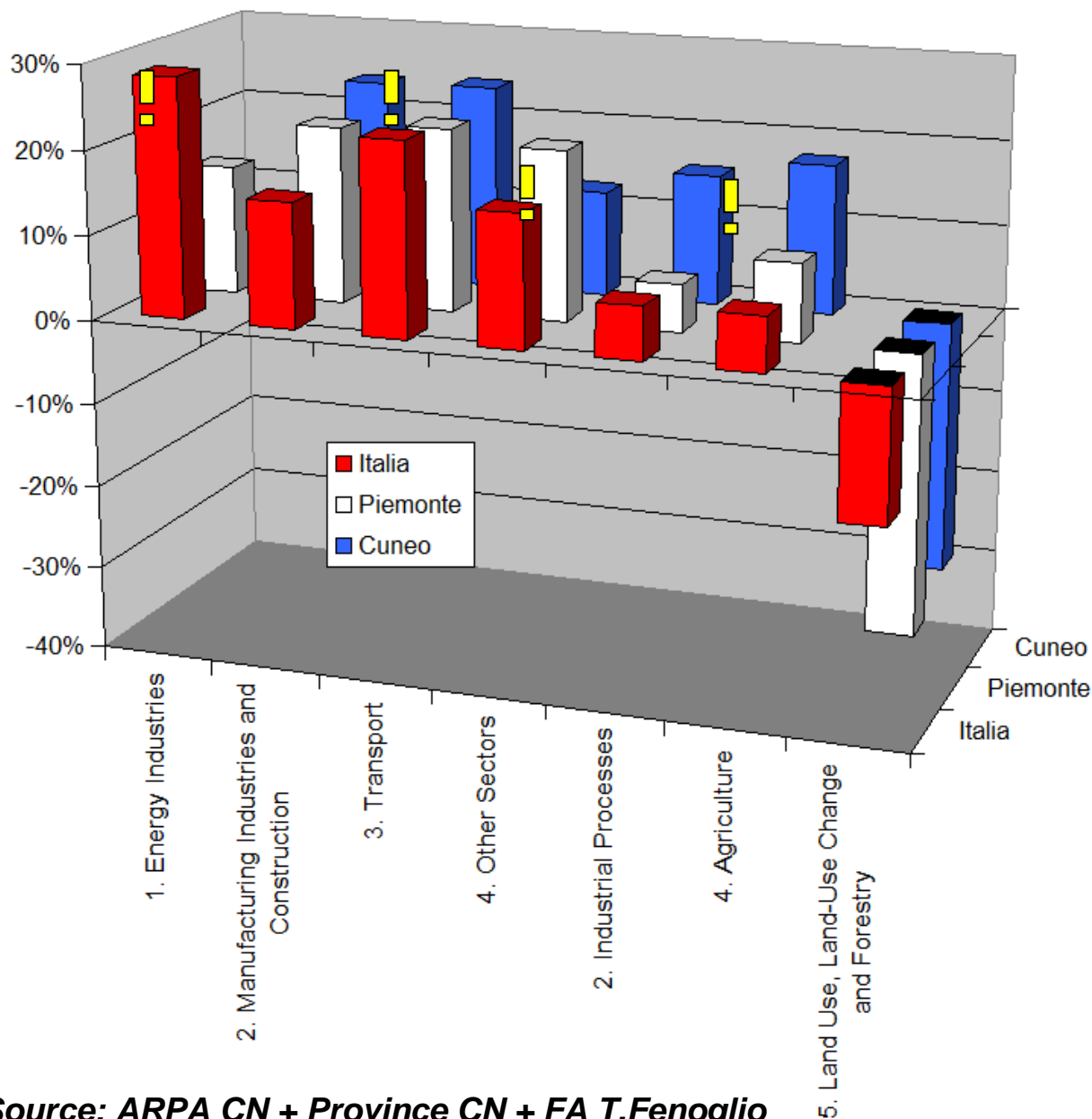
- l'applicazione, nei casi previsti, di quanto disposto dalla deliberazione 4 agosto 2009, n. 46-11986 "Aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria - Stralcio di piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento e disposizioni attuative in materia di rendimento energetico nell'edilizia ai sensi dell'articolo 21, comma 1, lettere a) b) e c) della legge regionale 28 maggio 2007, n. 13 "Disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia";
- il perseguimento di un bilancio ambientale positivo e l'obbligo dell'applicazione della migliore tecnica e tecnologia disponibile e, ove possibile, delle tecnologie emergenti (d.g.r. 11 novembre 2002, n. 14-7623)



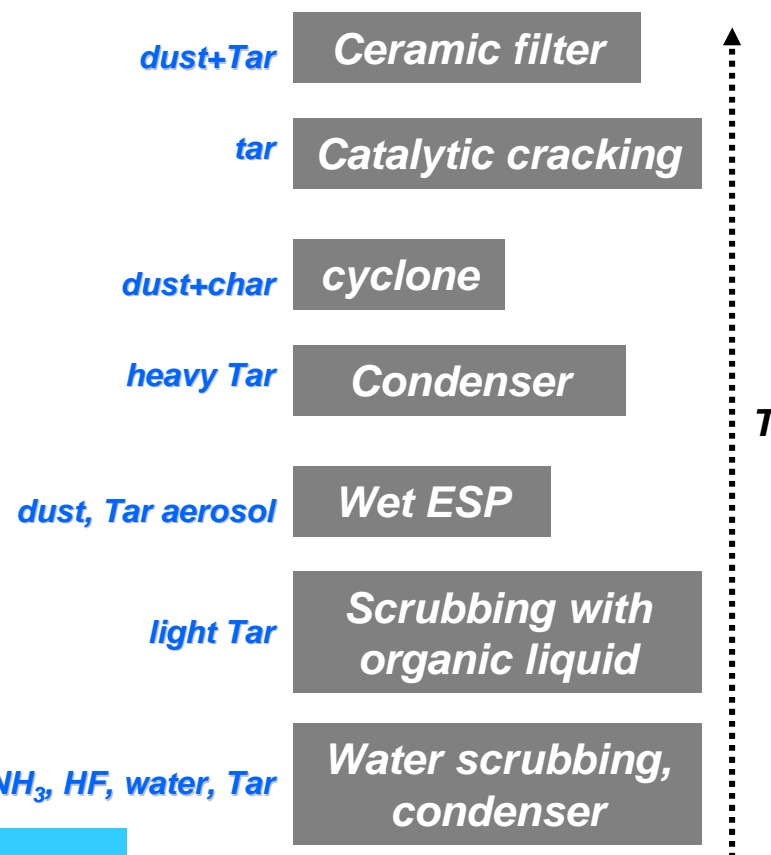
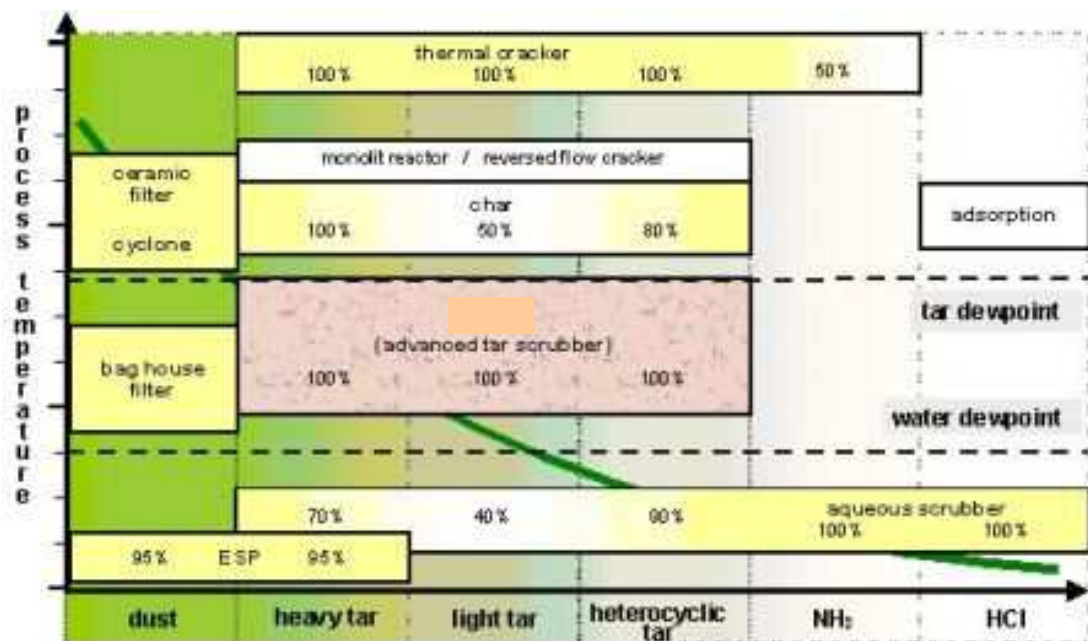
CO₂: comparison with regional and national scenarios

Table 3. Emission inventory for the Province of Cuneo

	CO ₂ (kt/y)	NH ₃ (ty)
civil heating plants (fossil)	920	0
civil heating plants (wood)	0	0
industrial heating plants	743	0
transformation	510	0
traffic	1.778	118
industrial direct combustion	272	0
process	1.614	19
solvents	0	0
agriculture/livestock	1.305	17.020
total	7.142	17.158



Tar post-gasification cleaning: a quick overview and possible targets



- ✗ separate removal of dust, Tar, NH₃ and HCl;
- ✗ avoid Tar in contact with water;
- ✗ facilitate Tar recovery;
- ✗ avoid fouling in equipment and piping (increase reliability and availability);
- ✗ remove of condensable tar;
- ✗ avoid energy wastes;

Recent results
 Tar: 20 g/Nm³ → < 200 mg/Nm³
 Tar dew point: >250°C → < 5°C