

Combustione di sarmenti di vite e cippato forestale: emissioni da una caldaia da 50 kW dotata di elettrofiltro



Gianni Picchi
CNR-IVALSA



Andrea Cristoforetti e Silvia Silvestri
Fondazione Edmund Mach



Giuseppe Toscano
Comitato Termotecnico Italiano



Progetto BIOTEC



Obiettivi: molteplici, ma tutti riconducibili alla **verifica dell'idoneità di una biomassa agricola, gli scarti di potatura della vite, all'impiego come combustibile**

Articolazione delle prove:

- Individuazione dei combustibili da testare (condizionamento)
- Messa a punto del processo in caldaia di taglia medio-piccola
- Conduzione dei test
- Individuazione delle criticità e dei possibili correttivi
- Analisi dei risultati



Cippato

Sarmenti

Pellet legno

Pellet vite

Le biomasse testate



Cippato ottenuto da piante di abete intere



Sarmenti di vite condizionati con macchina trincia-caricatrice



La produzione di biomassa



Biomassa	Massa volumica kg/m ³	Ceneri % s.s.
Sarmenti (filtro OFF)	132.9	3.8
Sarmenti (filtro ON)		
Sarmenti da biologico	nd	nd
Mix	nd	nd
Cippato	250.4	3.6
Pellet vite	723.3	2.1
Pellet legno	723.3	0.7

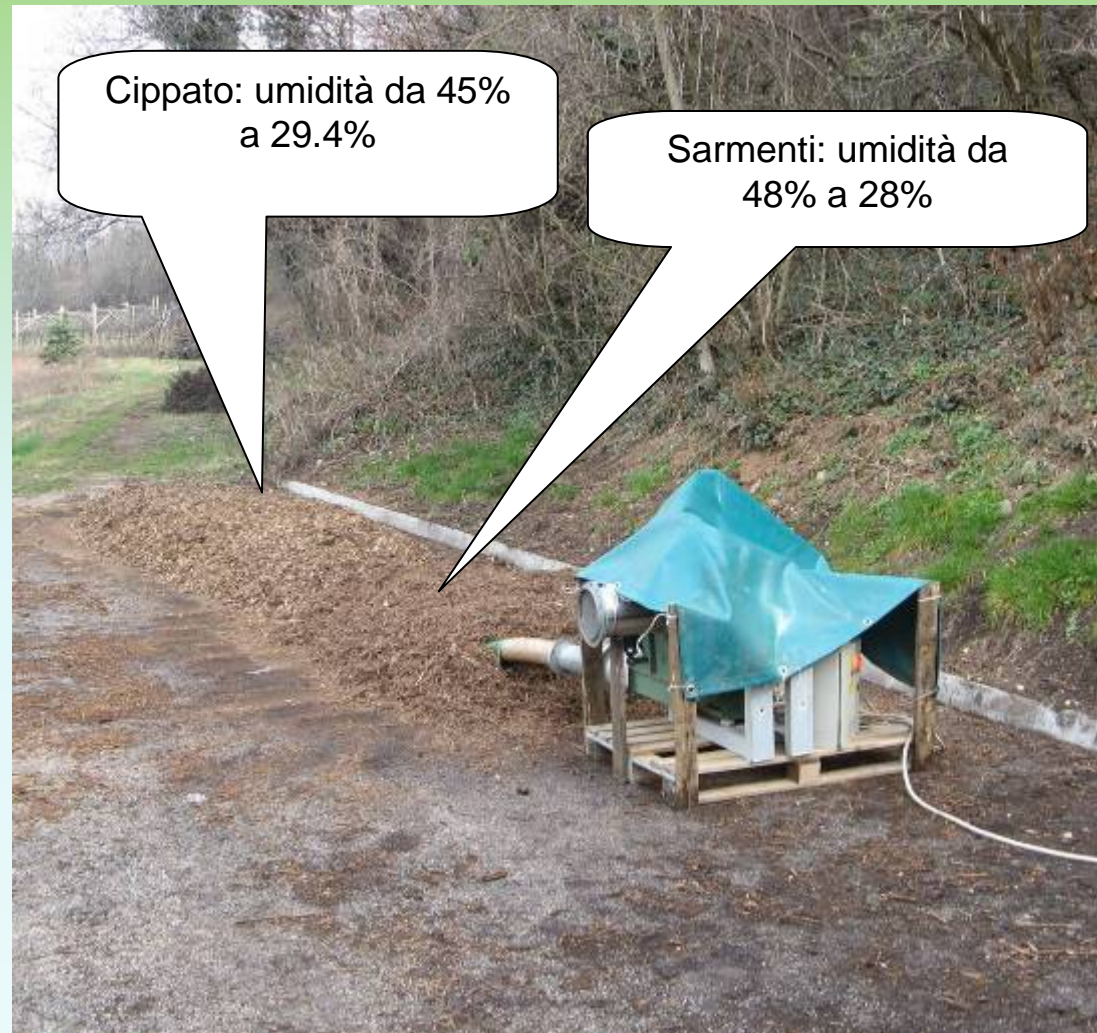
Caratteristiche delle biomasse



		Sarmenti	Cippato	Pellet vite	Pellet legno
PCI	kcal/kg	3589	3277	4066	4172
PCI	MJ/kg	15.02	13.7	17.02	17.5
PCS	kcal/kg	3868	3516	4404	4512
PCS	kJ/kg	16.2	14.7	18.4	18.9
PCI	kcal/kg s.s.	4256	4446	4202	4403
PCI	MJ/kg s.s.	17.8	18.6	17.6	18.4
PCS	kcal/kg s.s.	4586	4770	4551	4762
PCS	MJ/kg s.s.	19.2	20	19.1	19.9

Stoccaggio in cumulo coperto con geotessile (3-5 mesi)

Biomassa	Umidità % t.q.
Sarmenti (filtro OFF)	27.55
Sarmenti (filtro ON)	22.57
Sarmenti da biologico	23.44
Mix	25.97
Cippato	29.4
Pellet vite	3.47
Pellet legno	6.99



Disidratazione mediante insufflazione aria (2 settimane)

Caldaia a cippato, 50 kW, griglia mobile



Alimentazione automatica



Aspiratore fumi



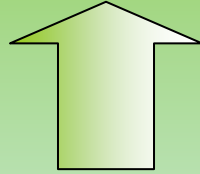
Scambiatore di calore



Filtro elettrostatico

L'impianto di combustione

Analisi fumi



no filtro

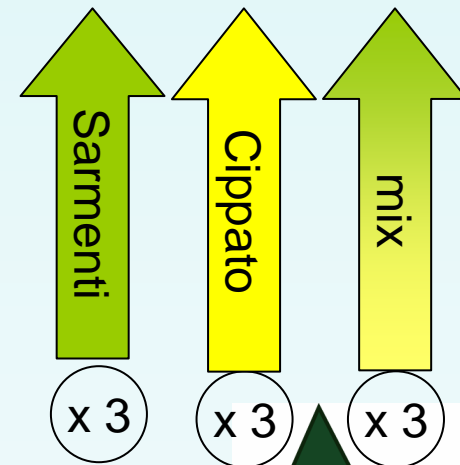
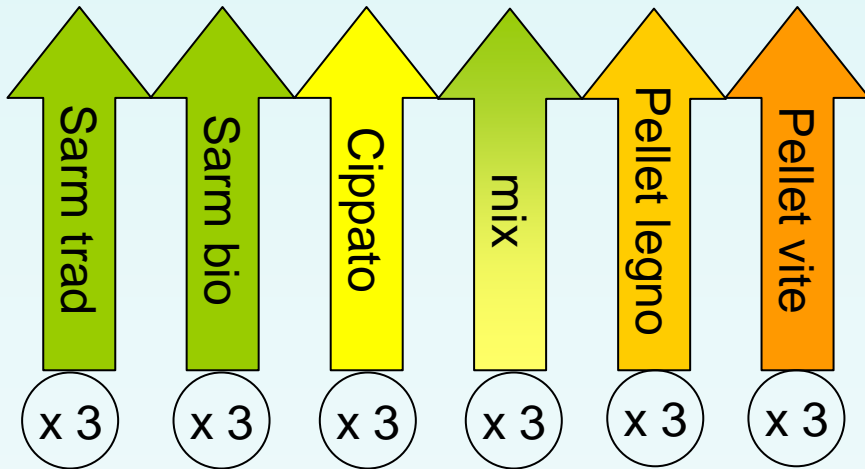
Filtro OFF
6 combustibili

Filtro ON
3 combustibili

Analisi fumi



elettrofiltro



Le tesi allo studio



CNR-IVALSA
TREES AND TIMBER INSTITUTE

Biomasse

Umidità
PCI – PCS
Metalli pesanti



Fumi

Parametri allegato I parte
V D.Lgs. 152/06
COT, CO, NO₂, SO₂,
polveri totali

Metalli pesanti

Ceneri

Metalli pesanti

I parametri indagati

Analisi dei fumi: condizioni di prova

Biomassa	Sarmenti		Sarmenti da biologico	Mix		Cippato		Pellet vite	Pellet legno
	OFF	ON		OFF	ON	OFF	ON		
Elettrofiltro	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF
Portata mc/h	350	337	350	369	286	280	293	318	293
Portata norm. Nm ³ /h	120	210	223	235	189	190	197	205	193
Temperatura °C	136	141	127	128	112	102	112	127	119
Ossigeno %	11.2	11.5	11.5	11	11.8	11.3	11.3	10.7	12

300

120

11

* 0°C / 1013 m.a

Analisi dei fumi

Parametri D.Lgs. 152/06 - combustione biomasse

Valori in mg/Nm³ e riferiti all'11% di ossigeno

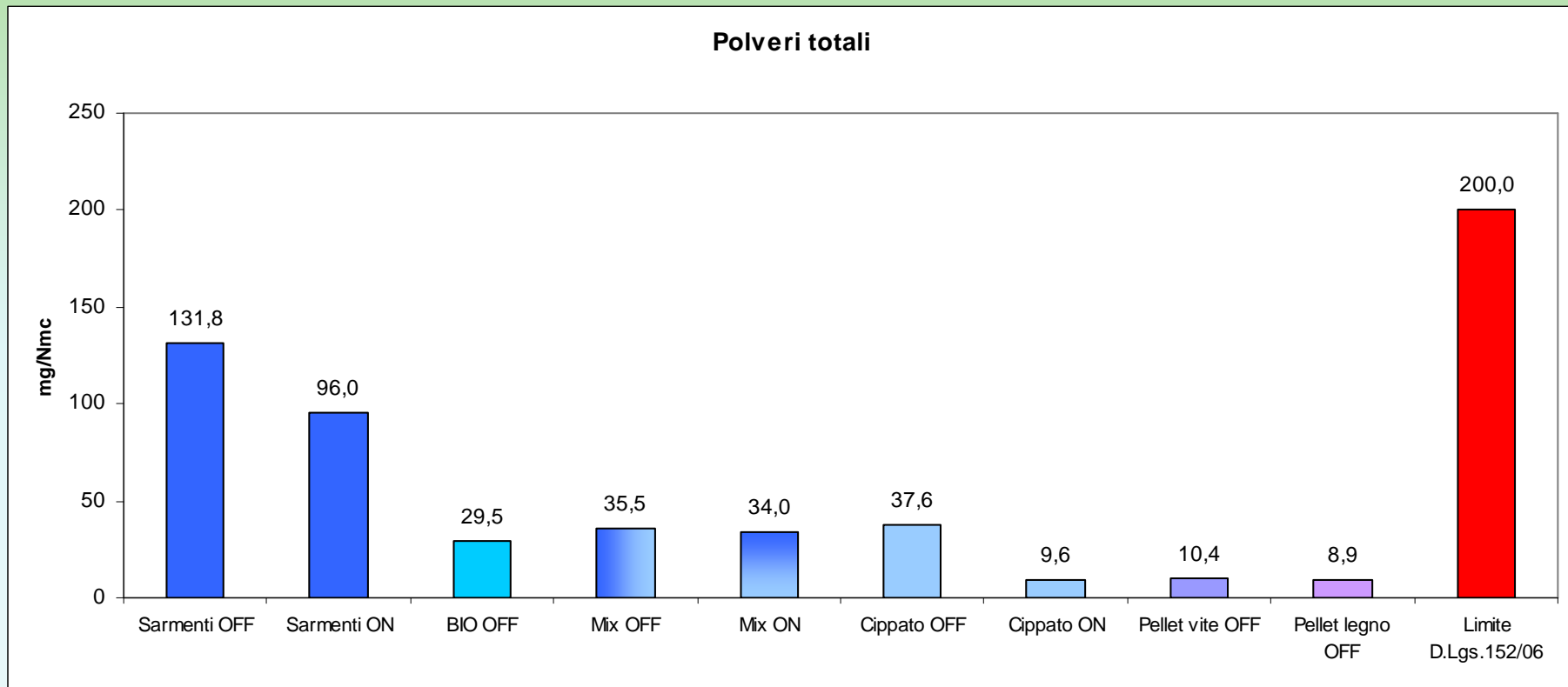
Biomassa	Sarmenti		Sarmenti da biologico	Mix		Cippato		Pellet vite	Pellet legno	Limiti D.Lgs. 152/06
	OFF	ON		OFF	ON	OFF	ON			
Elettrofiltro	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	
Polveri	131.8	96	29.5	35.5	34	37.6	9.6	10.4	8.9	200 *
C.O.T.	6.1	2.1	1.4	< 1	1.4	2.1	1.5	1	1.1	30 ***
CO	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000	484.5	394.8	208.7	200	350 **
NO₂	376.9	443.2	194.4	283	289.7	213.4	294.2	77.7	86.3	500 **
SO₂	41	24.7	28.1	21	16.3	8.1	13.9	2.1	5	200 **

* potenza caldaia > 35 ≤ 150 kW

** potenza caldaia > 150 kW ≤ 3 MW

*** potenza caldaia > 6 ≤ 20 MW

Polveri totali: sempre < limiti (200 mg/Nm³) *
< 40 mg/Nm³ con tutte le biomasse esclusi i sarmenti



* Limiti per caldaie > 35 ≤ 150 kW



COT: sempre < limiti (30 mg/Nm³) ***
NO₂: sempre < limiti (500 mg/Nm³)**
SO₂: sempre < limiti (200 mg/Nm³)**

CO: > **limiti** (350mg/Nm³)** con sarmenti, BIO, mix e cippato
< limiti (350mg/Nm³)** con pellet

** Limiti per caldaie >150 kW < 3 MW

*** Limiti per caldaie > 6 MW - < 20 MW

Criticità: CO molto elevato utilizzando sarmenti e mix,

CO elevato utilizzando cippato

N.B: caldaia costruita per legno cippato e pellet, con questi ultimi processi ottimali e CO nella norma !

Ipotesi di intervento:

Sul sistema di combustione

- Variazione dell'alimentazione (regolarità)
- Rapporti Aria/Combustibile differenti (aumento % ossigeno)
- Temperature di combustione più elevate (caldaie di taglia maggiore)

Sui combustibili

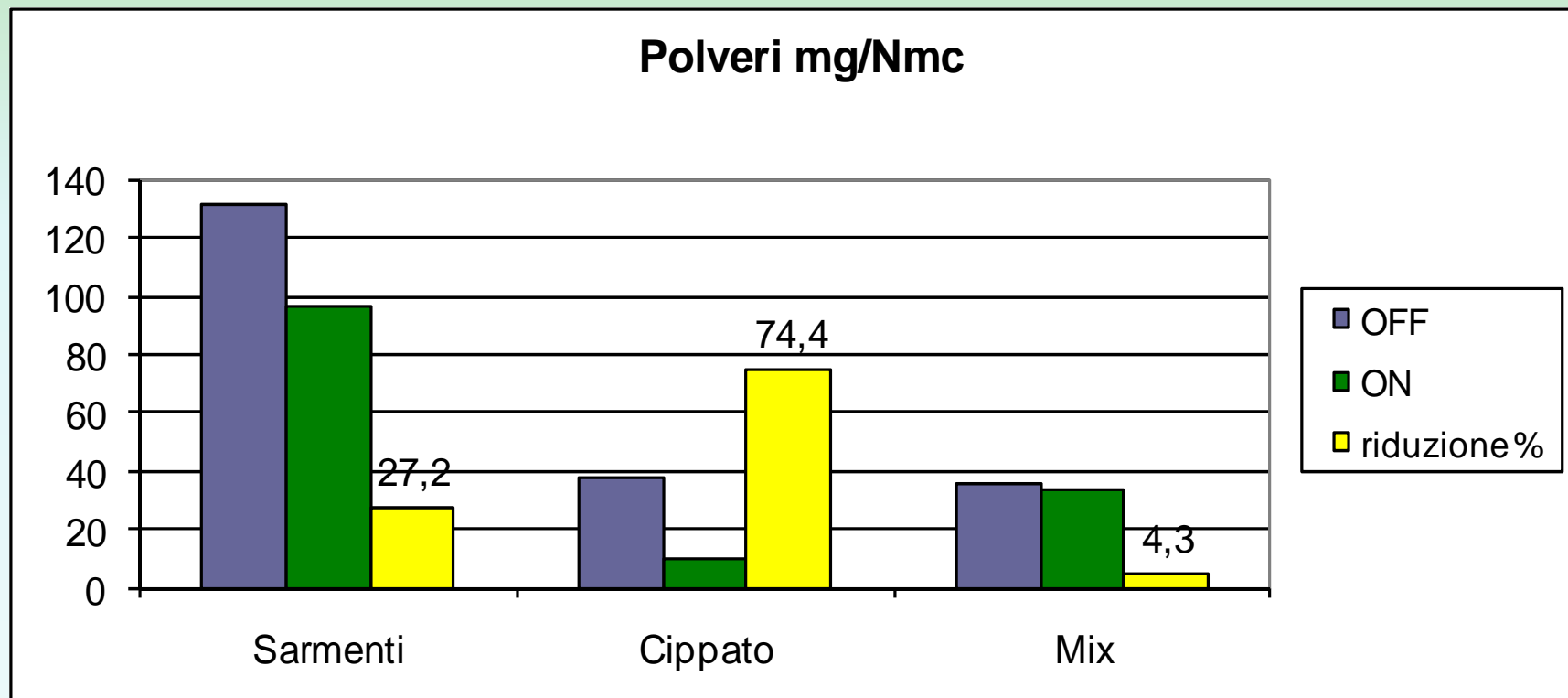
- Biomassa più omogenea (pezzatura)
- Riduzione umidità

Riduzione polveri con filtro attivo

27.2 % nei sarmenti

4.3 % nel mix

74.4 % nel cippato



Produzione cenere (% su peso biomassa combusta)



	su t.q.	su s.s.
Sarmenti:	2.61	3.48
Sarmenti BIO:	2.48	3.23
Mix:	2.67	3.86
Cippato:	2.73	3.60
Pellet vite:	1.28	1.32
Pellet legno:	0.96	1.03

Metalli pesanti

Concentrazione nelle biomasse

Antimonio, arsenico, cadmio, cobalto, tallio: sempre < al limite rilevabile *

Cromo, nichel, vanadio: > al limite rilevabile solo nel cippato e nel pellet di vite *

Rame, zinco, piombo, manganese, ferro e stagno: presenti in concentrazioni rilevabili in laboratorio in tutte le biomasse

* Limite minimo rilevabile Sb, As, Cd, Co, Cr, Ni, V: 0.5 mg/kg s.s., Tl: 0.1 mg/kg s.s.,

Rame: i sarmenti fanno rilevare concentrazioni più elevate rispetto al cippato, stessa dinamica nei materiali pellettati → trattamenti fitosanitari

Sarmenti: 13.9

Sarmenti da biologico: 10.2

Cippato: 3.1

Pellet vite: 6.7

Pellet legno: 0.7

Variazione tipica legno conifera*: 0.5 - 10

* CTI 2003 - Biocombustibili. Specifiche e classificazione

Tutti i valori espressi in mg/kg s.s.

Zinco, piombo, manganese, e stagno: valori analoghi nei sarmenti e nel cippato, talvolta più elevati in quest'ultimo (ferro) → cessione di metalli da parte degli organi meccanici (lame, martelli) ?

	Zn	Pb	Mn	Fe	Sn
Sarmenti:	24.1	2.5	30.6	4.4	7.1
Sarmenti da biologico:	47.9	<0.5	7.6	7.7	6.2
Cippato:	62.5	5.2	31.9	232	10.3
Pellet vite:	16.8	1.3	65.6	240	9.4
Pellet legno:	12.2	<0.5	72.4	40.1	16.7
Var. tipica legno conifera:	5-100	<0.5-10	--	--	10-100

Tutti i valori espressi in mg/kg s.s.

Ulteriori campioni analizzati (cippato di segheria, cortecce, ramaglie e cimali): non vi è una dinamica comune per i diversi elementi, in linea generale si confermano i dati del campione Biotec.

	Cu	Zn	Pb	Mn	Fe	Sn
Cortecce:	6.3	19.3	2.8	91.7	250	2.7
Cippato segheria:	1.4	11.2	1	77.2	92.3	3.6
Ramaglie e cimali:	4.8	83	3.3	437	112	3.1
Cippato Biotec:	3.1	62.5	5.2	31.9	232	10.3
Var. tipica legno conifera:	0.5-10	5-100	<0.5-10	--	--	10-100

Tutti i valori espressi in mg/kg s.s.

Concentrazione nei fumi

Normativa nazionale: no limiti per combustione biomasse

Riferimento: D.Lgs 133/05 per incenerimento rifiuti

Sommatoria a) Cromo Manganese Nichel Rame Piombo
Arsenico Antimonio Cobalto Vanadio
< 0.5 mg/Nm³

Sommatoria b) Cadmio Tallio < 0.05 mg/Nm³

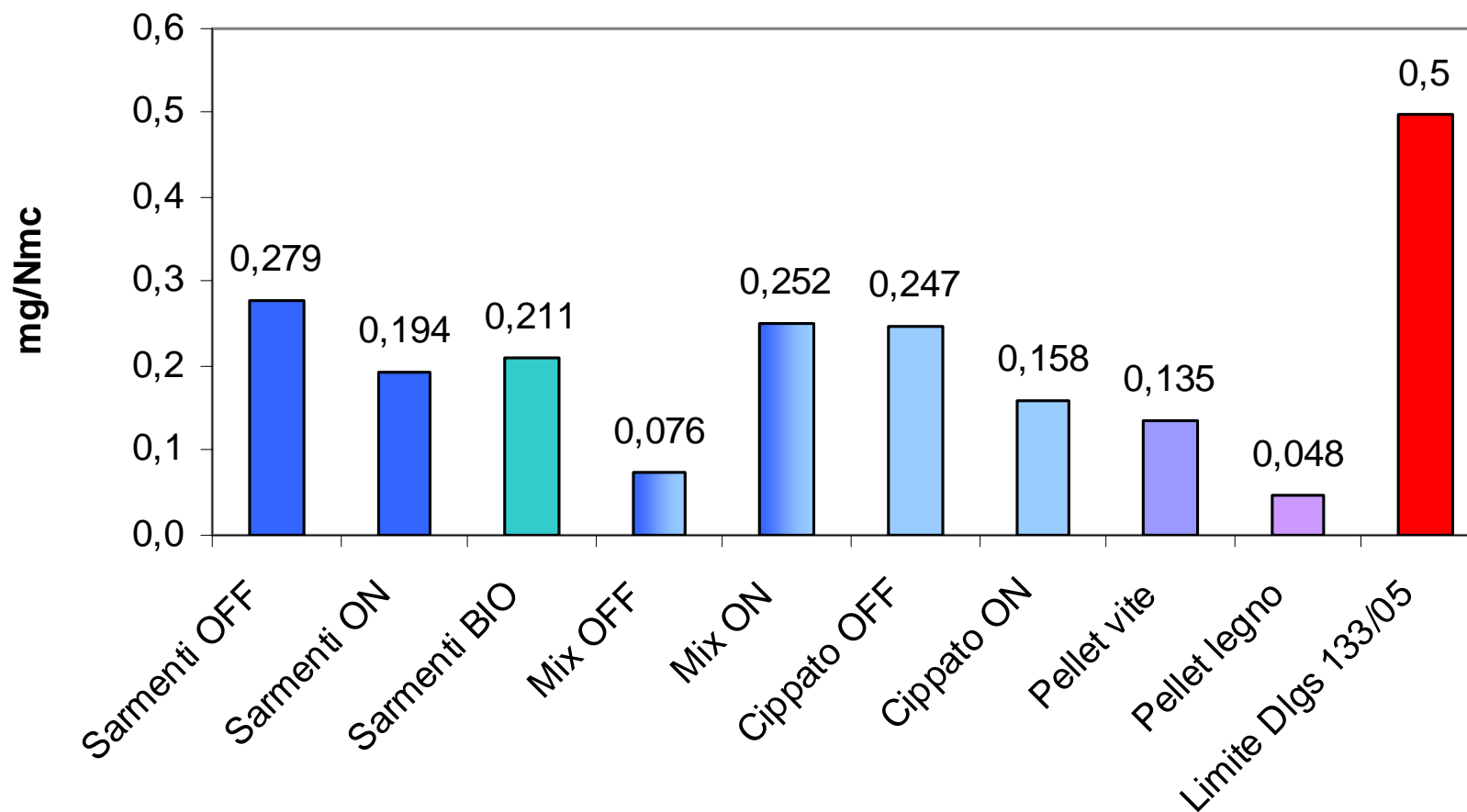
Valori ampiamente entro i limiti per tutte le biomasse

Sommatoria a) Valore massimo 0.28 mg/Nm³

Sommatoria b) Valori < 0.001 mg/Nm³

Mercurio non determinato

Sommatoria metalli a)



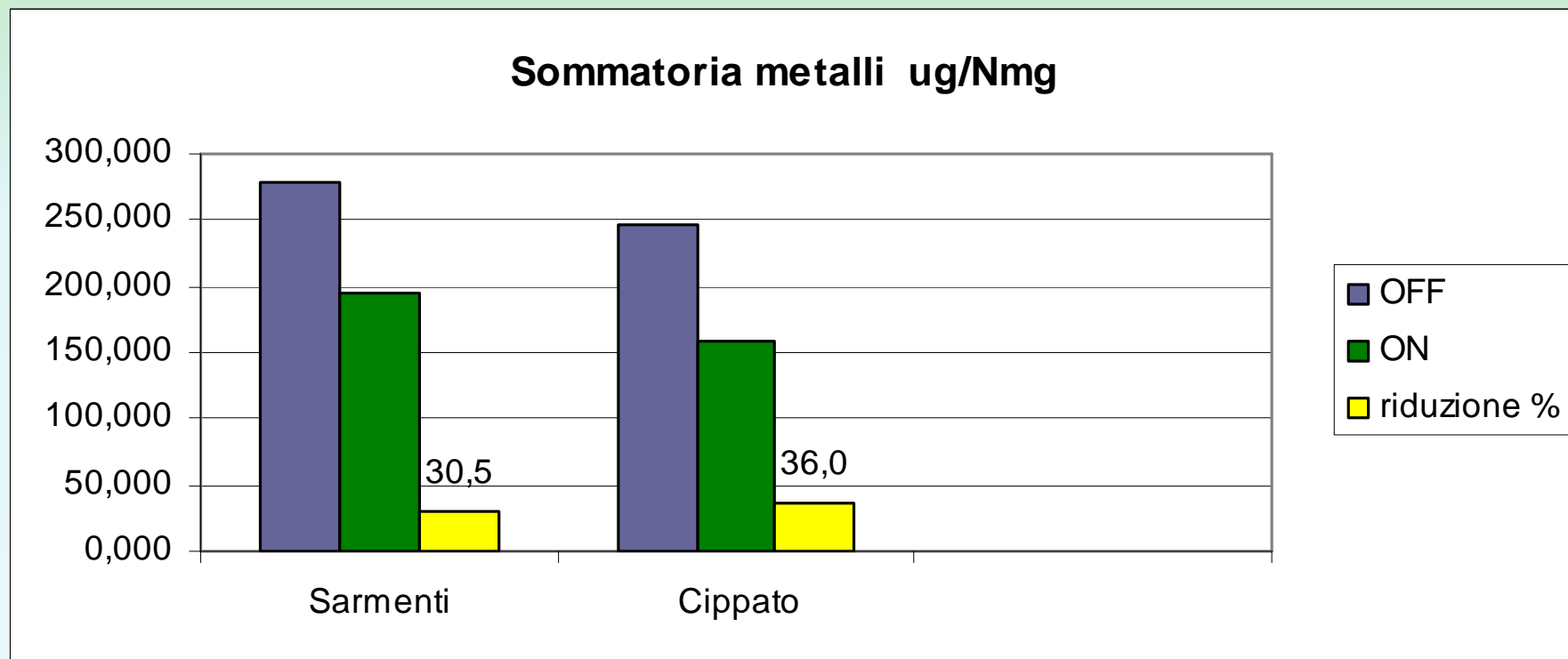
Abbattimento metalli pesanti con elettrofiltro

Riduzione metalli pesanti * con filtro attivo

30.4 % nei sarmenti

35.9% nel cippato

* Metalli = sommatoria Cr Mn Ni Cu Pb



Abbattimento metalli pesanti con elettrofiltro

Potenziale di tossicità umana PTU (kg 1.4-DCB eq kg⁻¹)*

	PTU	Sarmenti		Sarmenti biologici	Cippato forestale		Pellet vite	Pellet legno
		off	on	off	off	on	off	off
Cu	4.3 x 10³	352.6	326.8	197.8	98.9	206.4	12.9	30.1
Pb	4.7 x 10²	35.7	39.0	6.1	56.5	24.4	9.9	1.4
Cr	6.5 x 10²	8.5	5.2	17.6	5.2	17.6	3.3	4.6
Ni	3.5 x 10⁴	2940	525	3815	1050	560	2940	735
As	3.5 x 10⁵	nd	nd	nd	4550	nd	nd	nd
Sommatoria		3336.8	896.0	4036.5	5760.6	808.4	2966.0	771.1

*kg 1.4-diclorobenzene equivalente per kg



Normativa nazionale: ceneri di combustione = rifiuto speciale

NO utilizzo agronomico

Analisi ceneri Biotec: valori di rame in tutte le tesi nettamente superiori ai limiti di legge per gli ammendanti

Fanno eccezione quelle prodotte dal cippato

Concentrazione nelle ceneri

Uso dei residui della potatura di vite è strada percorribile (meglio se in miscela con cippato)

Emissioni ampiamente entro i limiti di legge, ulteriore miglioramento degli aspetti critici con modifiche dei sistemi di combustione (caldaie dedicate ?) e condizionamento delle biomasse

Pellettizzazione dei sarmenti: miglioratrice (costi ?)

Sistemi di abbattimento specifici: necessità di ulteriori approfondimenti (elettrofiltro ottimo per cippato, non così per sarmenti)

Considerazioni finali