



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
GESAAF
DIPARTIMENTO DI GESTIONE
DEI SISTEMI AGRARI,
ALIMENTARI E FORESTALI

Progetto Integrato di Filiera

"Dall'Appennino al mare: Energia toscana al 100%"

REPORT attività sottomisura 16.2

"Cippato & Cippatino"



Intervento realizzato con il cofinanziamento FEASR
del Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Toscana
Sottomisura 16.2 - Bando PIF



Regione Toscana





Azione Progettuale 6

LCA comparativa tra la filiera del micro-cippato e pellet come strumento di valorizzazione degli effetti socio-ambientali del prodotto micro-cippato/cippato di qualità

Definizione scopi e obiettivi

L'obiettivo dello studio è stato quello di confrontare attraverso un'analisi LCA i valori di impatto della filiera per la produzione di cippatino con quelli che si riscontrano in letteratura per la filiera di produzione del cippato e quella del pellet.

Nell'analisi abbiamo confrontato la filiera cippatino toscano con quella del cippato e di un altro combustibile alternativo al pellet, il pelletchips (Valente et al. 2014) che risulta simile al cippatino. Entrambe queste filiere sono state analizzate all'interno del territorio italiano, come anche la filiera del pellet italiano (Laschi et al. 2016). Le altre due filiere del pellet si riferiscono a pellet di importazione proveniente via Genova o via Rotterdam (Valente et al. 2014), che risultano i due principali porti europei per l'acquisto di pellet.

Sistema studiato ed unità funzionale

Il sistema preso in esame analizza la produzione di cippatino (espressa in tonnellate) avente determinate caratteristiche fisiche.

Nel presente studio, il prodotto cippatino toscano risulta di dimensioni comprese da 3,15mm a 16mm, con un contenuto idrico del 12%, una densità di 250 kg/mc e un potere calorifico di 4,5 kWh/kg; inoltre la produttività emersa dalle analisi precedentemente descritte risulta di 6,7 t/h.

L'unità funzionale (UF) del processo è la produzione di una tonnellata di cippatino.

Analisi inventario

In questa fase vengono riportati tutti i flussi di energia e di materia del sistema/prodotto in esame normalizzati all'unità funzionale. Questi flussi sono espressi in unità fisiche e comprendono l'utilizzo di risorse e di energia e di tutto ciò che viene immesso in aria, in acqua e nel suolo e che può essere associato al sistema.

Confini del sistema

Per la filiera Cippatino (Figura 1) le inclusioni hanno riguardato:

- il taglio e l'abbattimento del soprassuolo forestale,
- l'esbosco del materiale legnoso,
- il trasporto di quest'ultimo presso la piattaforma logistica per la successiva cippatura tramite macchina cippatrice,
- l'essiccazione del materiale legnoso.

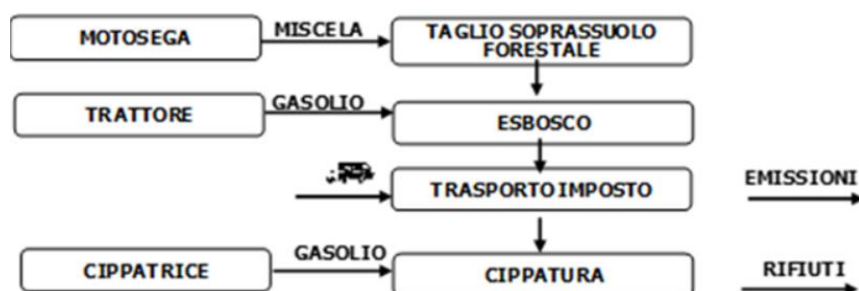


Figura 1 - Diagramma di flusso, confini del sistema e schema input/output del ciclo di vita riguardante la filiera del cippatino.

Qualità dei dati

Questa parte dello studio ha riguardato la rilevazione delle quantità degli input immessi all'interno del sistema filiera cippatino.

In particolare, i dati primari sono stati ottenuti rilevando direttamente i consumi dei singoli macchinari utilizzati (come, ad es. la quantità di combustibile e lubrificante utilizzati). I dati presi in esame nello studio riguardano quelli ottenuti nelle operazioni di taglio (Tabella 1), nelle operazioni di esbosco (Tabella 2), nelle operazioni di trasporto all'imposto (Tabella 3) e nelle operazioni di cippatura (Tabella 4).

I dati primari sono stati implementati con l'utilizzo di banche dati specifiche come la Ecoinvent (www.ecoinvent.ch), che rappresenta una delle più utilizzate a livello europeo (Tabella 5).

Dati inventario principale per operazioni di taglio		
Parametri	Unità	Dato
Lavoratori	n.	2
Produttività	tons/h	1,5
Macchina		MOTOSEGA
Consumo orario motore due tempi miscela	kg/h	0,8
Consumo orario olio vegetale	kg/h	0,4
Consumo motore due tempi miscela	kg/ton	0,205
Consumo olio vegetale	kg/ton	0,103
Peso Motosega	kg	5
Durata di vita	anno	3
Durata economica	ore	3000
Uso annuale	giorni/anno	180
	ore/anno	1440
Quantità di macchina consumata	g/ton	0,1484

Tabella 1 – Dati primari riguardanti l'operazione di taglio del soprassuolo.



Dati inventario principale per operazioni di esbosco		
Parametri	Unità	Dato
Lavoratori	n.	3
Produttività	ton/h	3,7
Macchina		TRATTORE
Energia	kW	74
Massa della macchina	ton	4,16
Durata di vita della macchina	anni	15
Durata economica	ore	12000
Carico del motore	%	80
Consumo minimo di carburante specifico	g/kWh	240
Consumo di carburante specifico	g/kWh	241,7
Consumo orario di carburante	kg/h	14,306
Consumo di gasolio	kg/ton	1,015
Consumo di lubrificante	kg/ton	0,004
Quantità di macchina consumata	g/ton	24,6
Massa dei cavi	kg	37
Durata di vita dei cavi	anni	2
Forza di trazione nominale dell'argano	kN	53
Capacità del tamburo	m	90
Quantità di cavo consumata	g/ton	3,5

Tabella 2 – Dati primari riguardanti l'operazione di esbosco del materiale legnoso.

Dati inventario principale per operazioni di trasporto imposto		
Parametri	Unità	Dato
Lavoratori	n.	3
Produttività	ton/h	3,9
Macchina		TRATTORE
Quantità di macchina consumata	g/ton	22,22
Carico del motore	%	80
Consumo specifico di gasolio	g/kWh	241,664
Consumo orario di gasolio	kg/h	14,306
Consumo di gasolio	kg/ton	0,917
Consumo di lubrificante	kg/ton	0,004
Massa dei cavi	kg/100m	41
	kg	37
Durata di vita dei cavi	anni	2
Quantità di cavo consumata	g/ton	3,1

Tabella 3 – Dati primari riguardanti l'operazione di trasporto all'imposto del materiale legnoso.



Dati inventario principale per operazioni di cippatura		
Parametri	Unità	Dato
Lavoratori	n.	1
Produttività	ton/h	6,7
Macchina		CIPPATRICE
Consumo specifico di gasolio	g/kWh	300
Consumo orario di gasolio	kg/h	39
Consumo di gasolio	kg/ton	5,909
Consumo di lubrificante	kg/ton	0,004

Tabella 4 – Dati primari riguardanti l’operazione di cippatura (tritatura) del materiale legnoso.

Input	Ecoinvent database process
Gasoline	Gasoline (regular), from crude oil, consumption mix, at refinery, 100 ppm sulphur EU-15 S
Chain oil	White mineral oil, at plant/RNA System - Copied from USLCl
Diesel	Diesel {Europe without Switzerland} market for APOS, S
Lubricating oil	Lubricating oil {RER} production Conseq, U
Chains	Steel removed by turning, primarily dressing, conventional {RER} steel turning, primarily dressing, conventional Cut-off, S Aluminium removed by milling, average {RER} aluminium milling, average Conseq, S
Tractor	Tractor, production/CH/I U
Chipper	Chipper, mobile, diesel {GLO} market for Conseq, U

Tabella 5 – Dati secondari utilizzati nello studio provenienti dal database Ecoinvent (www.ecoinvent.ch).

Analisi degli impatti: tipologie di impatti e metodologie

Per l’elaborazione dei risultati, ai fini dello studio, il metodo di valutazione utilizzato è stato il CML-IA baseline V3.05 / EU25.

Di seguito una breve descrizione degli indicatori di impatto potenziale utilizzati nello studio, con le specifiche del metodo di riferimento:

Esaurimento delle risorse abiotiche (*Depletion of abiotic resource*). Questa categoria di impatto riguarda la protezione del benessere umano, della salute umana e della salute degli ecosistemi. Questo indicatore della categoria di impatto è correlato all'estrazione di minerali e combustibili fossili a causa degli input del sistema. L’Abiotic Depletion Factor (ADF) è determinato per ciascuna estrazione di minerali e combustibili fossili (kg di antimonio equivalenti / kg di estrazione) in base alle riserve di concentrazione e al tasso di accumulazione.

Cambiamenti climatici (*Climate change*). I cambiamenti climatici possono provocare effetti negativi sulla salute degli ecosistemi, sulla salute e il benessere umano. Il cambiamento climatico è legato alle emissioni di gas serra nell’aria. Il modello di caratterizzazione sviluppato dall’Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) è selezionato per lo sviluppo di fattori di caratterizzazione. I fattori sono espressi come potenziale di riscaldamento globale per 100 anni (GWP100), in kg di anidride carbonica / kg di emissioni.

Esaurimento di ozono stratosferico (*Stratospheric Ozone depletion*). A causa dell’esaurimento dell’ozono stratosferico, una più grande frazione di radiazione UV-B raggiunge la superficie terrestre. Ciò può avere effetti nocivi sulla salute umana, sulla salute degli animali, sugli ecosistemi terrestri e acquatici, sui cicli biochimici. Questa categoria è correlata alla produzione e su scala globale. Il modello di caratterizzazione è sviluppato dall’Organizzazione meteorologica mondiale



(WMO) e definisce il potenziale di riduzione dell'ozono di diversi gas (kg CFC-11 equivalente / kg di emissioni).

Tossicità umana (*Human toxicity*). Questa categoria riguarda gli effetti di sostanze tossiche sull'ambiente umano. I rischi per la salute di esposizione nell'ambiente di lavoro non sono inclusi. I fattori di caratterizzazione, i potenziali di tossicità umana (HTP), sono calcolati con USES-LCA. Per ciascuna sostanza tossica gli HTP sono espressi in equivalenti di 1,4-diclorobenzene / kg di emissione.

Ecotossicità acquatica di acqua dolce (*Fresh-water aquatic eco-toxicity*). Questo indicatore di categoria si riferisce all'impatto sugli ecosistemi di acqua dolce, a seguito delle emissioni di sostanze tossiche nell'aria, nell'acqua e nel suolo. Il potenziale di eco-tossicità (FAETP) è calcolato con USES-LCA. I fattori di caratterizzazione sono espressi in equivalenti di 1,4-diclorobenzene / kg di emissione.

Ecotossicità marina (*Marine ecotoxicity*). L'eco-tossicità marina si riferisce all'impatto di sostanze tossiche sugli ecosistemi marini (vedi descrizione tossicità dell'acqua dolce).

Ecotossicità terrestre (*Terrestrial ecotoxicity*). Questa categoria si riferisce agli impatti di sostanze tossiche sugli ecosistemi terrestri (vedere la descrizione della tossicità dell'acqua dolce).

Formazione foto-ossidante (*Photo-oxidant formation*). La formazione di foto-ossidanti è la formazione di sostanze reattive (principalmente ozono) che sono nocive per la salute umana e gli ecosistemi e che possono anche danneggiare le colture. Questo problema è indicato anche con il termine di "smog estivo". Lo smog invernale non rientra nell'ambito di questa categoria. Il potenziale di creazione di ozono fotochimico (POCP) per l'emissione di sostanze nell'aria è espresso in kg equivalenti di etilene (C₂H₄) / kg di emissioni.

Acidificazione (*Acidification*). Le sostanze acidificanti causano una vasta gamma di impatti su suolo, acque sotterranee, acque superficiali, organismi, ecosistemi e materiali (edifici). Il potenziale di acidificazione (AP) per le emissioni in aria è calcolato con il modello RAINS 10 adattato. L'AP è espresso in kg SO equivalenti / kg di emissioni.

Eutrofizzazione (*Eutrophication*). L'eutrofizzazione comprende tutti gli impatti dovuti a livelli eccessivi di macronutrienti nell'ambiente causati dalle emissioni di sostanze nutritive nell'aria, nell'acqua e nel suolo. Il potenziale di eutrofizzazione si basa sulla procedura stechiometrica di Heijungs (1992) ed è espresso in kg PO₄ equivalenti per kg di emissione.

Risultati

I valori dello studio LCA riguardante la filiera del cippatino toscano (Tabella 6) sono stati confrontati con valori riscontrati in studi di LCA simili riferite alle filiere di pellet di importazione (Valente et al. 2014) e pellet italiano (Laschi et al. 2016). Inoltre sono stati confrontati anche con filiere di cippato e un prodotto simile al nostro cippatino, comunque alternativo al pellet, chiamato pelletchips, situate nel territorio piemontese (Valente et al. 2014).

L'analisi LCA effettuata sulla filiera per la produzione del prodotto cippatino ha messo in evidenza performance migliori in tutte le categorie di impatto rispetto alla filiera di produzione del pellet, e performance simili rispetto alla filiera del cippato.



Da un'attenta analisi sulla categoria di impatto del cambiamento climatico (Figura 2) notiamo che le emissioni di kg di CO₂ eq. si riducono di circa il 90% rispetto sia alla filiera del pellet di importazione sia di quello italiano di qualità (Tabella 7). Il valore di emissioni risulta simile (si riducono del 7%) a quello riscontrato nello studio di Valente per quanto riguarda il prodotto pelletchips. Interessante anche il confronto rispetto ad una analisi della produzione di pellet in Spagna, effettuata da Diaz Martin et al. (2015), gli autori riscontrano una quantità di emissioni di 193 kg di CO₂ eq. per la produzione di una tonnellata di pellet, valori simili si riscontrano nel pellet di importazione preso a riferimento nello studio con 238 kg di CO₂ eq., ed estremamente superiore rispetto alle emissioni riscontrate sulla filiera del cippatino toscano 27,7 kg di CO₂ eq.

Anche la categoria di impatto dell'acidificazione (Figura 3) le emissioni di kg di SO₂ eq. riscontrate dallo studio risultano inferiori di oltre il 90% rispetto a quelle della filiera del pellet, sia di importazioni che italiano (Tabella 7). Risulta oltremodo migliore anche della filiera del pelletchips, con una riduzione di quasi il 20%.

Per ciò che riguarda la categoria di impatto dell'eutrofizzazione (EP) (Figura 4), anche in questo caso la filiera del cippatino risulta emettere emissioni di kg di PO₄³⁻ eq. inferiori di circa il 90% rispetto alla filiera del pellet di importazione, ma risulta emettere il 67% in più della filiera del pelletchips (Tabella 7).

Lo stesso andamento si ripete anche nella categoria di impatto riguardante la formazione foto-ossidante (POCP) (Figura 5) che vede la filiera del cippatino toscano emettere valori di kg di C₂H₄ eq. inferiori di oltre l'80% rispetto a quella del pellet di importazione, ma raddoppia i valori di emissione rispetto alla filiera del pelletchips presa a confronto in questo studio (Tabella 7).

Altro dato interessante da mettere a confronto riguarda il valore di emissione che Laschi et al. (2016) trovano per la categoria di impatto sull'esaurimento di ozono stratosferico (ODP) di 34 mg CFC-11 eq. nella filiera del pellet italiano (per la produzione di una tonnellata). Al confronto con la filiera del cippatino toscano (circa 7 mg CFC-11 eq.), quest'ultima risulta migliore e permette una riduzione di emissioni di circa l'80%.

Possiamo concludere che il presente studio di LCA ha dimostrato e confermato che la filiera di cippatino toscano analizzata risulta essere, in tutte le categorie di impatto esaminate, molto meno impattante delle filiere del pellet (10 volte inferiore), mentre risulta essere più impattante rispetto alla filiera del cippato. Rispetto all'altra filiera analizzata, quella del pelletchips, la filiera cippatino toscano risulta avere minor impatto nelle categorie del cambiamento climatico e dell'acidificazione, mentre risulta avere maggior impatto per nelle categorie dell'eutrofizzazione e della formazione foto-ossidante.

Il maggior impatto riscontrato rispetto alla filiera del cippato è dovuto principalmente alla natura del nostro prodotto, che risulta avere le stesse operazioni riferibili alla filiera del cippato con l'aggiunta della successiva essiccazione, oltre una minore produttività in fase di cippatura, che aumenta le emissioni e quindi i singoli impatti.

Il minor impatto riscontrato rispetto alla filiera del pellet dipende principalmente dal minor dispendio energetico della fase di essiccazione della filiera cippatino toscano, rispetto alla grande

richiesta di energia che richiede la filiera della produzione di pellet nella fase di pellettizzazione. Questo dato è supportato anche dallo studio effettuato da Laschi et al. (2016) dove viene evidenziato che circa il 95% del totale delle emissioni, e quindi degli impatti, dovuti alla produzione di pellet deriva dalla fase di pellettizzazione.

Impact category	Unit	Total
Abiotic depletion	mg Sb eq	225,839
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	643,635
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	27,742
Ozone layer depletion (ODP)	mg CFC-11 eq	6,820
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	61,420
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	76,488
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	340820,710
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,253
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0,012
Acidification	kg SO2 eq	0,142
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,069

Tabella 6: Risultati LCA prodotto cippatino con valori delle categorie di impatto.

Categorie di Impatto	GWP 100a		Photochemical Oxidation		Acidification		Eutrofication	
	kg CO2 eq	diff. (%)	kg C2H4 eq	diff. (%)	kg SO2 eq	diff. (%)	kg PO4--- eq	diff. (%)
Cippatino Toscano	27,7		0,012		0,142		0,069	
Cippato	12,9	114,8	0,002	506,5	0,086	64,977	0,020	242,72615
Pelletchips	29,9	-7,2	0,005	142,6	0,177	-19,842	0,041	67,18349
Pellets imported via Rotterdam	426,6	-93,5	0,104	-88,3	3,029	-95,316	0,765	-91,03984
Pellets imported via Genova	238,3	-88,4	0,074	-83,6	2,116	-93,295	0,543	-87,37657
Pellet italiano	400,0	-93,1			1,700	-91,654		

Tabella 7: Valori categorie di impatto per le filiere di pellet, cippato e cippatino. Dati: Pellet italiano Laschi et al. (2016) e altri dati Valente et al. (2014).

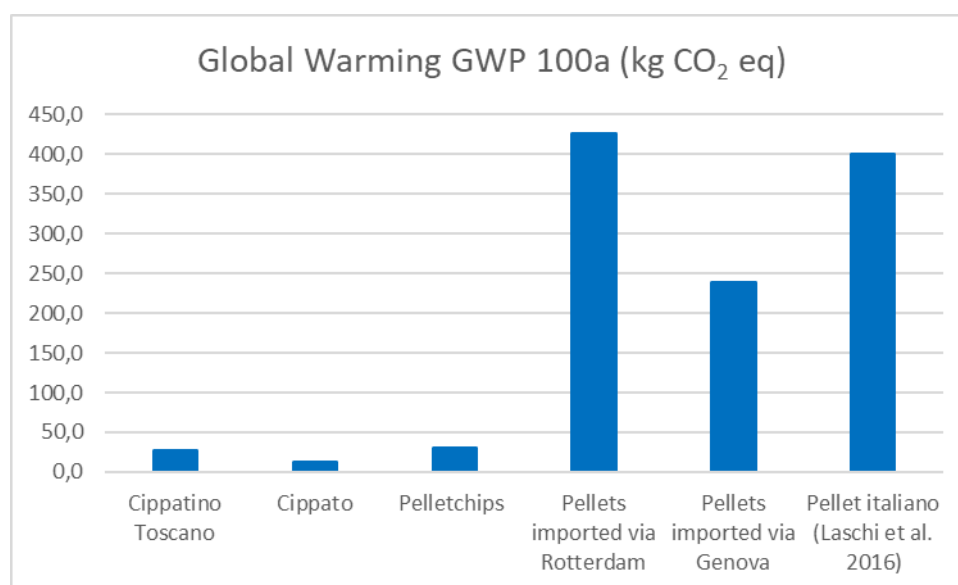


Figura 2: Categoria di impatto Cambiamento Climatico (GWP 100a). Dati: Pellet italiano Laschi et al. (2016) e altri dati Valente et al. (2014).

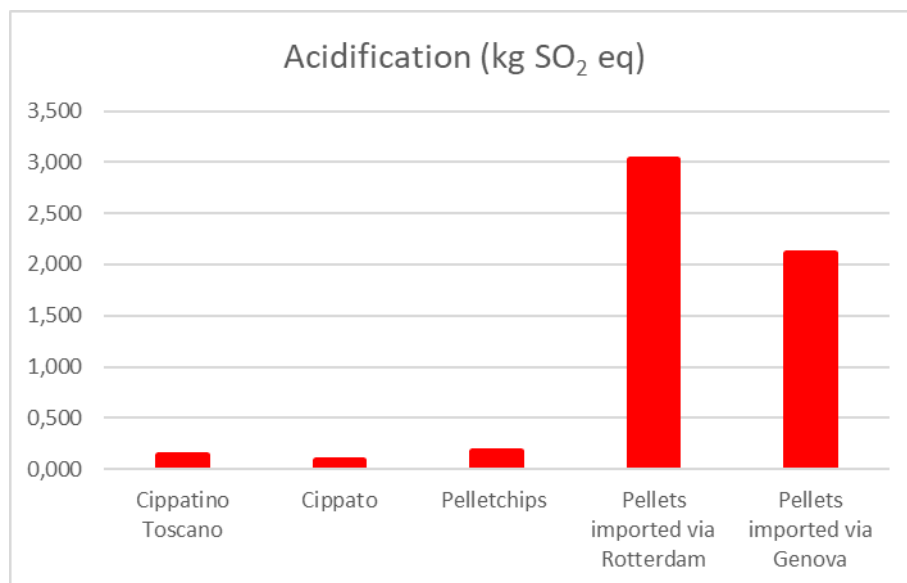


Figura 3: Categoria di impatto Acidificazione (AP). Dati: Pellet italiano Laschi et al. (2016) e altri dati Valente et al. (2014).

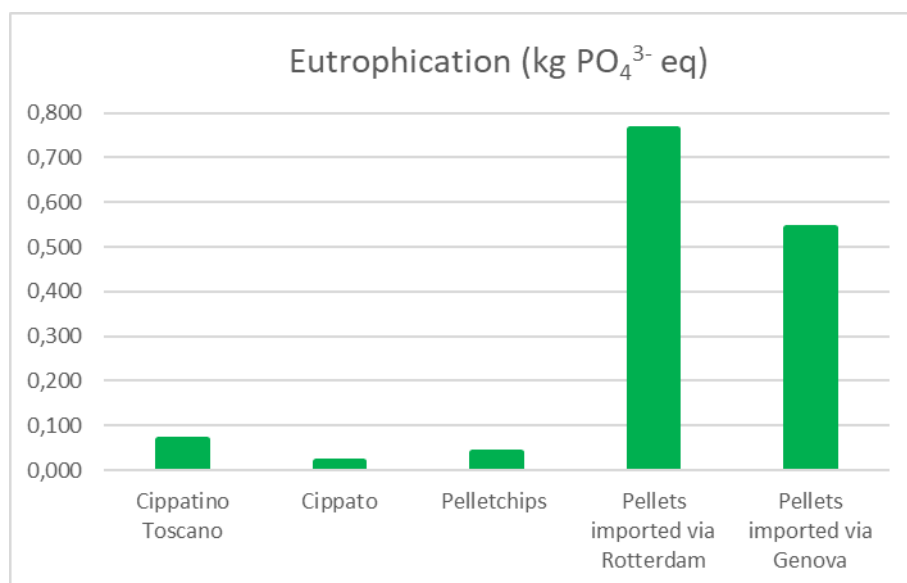


Figura 4: Categoria di impatto Eutrofizzazione (EP). Dati: Valente et al. (2014).

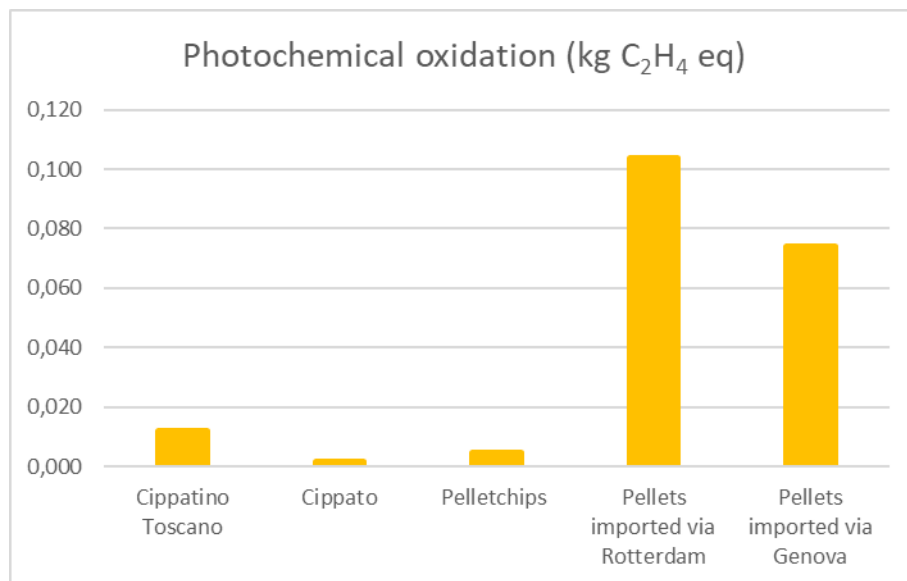


Figura 5: Categoria di impatto Formazione Foto-ossidante (POCP). Dati: Valente et al. (2014).

Bibliografia

Clara Valente, Giulio Cerino Abidin, Andrea Crocetta, Alberto Poggio, 2014. Sustainability assessment of chesnut and invaded coppice forests in Piedmont region (Italy). Innovative management and multifunctional utilisation of traditional coppice forests – an answer to future ecological, economic and social challenges in the European forestry sector (EuroCoppice COAST action).

Diaz Martin R., Sanglier Contreras G., Guardiola Mouhaffel A., 2015. Analysis of production, trasport and lifecycle of pellets. American Journal of Environmental Protection 4 (2): 91-94.

Laschi A., Marchi E., Gonzalez-Garcia S., 2016. Environmental performance of wood pellets production through life cycle analysis. Energy 103: 469-480.

SETAC, 1993. Society of Environmental toxicology and chemistry. Guidelines for Life- Cycle Assessment: a Code of Practice, Brusse.