



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI AGRARIA**

**Tesi di laurea Triennale in VALORIZZAZIONE E TUTELA  
DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO MONTANO**

**“LA SOSTENIBILITÀ DELLE BIOMASSE:  
L'IMPATTO ECOLOGICO DELLE NUOVE TIPOLOGIE DI  
UTILIZZAZIONE SULLE COMUNITÀ MICROBICHE DEL SUOLO IN  
RELAZIONE ALLA DIFFUSIONE DEI MARCIUMI RADICALI”**

Relatore: Dott. Giuseppe Carlo Lozzia  
Correlatore: Dott. Nicola La Porta

Candidato: **Roberto Carbone**  
Matricola: 740931

ANNO ACCADEMICO 2010/2011

# INDICE

1. INDICE DELLE TABELLE	4
2. INDICE DEI GRAFICI	4
3. INDICE DELLE IMMAGINI	4
4. RIASSUNTO	5
5. DAI COMBUSTIBILI FOSSILI ALLE FONTI RINNOVABILI	6
6. LE BIOMASSE	7
6.1.DEFINIZIONE DI BIOMASSA NELLA LEGISLAZIONE ITALIANA	10
7. LE BIOMASSE FORESTALI	12
7.1.LE BIOMASSE FORESTALI IN ITALIA	13
7.2.COMPOSIZIONE E PRINCIPALI TRATTAMENTI DELLE FORESTE ITALIANE	16
7.3.LA CERTIFICAZIONE FORESTALE	18
7.4.DALLA BIOMASSA FORESTALE ALL'ENERGIA	20
8. LE BIOMASSE FORESTALI ALPINE: CASO DI STUDIO TARENTINO	22
8.1.BREVE INQUADRAMENTO DEL TARENTINO FORESTALE	22
8.2.OFFERTA DI BIOMASSA LEGNOSA DA IMPRESE D'UTILIZZAZIONE	23
8.3.OFFERTA DI BIOMASSA RACCOLTA DAI TITOLARI DI USO CIVICO	23
8.4.OFFERTA DI BIOMASSA DERIVANTE DAGLI SCARTI AGRONOMICI	23
9. IMPATTO AMBIENTALE DELL'ASPORTAZIONE DELLA CEPPAIA	24
10.EFFETTI DELLA RACCOLTA DI BIOMASSA FORESTALE SULLA PRODUTTIVITÀ DEL SUOLO	26
10.1. CARBONIO	27
10.2. AZOTO	28
10.3. FOSFORO	28

10.4. CATIONI (Calcio (Ca), Magnesio (Mn), Potassio (K))	29
11.LA NECROMASSA	29
12.STUDIO DEL SUOLO ATTRAVERSO LA METAGENOMICA	32
ALLEGATO Ia - STATO DELL'ARTE	36
ALLEGATO Ib - STATO DELL'ARTE	39
ALLEGATO Ic - STATO DELL'ARTE	46
ALLEGATO II - TABELLE DA LETTERATURA	50
ALLEGATO III – XILOENERGETICA	59
RINGRAZIAMENTI	63
BIBLIOGRAFIA	64

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella1 - Quantità di residui di potatura stimabili per diverse specie arboree	8
Tabella2 - Biomasse delle varie parti di un abete rosso	10
Tabella3 - Estensione delle macrocategorie inventariali Bosco e Altre terre boscate	14
Tabella4 - Estensione della macrocategoria inventariale bosco, ripartita per disponibilità al prelievo legnoso	15
Tabella5 - Import di cippato di legno in Italia in tonnellate	22
Tabella6 - Valori del volume della necromassa totale e a terra	31
Tabella7 - Volume ad ettaro del legno morto totale delle sovracategorie di vegetazione	31

## INDICE DEI GRAFICI

Grafico1 Processi di conversione delle biomasse	7
Grafico2 Import di legno e prodotti a base di legno in Italia	16

## INDICE DELLE IMMAGINI

Figura1 - Short Rotation Forestry	8
Figura2 - Vari tipi di biomasse forestali	12
Figura3 - Cippatrice	21
Figura4 - Danni da <i>Heterobasidion annosum</i>	25
Figura5 - <i>Armillaria Mellea</i> su pianta tagliata	26
Figura6 - Differenza tra raccolta Whole Tree e Stem Only	27
Figura7 - Rapporto tra WTH e SOH nei vari componenti	28
Figura8 - Necromassa	29
Figura9 - Le fasi standard di un esperimento di metagenomica	34

## RIASSUNTO

Questa tesi si inserisce nel filone degli studi sulle energie rinnovabili ed in particolare nel settore della sostenibilità delle biomasse legnose.

Negli ultimi anni si sta assistendo ad una rivalutazione della biomassa forestale per scopi energetici, sia a causa del prezzo sempre più alto del petrolio e i suoi derivati, sia per il loro forte impatto ambientale.

Anni fa, i prodotti legnosi forestali più scadenti e poco remunerativi come ramaglie, cimali, topi di base difettati, ceppaie, assortimenti ricavati dai tagli di diradamento, venivano comunemente lasciati in bosco dalle ditte appaltatrici del taglio e, allorché non venissero in seguito parzialmente utilizzati in loco per fare legna da ardere dai residenti, andavano a costituire quella che comunemente viene chiamata la necromassa o “legno morto”.

Ultimamente invece questa importante componente ecologica delle foreste ha assunto un ruolo sempre più rilevante in un’ottica di gestione forestale che esalta gli aspetti multifunzionali e la sostenibilità degli ecosistemi forestali; a riprova di ciò, la necromassa, nell’ultimo Inventario Forestale Nazionale, viene considerata parametro essenziale per il monitoraggio della gestione forestale.

Uno dei problemi ecologici che le nuove tipologie di utilizzazione, come ad esempio il Whole Tree Harvesting (WTH) o raccolta totale della pianta, potrebbero apportare agli ecosistemi forestali è la perdita di fertilità: si sa infatti che la necromassa, degradata dai vari microrganismi come i funghi *Heterobasidion annosum* e *Armillaria Mellea*, rimetteva in circolo carbonio e nutrienti. Oltre a ciò, venendosi quindi a modificare l’habitat del suolo, la componente microbica presente con la necromassa lascerà il posto a microrganismi in grado di adattarsi al nuovo ambiente.

Queste variazioni microbiche del suolo è possibile oggi analizzarle grazie alla metagenomica, tecnica di recente introduzione (1998), che permette di esaminare contemporaneamente il genoma di tutti i micro-organismi presenti in particolari ambienti, alla ricerca di nuove specie o per creare un profilo di specie conosciute.

## 1. DAI COMBUSTIBILI FOSSILI ALLE FONTI RINNOVABILI

Dalla rivoluzione industriale iniziata nel XVIII secolo, l'uomo ha cominciato ad utilizzare in maniera diffusa i combustibili fossili, inizialmente con il carbone e in seguito con il petrolio.

Dalla seconda metà del XX secolo il mondo ha dato il via allo sfruttamento di enormi quantità di combustibili fossili, riducendo così enormemente le risorse mondiali, non offrendo una garanzia energetica per il medio-lungo periodo.

A questo problema potrebbero rispondere positivamente le fonti di energia rinnovabile denominate anche "alternative". Si definisce energia rinnovabile una qualsiasi fonte energetica che si rigenera almeno alla stessa velocità con cui si utilizza.

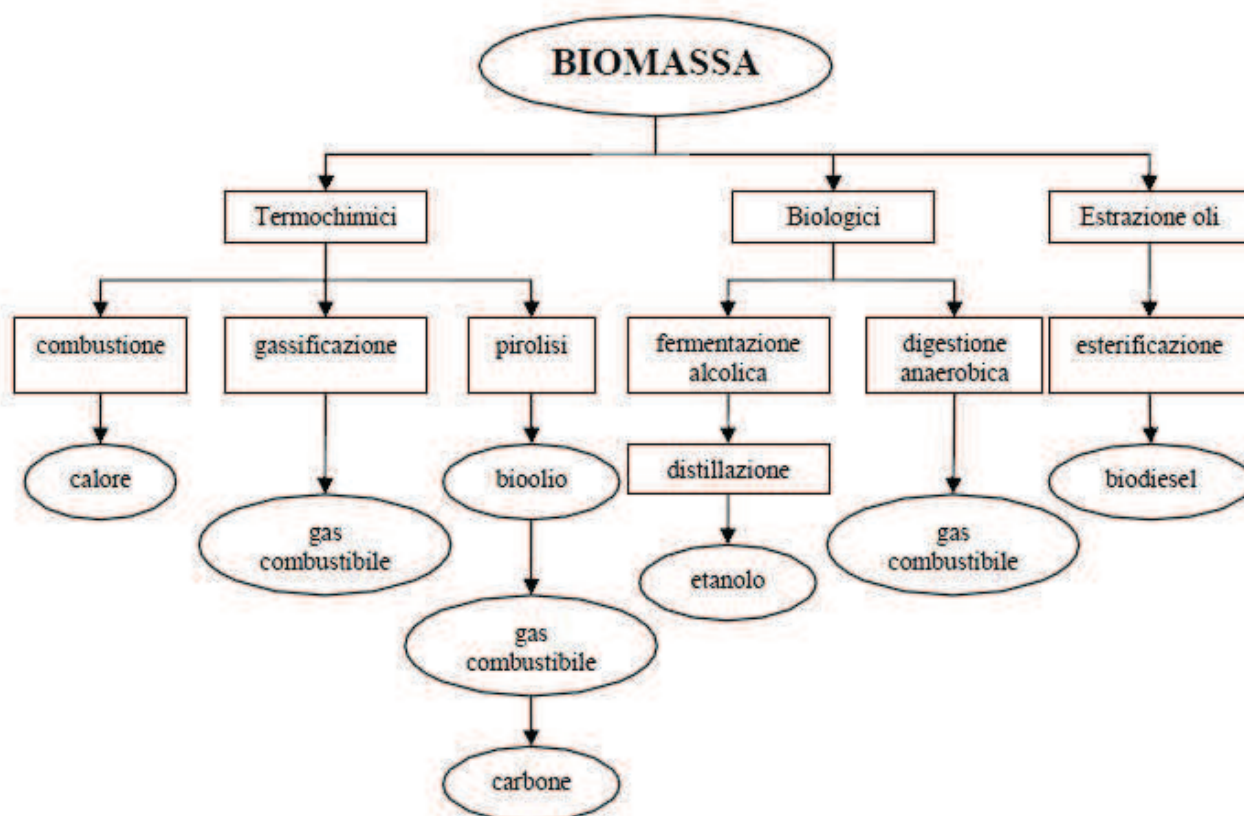
L'IEA (*International Energy Agency*) individua diverse tipologie di fonti rinnovabili (Renewable Energy: RD&D Priorities; IEA, 2006); la prima è quella solare, la fonte energetica più importante della Terra, che permette di produrre energia adottando varie tecnologie direttamente o indirettamente dall'irraggiamento solare: il fotovoltaico e il solare termodinamico. Altra tipologia è quella rappresentata dall'energia idraulica ricavata dai corsi d'acqua e dai bacini per mezzo di impianti idroelettrici; rientra in questo gruppo anche l'energia oceanica, cioè l'insieme dell'energia racchiusa in varie forme nei mari e negli oceani. Altra forma energetica, nota da tempo in molti Paesi, è quella geotermica, cioè l'energia che si trova nel sottosuolo sotto forma di calore, derivante in maggior parte dal decadimento delle sostanze radioattive contenute nel sottosuolo. È presente inoltre l'energia eolica, derivante dal vento e, come ultima tipologia, abbiamo la bioenergia, cioè l'energia utile ottenuta dai biocombustibili. La biomassa rappresenta la più consistente tra le fonti di energia rinnovabile anche se esistono molteplici difficoltà di impiego dovute all'ampiezza e all'articolazione delle fasi che costituiscono le singole filiere.

Le fonti energetiche rinnovabili rivestono un ruolo centrale nelle politiche dell'Unione Europea; il loro utilizzo è sostenuto con importanti incentivi dal Piano di Sviluppo Rurale e costituiscono un'importante possibilità per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> previste dal Protocollo di Kyoto (Silvestri et al., 2007). Con la firma di questo documento i Paesi industrializzati, fra i quali l'Italia, hanno stabilito precisi obiettivi per i tagli delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra, del riscaldamento del pianeta e degli stravolgimenti climatici: entro il 2012 le emissioni di CO<sub>2</sub> dovranno essere ridotte almeno del 5% rispetto a quelle del 1990; inoltre gli Stati membri dell'Unione Europea hanno sottoscritto un accordo che sancisce che, entro il 2020, il 20% dell'energia utilizzata nell'Unione dovrà provenire da fonti rinnovabili.

## 2. LE BIOMASSE

Le biomasse sono catalogate fra le fonti di energia rinnovabile, in quanto il loro tempo di sfruttamento è paragonabile a quello di rigenerazione. Esse costituiscono un'alternativa reale alle fonti non rinnovabili, ma difficilmente rappresenteranno la più importante risposta energetica per il nostro pianeta, almeno nel breve e medio periodo.

La biomassa utilizzabile a fini energetici consiste di tutti i materiali organici che possono essere utilizzati direttamente come combustibili ovvero trasformati in combustibili solidi, liquidi o gassosi con opportuni processi di conversione. Tali processi vengono schematizzati nel grafico 1 secondo tre categorie distinte: processi di conversione biochimica, processi di conversione termochimica, processi di estrazione di oli vegetali.



**Grafico1:** processi di conversione delle biomasse

Le biomasse, a seconda dell'origine, possono essere classificate come forestali, agricole o miste:

- **Biomasse agricole:** ne fanno parte i residui di coltivazione (di girasole, barbabietola, leguminose, paglie di riso o di frumento); gli scarti derivanti dalle industrie agro-alimentari (vinacce, sanse di oliva, lolla di riso, gusci e noccioli della frutta, acque di vegetazione), oppure le colture vegetali energetiche (specie arboree a rapido accrescimento, *Short Rotation*

*Forestry*, erbacee a ciclo annuale o poliennale) e i raccolti non utilizzati a scopo alimentare (*surplus*). Per quanto riguarda i residui di coltivazione di piante da frutto, dalla resa media a ettaro (tab.1) si può calcolare che, considerando l'intera superficie investita con queste colture in Italia, si ottiene una quantità di potature potenziali variabile da 2 a 6 milioni di tonnellate/anno.

SPECIE	RESIDUI (t/ha)
Vite	2,9
Olivo	1,7
Melo	2,4
Pero	2
Pesco	2,9
Agrumi	1,8
Mandorlo	1,7
Nocciolo	2,8

**Tab.1** Quantità di residui di potatura stimabili per diverse specie arboree (Bisaglia C., 2009)

Se confrontiamo questo valore con l'energia contenuta, ad esempio, nel gasolio, si può stimare un potenziale energetico dei residui pari a quasi 1,3 miliardi di litri di gasolio, sufficienti a riscaldare quasi 600.000 appartamenti (Bisaglia, 2009).



**Figura1:** Short Rotation Forest ([www.biomasse.basilicata.it](http://www.biomasse.basilicata.it))

In questo ambito rientrano anche le specie a rapido accrescimento, o *Short Rotation Forestry* (Figura1), termine con il quale si intende la coltivazione, ad elevata densità, di specie arboree caratterizzate da rapidità di crescita che vengono ceduate ad intervalli frequenti per la produzione di un materiale, il cippato ovvero legno sminuzzato, da

destinare prevalentemente alla trasformazione energetica; secondo l'Istituto Forestale Europeo (EFI) e l'Istituto di ricerca forestale finlandese (Finnish Forest Research Institute), la fornitura di biomassa legnosa proveniente dalle foreste nell'Unione europea può essere aumentata in modo significativo al di là dell'attuale livello di sfruttamento delle risorse. Tuttavia, questo richiede decisioni politiche veloci e incisive e un strategia globale a livello europeo. Il potenziale teorico della biomassa delle foreste europee al 2010 è stimato in circa 1,3 miliardi di metri cubi, compresa la



corteccia. Circa la metà di questo potenziale è costituita da legname tondo e il resto è costituito dai residui di utilizzazione, dalle ceppaie e dalla biomassa legnosa proveniente dai diradamenti precoci nelle foreste giovani. Il potenziale, tuttavia, è ridotto a circa 750 milioni di metri cubi a causa dei vari vincoli di natura ambientale, tecnica e sociale. I vincoli ricadono in particolar modo sulla frazione dei residui, delle ceppaie e sulle biomasse da diradamenti precoci. La riduzione della raccolta di biomassa nei siti poveri, al fine di evitare la perdita di nutrienti, è un esempio di vincolo ambientale. La capacità portante del terreno può limitare le utilizzazioni e quindi la raccolta su terreni incoerenti è un esempio di vincolo tecnico. Inoltre, la diversa disponibilità di biomassa, dovuta alla diversa struttura della proprietà delle foreste può essere considerato come un vincolo sociale. Nel nostro Paese questo tipo di coltivazione si è sviluppata maggiormente nel settentrione, grazie soprattutto al fatto che una superficie investita a *short rotation forestry* ora si può abbinare ad un titolo (diritto all'aiuto) Pac disaccoppiato, dopo la recente entrata in vigore del Decreto Mipaaf 9/12/2009 (GU n°30 del 6/2/2010). Le specie più utilizzate sono quelle a rapido accrescimento come: Pioppo (*Populus* spp.), Robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), Salice (*Salix* spp.) ed Eucalipto (*Eucalyptus* spp.), con turni che variano da uno a sei anni. La produzione annua può superare anche le 10 t/ha.

- **Biomasse miste:** provengono da diverse filiere e comprendono rifiuti urbani, residui delle industrie tessili, cartarie, delle pelli e del cuoio, le biomasse marine (alghe e resti di fauna ittica) e le deiezioni zoologiche.
- **Biomasse forestali:** raggruppano tutti i prodotti legnosi derivanti dal comparto forestale e che sono legati alla filiera del legno; includono gli alberi adulti, i residui forestali derivanti da tagli selvicolturali, da attività di utilizzazione del bosco a ceduo e a fustaia, i prodotti derivanti dall'industria del legno come scarti di legno vergine provenienti da imprese che lavorano tronchi, tavole o elementi in legno massiccio, scarti di legno trattato con colle o vernici e scarti di legno impregnato di preservanti. Comunque, a fini energetici, possono essere utilizzati scarti che nella combustione non liberino gas nocivi.

Secondo uno studio svolto in Islanda (Einarsson et al., 2005), un abete rosso di altezza media 8,5 metri produce in media 65,3 kg di biomassa, divisi in:

- 54% fusto;
- 23% rami;
- 18% aghi;
- 5% rami morti.

Uno studio invece svolto nel sud della Finlandia (Kantola & Mäkelä, 2006), riporterebbe una divisione della biomassa, sempre di un abete rosso, nel seguente modo (le masse sono espresse in kg, l'età giovane equivale a 25 anni, quella media a 67 anni, quella matura a 87):

Descrizione	Giovane	Età media	Maturo
Pianta	2,48	384,29	532,50
Tronco	1,02	326,05	467,77
Aghi	0,77	21,50	20,04
Rami	0,70	36,74	44,70

**Tab2:** biomasse delle varie parti di un abete rosso  
(fonte: Kantola & Mäkelä, 2006)

## 2.1 DEFINIZIONE DI BIOMASSA NELLA LEGISLAZIONE ITALIANA

- Il D.P.C.M. 8 marzo 2002 “Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione” precisa ciò che in Italia può essere considerato biomassa combustibile e quindi non rifiuto, ossia:
  - a) Materiale vegetale prodotto da coltivazioni dedicate;
  - b) Materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente meccanico di coltivazioni agricole non dedicate;
  - c) Materiale vegetale prodotto da interventi selvicolturali, da manutenzione forestale e da potatura;
  - d) Materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di legno vergine e costituito da cortecce, segatura, trucioli, chips, refili e tondelli di legno vergine, granulati e cascami di legno vergine, granulati e cascami di sughero vergine tondelli non contaminati da inquinanti, aventi le caratteristiche previste per la commercializzazione e l'impiego;
  - e) Materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di prodotti agricoli, avente le caratteristiche previste per la commercializzazione e l'impiego.
 (<http://www.res-regions.info>)
- La biomassa destinata a fini energetici è definita dal:
 

D. Lgs 29/12/03, n. 387 - “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”:

“... la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall’agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.”

- Definizione di biomassa combustibile, secondo il DL 152/2006 (Parte V, Allegato X, parte II, sez. 4, n. 1):
  - a) Materiale vegetale prodotto da coltivazioni dedicate;
  - b) Materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente meccanico di coltivazioni agricole non dedicate;
  - c) Materiale vegetale prodotto da interventi selvicolturali, da manutenzione forestale e da potatura;
  - d) Materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di legno vergine e costituito da cortecce, segatura, trucioli, chips, refili e tondelli di legno vergine, granulati e cascami di legno vergine, granulati e cascami di sughero vergine, tondelli, non contaminati da inquinanti;
  - e) Materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di prodotti agricoli;
  - f) Sansa di oliva disoleata...(omissis).
  - g) Liquor nero ottenuto nelle cartiere dalle operazioni di lisciviazione del legno e sottoposto ad evaporazione al fine di incrementarne il residuo solido...(omissis).

I prodotti energetici derivanti dalle “biomasse combustibili” possono trovare impiego in un’ampia gamma di applicazioni come biocombustibili solidi, liquidi e gassosi. La produzione del “combustibile” può essere fatta sul campo, in centri temporanei di stoccaggio, in centri e depositi commerciali nazionali e/o internazionali o presso gli stessi impianti di conversione finale, sia da soggetti terzi sia dallo stesso gestore dell’impianto di conversione.

Il circuito semplificato è del tipo:

produzione della biomassa → raccolta → produzione del combustibile → conversione energetica finale

Nell’ambito della produzione dei “biocombustibili” un ruolo preminente è occupato dalla trasformazione meccanica delle biomasse legnose originali in legna da ardere, pellet e cippato (combustibili solidi), dalla pressatura delle biomasse oleaginose in olio vegetale (combustibili liquidi), dalla fermentazione di biomasse amilaceo-zuccherine in etanolo (combustibili liquidi) e dalla digestione anaerobica di liquami zootecnici e produzioni erbacee umide in biogas (combustibili gassosi).

La “biomassa combustibile” comprende numerose e diverse tipologie, ma i fattori discriminanti che ne indirizzano la scelta verso la produzione del più adatto “combustibile”, in rapporto al più adatto processo di conversione, sono:

- rapporto carbonio/azoto (C/N)
- tenore di umidità alla raccolta

(<http://www.progettobiomasse.it>)

Tipici processi di conversione finale di biomasse in energia:

<b>Tipo di biomasse</b>	<b>Processo di conversione</b>	<b>Prodotto</b>	<b>Utilizzo</b>
Materiali legnosi H <sub>2</sub> O < 35-45% C/N > 30	Combustione	Calore	Riscaldamento Energia elettrica
Liquami zootecnici H <sub>2</sub> O > 35% C/N < 30	Digestione anaerobica	Biogas (60% metano)	Riscaldamento Energia elettrica
Piante zuccherine (barbabietola, sorgo, ecc) H <sub>2</sub> O < 90% C/N qualunque	Fermentazione degli zuccheri in alcool etilico	Etanolo	Motori a benzina
Piante oleaginose H <sub>2</sub> O > 35%	Esterificazione degli olii	Biodiesel	Motori Diesel

fonte: Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola

### 3. LE BIOMASSE FORESTALI

Le biomasse rappresentano la prima forma di sfruttamento dell’energia solare (Bartolazzi, 2005). Infatti, le piante sono in grado, attraverso la sintesi clorofilliana, di convertire l’energia



**Figura2:** Vari tipi di biomasse forestali  
(fonte: <http://children3c.wordpress.com>)

radiante del sole in energia chimica e fissare la CO<sub>2</sub> nelle sostanze organiche. In particolare ci si riferisce alle biomasse legnose, forestali o di origine agricola, che rappresentano una fonte energetica importante; si parla in questo caso di dendro-energia, cioè energia derivante dalle biomasse ligeno-cellulosiche.

Queste biomasse, derivanti da scarti agroforestali come residui di potature, residui di

abbattimento degli alberi assieme a paglie, scarti delle lavorazioni industriali come noccioli, gusci, residui delle segherie, oppure da coltivazioni arboree dedicate come le *Short Rotation Forestry* sono considerate particolarmente adatte alla combustione per la produzione di energia termica e/o elettrica (Coaloe, 2007).

### **3.1 LE BIOMASSE FORESTALI IN ITALIA**

Il territorio italiano è per il 42% montuoso, per il 35% collinare e per il 23% pianeggiante. E' nell'ambito montano che ritroviamo la ma maggior copertura forestale nazionale, stimata a 10.467.533 ha (INFC, 2005) la quale si divide in superficie "bosco", che rappresenta il 83,7%, e "altre terre boscate", che rappresenta il 16,3%; nella prima categoria ritroviamo "boschi alti", che sono il 98%, "impianti di arboricoltura da legno", che sono l'1,4% e "aree temporaneamente prive di soprassuolo", che sono allo 0,6%; nella seconda categoria troviamo "boschi bassi", che sono il 7,3%, "boschi radi", che sono l'8,6%, "boscaglie", che sono il 2,8%, "arbusteti", che sono il 58%, e "aree boscate inaccessibili o non classificate" che sono il 23,3% (percentuali calcolate sui dati dell'INFC, 2005). La percentuale del bosco rispetto alla superficie forestale totale è inferiore nelle regioni meridionali (Puglia, Basilicata e Calabria) e nelle isole (Sicilia e Sardegna), dove comunque le altre terre boscate rappresentano una parte consistente della superficie forestale (Tab.3).

Distretto territoriale	Bosco (ha)	Percentuale bosco su sup. forestale	Altre terre boscate (ha)	Percentuale altre terre boscate su sup. forestale	Superficie forestale totale (ha)	Percentuale foreste su sup. territoriale	Superficie territoriale (ha)
Piemonte	870.594	<b>92,60%</b>	69.522	<b>7,40%</b>	940.116	37,01%	2.539.983
Valle d'Aosta	98.439	<b>92,93%</b>	7.489	<b>7,07%</b>	105.928	32,46%	326.322
Lombardia	606.045	91,04%	59.657	8,96%	665.703	27,90%	2.386.285
Alto Adige	336.689	90,47%	35.485	9,53%	372.174	<b>50,29%</b>	739.997
Trentino	375.402	92,12%	32.129	7,88%	407.531	<b>65,66%</b>	620.690
Veneto	397.889	89,04%	48.967	10,96%	446.856	<b>24,30%</b>	1.839.122
Friuli V.G.	323.832	90,65%	33.392	9,35%	357.224	45,47%	785.648
Liguria	339.107	90,40%	36.027	9,60%	375.134	<b>69,21%</b>	542.024
Emilia Romagna	563.263	92,52%	45.555	7,48%	608.818	<b>27,52%</b>	2.212.309
Toscana	1.015.728	88,21%	135.811	11,79%	1.151.539	50,09%	2.299.018
Umbria	371.574	<b>95,21%</b>	18.681	<b>4,79%</b>	390.255	46,15%	845.604
Marche	291.394	<b>94,59%</b>	16.682	<b>5,41%</b>	308.076	31,78%	969.406
Lazio	543.884	89,77%	61.974	10,23%	605.859	35,21%	1.720.768
Abruzzo	391.492	89,26%	47.099	10,74%	438.590	40,63%	1.079.512
Molise	132.562	89,18%	16.079	10,82%	148.641	33,50%	443.765
Campania	384.395	86,33%	60.879	13,67%	445.274	32,76%	1.359.025
Puglia	145.889	81,48%	33.151	18,52%	179.040	<b>9,25%</b>	1.936.580
Basilicata	263.098	<b>73,82%</b>	93.329	<b>26,18%</b>	356.426	35,66%	999.461
Calabria	468.151	<b>76,38%</b>	144.781	<b>23,62%</b>	612.931	40,64%	1.508.055
Sicilia	256.303	<b>75,79%</b>	81.868	<b>24,21%</b>	338.171	<b>13,16%</b>	2.570.282
Sardegna	583.472	<b>48,09%</b>	629.778	<b>51,91%</b>	1.213.250	<b>50,36%</b>	2.408.989
<b>Italia</b>	<b>8.759.200</b>	<b>83,68%</b>	<b>1.708.333</b>	<b>16,32%</b>	<b>10.467.533</b>	<b>34,74%</b>	<b>30.132.845</b>

**Tab.3** Estensione delle macrocategorie inventariali Bosco e Altre terre boscate (INFC, 2005)

Le principali iniziative di raccolta dati e produzione di statistiche delle foreste a livello internazionale che riguardano il continente europeo, ossia quelle promosse dall'UNECE-FAO (FAO, 2000; FAO, 2005; FAO, 2010) e della Conferenza Interministeriale per la protezione delle foreste in Europa (MCPFE, 2003), prevedono la ripartizione delle foreste in "disponibile" o "non disponibile" al prelievo legnoso.

Per disponibile al prelievo si intende una superficie forestale non soggetta a limitazioni significative delle attività selvicolturali dovute a norme o vincoli (es. riserve) o a cause di tipo fisico (es. aree inaccessibili), mentre per non disponibili al prelievo legnoso la FAO considera le foreste in cui vi siano tutele ambientali o conservazione di siti di particolare interesse scientifico, storico, culturale o spirituale, o dove la produttività o il valore del legname sono sconvenienti, ad eccezione per il taglio occasionale per consumo interno (FAO, 2000).

Una seconda classificazione del bosco da parte dell'INFC è stata quindi fatta su disponibile o non disponibile al prelievo legnoso (Tab.4).

Distretto territoriale	Superficie disponibile per il prelievo legnoso	Percentuale sup. disp. su tot. bosco	Superficie non disp. per il prelievo legnoso	Percentuale sup. non disp. su tot. bosco	Superficie non classificata	Percentuale sup. non class. su tot. bosco	Totale Bosco
Piemonte	798.410	91,71%	69.883	8,03%	2.301	0,26%	870.594
Valle d'Aosta	65.085	<b>66,12%</b>	33.354	<b>33,88%</b>	0	<b>0,00%</b>	98.439
Lombardia	535.618	88,38%	67.756	11,18%	2.671	0,44%	606.045
Alto Adige	300.553	89,27%	34.246	10,17%	1.890	0,56%	336.689
Trentino	265.973	<b>70,85%</b>	106.906	<b>28,48%</b>	2.523	0,67%	375.402
Veneto	362.365	91,07%	35.185	8,84%	339	0,09%	397.889
Friuli V.G.	195.630	<b>60,41%</b>	128.201	<b>39,59%</b>	0	<b>0,00%</b>	323.832
Liguria	319.071	94,09%	18.571	5,48%	1.466	0,43%	339.107
Emilia Romagna	508.484	90,27%	52.204	9,27%	2.575	0,46%	563.263
Toscana	968.009	95,30%	45.183	4,45%	2.536	0,25%	1.015.728
Umbria	360.589	<b>97,04%</b>	9.954	<b>2,68%</b>	1.031	0,28%	371.574
Marche	285.820	<b>98,09%</b>	5.574	<b>1,91%</b>	0	<b>0,00%</b>	291.394
Lazio	484.307	89,05%	50.136	9,22%	9.441	<b>1,74%</b>	543.884
Abruzzo	316.440	80,83%	60.183	<b>15,37%</b>	14.868	<b>3,80%</b>	391.492
Molise	128.142	<b>96,67%</b>	4.029	<b>3,04%</b>	390	0,29%	132.562
Campania	295.594	<b>76,90%</b>	56.437	14,68%	32.364	<b>8,42%</b>	384.395
Puglia	141.596	<b>97,06%</b>	2.819	<b>1,93%</b>	1.474	1,01%	145.889
Basilicata	249.675	94,90%	13.423	5,10%	0	<b>0,00%</b>	263.098
Calabria	396.869	84,77%	47.487	10,14%	23.795	<b>5,08%</b>	468.151
Sicilia	234.318	91,42%	21.606	8,43%	379	0,15%	256.303
Sardegna	528.628	90,60%	48.881	8,38%	5.963	1,02%	583.472
<b>Italia</b>	<b>7.741.176</b>	<b>88,38%</b>	<b>912.017</b>	<b>10,41%</b>	<b>106.007</b>	<b>1,21%</b>	<b>8.759.200</b>

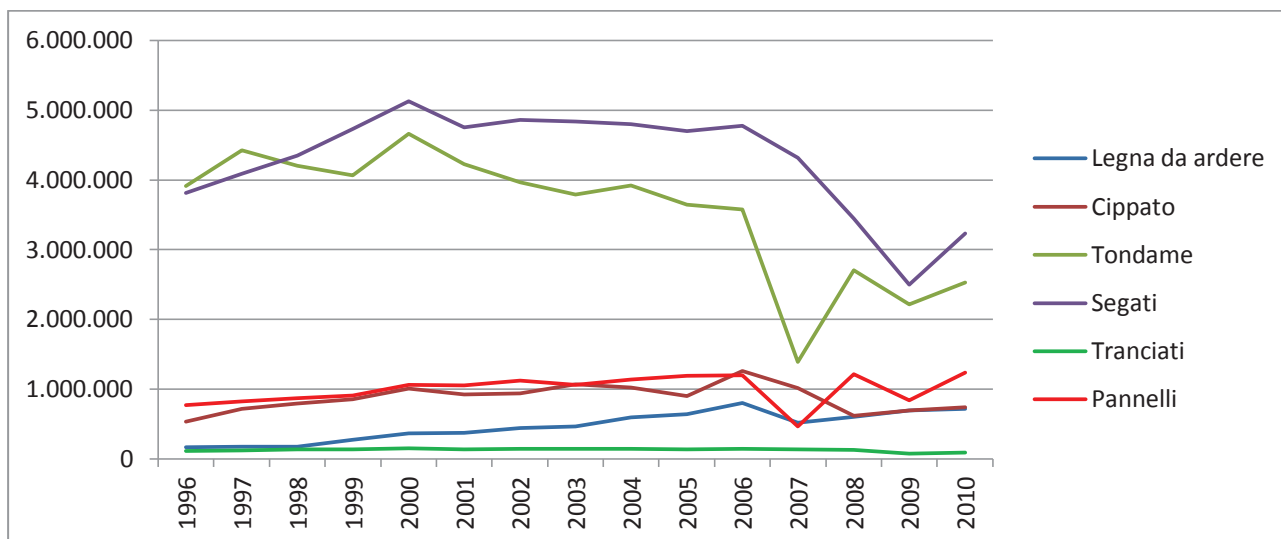
**Tab.4** Estensione della macrocategoria inventariale bosco, ripartita per disponibilità al prelievo legnoso (INFC, 2005)

La minore disponibilità al prelievo legnoso di certe regioni si spiega quasi interamente con una maggiore aliquota di superfici inaccessibili, come ad esempio in Valle d'Aosta, Campania e Calabria (INFC, 2005).

L'industria italiana del legno e della carta riveste un doppio ruolo: da un lato quello d'importatore pressoché netto di materie prime grezze (ad es. tondame) e/o semilavorate (ad es. segati, pannelli a base di legno, pasta di cellulosa, ecc.); dall'altro quello di un forte esportatore di prodotti finiti, caratterizzati da un valore aggiunto più o meno elevato, quali mobili e cornici di legno (Baudin *et al.*, 2005).

Il nostro Paese è il primo importatore mondiale di legna da ardere, detenendo circa il 28% delle importazioni mondiali di questo prodotto. L'Italia è anche il sesto importatore di cippato di conifera e l'ottavo importatore di cippato di latifolia, nonché il terzo importatore – dopo USA e Danimarca – di segatura e altri scarti della lavorazione del legno, con circa il 10,5% del totale

mondiale; è poi il quinto importatore mondiale di tondame di latifoglia, dopo Cina, India, Finlandia e Svezia; anche con riferimento ai segati l'Italia occupa posizioni di primissimo livello nella graduatoria mondiale delle importazioni: risulta essere, infatti, il quarto importatore mondiale di segati di conifera, dopo USA, Giappone e Gran Bretagna. La quarta piazza è occupata dall'Italia anche per quanto riguarda i segati di latifoglia genericamente considerati, alle spalle di Cina, USA e Thailandia. Considerando l'intera categoria merceologica dei tranciati e degli sfogliati, con spessore inferiore a 6 mm, l'Italia rappresenta il secondo importatore mondiale, alle spalle degli USA. Per quanto riguarda i pannelli di particelle, la posizione dell'Italia è più defilata rispetto a quella occupata per altre categorie merceologiche: ci si limita qui a ricordare che il nostro Paese è il quindicesimo importatore mondiale. (Rapporto ISPRA 97/2009).



**Grafico2:** Import di legno e prodotti a base di legno in Italia (1996-2010), quantità in t. (UN Comtrade 2011)

### 3.2 COMPOSIZIONE E PRINCIPALI TRATTAMENTI DELLE FORESTE ITALIANE

Le possibilità di gestione del bosco si suddividono, sulla base della forma di rinnovazione che s'intende perseguire, nel governo a fustaia e nel governo a ceduo. Nel primo caso la rinnovazione avviene per propagazione sessuata, vale a dire con i semi, mentre nel secondo caso per propagazione vegetativa in seguito all'emissione di polloni dalla ceppaia.

I boschi d'alto fusto italiani, o fustaie, sono costituiti per un 68% da popolamenti a prevalenza di latifoglie mentre il restante 32% è costituito da popolamenti di conifere, localizzato soprattutto in alcuni contesti alpini (Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige). (INFC, 2005).

Alla forma di governo si collega il suo trattamento, ovverosia la modalità seguita nel taglio o abbattimento. Per poter ottenere una giusta densità e un buon accrescimento volumetrico delle



piante si effettuano diradamenti a intervalli periodici, una volta terminato l'accrescimento in altezza. Con questa operazione si devono eliminare anche gli alberi ammalati, deperiti o malformati. Dai diradamenti precoci si ottiene legna da ardere, da quelli tardivi tronchetti ed eventualmente tavolame.

Per quanto riguarda i boschi con governo a fustaia, possiamo effettuare:

❖ **taglio raso**, costituito da piante coetanee che, abbattute tutte allo stesso momento, lasciano dopo il taglio il terreno sgombro. Viene asportata tutta la massa legnosa ad eccezione della ramaglia e della corteccia che vanno a ricostituire la sostanza organica del terreno;

❖ **tagli successivi**: sono costituiti da piante coetanee il cui taglio, però, non avviene contemporaneamente, ma a più riprese durante un periodo di rinnovazione più o meno lungo. La rinnovazione avviene naturalmente in modo che, dopo il taglio delle piante mature, il terreno è già ricoperto da bosco novello. Questi si dividono in:

- **taglio di preparazione**: si esegue prima della fine del turno (10-15 anni) ed ha lo scopo di diradare il bosco in maniera da consentire la rinnovazione naturale; il taglio di preparazione può anche mancare qualora si siano preventivamente effettuati regolari diradamenti;

- **taglio di sementazione**: si esegue alla fine del turno, possibilmente in prossimità delle annate di pasciona (abbondante produzione di seme); si asporta una massa più o meno consistente (40-70% del totale) a seconda della specie; successivamente (qualora il taglio non sia stato consistente) si possono operare dei tagli secondari con cui si asporta gradatamente il resto delle piante mature;

- **taglio di sgombero o definitivo**: si compie pochi anni dopo quello di sementazione e consiste nel tagliare le vecchie piante quando ormai le nuove piante non ha più bisogno di protezione.

❖ **taglio saltuario o di dirado**: è costituito da piante disetanee sparse su tutta la superficie del bosco; prevede il taglio delle piante che via via raggiungono la maturità, il che avviene saltuariamente (10-15 anni) garantendo una continua copertura del suolo e una rinnovazione naturale del bosco.

Per quanto riguarda invece i trattamenti dei cedui, possiamo avere:

- **ceduo a ceppaia**, se le piante vengono periodicamente (15 - 30 anni) tagliate rasente a terra; il taglio dei fusti (ceduazione) viene eseguito durante il riposo vegetativo delle piante al fine di favorire l'emissione di polloni radicali; infatti, eseguendo il taglio in estate, si favorisce invece l'emissione di polloni da gemme avventizie del tronco che, oltre ad esaurire precocemente la ceppaia, sono poco robusti e di sviluppo limitato;

- **ceduo a capitozza**, se il taglio viene eseguito ad una creta altezza dal suolo;
- **ceduo a sgamollo**, se è praticata la soppressione dei rami e delle branche laterali, mentre è rispettato il tratto apicale del fusto che risulta rivestito di vegetazione.

### 3.3 LA CERTIFICAZIONE FORESTALE

La certificazione forestale ha origine dalla crescente esigenza dei consumatori di poter disporre sui mercati internazionali di prodotti a base di legno proveniente da boschi gestiti in maniera corretta e sostenibile, sia da un punto di vista ecologico che economico e sociale. I consumatori e più in generale l'opinione pubblica, in sintesi, chiedono che sia possibile risalire all'origine del legname utilizzato per la creazione del prodotto finale, e accordano la loro preferenza a quei manufatti realizzati con legname proveniente da foreste gestite in modo sostenibile e certificate da un ente indipendente.

Un primo tipo di certificazione, quindi, quella della gestione forestale, riguarda il fatto che una proprietà forestale venga gestita secondo criteri di sostenibilità o più generica correttezza. Il legname che ne deriva viene marchiato ed è quindi commerciabile come proveniente da boschi gestiti in maniera sostenibile.

Il legname proveniente da foreste certificate per la corretta gestione forestale, poi, deve poter rimanere rintracciabile nelle varie fasi delle successive lavorazioni, sino al prodotto finito; questo secondo tipo di certificazione viene denominato catena di rintracciabilità (*chain of custody*). Se il manufatto rispetta queste condizioni, anch'esso sarà riconoscibile dal consumatore finale attraverso un apposito marchio.

La convenienza di una certificazione forestale per un proprietario forestale o per un'azienda di lavorazione del legno risiede principalmente in considerazioni di natura economica connessa alla preferenza accordata dal consumatore al prodotto certificato, preferenza che si traduce anche nella disponibilità a pagare per esso un prezzo maggiore. È significativo in proposito notare come anche nel nostro Paese, dove peraltro la maggior parte della materia prima legnosa viene importata, inizi a farsi pressante la richiesta, da parte dell'industria di trasformazione, di materiale legnoso proveniente da foreste certificate.

Per le pubbliche amministrazioni proprietarie di boschi subentrano anche valenze di carattere etico: infatti la certificazione della gestione forestale permette di "comunicare" al pubblico che i boschi sono gestiti in maniera sostenibile, adeguandosi a criteri di buona pratica forestale internazionalmente riconosciuti.

La certificazione rappresenta quindi un ottimo strumento di marketing, un'opportunità di ufficializzare l'impegno imprenditoriale verso l'ambiente, e al tempo stesso un impegno per la promozione di una gestione oculata e corretta dei boschi.

Ci sono due tipologie di certificazione applicabili alla realtà italiana:

- il sistema sviluppato dal *Forest Stewardship Council* (FSC), un'organizzazione non governativa sostenuta da alcuni importanti gruppi ambientalisti, che inizialmente si è



interessata alla salvaguardia delle foreste tropicali, ma che ha visto una rapida diffusione in America e in Europa, dove si sono costituiti specifici gruppi di acquisto dei prodotti da essi certificati. Tramite la definizione di 10 principi e una serie di relativi criteri, FSC ha introdotto uno schema di verifiche e di certificazione della gestione forestale e della rintracciabilità dei prodotti ritraibili (la *Chain of Custody*, o “catena di custodia”), che fa capo ad una rete di organismi di certificazione accreditati direttamente dallo stesso FSC.

Fonte: [www.makingsustainability.com](http://www.makingsustainability.com)

Attualmente si registrano circa 62 milioni di ettari di foreste certificate FSC in Europa e in Italia ne abbiamo 42.000;

- il sistema noto ora come *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (prima era *Pan European Forest Certification*) (PEFC), ovvero “Certificazione Forestale Paneuropea”,



nato su iniziativa dei proprietari forestali privati dell'area centro-nord europea con il sostegno di alcune organizzazioni industriali. Si basa sui Criteri, Indicatori e Linee Guida Operative di Gestione Forestale Sostenibile definiti nell'ambito del cosiddetto “Processo di Helsinki”, termine con il quale si indicano l'insieme delle tappe (Helsinki 1993, Lisbona 1998, Vienna 2003) della Conferenza Ministeriale per la Protezione delle Foreste Europee. Il sistema PEFC prevede sia la

Fonte: [www.alternativasostenibile.it](http://www.alternativasostenibile.it)

certificazione della gestione forestale che quella della rintracciabilità dei prodotti, dal bosco al consumatore finale; è uno schema che consente la certificazione di aziende o associazioni, ma anche di regioni, basata sull'idea che queste vengono periodicamente controllate da organismi di certificazione indipendenti. Attualmente ci sono 72,3 milioni di ettari di bosco certificati PEFC in Europa e 734.000 in Italia. (Brunori e Pedrolli, “Terra Trentina”)

### 3.4 DALLA BIOMASSA FORESTALE ALL'ENERGIA

Nei lavori di utilizzazione forestale si distinguono varie fasi, che cambieranno da azienda a azienda:

- abbattimento: recisione del fusto al piede e atterramento;
- allestimento: sramatura (taglio dei rami e del cimale fino alla completa pulizia del tronco) e depezzatura (divisione del fusto in assortimenti commerciali);
- concentramento: trasporto del legname dal letto di caduta alle vie di esbosco;
- esbosco: trasporto del legname lungo le vie di esbosco fino all'imposto;
- scortecciatura: asportazione parziale o completa della corteccia;
- trasporto: movimentazione del legname attraverso strade forestali e pubbliche;
- trasformazione: riduzione a misura di impiego combustibile (taglio, fenditura, cippatura).

La cippatura è una fase che in questi ultimi anni ha acquisito importanza allo scopo di sfruttare e valorizzare biomassa altrimenti inutilizzata e scartata; si possono distinguere due sistemi di lavoro:

- sistema del legname corto (*Short Wood System, SWS*): l'allestimento avviene su letto di caduta e il fusto si esbosca già diviso in assortimenti forestali;
- sistema dell'albero intero (*Full Wood System, FTS*): dopo l'abbattimento l'albero è esboscato intero e allestito sulla strada forestale o all'imposto.

Nel nostro paese il sistema prevalente è ancora il primo ma, soprattutto nell'arco alpino, il FTS si va sempre più diffondendo, specialmente se l'esbosco è effettuato con gru a cavo; questo permette l'accumulo a bordo strada o all'imposto dei residui forestali, disponibili quindi per essere cippati. (Bergomi et al., Manuale pratico legna e cippato, 2009)

Letteralmente il termine cippatura deriva dal vocabolo inglese "chipping", che significa "ridurre in scaglie"; questa trasformazione consiste nel ridurre il materiale legnoso in frammenti di forma parallelepipedica, con lunghezza compresa tra 2 e 5 cm, una larghezza massima di 2 cm e uno spessore di pochi millimetri. L'operazione è effettuata con delle macchine chiamate "cippatrici", che hanno diversi principi di funzionamento (Spinelli e Magagnotti, 2009).

Il principale vantaggio della cippatura consiste nella sua capacità di fluidificare il legno, riducendone e omogeneizzandone una pezzatura altrimenti grossolana e disforme. In effetti, il legname può essere trasformato anche in tondelli o assortimenti derivanti dall'azione di spacco, seguendo diversi procedimenti che però sono sempre più lenti e più laboriosi della cippatura. Alla fine, il quintale di tondelli o di spacconi ha un costo di lavorazione superiore al quintale di cippato, ed è prodotto solo se ottiene un prezzo sostanzialmente maggiore. Oltretutto, un buon cippato è

certamente molto più fluido dello spaccone o del tondello ed è l'unico assortimento veramente idoneo all'alimentazione automatica degli impianti di riscaldamento per uso civile.

Un secondo vantaggio consiste nell'ottimizzazione dell'impiego della biomassa disponibile, dato che si può cippare anche quel materiale che non potrebbe essere trasformato in alcun assortimento convenzionale perché piccolo o difettoso. In pratica la sminuzzatura consente di recuperare un 15–20% di biomassa che altrimenti sarebbe abbandonata in bosco come residuo. Cippare anche questo materiale non solo aumenta la resa a ettaro, ma risolve lo spinoso problema dei residui di utilizzazione, che le misure di prevenzione degli incendi boschivi impongono di asportare o eliminare.



**Figura3:** cippatrice (fonte: [www.creampresa.it](http://www.creampresa.it))

In terzo luogo, la cippatura consente di ridurre il volume apparente degli scarti forestali, facilitandone la movimentazione e il trasporto. Una tonnellata di cippato fresco occupa circa tre metri cubi, mentre ce ne vogliono dieci per contenere la stessa quantità di ramaglia tal quale. Ovviamente, questo vale solo per il materiale minuto, perché il volume occupato dal cippato è sempre superiore, quasi doppio, all'ingombro di un peso equivalente di legname tondo. La logica conclusione è che conviene sminuzzare ramaglia, scarti e piante di piccole dimensioni, mentre è meglio allestire in tondelli le piante medio–grosse, soprattutto se la distanza di trasporto è elevata.

Come in tutte le cose, esiste un rovescio della medaglia. Tra gli svantaggi della sminuzzatura, il primo e più grave è lo scarso mercato disponibile per il cippato, soprattutto se ottenuto dal legname di scarto. Questo può essere impiegato per la produzione di pannelli truciolari o per la conversione in energia. Oggi, l'industria del pannello offre prezzi di acquisto molto bassi

perché può rifornirsi all'estero di enormi quantità di assortimenti minori e scarti legnosi o far uso di legname riciclato. Il mercato dell'energia invece promette prezzi più attraenti, ma non è ancora abbastanza sviluppato da costituire una vera alternativa. I prossimi anni saranno sicuramente migliori.

Il secondo svantaggio è rappresentato dalla notevole richiesta di potenza delle cippatrici, che ovviamente si ripercuote sul costo della macchina e sul consumo di combustibile.

Infine, c'è la scarsa conservabilità del legname cippato. I frammenti di piante intere si deteriorano rapidamente, soprattutto quando la loro umidità è superiore al 35–40%. In questo caso il cippato inizia a fermentare, perdendo in breve tempo una discreta quantità di sostanza secca.

(fonte <http://www.biomasse.basilicata.it/biomasse/produzioneDelCippato.asp>)

In Italia fino al 2006 si ha assistito ad un continuo e costante aumento delle importazioni di cippato dall'estero; ciò era dovuto dall'aumento continuo di richiesta di materiale a basso costo per le numerose centrali a teleriscaldamento a biomassa sempre più frequenti distribuite sul territorio. (Pettenella et. al, 2009); ora come si può notare dalla tabella sottostante le quantità stanno calando, soprattutto quelle relative al cippato di latifoglie.

CIPPATO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Conifera	371.939	245.226	369.344	436.618	514.130	520.927	799.093	592.514	467.715	542.038	634.352
Latifolia	637.527	678.403	567.227	629.665	504.827	374.860	456.943	418.088	149.529	148.442	100.565
<b>Totale</b>	<b>1.009.466</b>	<b>923.629</b>	<b>936.571</b>	<b>1.066.283</b>	<b>1.018.957</b>	<b>895.787</b>	<b>1.256.036</b>	<b>1.010.602</b>	<b>617.244</b>	<b>690.480</b>	<b>734.917</b>

Tab.5: Import di cippato di legno in Italia in tonnellate (UN Comtrade 2011)

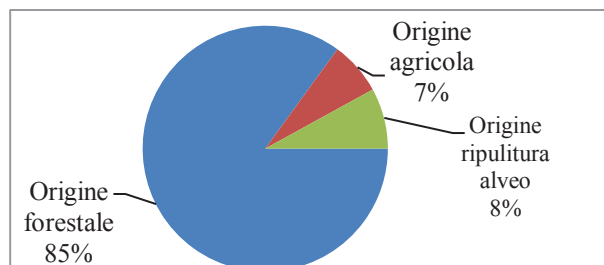
## 4. LE BIOMASSE FORESTALI ALPINE: CASO DI STUDIO TRENINO

### 4.1 BREVE INQUADRAMENTO DEL TRENINO FORESTALE

Il territorio Trentino è prevalentemente montano, oltre il 70% della superficie provinciale si trova infatti al di sopra dei 1000 m s.l.m.; la superficie provinciale è di 620.668 ettari e le foreste, caratterizzate dalla prevalenza netta di formazioni ad alto fusto rispetto ai cedui, occupano circa il 55% del territorio. I boschi ad alto fusto, in origine marcatamente coetanei, stanno gradualmente assumendo una maggiore stratificazione; il 50% delle fustaie presenta oggi i requisiti della struttura multiplana (fanno eccezione le aree ricadenti soprattutto nei distretti di Cavalese e Malè).

## 4.2 OFFERTA DI BIOMASSA LEGNOSA DA IMPRESE D'UTILIZZAZIONE

Le aziende di utilizzazione forestale intervistate hanno dichiarato una potenzialità produttiva, riferita al 2008, pari a 74.500 mst (metro stereo) di biomassa; la biomassa ha origine forestale per



l'85% in volume, agricola e da ripulitura d'alveo rispettivamente per il 7% e l'8%. Le imprese, laddove è possibile, conducono una separazione del toname di scarto dalla ramaglia al fine di ridurre le problematiche di eccessiva fermentazione del cippato (se ricco in sostanza

verde), con conseguente deprezzamento del materiale. Le aziende evidenziano, inoltre, una convenienza alla redistribuzione in bosco delle ramaglie (intere o cippate), qualora queste siano state scartate sotto il profilo qualitativo o si trovino in punti logisticamente difficili. Ciò perché, con questi presupposti, esse quantomeno partecipano al mantenimento del sistema ambientale.

La destinazione prevalente della biomassa ricavata ha scopi energetici, sia che si tratti di materiale cippato o che si tratti di materiale intero o di altro tipo, questo nello specifico fa riferimento alla fornitura di materiale per un termovalorizzatore per la produzione elettrica. (fonte: La filiera foresta-legno-energia in provincia di Trento anno 2008-2009)

## 4.3 OFFERTA DI BIOMASSA RACCOLTA DAI TITOLARI DI USO CIVICO

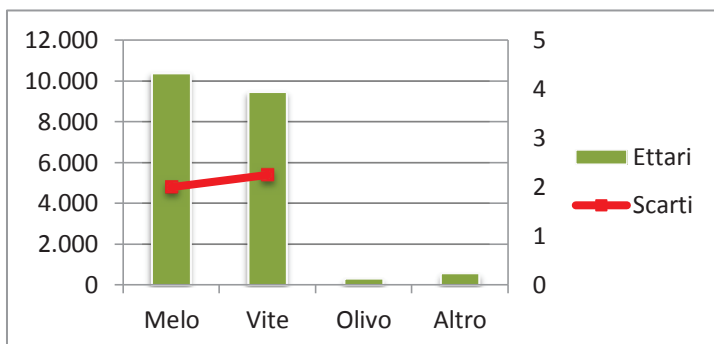
I quantitativi totali di legna prelevata da superficie pubblica e destinata ad uso civico in provincia di Trento si attesta sui 859.329 q.li/anno, a cui si aggiungono registrazioni di assegno su suolo privato per ulteriori 307.444 q.li/anno. (fonte: La filiera foresta-legno-energia in provincia di Trento anno 2008-2009)

## 4.4 OFFERTA DI BIOMASSA DERIVANTE DAGLI SCARTI AGRONOMICI

Le biomasse residuali derivanti dal comparto agricolo producono una ingente quantità di scarti legnosi. Attualmente la gestione dei residui di potatura è considerata più un problema di smaltimento, che un'operazione potenzialmente produttiva. L'agricoltura è uno dei principali settori per la produzione di combustibili rinnovabili; tale comparto è in grado di fornire diverse tipologie di biomasse, passando dalle colture energetiche erbacee a quelle legnose, dalle produzioni dedicate a quelle residuali. Tuttavia, dal punto di vista dell'utilizzazione in impianti per la produzione di

energia, le fonti agricole concretamente utilizzabili sono al momento le biomasse legnose e, fra queste, principalmente il residuale.

La superficie totale coltivata con essenze legnose in provincia di Trento riferita all'anno 2008, è pari a 20.728 ettari, suddivisa rispettivamente in:



- 10.378 ettari per il melo, che producono dal 1,5 a 2,5 t/ha di scarto di potatura;
- 9.461 ettari per la vite, che producono dai 2 ai 2,5 t/ha di scarto di potatura;
- 314 ettari per l'olivo;
- 574 ettari per le altre colture.

I comprensori più rappresentativi in termini di superficie agricola sono quelli della Valle dell'Adige (7.034 ha, 34%) e della Val di Non (6.554 ha, 32%), successivamente troviamo la Vallagarina con il 18%, che corrispondono a 3715 ha. (fonte: La filiera foresta-legno-energia in provincia di Trento anno 2008-2009)

## 5. IMPATTO AMBIENTALE DELL'ASPORTAZIONE DELLA CEPPAIA

La raccolta della ceppaia indica una intensificazione della gestione forestale rispetto alla tradizionale raccolta delle sole radici o della biomassa superficiale. Ci sono molti vantaggi pratici della raccolta del moncone, questi includono:

- ✓ produzione di legno come combustibile;
- ✓ sostituzione del combustibile fossile;
- ✓ entrate supplementari per i proprietari di boschi;
- ✓ preparazione del cantiere migliorata;
- ✓ potenziale riduzione di *Heterobasidion annosum* e *Armillaria mellea*.

Tuttavia, l'evidenza suggerisce che, in assenza di opportune misure precauzionali, la raccolta della ceppaia porterà a molti effetti indesiderati sull'ambiente. Questi includono:

- ✗ rimozione di input di materia organica del suolo;
- ✗ aumento dell'erosione del suolo;
- ✗ aumento della compattazione del suolo;
- ✗ esaurimento delle scorte di nutrienti del terreno e cambiamenti nel ciclo dei nutrienti;
- ✗ impatto sconosciuto sulla produttività futura;
- ✗ perdita di habitat preziosi per i funghi, muschi, briofite e insetti;
- ✗ aumento della vegetazione non forestale e dei requisiti per l'uso di erbicidi aggiuntivi.



Per ridurre al minimo gli impatti ambientali, dovrebbero essere sviluppate e comunicate delle linee guida di buona prassi. La ricerca fino ad oggi si è concentrata sull'impatto della rimozione della ceppaia sull'incidenza di malattie radicali e ha limitato l'applicabilità ad un supporto sano e non infetto.

Indipendentemente dal potenziale di mercato per la raccolta delle ceppaie per il carburante, vi è un considerevole sforzo a livello europeo per il trattamento di ceppi contro marciumi radicali. Thor (2002) ha condotto un sondaggio per l'Agenzia forestale svedese, SkogForsk, e ha scoperto che le attività di trattamento delle ceppaie si è svolta su un totale di 210 000 ettari all'anno, pari a circa il 75 per cento della superficie forestale totale del Galles. La Polonia, la Gran Bretagna e la Svezia rappresentano l'area trattata più grande, con l'abete rosso e l'abete Sitka le specie più trattate, ad eccezione della Polonia dove il trattamento è rivolto quasi esclusivamente al pino silvestre.

Un certo numero di infezioni fungine, come *Heterobasidion annosum*, può provocare danni



**Figura4:** Danni da *Heterobasidion annosum*  
(fonte <http://meta.arsia.toscana.it>)

rilevanti alle foreste e in molti casi la raccolta del ceppo è stato utilizzato come metodo di controllo. *H. annosum* è una delle malattie più distruttive di conifere dell'emisfero settentrionale, causando perdite economiche stimate di circa 800.000.000 € all'anno. L'infezione primaria è causata da spore che infettano le ferite e, dopo la fondazione nell'albero del micelio questo si diffonde per anastomosi radicale, cioè per contatto tra le radici. Ci sono prove convincenti che per

monocolture di pino silvestre su suoli sabbiosi, così come in miscele di abete rosso su qualunque suolo, il trattamento del ceppo potrebbe essere un mezzo redditizio per ridurre i danni delle malattie provocate da *H. annosum*. (Walmsley & Godbold, 2010)

Altro agente di marciume radicale è la specie *Armillaria mellea* la quale è afferente, insieme ad altre specie geneticamente diverse, al gruppo delle *Armillarie*, che si possono riconoscere per il colore del carpoforo; è un fungo che troviamo principalmente nelle aree forestali temperate e colpisce circa 700 specie diverse di piante legnose. Questo fungo può essere definito come un killer delle piante in salute, un patogeno secondario delle piante stressate o come saprofita delle piante morte.

Il principio della malattia è frequentemente associato alle operazioni di raccolta, sebbene alcuni centri sono anche identificati all'interno di foreste vergini; il fungo colonizza il ceppo e le radici



**Figura5:** Armillaria Mellea su pianta tagliata  
(fonte <http://www.gmvmonza.org/armillaria%20mellea.htm>)

delle piante tagliate a partire dalle lesioni quiescenti che c'erano sulle radici riattivate da condizioni di stress; da qua poi il fungo si propagherà alle radici delle piante sane vicine tramite principalmente le rizomorfe, che sono un insieme di ife, o tramite micelio. Quando la radice viene colonizzata, questa risponde con una colata di resina che dovrebbe servire ad occludere il fungo, confinandolo al solo sito infettato. Se questa

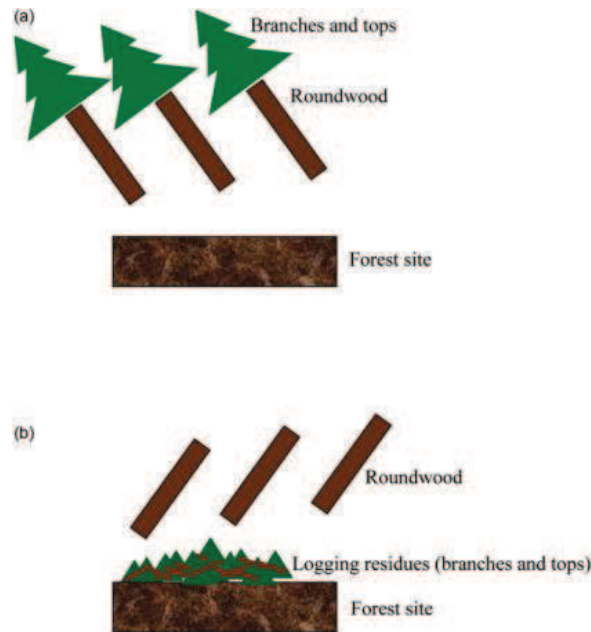
operazione fallisce il fungo progressivamente arriverà ad uccidere il cambio e i tessuti adiacenti, portando la pianta a stress o addirittura alla morte.

I danni causati da *Armillaria* variano sostanzialmente da sito a sito e non possono essere generalizzati ma comunque si può dire che ci sono siti dove la parte infettata può rappresentare l'8%, altri in cui può arrivare al 32% con il 95% delle conifere "commerciali" infettate o uccise; le foreste commerciali quindi non possono durare senza un controllo della malattia. (Wargo & Shaw, 1985)

Nonostante in generale i risultati siano promettenti, c'è ancora qualche incertezza se le radici infette che rimangono dopo la rimozione del tronco sono in grado di infettare la prossima generazione di alberi. Allo stesso tempo ci sono prove che suggeriscono che anche il più accurato e intensivo tentativo di rimozione del ceppo lasci ancora significative quantità di radici nel terreno, che ci porta a ritenere che questo non può essere giustificato solo per il raggiungimento del controllo dei parassiti e delle malattie. (Walmsley & Godbold, 2010)

## **6. EFFETTI DELLA RACCOLTA DI BIOMASSA FORESTALE SULLA PRODUTTIVITÀ DEL SUOLO**

La rimozione di tronchi, rami e cime da un sito forestale, sia in una sola passata (raccolta e trasporto di tutto l'albero) o in due passaggi (raccolta, taglio dei rami, trasporto del fusto seguita dal recupero dei rami e cime) si chiama raccolta Whole Tree Harvesting (WTH) (Figura6), la quale è stata condotta per oltre tre decenni in molte foreste boreali e temperate.



**Figura6:** differenza tra raccolta Whole Tree e Stem Only (fonte: Thiffault & al., 2011)

I progressi tecnologici guidati dai mercati di prodotti bio senza dubbio aumenterà sia il numero di siti da cui vengono rimossi i residui, sia la percentuale di biomassa che verrà rimosso da un sito. Pertanto, la resilienza dei siti forestali per la rimozione dei residui, specialmente durante il taglio a raso, è un problema significativo.

Il WTH rimuove una maggiore quantità di sostanza organica e nutrienti da siti rispetto all'asporto del solo fusto (Stem Only Harvesting, SOH), sollevando preoccupazioni sulla produttività del suolo; prove sul campo sperimentali hanno dimostrato che il WTH può avere una vasta gamma di effetti a breve e medio termine sulle proprietà del suolo e la produttività della foresta che spesso sono negativi, ma a volte positivi.

Nella Figura3 si possono vedere i risultati di diversi esperimenti che confrontavano il rapporto di WTH e SOH in base ai principali componenti chimici del suolo. (fonte: Thiffault et al., 2011)

## 6.1 CARBONIO (C)

Il carbonio del suolo ha una forte influenza sulla fertilità: la materia organica in genere migliora la struttura del suolo, la ritenzione idrica del terreno, la disponibilità di nutrienti, ed è un substrato per il biota del terreno che svolge funzioni cruciali ecologici come la decomposizione e il ciclo dei nutrienti. Il WTH restituisce minore quantità di sostanza organica al suolo rispetto al SOH e quindi ridotti contenuti di C sono generalmente previsti dopo il WTH rispetto al SOH; tra gli studi in cui sono stati osservati effetti significativi, il WTH ha ridotto la concentrazione o il contenuto di C a valori corrispondenti il 44% e 92% di quella del SOH. (fonte: Thiffault et al., 2011)

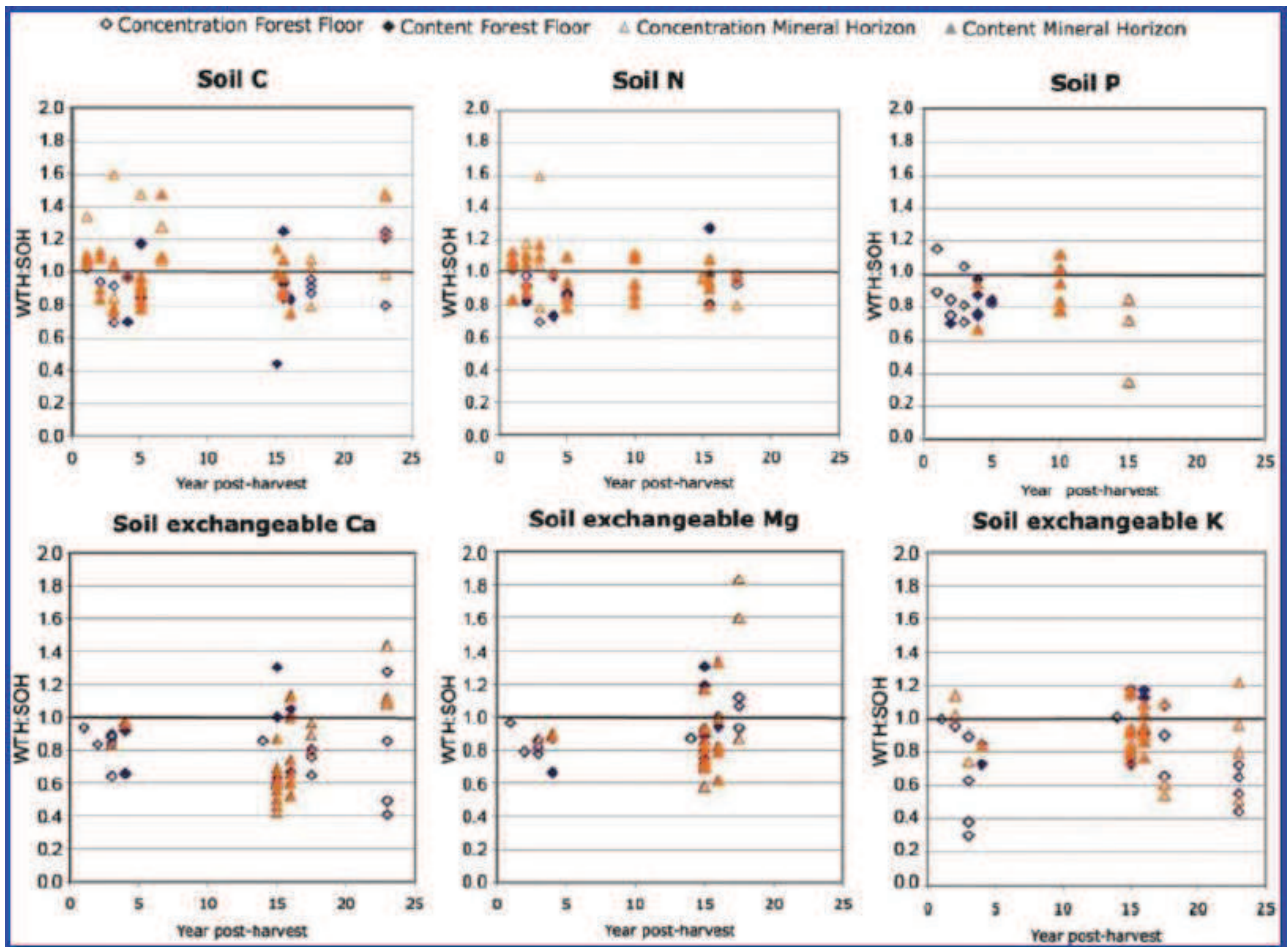


Figura7 Rapporto tra WTH e SOH nei vari componenti (fonte: Thiffault et al., 2011)

## 6.2 AZOTO (N)

Studi sul campo hanno rivelato una lieve tendenza alla riduzione dell'azoto del terreno a seguito del WTH; effetti negativi di WTH sono stati più frequentemente osservati nel sottobosco. (fonte: Thiffault et al., 2011)

## 6.3 FOSFORO (P)

WTH riduce il contenuto di P estraibile dei suoli ultisolic tra il 79% e 89% rispetto al SOH. L'impatto sulla disponibilità del fosforo del suolo è stato generalmente di minore preoccupazione rispetto all'impatto dell'estrazione dell'azoto nelle foreste boreali e temperate, questo perché generalmente sono disponibili sui terreni ghiacciati di recente, che hanno concentrazioni più elevate di minerali e P disponibile. (fonte: Thiffault et al., 2011)

## 6.4 CATIONI (Calcio (Ca), Magnesio (Mn), Potassio (K))

Il WTH dovrebbe causare un maggiore drenaggio sulle riserve di cationi di base rispetto al SOH e, inoltre, una riduzione dei loro pool nel lungo periodo. Il calcio è generalmente considerato il nutriente con più alto rischio di esaurimento, ma anche Mg e K destano preoccupazione. I bilanci dei nutrienti indicano che anche SOH è insostenibile in gran parte di Svezia e Finlandia a causa di perdite di lisciviazione di Ca e Mg dal suolo causate da deposizione atmosferica. (fonte: Thiffault et al., 2011)

## 7. LA NECROMASSA

La necromassa rappresenta una componente dell'ecosistema forestale, la cui importanza dal punto di vista gestionale è stata riconosciuta a pieno titolo soltanto in questi ultimi anni, in particolare da quando si è affermato a livello internazionale il concetto di Gestione Forestale Sostenibile (GFS). In passato, secondo i canoni classici della selvicoltura tradizionale, la presenza di soggetti morti in bosco ha sempre rappresentato un fenomeno di disturbo sia per motivi fitosanitari sia per il maggior rischio d'incendi. Attualmente questa componente è stata rivalutata mettendone in luce anche gli aspetti positivi, grazie all'inserimento della necromassa presente in bosco tra gli indicatori paneuropei di GFS e alla maggiore sensibilità della società nei confronti della biodiversità.

A livello terminologico la necromassa è definita dal Global Forest Resources Assessment 2005 come tutta la biomassa legnosa non vivente, contenuta nella lettiera, sia essa in piedi, a terra o nel suolo; rientrano in questa definizione gli alberi interi o frammenti di legno appoggiato a terra, le radici morte e le ceppaie purché superiori ad una soglia dimensionale prestabilita (10 cm quella suggerita dalla FAO 2004).

Il ruolo della necromassa nell'ecosistema forestale è legato a svariati aspetti che comprendono il miglioramento della diversità naturale fornendo riparo e fonte di sostentamento per numerose specie di organismi, lo stoccaggio e il lento rilascio del carbonio e dei nutrienti mentre la decomposizione dei tessuti legnosi operata da insetti, funghi e batteri consente il rilascio di sostanze utili al suolo, il mantenimento della fertilità favorevole alla rinnovazione naturale, la conservazione del suolo e il miglioramento della stabilità dei versanti dal rischio idrogeologico. In particolar modo la funzione di fissazione temporanea del carbonio ha richiamato l'attenzione del



**Figura8:** Necromassa - Fonte: [lascuoladelsapere.blogspot.com](http://lascuoladelsapere.blogspot.com)

mondo scientifico da quando questa componente è stata inclusa nei cinque *pools* (biomassa epigea e ipogea, necromassa, lettiera e suolo) che possono essere contabilizzati nel bilancio nazionale relativo allo stoccaggio d'anidride carbonica dei soprassuoli forestali da parte dei paesi firmatari del Protocollo di Kyoto (UNEP 1997). Tale funzione della necromassa è legata da un lato alla stima dello stock di carbonio contenuto nel materiale a terra o nei soggetti in piedi ai vari stadi di decomposizione e dall'altro al modo in cui si colloca la componente morta nel ciclo del carbonio e ai conseguenti tempi di rilascio in atmosfera (Morelli et al., 2007).

Il legno morto viene comunemente suddiviso in due principali componenti: le piante morte in piedi (*standing deadwood*) e il legno morto a terra (*lying deadwood*). Quest'ultimo viene a sua volta ripartito in *coarse woody debris* (CWD detrito legnoso grossolano) con diametro alla sezione più piccola uguale o maggiore a 10 cm, e in *fine woody debris* (legno morto fine), con diametro tra 2.5 e 10 cm; il materiale legnoso sotto la soglia di 2.5 cm viene considerato solitamente come parte della lettiera (Pignatti et al., 2009).

Nella Tabella 6 possiamo osservare le stime di necromassa totale, a terra e come ceppaie residue presenti nelle varie regioni divise secondo l'appartenenza a boschi alti, impianti di arboricoltura da legno e aree temporaneamente prive di soprassuolo (per cause naturali, accidentali o antropiche per le quali si prevede la ricostituzione della copertura arborea in tempi brevi).

Regione	Boschi alti			Impianti di arboricoltura da legno			Aree temp. prive di soprassuolo			Totale bosco		
	Totale	A terra	Ceppaie residue	Totale	A terra	Ceppaie residue	Totale	A terra	Ceppaie residue	Totale	A terra	Ceppaie residue
Piemonte	13.162.878	2.841.504	1.739.602	52.899	14.840	5.326	29.427	2.506	968	13.245.203	2.858.850	1.745.897
Valle d'Aosta	1.074.311	161.200	325.959	0	0	0	1.461	246	1.215	1.075.773	161.446	327.174
Lombardia	7.966.325	2.206.958	977.592	6.370	64	4.002	9.186	247	7.272	7.981.881	2.207.269	988.866
Alto Adige	4.300.414	1.050.635	1.853.145	0	0	0	151.068	31.576	110.206	4.451.482	1.082.211	1.963.351
Trentino	5.034.629	1.457.925	1.231.608	0	0	0	69.783	29.900	38.278	5.104.413	1.487.825	1.269.886
Veneto	4.651.610	1.077.222	1.301.146	13.651	873	6.234	37	0	37	4.665.297	1.078.095	1.307.417
Friuli V.G.	3.859.213	1.239.291	571.292	15.773	4.171	2.993	0	0	0	3.874.985	1.243.462	574.285
Liguria	6.181.874	1.039.553	468.508	128	66	62	21.649	9.408	8.618	6.203.651	1.049.027	477.188
Emilia Romagna	4.951.609	943.511	755.147	7.153	2.656	612	4.148	3.405	743	4.962.910	949.572	756.502
Toscana	11.447.009	1.513.487	1.351.380	14.938	600	8.975	101.485	76.606	8.750	11.563.432	1.590.694	1.369.105
Umbria	1.025.374	154.014	155.959	0	0	0	0	0	0	1.025.374	154.014	155.959
Marche	934.928	251.235	172.968	2.486	264	0	0	0	0	937.414	251.498	172.968
Lazio	2.085.732	282.753	601.622	4.654	0	3	10.994	2.626	8.368	2.101.379	285.379	609.992
Abruzzo	1.523.764	401.429	211.462	4.567	0	0	2.635	0	0	1.530.966	401.429	211.462
Molise	558.880	84.137	124.358	9.701	285	0	25	25	0	568.606	84.447	124.358
Campania	1.285.179	226.091	320.134	2.076	0	1.644	13.774	0	13.774	1.301.030	226.091	335.551
Puglia	261.519	107.883	25.791	5.057	754	717	4.585	330	1.923	271.161	108.967	28.432
Basilicata	551.966	153.202	121.388	7.563	965	465	861	107	754	560.390	154.273	122.607
Calabria	3.201.980	610.662	632.387	42.555	3.678	3.641	30.415	261	980	3.274.950	614.601	637.008
Sicilia	811.728	221.353	137.605	248	0	248	9.116	770	313	821.091	222.123	138.166
Sardegna	921.164	290.716	195.395	37.091	7.992	9.779	18.289	7.026	0	976.544	305.734	205.174
<b>Italia</b>	<b>75.792.085</b>	<b>16.314.761</b>	<b>13.274.448</b>	<b>226.911</b>	<b>37.208</b>	<b>44.700</b>	<b>478.937</b>	<b>165.040</b>	<b>202.199</b>	<b>76.497.933</b>	<b>16.517.008</b>	<b>13.521.347</b>

**Tab.6** Valori del volume della necromassa totale e a terra; valori in m<sup>3</sup> (INFC, 2008)

Nel complesso l'INFC ha stimato, per i boschi italiani, una presenza di legno morto pari a 8.8 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>(Tab. 6), valore che comprende le tre componenti rilevate (alberi morti in piedi, legno morto a terra e ceppaie).

Sovracategoria	Nord	Centro	Sud	Italia
	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
Boschi di conifere alpine	14,4	25,5	5,6	14,5
Pinete e altri boschi di conifere	10,4	10,9	5,4	8
Faggete	9,8	6	4	7,6
Querceti caducifogli	7,6	3,1	2,2	3,6
Castagneti e carpineti	19	13,7	9	15,9
Altri boschi di caducifoglie	11,3	5,7	3,3	8,6
Boschi di latifoglie sempreverdi	9,2	3,6	2	2,6
<b>Totale boschi alti</b>	<b>13,4</b>	<b>6,6</b>	<b>3,5</b>	<b>8,8</b>

**Tab.7** Volume ad ettaro del legno morto totale delle sovracategorie di vegetazione (INFC, 2005)

LEGENDA	
a - Boschi di conifere alpine	Boschi di larice e cembro; boschi di abete rosso; boschi di abete bianco; boschi di pino silvestre e montano
b - Pinete e altri boschi di conifere	Pinete di pino nero, laricio e loricato; pinete mediterranee; altri boschi di conifere
c - Faggete	Faggete
d - Querceti caducifogli	Querceti di rovere, roverella e farnia; cerrete, boschi di farnetto, fragno e vallonea
e - Castagneti e carpineti	Castagneti; ostrieti e carpineti
f - Altri boschi di caducifoglie	Boschi igrofilii; altri boschi di caducifoglie
g - Boschi di latifoglie sempreverdi	Leccete; sugherete; altri boschi di latifoglie sempreverdi
N - Nord	Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Alto Adige, Trentino, Veneto, Friuli V.G., Liguria, Emilia Romagna
C - Centro	Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo
S - Sud	Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna

## 8. STUDIO DEL SUOLO ATTRAVERSO LA METAGENOMICA

La metagenomica si basa sull'analisi del materiale genetico presente in un determinato campione ambientale, definito metagenoma, che sarà quindi rappresentativo delle specie che lo popolano. Il principio di questa tecnica è che la biodiversità di qualunque ambiente è rappresentata dal materiale genetico presente in essa. Grazie ai metodi di sequenziamento sempre più efficaci, il numero dei progetti di metagenomica è in costante aumento, in quanto offre ai ricercatori una miriade di nuovi geni da studiare. Il metodo standard per identificare e studiare i microrganismi che vivono in una data comunità è coltivarli in laboratorio, ma ciò è effettivamente possibile solo con l'uno per cento dei microbi. Tuttavia, negli ultimi anni, l'introduzione di tecniche di sequenziamento più veloci ed economiche ha garantito ai microbiologi uno strumento alternativo valido per il restante 99 per cento dei casi. Ora gli scienziati possono estrarre il DNA, per esempio, da una goccia d'acqua marina o da un campione di melma ricavato da un impianto di scarico per poi sequenziarlo, cioè determinare l'esatto ordine delle basi (adenina, citosina, guanina e timina), derivandone indicazioni genomiche su tutti gli organismi che vivono in quell'ambiente. Assemblare i frammenti casuali di DNA generati durante il sequenziamento può essere difficoltoso se non, in alcuni casi, impossibile; Philip Hugenholtz, capo del programma di ecologia microbica del Joint Genome Institute di Walnut Creek (California) del Dipartimento dell'Energia statunitense, paragona il processo al tentativo di ricomporre un migliaio di puzzle da una scatola che contiene solo alcune



tessere di ognuno. Quindi, piuttosto che cercare di assemblare questi rompicapo genomici, gli scienziati preferiscono provare a comprenderne i singoli pezzi, o geni. L'identificazione dei geni che consentono ai microbi nello stomaco delle tarme di digerire il legno, per esempio, potrebbero portare a dei biocombustibili più efficienti. (Emily Singer - Technology Review su <http://www.giornaletecnologico.it>)

Due possibili applicazioni della metagenomica sono i biocarburanti e l'agricoltura:

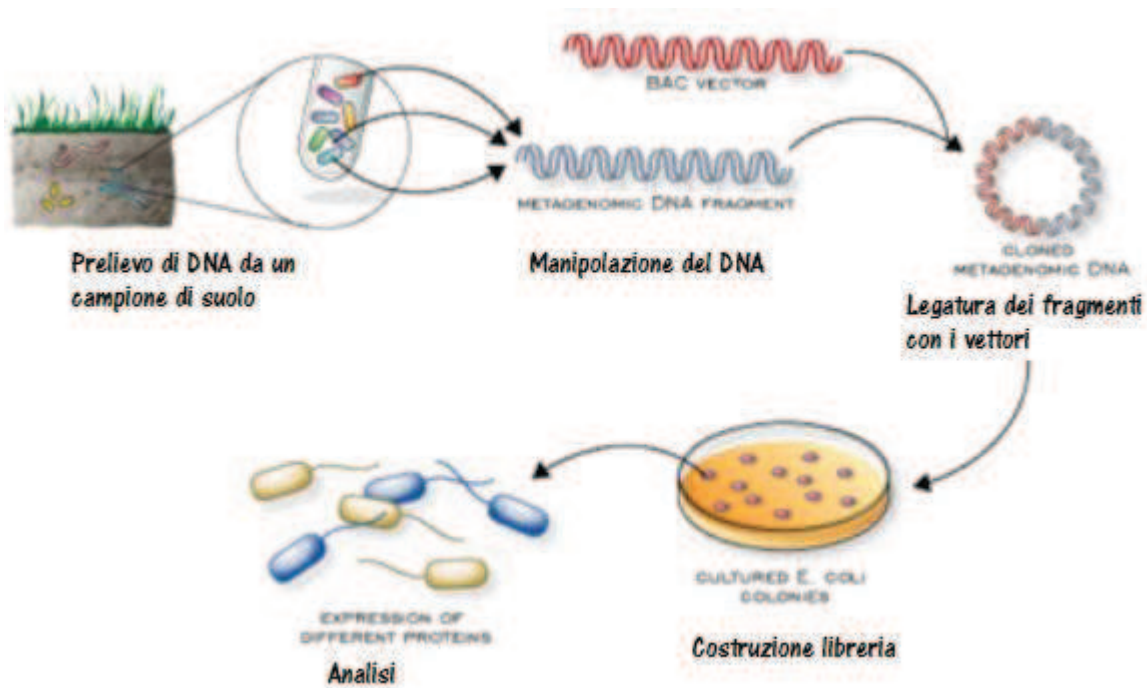
- i biocarburanti sono carburanti derivati dalla conversione della biomassa, come la conversione della cellulosa contenuta negli stocchi di mais, nel panico verga (*Panicum virgatum L.*), ed altre biomasse in etanolo cellulosico. Questo processo dipende da consorzi microbici che trasformano la cellulosa in zuccheri, seguita dalla fermentazione degli zuccheri in etanolo. I microbi producono anche una varietà di fonti di bioenergia tra cui metano e idrogeno.

La decostruzione efficiente della biomassa richiede nuovi enzimi con maggiore produttività e minori costi.

- I terreni in cui le piante crescono sono abitati da comunità microbiche, con circa  $10^9$ - $10^{10}$  cellule microbiche in un grammo di terreno; questi consorzi microbici eseguono un'ampia gamma di servizi ecosistemici necessari per la crescita delle piante, tra cui la fissazione dell'azoto atmosferico, il ciclo dei nutrienti, la soppressione delle malattie e lo smaltimento di ferro e altri metalli. Strategie metagenomiche vengono utilizzate per esplorare le interazioni tra le piante e microbi che possono contribuire a una migliore individuazione delle malattie delle colture e del bestiame e l'adattamento di pratiche agricole avanzate che migliorano la salute delle colture. (<http://en.wikipedia.org>)

La metagenomica quindi è impiegato come mezzo per indagare, classificare e manipolare tutto il materiale genetico isolato da campioni ambientali. Si tratta di un processo in più fasi che si basa sull'efficienza delle quattro fasi principali (vedi Figura9). La procedura consiste di:

1. l'isolamento di materiale genetico;
2. la manipolazione del materiale genetico;
3. la costruzione della libreria;
4. l'analisi del materiale genetico nella libreria metagenomica.



**Figura9:** Le fasi standard di un esperimento di meta genomica ([www.scq.ubc.ca](http://www.scq.ubc.ca))

1. In primo luogo, viene raccolto un campione di suolo che rappresenta l'ambiente sotto inchiesta, dato che la diversità biologica è diversa in ambienti diversi. I campioni contengono diversi tipi di microrganismi, le cui cellule possono essere suddivise tramite metodi chimici o fisici; il DNA verrà poi separato dal resto del campione: questo lo si ottiene sfruttando le sue proprietà fisiche e chimiche utilizzando ad esempio la centrifugazione, le affinità di legame e la solubilità / precipitazione.
2. A questo punto il DNA, essendo relativamente lungo, viene tagliato in frammenti più piccoli utilizzando enzimi chiamati endonucleasi di restrizione. I frammenti vengono poi combinati con i vettori, che sono piccole unità di DNA e contengono anche un marcatore, che fornisce un vantaggio di crescita che l'organismo modello non avrebbe normalmente (come la resistenza ad un antibiotico particolare) e sono utilizzati per identificare gli organismi che contengono vettori.
3. Il terzo passo è quello di introdurre i vettori con i frammenti di DNA metagenomico in un organismo modello, cioè un organismo che può essere studiato in laboratorio, di modo che possa essere coltivato e studiato (tipicamente *Escherichia coli*). I vari DNA metagenomici associati ai vettori inizialmente sono tutti nello stesso campione, ma i vettori sono progettati in modo che un solo tipo di frammento di DNA sarà mantenuto dal campione in ogni singola cellula. Le cellule trasformate sono poi coltivate su terreni selettivi in modo che solo le cellule che trasportano vettori sopravvivano. Ogni gruppo di cellule che cresce si chiama colonia e i campioni di cellule contenenti tutti i campioni di DNA metagenomico sono

chiamate librerie metagenomiche. Ogni colonia può essere utilizzata per creare uno stock di cellule per lo studio futuro di un singolo frammento del DNA dal campione ambientale.

4. Il quarto ed ultimo passo della procedura è l'analisi del DNA dalle librerie metagenomiche, ad esempio per controllare se l'organismo modello ha acquisito una funzione enzimatica che era prima carente.

(Shelswell, <http://www.scq.ubc.ca/metagenomics-the-science-of-biological-diversity/>)

## ALLEGATO Ia – STATO DELL'ARTE

Di seguito sono riportati i principali dati di altri lavori internazionali simili relativi al rapporto tra patogeno e specie competitive.

PAESE	PATOGENO	SPECIE COMPETITIVE			OSPITI	AMBIENTE	OBIETTIVI	AUTORI	RIVISTA PUBBLIC.
		BATTERI	FUNGHI						
			MICORRIZZE	ALTRI					
Olanda	Rhizoctonia solani	33000 specie, di cui la distribuzione complessiva predominante variava dall'1% al 20 % per il Chloroflexi e per i Cianobatteri e dall'1 al 39% per il Firmicutes e Proteobacteria	-	-	Barbabietola da zucchero	Serra	Identificare i taxa batterici chiave e i geni coinvolti nella soppressione di un patogeno fungino della radice	Mendes et al., 2011	Science IF 1=31,364 5=31,769
Giappone	Colletotrichum orbiculare e Rhizoctonia solani	-	Glomus mosseae e Fusarium equiseti	-	Cocomero (Cucumis sativus)	Agrario	Effetti dell'interazione tra un micorrizza arbuscolare e un fungo causa di marciume radicale	Saldajeno & Hyakumachi, 2011	Annals of applied biology IF 1=1,681 5=1,959
India	Macrophomina phaseolina e Rhizoctonia solani	Pseudomonas	-	-	Fava (Vicia faba L.)	Agrario	Utilizzo di batteri per il controllo e la crescita delle patologie da marciumi radicali	Indira Devi et al., 2011	Indian journal of microbiology IF 1=0,938
Grecia	Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici (FORL), F. oxysporum f.sp. raphani, Phytophthora cinnamomi, P. nicotianae e Rhizoctonia solani.	329 specie di batteri provati	-	-	Pomodoro	Agrario	- Verificare che ceppi batterici siano agenti di biocontrollo; - Verificare selettività dei compost su agenti di biocontrollo; - Identificare gli agenti di biocontrollo efficaci;	Kavroulakis et al., 2010	Plant and Soil IF 1=2,773 5=3,025

Finlandia e Svezia	Armillaria spp., Heterobasidion spp. e Phellinus weirii	-	-	-	Picea abies, Pinus sylvestris, Larix spp.	Forestale	Efficienza della rimozione della ceppaia per l'eradicazione dei funghi che causano marciume radicale (Review)	Vasaitis et al., 2008	Silva Fennica IF 1=1,182 5=1,440
Germania	Aphanomyces cochlioides, Phoma betae, Pythium ultimum e Rhizoctonia solani	4 batteri hanno dimostrato antagonismo contro tutti i patogeni	-	7 funghi hanno dimostrato antagonismo contro tutti i patogeni	Barbabietola da zucchero (Beta vulgaris L.)	Agrario	Analizzare comunità microbiche indigene, specialmente quelle che hanno un'attività antagonista ai patogeni	Zachow et al., 2008	Microbial Ecology IF 1=2,875 5=3,464
China	Fusarium culmorum e Rhizoctonia solani	Pseudomonas e Acidobacteria	-	-	Suolo	Agrario	Analisi di vari suoli con diversi gradi di fungistasi per capire il legame tra comunità micorbica e capacità fungistatica	Wu et al., 2007	Journal of Environmental Sciences IF 1=1,513 5=1,339
Pakistan	Macrophomina phaseolina, Rhizoctonia solani, Fusarium solani e F. oxysporum	Pseudomonas Aeruginosa	-	Paecilomyces lilacinus	Peperoncino	Agrario	Effetto sull'efficacia dell'aggiunta di 3 componenti ad un batterio per il controllo del marciume radicale	Sultana et al., 2006	Pakistan Journal of Botany IF 1=0,947 5=0,842
Olanda	Trichoderma harzianum, Fusarium culmorum e Rhizoctonia solani	Pseudomonas, Pedobacter, Brevundimonas e Luteibacter	-	-	Agar	Laboratorio	I nostri risultati indicano che, apparentemente, i batteri non antagonisti del suolo possono dare un'importante contributo alla soppressività del suolo e alla inibizione della crescita di funghi quando sono in un contesto comunitario.	De Boer et al., 2006	FEMS Microbiology Ecology IF 1=3,456 5=3,939
Spagna	Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici	-	-	-	Pomodoro (Lycopersicon esculentum cv. Marmande)	Laboratorio	Valutare i metodi di utilizzo della fonte di carbonio da parte delle comunità micorbiche	Borrero et al., 2006	Soil Biology and Biochemistry IF 1=3,242 5=3,674
Olanda	Pythium aphanidermatum	-	Trichoderma	-	Cetriolo (Cucumis sativus)	Laboratorio	analizzare i microrganismi utilizzati in lastre di lana di roccia che sono responsabili della soppressione della malattia causata da P. aphanidermatum	Postma et al., 2005	Phytopatology IF 1=2,428 5=2,728

Germania	Verticillium dahliae and Rhizoctonia solani	40 specie totali di batteri individuati	-	-	Patata cv. Cilena	Laboratorio	Analizzare la struttura delle comunità batteriche, soprattutto quelle del gruppo funzionale importante degli antagonisti	Berg et al., 2005	FEMS Microbiology Ecology IF 1=3,456 5=3,939
Inghilterra	Pythium ultimum, Fusarium spp. Gaeumannomyces graminis var. tritici, Phytophthora cinnamomi and Rhizoctonia solani	Pseudomonas fluorescens	-	-	Pisello (Pisum sativum var. quincy), frumento (Triticum aestivum var. pena wawa) e barbabietola da zucchero (Beta vulgaris var. amythyst)	Laboratorio	In tutti i casi studiati le specie vegetali, le piante in fase di sviluppo e di malattia, hanno avuto un impatto maggiore sui cambiamenti nella diversità della rizosfera rispetto alla presenza di un inoculo batterico introdotto.	Timms-Wilson et al., 2004	Plant and Soil IF 1=2,773 5=3,025
Canada	Helminthosporium solani	Fluorescent pseudomonads, batteri gram-negativi	-	Actinomiceti	Patata (cultivar Dark Red Norland)	Laboratorio	Analizzare proprietà soppressive di una serie di terreni nei confronti della "forfora d'argento" della patata	Martinez et al., 2002	Soil Biology and Biochemistry IF 1=3,242 5=3,674
Germania	Verticillium dahliae	Su 334 batteri attivi contro il patogeno, 67 sono molto attivi	-	-	Fragola (cultivar Elsanta), colza (cultivar Express), patata (cultivar Element) e suolo incolto	Agrario	Esaminare l'effetto dell'impatto delle specie vegetali sulla abbondanza e la diversità di antagonisti del Verticillium nella rizosfera	Berg et al., 2002	Applied and environmental microbiology IF 1=3,778 5=4,529
Argentina	Sclerotinia sclerotiorum	Bacillus spp.	-	-	Soia	Agrario	Valutare l'uso di una tecnica basata sulla PCR nello screening di un antibiotico prodotto da microorganismi; dimostrazione attività antibiotica ceppi selezionati	Giacomodonato et al., 2001	World Journal of Microbiology & Biotechnology IF 1=1,214 5=1,312

## ALLEGATO Ib – STATO DELL'ARTE

Di seguito sono riportati i principali dati di altri lavori internazionali simili relativi al Whole Tree Harvesting.

PAESE	ANNO	COMPONENTI CHIMICI ANALIZZATI	RISULTATI	COMPOSIZIONE BOSCO	AREA	OBBIETTIVI	AUTORI	RIVISTA
Finlandia	2008	Calcio, fosforo, magnesio, azoto e potassio	La raccolta di tutta la pianta dopo il taglio può diminuire la quantità di nutrienti del suolo, ma questa diminuzione è così piccola che il cambiamento è difficile da osservare con un post-trattamento.	Pinus sylvestris e Picea abies	13 parcelle	Confrontare la quantità di carbonio e di nutrienti nel suolo dopo una raccolta completa dell'albero dopo il taglio e una sola raccolta del fusto	Tamminen et al., 2012	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Nord della Finlandia e Svezia	1977 - 1986	Azoto, fosforo e potassio	La rimozione completa dell'albero ha causato una diminuzione dell'incremento delle piante durante il secondo periodo di 10 anni.	Pinus sylvestris e Picea abies	-	Determinare gli effetti di una raccolta completa dell'albero dal bosco rispetto ad una raccolta solo del fusto dopo 10 e 20 anni	Helmisaari H. et al., 2011	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Vasterbotten in Svezia and North Karelia in Finlandia	2007	-	Significativi vantaggi socio-economici, ma anche sulla sostenibilità ambientale; svantaggi per la perdita di nutrienti e quindi degradazione della foresta.	Pinus sylvestris	-	Studiare gli effetti della crescente intensità di estrazione della biomasse forestali a fini energetici su diversi indicatori di sostenibilità	Werhahn-Mees et al., 2011	GLOBAL CHANGE BIOLOGY BIOENERGY IF 1=2,419 5=2,419
North Island in Nuova Zelanda	dal 1986	Carbonio	L'aumento del residuo può aumentare il pool stabile di C nella frazione pesante del suolo minerale superiore tramite l'ingresso elevato di composti recalcitranti dai rifiuti	Pinus radiata	12 appezzamenti da 80 x 40 mt	-Determinare le variazioni degli stock di C in tutto il suolo -esaminare la composizione chimica della materia organica del suolo	Huang et al., 2011	SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY IF 1=3,242 5=3,674
Michigan, Stati Uniti	1988	Carbonio, Azoto, Calcio, Magnesio, e Potassio	I risultati di questo studio hanno mostrato una rapida ripresa di C e dei nutrienti nel suolo della foresta e del suolo dopo il taglio e, all'età di undici anni, il numero di alberi supera di gran lunga densità iniziale di impianto.	Pinus banksiana, Picea mariana, Larix laricina	4 blocchi divisi in tre	Analizzare lo stato del Carbonio del suolo e degli altri elementi 11 anni dopo il taglio e raccolto.	Trettin et al., 2011	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507

North Island, New Zealand	Dal 1966	Carbonio e azoto	La rimozione dei residui del raccolto per la produzione di bioenergia può causare la riduzione delle scorte C e N nel suolo della foresta fino, e forse anche oltre, a metà rotazione.	<i>Pinus radiata</i>	4 blocchi divisi in tre	Determinare il cambiamento del sottobosco e dei minerali del terreno (C e N) in risposta alla gestione dei residui di raccolta.	Jones H. et al., 2011	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Centro Nord Wisconsin, Stati Uniti	-	Carbonio	Le simulazioni mostrano gli effetti di molteplici e sovrapponibili disturbi e cambiamenti nella composizione delle specie su più pool di C	<i>Acer saccharum</i> , <i>A. rubrum</i> , <i>Fraxinus pensylvanica</i> and <i>Tilia americana</i>	12	Valutare gli effetti delle utilizzazioni forestali, l'intensità di raccolta e disturbi del vento sul carbonio forestale totale, tenendo conto del cambiamento nella composizione delle specie a causa di disturbi	Scheller et al., 2011	ECOLOGICAL MODELLING IF 1=1,769 5=2,439
Skogaby nel sud-ovest della Svezia	1988-1989	N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Al, B, Zn, Cu, Cd, Ni a seconda del trattamento	Il metodo di compensazione degli elementi (trattamento vitale, cenere, residui di taglio) dipende da quali di questi sono da migliorare	<i>Picea abies</i>	4 blocchi da 10x10 mt	Esaminare l'effetto migliorativo sul suolo e sulla chimica dell'acqua del suolo di trattamenti di compensazione alternativa dei nutrienti in considerazione per la pratica forestale dopo la raccolta completa dell'albero	Wang P. et al., 2010	PLANT AND SOIL IF 1=2,773 5=3,025
County Mayo nell'ovest dell'Irlanda	1971	Fosforo	Questo studio ha dimostrato che la raccolta della "coperta" della foresta ha aumentato l'esportazione di fosforo nel flusso di studio, e questo impatto potrebbe durare per più di quattro anni.	<i>Pinus contorta</i>	1 sito diviso in 2 parti	Esaminare il rilascio di fosforo nelle acque di ricezione di un bacino di torba di montagna risultante dalla raccolta di alberi di pino di 34 anni	Rodgers et al., 2010	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Northumberland, Nord Inghilterra	1980	Azoto, fosforo, potassio, calcio	La raccolta completa sembra avere esaurito cationi basici solo negli strati superiori minerale; non sono stati notati benefici alla materia organica e all'azoto lasciando i resti del taglio.	<i>Picea sitchensis</i>	4 blocchi	Valutare l'impatto a lungo termine (dopo 28 anni di rotazione) del raccolto completo e della fertilizzazione e il confronto con la raccolta tradizionale sulla sostenibilità del terreno.	Vanguelova et al., 2010	BIOGEOCHEMISTRY IF 1=2,674 5=3,629
Sud e centro Finlandia	2007	Carbonio, azoto, composti fenolici e terpeni	La ripetuta rimozione dei residui di taglio provoca una diminuzione della quantità di carbonio e azoto e della concentrazione dei composti fenolici	<i>Picea abies</i>	3 blocchi da 30x30 mt	Determinare se la rimozione ripetuta di residui del taglio è causa a lungo termine di effetti sui cicli di C e N e sulle concentrazioni di composti fenolici e terpeni	Smolander A. et al., 2010	SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY IF 1=3,242 5=3,674



Michigan, Stati Uniti	dal 1980	C, Mg, Ca, K, P	I risultati di questo studio suggeriscono che i livelli di nutrienti del terreno a seguito del raccolto totale rientrano nel range di variazione naturale prodotta da dall'incendio in una foresta di pini jack(Pinus banksiana)	Pinus banksiana	2 piantagioni	Effetti dell'intera raccolta della pianta contro un incendio sulla disponibilità di Carbonio e nutrienti	Rothstein & Spaulding, 2010	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Beddgelert Forest in North Wales	1982	Calcio e fosforo	La raccolta dell'intero albero diminuisce la produttività della seconda rotazione; non diminuisce la presenza di materia organica	Picea sitchensis	5 buche da 5-10 mt	Determinare se la rimozione dei residui di taglio riduce la produttività a lungo termine della seconda rotazione del raccolto	Walmsley J. Et al., 2009	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Nuova Scozia, Canada	2005	Carbonio	Perdita di concentrazione nei primi 30 anni dopo la raccolta, riequilibrio dopo circa 100 anni	Picea rubens	5 siti alla stessa quota	Indagare se la rimozione dei residui di taglio modifica la concentrazione di carbonio ad una profondità maggiore di 20 cm	Diochon A. et al., 2009	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Dawson Creek, in north-eastern British Columbia, Stati Uniti	2005	Carbonio, azoto e fosforo	la rimozione della lettiera delle foreste (RLF) riduce la biomassa microbica e le attività di proteasi e fosfatasi nel suolo minerale. La riduzione dell'attività degli enzimi e biomassa microbica causata dalla RLF può aver limitato la decomposizione dei residui organici, da lì, riducendo N disponibile e le concentrazioni di P nel suolo minerale	Picea mariana e Picea glauca	Blocchi da 40x70 mt	Determinare gli effetti della compattazione della rimozione della lettiera sull'attività enzimatica di fosfatasi, proteasi e deidrogenasi e di mettere in relazione le attività degli enzimi sulle proprietà fisiche e chimiche del suolo e la biomassa microbica	Tan X. et al., 2008	BIOLOGY AND FERTILITY OF SOILS IF 1=2,156 5=2,07
North Island, Nuova Zelanda	1989	Carbonio e azoto	16-17 anni dopo l'applicazione dei residui del taglio , statisticamente non ci sono stati impatti significativi sugli stock di carbonio e azoto del suolo a 0,3 mt di profondità.	Pinus radiata	1 sito	Determinare l'impatto della gestione dei residui di raccolta	Jones H. et al., 2008	SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA JOURNAL IF 1=1,866 5=2,598
Quebec, Canada	2001	Carbonio e azoto	La raccolta e l'incendio influenzano la materia organica in modi diversi; lo si nota dalle differenti analisi del suolo anche dopo 20 anni	Picea mariana e Pinus banksiana	45	Determinare differenze nei contenuti chimici dopo 15 e 20 anni da un incendio e da una raccolta totale	Thiffault et al., 2008	PLANT AND SOIL IF 1=2,773 5=3,025
Croazia	-	-	L'abbattimento, l'impacchettamento e lo scivolamento delle piante in bosco sono operazioni molto sensibili per le piante giovani, soprattutto in stand maturi	Abies alba	51 unità di lavoro	Calcolare probabilità del danno durante esbosco con sistema Shelterwood	Kosir B., 2008	CROATIAN JOURNAL OF FOREST ENGINEERING IF 1=0,412

Québec, Canada	dal 1999 al 2005	K, Ca, Mg, e Na	Dato il grande prelievo di elementi nutritivi dal suolo con una raccolta totale dei residui del taglio, si consiglia per questa foresta una raccolta del solo fusto.	Abies balsamea e Picea mariana	14 stand	Quantificare le perdite nette, tenendo conto del deposito atmosferico, e le uscite attraverso l'assorbimento degli alberi e il dilavamento	Duchesne & Houle, 2008	ECOLOGICAL APPLICATIONS IF 1=4,276 5=5,067
Bråtarna, Svezia	1999	Mn, Zn, e Cu	Il comportamento dei micronutrienti studiati è marcatamente influenzata dal disboscamento	Pinus sylvestris e Picea abies	9 siti	esaminare gli effetti del taglio totale e del taglio normale sul comportamento di alcuni micronutrienti con il tempo dopo il disboscamento attraverso la loro distribuzione verticale nel terreno.	Grønflaten et al., 2008	FORESTRY STUDIES / METSANDUSLIKUD UURIMUSED
Finlandia centrale	1995	Carbonio e azoto	C'è stata una tendenza al ribasso in tutte le variabili microbiologiche e anche alcuni cambiamenti nella composizione della sostanza organica a causa della rimozione dei residui	Picea abies	-	Gli effetti della rimozione dei residui del taglio sulla decomposizione della lettiera e sui processi microbici del terreno.	Smolander A. et al., 2008	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Stato di Washington, Stati Uniti	Dal 2001 al 2004	Azoto	La rimozione della biomassa alla raccolta e la compattezza del suolo non hanno influenzato la sopravvivenza degli alberi e la concentrazione dell'azoto fogliare, solo la crescita è stata lievemente influenzata al 5° anno	Pseudotsuga menziesii	4 blocchi	-Esaminare in quale misura la rimozione biomassa, la compattazione del suolo, la vegetazione e la concorrenza influenzano la sopravvivenza, la crescita, nutrienti fogliari -determinare se le pratiche di bonifica, come lavorazione del terreno sono necessari per sostenere la crescita degli alberi.	Ares et al., 2007	FOREST SCIENCE IF 1=1,196 5=1,590
British Columbia, Canada	Dal 2002	Carbonio e azoto	L'attività biologica, l'azoto totale e il carbonio totale del fondo della foresta non dipendono né dalla compattazione né dalla rimozione del fondo forestale.	Populus tremuloides, Picea mariana, Picea glauca	-	Studiare gli effetti di compattazione del terreno e di rimozione del fondo delle foreste sui contenuti della biomassa microbica C e N, la respirazione microbica e la disponibilità di azoto del suolo	Mariani et al., 2006	SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY IF 1=3,242 5=3,674

North Carolina, Stati Uniti	2001	Carbonio e azoto	La completa rimozione dei residui del taglio non ha provocato differenze agli efflussi di CO2 nel fondo della foresta e alla quantità di Carbonio rispetto alla raccolta tradizionale.	Pinus taeda	3 blocchi	Determinare se gli effetti duraturi di rimozione del materiale organico possono essere rilevati nella biomassa delle radici, nel C e N del suolo 10 anni dopo la perturbazione e la successiva ri-creazione del nuovo stand.	Butnor et al., 2006	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Finlandia centrale	1999	Azoto, fosforo, potassio, magnesio	La rimozione dei residui del taglio diminuisce la lisciviazione dei nutrienti rispetto alla non rimozione	Picea abies	3 blocchi con 3 trattamenti diversi	Esaminare gli effetti a breve termine sulla lisciviazione dei nutrienti e sulla loro concentrazione della rimozione dei residui del taglio	Wall, 2008	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Maine, Stati Uniti	1981	C, N, Ca, Mg, K, Na, Al	La raccolta dell'intero albero non ha portato ad esaurimenti di C, N o cationi basici in questa foresta 17 anni dopo la rigenerazione.	Picea rubens, Abies balsamea e Pinus strobus	4 aree	Scoprire gli effetti a lungo termine di tutta la raccolta dell'albero sul suolo.	McLaughlin et al., 2006	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Svezia	1997	Carbonio e azoto	Gli effetti osservati su chimica del suolo e copertura vegetale sono di poca importanza e incostanti.	Pinus sylvestris e Picea abies	4 siti	Esaminare gli effetti della rimozione dei residui del taglio sulla chimica del suolo e la copertura vegetale	Rosenberg & Jacobson, 2004	SILVA FENNICA IF 1=1,182 5=1,440
Svezia	1999	Ca, Mg, K, Na e Cd	L'applicazione di 3 Mg/h generalmente incrementa significativamente il pH del suolo, le concentrazioni di Ca, Mg e K, quindi può compensare la rimozione dei residui del taglio	Picea abies	4 siti	Analizzare gli effetti della cenere di legno indurito sulla chimica del suolo	Arvidsson & Lundkvist, 2003	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Quebec, Canada	1999	Ca, Mg, K, Al	Lasciare residui sul posto dopo la raccolta delle foreste ha un impatto significativo e benefico sullo stato del terreno.	Picea mariana e Abies balsamea	5 blocchi	Valutare le differenze nello stato del terreno delle foreste di abete bianco del Quebec sottoposte a taglio e raccolta totale e taglio e raccolta del solo tronco.	Bélanger et al., 2003	CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH IF 1=1,574 5=2,000
Danimarca	1990	N, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Zn e B	E' generalmente raccomandato, per ridurre i possibili effetti della raccolta di tutto l'albero, lasciare gli alberi sul posto ad asciugare durante l'estate, in modo che alcune parti ricche di nutrienti della pianta, come aghi e ramoscelli, vengono restituiti alla foresta	Picea abies	4 blocchi	Studiare la risposta della crescita dell'abete su terreni sabbiosi, poveri di nutrienti dopo i diversi tipi di rimozione completa dei residui	Thomas Nord-Larsen, 2002	BIOMASS AND BIOENERGY IF 1=3,840 5=4,671

Kielder, Inghilterra	1994-1999	-	Il maggiore effetto è stato l'aumento della velocità media del vento sui terreni esposti; inoltre le temperature sono state più calde in estate e fredde in inverno	Picea sitchensis	3 siti da 3 ha	Determinare la misura in cui la rimozione dei residui colpisce il microclima del suolo	Proe M. et al., 2001	AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY IF 1=3,228 5=4,020
New Hampshire, Stati Uniti	dal 1983	Fe, Cu, Cd e Ni	Le concentrazioni sono aumentate dalle 2 alle 9 volte	Betula papyrifera, Picea rubens e Abies balsamea	2 displuvi: uno a bassa quota e uno ad alta quota	Esaminare i cambiamenti biogeochimici nei metalli presenti nel suolo di un displuvio dopo una rimozione dei residui del taglio	Scott N. et al., 2001	BIOGEOCHEMISTRY IF 1=2,674 5=3,629
New Hampshire, Stati Uniti	Dal 1997	Carbonio	I risultati di questo studio suggeriscono che in seguito disboscamento, c'è una ristrutturazione dinamica dei pool di sostanza organica, composti di materia organica, DOC(carbonio organico disciolto), e le frazioni DOC nelle soluzioni di suolo e acque del torrente.	-	2 displuvi:60 + 48 siti	Verificare se la pulizia dopo il taglio: -modifica concentrazione e composizione della sostanza organica volatile(SOV); -modifica conc. e comp. della SOV in acqua; -causa la perdita di carboidrati sotto forma di rifiuti	Dai et al., 2001	BIOGEOCHEMISTRY IF 1=2,674 5=3,629
Finlandia, Svezia e Norvegia	dal 1983	-	La rimozione del taglio non ha effetti molto negativi sulla crescita delle piante su un suolo poco fertile; al contrario ha effetti più negativi su un suolo fertile	Pinus sylvestris e Picea abies	16 campi sperimentali	Stimare la necessità di una compensazione di nutrienti dopo la rimozione dei residui del taglio	Jacobson et al., 2000	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
Svezia	1974-1998	N, P, K, Ca, Mg, Mn e Zn	I residui hanno un influsso positivo sulla concentrazione di nutrienti nella chioma e lasciare gli aghi sul suolo può essere una misura per mitigare gli effetti negativi di una raccolta intensiva	Picea abies e Pinus sylvestris	4 siti, 2 per i pini e due per gli abeti	Esaminare gli effetti dell'intensità di raccolta dei residui del taglio sui livelli dei nutrienti delle chiome delle conifere di quattro boschi	Olsson et al., 2000	PLANT AND SOIL IF 1=2,773 5=3,025
Nord della Spagna	Dal 1993	-	La raccolta dei residui e il sito aumentano notevolmente il deflusso e la perdita di suolo. Nelle piantagioni gestite in modo convenzionale, la copertura consistente di rifiuti e residui, insieme con il rapido sviluppo della vegetazione erbacea, rallentare il deflusso e impedisce la perdita di suolo. La raccolta dell'intero albero seguita da aratura profonda priva terreni rende la creazione di vegetazione del sottobosco più difficile.	Pinus radiata	29 siti	Valutare l'effetto sulla perdita di suolo di tre sistemi di gestione post-raccolta	Edeso et al., 1999	LAND DEGRADATION & DEVELOPMENT IF 1=1,250 5=1,537

New Hampshire, Stati Uniti	Dal 1983	Potassio	La perdita di tutti i meccanismi del ciclo del fosforo è stata lieve	Picea rubens, Abies balsamea, Betula papyrifera	-	Valutare l'effetto dell'intera raccolta della pianta sul ciclo del potassio	Ruth D. Yanai, 1998	FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT IF 1=1,992 5=2,507
New Hampshire, Stati Uniti	dal 1983	Al, Ca, Mg, K e Na	L'intera raccolta dei residui del taglio di una foresta di latifoglie del nord ha creato un grave disturbo dell'ecosistema con conseguente perdita di sostanze nutritive dal profilo del terreno, una maggiore acidificazione, e le concentrazioni elevate di Al potenzialmente tossici nel suolo	Abies balsamea e Picea rubens	2 disluvi: uno a bassa quota e uno ad alta quota	-Esaminare i modelli di redistribuzione e di lisciviazione dei nutrienti; -esaminare i cambiamenti acido / base all'interno del profilo del terreno	Dahlgren & Driscoll, 1994	PLANT AND SOIL IF 1=2,773 5=3,025

## ALLEGATO Ic – STATO DELL'ARTE

Di seguito sono riportati i principali dati di altri lavori internazionali simili relativi alla metagenomica.

PAESE	N° CAMPIONI	AMBIENTE	SPECIE FORESTALE	METODO ESTRAZIONE DNA	GRUPPO STUDIATO	OBBIETTIVI	AUTORI	RIVISTA
Narathiwat, Thailandia	5	Foresta paludosa, torbosa	-	SDS	Batteri	Fornire intuizioni sulla biodiversità e sul potenziale metabolico dell'assemblato	Kanokratana et al., 2011	MICROBIAL ECOLOGY IF 1=2,875 5=3,464
Michigan, Stati Uniti	-	Foresta di latifoglie	Acer saccharum	-	Funghi	Studio dell'enorme quantità degli enzimi fungini	Kellner et al., 2011	MICROBIOLOGICAL RESEARCH IF 1=1,958 5=2,177
Kolkata, India	-	Campo coltivato	Arachis hypogaea	Soil Master DNA Extraction Kit	Batteri	Indagare la diversità genetica e filogenetica di una comunità batterica	Haldar et al., 2011	ANTONIE VAN LEEUWENHOEK INTERNATIONAL JOURNAL OF GENERAL AND MOLECULAR MICROBIOLOGY
Ecully, Francia e Rothamsted, Inghilterra	28	Prateria e terreno non trattato	-	FastPrep lysing matrix e MoBio UltraClean soil DNA isolation kit	Batteri	Utilizzo della metagenomica per lo studio della diversità microbica	Delmont et al., 2011	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY IF 1=3,778 5=4,529
Germania	16	Foresta e prato	-	MoBio PowerMax Soil DNA extraction kit	Batteri	Costruzione di piccole e grosse librerie metagenomiche da 16 diversi campioni provenienti da foresta o prato.	Nacke et al., 2011	FEMS MICROBIOLOGY ECOLOGY IF 1=3,456 5=3,939
Estonia, Cameroon, Kansas(Stati Uniti)	11+24	Foresta	Quercus macrocarpa	-	Funghi	Valutare le prestazioni di diversi stimatori con particolare attenzione alle funzione Ugland e Chao 2 che erano considerate più accurate di altre nel predire la ricchezza totale delle specie fungine.	Unterseher et al., 2011	MOLECULAR ECOLOGY IF 1=6,457 5=6,633

Diverse regioni dell'India	-	Varie tipologie	-	Zymo soil DNA isolation kit	Batteri e funghi	Sviluppare un protocollo per l'estrazione di sostanze umiche da comunità pure prive di DNA da terreni alcalini e sedimenti.	Verma et Satyanarayana, 2011	APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY IF 1=1,879 5=2,054
Cerrado, Brasile	-	Foresta	-	Power Soil DNA Isolation Kit	Batteri	Metodi per la costruzione e la convalida di due librerie metagenomiche con DNA estratto da microrganismi associati ad un suolo con un elevato contenuto di argilla, ferro e il pH basso .	Pereira de Castro et al., 2011	BIOTECHNOLOGY LETTERS IF 1=1,768 5=1,841
Murray River, Sud Australia	4	Laguna	-	454 GS-FLX platform	Batteri	Dimostrare che la composizione tassonomica e potenziale metabolica dei metagenomi mostrano una somiglianza, nonostante i microbi esistenti siano in ambienti chimici diversi.	Jeffries et al., 2011	PLOS ONE IF 1=4,411 5=4,610
Narathiwat, Thailandia	-	Foresta paludosa, torbosa	-	Lisi con un tampone di estrazione molto salato.	Funghi	Identificazione e caratterizzazione di enzimi lipolitici	Bunternngsook et al., 2010	BIOSCIENCE BIOTECHNOLOGY AND BIOCHEMISTRY IF 1=1,292 5=1,496
Porto Rico	-	Foresta subtropicale montana	Dacryodes excelsa	CTAB	Batteri	Strategie per aumentare l'efficacia degli enzimi basati sulla metagenomica scoperti nelle comunità microbiche lignocellulolitiche.	De Angelis et al., 2010	BIOENERGY RESEARCH IF 1=4,019 5=4,077
Harpenden, Gran Bretagna	27	Paleudalf (Alfisol)	-	MoBio PowerSoil DNA extraction kit	Batteri e funghi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare la diversità tassonomica della comunità batterica;</li> <li>- Confrontare la variabilità nella nelle comunità batteriche;</li> <li>- Verificare se le comunità batteriche sono state più colpite dal pH del terreno rispetto alle comunità fungine.</li> </ul>	Rousk et al., 2010	ISME JOURNAL IF 1=6,153 5=6,813
Uppsala, Svezia	20	Campo coltivato	Cavolo	-	Batteri	Selezionare le chitinasi dei geni nel suolo soppressivo utilizzando una combinazione di approcci molecolari.	Hjort et al., 2010	FEMS MICROBIOLOGY ECOLOGY IF 1=3,456 5=3,939

Serbia, Penisola dei Balcani	2	Prato	Ramonda serbica e Ramonda nathaliae	Metodo Saano and Lyndstrom (1995)	Batteri	Analizzare la diversità batterica di due campioni di rizosfere diverse	Dokic et al., 2010	ARCHIVES OF BIOLOGICAL SCIENCES IF 1=0,356
Firenze, Italia	9	Foresta	Pinus nigra, Abies alba	978 µl 0.12 M Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> at pH 8 and 122 µl MT buffer (1% SDS, sodium dodecyl sulfate, 0.5% Teepol, and PVP40 with EDTA and Tris)	Batteri e funghi	Caratterizzare quantitativamente e qualitativamente le diverse frazioni del DNA del suolo e per indagare le informazioni inerenti la genetica per le comunità microbiche.	Ascher et al., 2009	APPLIED SOIL ECOLOGY IF 1=2,399 5=2,792
Fairbanks, Alaska	3	Foresta remota	-	-	Batteri	identificazione dei geni che mediano la resistenza agli antibiotici β-lattamici	Allen et al., 2009	ISME JOURNAL IF 1=6,153 5=6,813
Isère, France	95 microcampioni	Campo coltivato	Mais	Fast DNA SPIN kit	Batteri	Valutazione della comunità batterica del terreno	Remenant et al., 2009	SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY IF 1=3,242 5=3,674
Kashmir, India	12	Foresta	-	UltraClean Soil DNA isolation Kit	Batteri	Migliorare la conoscenza sulle comunità batteriche che abitano queste zone	Ahmad et al., 2009	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY
Yucatan Peninsula, Mexico	-	Frutteto	Arance	-	Batteri	sviluppare un metodo semplice e efficace per il recupero del DNA metagenomico dai sedimenti e dai campioni di suolo	Rojas/Herrera et al., 2008	MOLECULAR BIOTECHNOLOGY IF 1=2,091 5=2,243
Bennekom, Olanda	1	Prateria	Patata	-	Batteri	Approccio basato sulla metagenomica in cui si analizza il potenziale di produzione di antibiotici del terreno con strumenti di metagenomica.	van Elsas et al., 2008	JOURNAL OF MICROBIOLOGICAL METHODS IF 1=2,018 5=2,470
Ilhéus, Brasile	20	Foresta tropicale	-	2 metodi: lisi termale seguita dalla depurazione del DNA e semplice macerazione seguita da depurazione	-	Descrivere un protocollo per l'ottimizzazione del trattamento dei campioni di suolo prima dell'estrazione del DNA	Amorim et al., 2008	GENETICS AND MOLECULAR RESEARCH IF 1=1,013
Lago Texcoco, Messico	-	Ex lago	-	-	Batteri	Indagare la diversità degli archaea nel terreno alcalino salino dell'ex lago Texcoco.	Valenzuela-Encinas et al., 2008	EXTREMOPHILES IF 1=2,160 5=2,270



Gyeonggi, Korea	3	Foresta	-	SDS e trattamento proteinasi K	Batteri	esplorare gli enzimi lipolitici di microbi del suolo utilizzando un approccio metagenomico	Sik et al., 2007	JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY IF 1=1,224 5=1,075
Manu National Park in Peru, Mojave Desert in California e Konza Prairie in Kansas	3	Parco, deserto e prateria	-	MoBio PowerSoil DNA kit	Batteri e funghi	Confrontare le diversità filogenetiche dei quattro gruppi tassonomici dominanti di microrganismi del suolo nei terreni raccolti	Fierer et al., 2007	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY IF 1=3,778 5=4,529
Daejeon, Sud Korea	3	Foresta	-	Wizard DNA cleanup kit	Batteri	Valutare l'effetto di BTEX (benzene, toluene, etilbenzene e xilene) in una comunità indigena batterica in un suolo forestale	Ji et al., 2007	JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY IF 1=1,224 5=1,075
Brasile	2	Foresta tropicale di latifoglie e Eucalyptus spp. Arboretum	Eucalyptus	FastDNA Spin Kit for Soil	Batteri	Indagare la diversità genetica e filogenetica, nonché di stimare il numero di specie batteriche in terreni di due aree brasiliane	Da Silveira et al., 2006	PESQUISA AGROPECUARIA BRASILEIRA IF 1=0,687 5=0,948
Daejeon, Sud Korea	2	Foresta	Pini	-	Batteri	Costruzione di due librerie metagenomiche da due soprassuoli forestali per esplorare le loro risorse genetiche microbiche	Lim et al., 2005	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY IF 1=3,778 5=4,529

# ALLEGATO II – TABELLE DA LETTERATURA

**Table 1.** Impact of stump removal on root rot incidence in the next forest generation.

Clear-felled stand		Next generation stand			Location	Source
Species	Infection (mortality) %	Species	Age, years	Infection (mortality) %, site stumped non-stumped		
<b>Armillaria spp., incidence decreased</b>						
<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carr.	80	<i>Abies procera</i> Rehd.	18–20	(2) 2	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	1		
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	n.a. <sup>30</sup>	<i>Larix occidentalis</i> Nutt.	19	(2.5)	British Columbia	Morrison et al. 1988
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	n.a.	<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	19	(1.6)	British Columbia	Morrison et al. 1988
<i>Picea sitchensis</i>	80	<i>Picea sitchensis</i>	18–20	(2) 7	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	20		
<i>Picea sitchensis</i>	80	<i>Pinus contorta</i> Dougl. ex Loud.	18–20	(2) 3	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	1		
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	n.a.	<i>Pinus contorta</i>	19	(1.3)	British Columbia	Morrison et al. 1988
<i>Pinus ponderosa</i> Dougl. ex Laws.	n.a.	<i>Pinus ponderosa</i>	21	2.5–23	Washington	Roth et al. 2000
<i>Beilschmiedia tawa</i> (Hook. f.) Kirk.	n.a.	<i>Pinus radiata</i> D.Don	2	15	New Zealand	Shaw and Calderon 1977
Native hardwoods	n.a.	<i>Pinus radiata</i>	4	(2)	New Zealand	van der Pas and Hood 1984
<i>Pinus ponderosa</i>	(8)	<i>Pinus radiata</i>	4	(0–5)	New Zealand	Self and MacKenzie 1995
Indigenous forest	n.a.	<i>Pinus radiata</i>	5	(12–21)	New Zealand	van der Pas 1981
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	n.a.	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	14	(1.7)	British Columbia	Thies and Russell 1984
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	n.a.	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	19	(3.0)	British Columbia	Morrison et al. 1988
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	n.a.	<i>Thuja plicata</i> Donn. ex D.Don	19	(0.0)	British Columbia	Morrison et al. 1988
Conifers	n.a.	conifers	19	(<0.5)	British Columbia	S.Zeglen, c.f. Sturrock 2000
<b>Armillaria spp., low or no impact</b>						
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	n.a.	<i>Betula papyrifera</i> Marsch.	19	(0.0)	British Columbia	Morrison et al. 1988
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	n.a.	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	10	(2–3)	British Columbia	Wass and Smith 1997
<i>Picea sitchensis</i>	80	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	18–20	(0) 0	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	0		

**Table 1** continued.

Clear-felled stand		Next generation stand			Location	Source
Species	Infection (mortality) %	Species	Age, years	Infection (mortality) %, site stumped non-stumped		
<b>Heterobasidion spp., incidence decreased</b>						
<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.	74	<i>Abies concolor</i> Lindl. ex Hildebr.	11–19	4.7	Denmark	Bornebusch and Holm 1934
<i>Picea abies</i>	74	<i>Abies garnensis</i> (Dougl. ex D.Don) Liändl.	11–19	13.2	Denmark	Bornebusch and Holm 1934
<i>Picea sitchensis</i>	80	<i>Abies procera</i>	18–20	(1) 1	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	2		
<i>Picea abies</i>	74	<i>Fagus sylvatica</i> L.	11–19	1.1	Denmark	Bornebusch and Holm 1934
<i>Picea abies</i>	74	<i>Larix decidua</i> Mill.	11–19	50.8	Denmark	Bornebusch and Holm 1934
<i>Picea abies</i>	74	<i>Picea abies</i>	11–19	8.1	Denmark	Bornebusch and Holm 1934
<i>Picea abies</i>	17–84	<i>Picea abies</i>	25–28	1–2	Sweden	Stenlid 1987
<i>Pinus sylvestris</i> L.	n.a.	<i>Picea sitchensis</i>	11	2.6	England	Peace 1954; c.f. Hyppel 1978
<i>Picea sitchensis</i>	80	<i>Picea sitchensis</i>	18–20	(0) 2	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	2		
<i>Picea abies</i>	74	<i>Pinus contorta</i>	11–19	22.9	Denmark	Bornebusch and Holm 1934
<i>Picea sitchensis</i>	80	<i>Pinus contorta</i>	18–20	(0) 0	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	1		
<i>Pinus sylvestris</i>	17	<i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold	18	(15.4)	England	Greig and Low 1975
<i>P.sylvestris</i> , <i>P.nigra</i>	n.a.	<i>Pinus nigra</i>	20	(2–7)	England	Gibbs et al. 2002
<i>Pinus sylvestris</i>	n.a.	<i>Pinus nigra</i>	30	(10)	England	Gibbs et al. 2002
<i>Pinus sylvestris</i>	17	<i>Pinus sylvestris</i>	6	(13)	England	Phillips 1963
	Same trial, follow up		11	(20)		
Same trial, follow up			18	(23.8)		Greig and Low 1975
				(58.9) 79.9		
				25.8		
<i>Pinus sylvestris</i>	n.a.	<i>Pinus sylvestris</i>	8	(0.0)	Ukraine	Belyi and Alekseyev 1980
<i>Picea abies</i>	74	<i>Pinus sylvestris</i>	11–19	23.2	Denmark	Bornebusch and Holm 1934
<i>Pinus sylvestris</i>	n.a.	<i>Pinus sylvestris</i>	27–30	(0.0–2.2)	Belarus	Raptunovich 1988
<i>Picea sitchensis</i>	80	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	18–20	(1) 4	Wales	Greig et al. 2001
	Same trial, follow up		30–31	5		

Vasaitis R. et al., 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42(3), 457-483

**Table 2.** Impact on stump removal on survival of seedlings and trees planted on clear-felled forest sites. Data reflect mortality due to other causes than *Armillaria*, *Heterobasidion* or *Phellinus weirii*.

Seedlings (trees) Species	Age, years	Mortality % on sites		Location	Source
		stumped	non-stumped		
<b>Survival increased</b>					
<i>Betula papyrifera</i>	3–5	50.8	80.4	British Columbia	Morrison et al. 1988 <sup>a)</sup>
<i>Larix occidentalis</i>	4	20–25	70	British Columbia	Smith and Wass 1991
<i>Picea engelmannii</i>	3–5	25.7	62.0	British Columbia	Morrison et al. 1988 <sup>a)</sup>
<i>Pinus contorta</i>	4	2–12	20	British Columbia	Smith and Wass 1991
<i>Pinus radiata</i>	2	9	17	New Zealand	Shaw & Calderon 1977
<i>Pinus sylvestris</i>	7–10	2.5–3.1	20	Sweden	Kardell 1996 <sup>a,b)</sup>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3–5	4.5	20.2	British Columbia	Morrison et al. 1988 <sup>a)</sup>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	10–45	40–58	British Columbia	Smith and Wass 1991
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5	14–39	44	British Columbia	Smith and Wass 1994
<b>Survival decreased</b>					
<i>Larix occidentalis</i>	3–5	27.9	17.2	British Columbia	Morrison et al. 1988 <sup>a)</sup>
<b>Low or no impact (&lt;5% difference, or statistically insignificant)</b>					
<i>Picea abies</i>	1–5	1–2.3	5.3	Sweden	Kardell 1992 <sup>a,b)</sup>
<i>Picea abies</i> & <i>Pinus sylvestris</i>	10	2–24	2–28	Sweden	B.Leijon, c.f. Egnell et al. 2007 <sup>a,b)</sup>
<i>Pinus contorta</i>	3–5	5.6	5.6	British Columbia	Morrison et al. 1988 <sup>a)</sup>
<i>Pinus contorta</i>	5	5–18	10	British Columbia	Smith and Wass 1994
<i>Pinus sylvestris</i>	1–5	1.7–2.1	4	Sweden	Kardell 1992 <sup>a,b)</sup>
<i>Pinus sylvestris</i>	7–10	2.1–3.3	5.8	Sweden	Kardell 1996 <sup>a,b)</sup>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	10	4–7	4	British Columbia	Wass and Smith 1997
<i>Thuja plicata</i>	3–5	46.6	43.9	British Columbia	Morrison et al. 1988 <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Data reflect lowest limits of mortality, as it is based on seedling survival following replacement of initially planted but dead seedlings.

<sup>b)</sup> “Whole-tree harvesting” trials, not aimed to control root rot.

Vasaitis R. et al., 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42(3), 457-483

Compost amendments suppressive to Fusarium wilt in different crops

Compost amendment	Crop affected	References
Cattle manure (vermicomposted)	Cyclamen	Garibaldi, 1988
Cattle manure (vermicomposted)	Tomato	Szczech et al. 1993; Szczech, 1999
Cork	Tomato	Trillas et al. 2002; Borrero et al. 2004
Cow and chicken manure and wheat straw	Sweet basil	Reuveni et al. 2002
Grape marc	Tomato	Trillas et al. 2002; Borrero et al. 2004
Grape marc with sewage sludge	Iris	Garibaldi, 1988
Hardwood bark	Chrysanthemum	Chef et al. 1983
Hardwood bark	Flax	Chef et al. 1983
Hardwood bark	Radish	Trillas-Gay et al. 1986
Market wastes, sewage sludge and yard wastes	Tomato	Cotxarrera et al. 2002
Municipal waste (vermicomposted)	Cyclamen	Garibaldi, 1988
Municipal waste (vermicomposted)	Iris	Garibaldi, 1988
Municipal waste with cow manure (vermicomposted)	Iris	Garibaldi, 1988
Olive oil husk with cotton gin trash	Tomato	Borrero et al. 2006
Olive pumice	Carnation	Pera and Calvet, 1989
Pine bark	Carnation	Cebolla and Pera, 1983; Orlikowski, 1983; Pera and Calvet, 1989
Poplar bark	Cyclamen	Garibaldi, 1988
Poplar bark	Iris	Garibaldi, 1988
Poplar bark with dairy wastes	Iris	Garibaldi, 1988
Poplar bark with poultry slurry	Iris	Garibaldi, 1988
Poplar bark with sewage sludge	Iris	Garibaldi, 1988
Spent mushroom	Tomato	Borrero et al. 2006
Wood shaving	Carnation	Cebolla and Pera, 1983

Borrero C. et al., 2006. Tomato Fusarium wilt suppressiveness. The relationship between the organic plant growth media and their microbial communities as characterized by Biolog®. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 1631-1637

Biomass and nutrient contents of logging residues at thinnings.

Exp. no.	Stem volume removed, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Logging residues at first thinning					Exp. no.	Stem volume removed, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Logging residues at second thinning						
		Biomass, kg ha <sup>-1</sup>	Nutrients, kg ha <sup>-1</sup>						Biomass, kg ha <sup>-1</sup>	Nutrients, kg ha <sup>-1</sup>					
			N	P	K	Ca				Mg	N	P	K	Ca	Mg
<i>Scots pine</i>															
184	49	7050	37	4	14	19	3	184	49	6900	36	4	14	19	3
193	40	5800	35	4	15	20	4	193	85	12,200	73	8	31	42	8
204	43	4600	21	3	9	14	2	204	-	-	-	-	-	-	
219	56	8940	41	4	16	22	4	219	87	13,800	64	6	25	33	6
722	38	8515	26	3	11	19	4	722	-	-	-	-	-	-	
724	13	7430	21	3	10	18	3	724	-	-	-	-	-	-	
726	27	9825	46	5	18	21	5	726	-	-	-	-	-	-	
728	33	8167	36	3	13	17	4	728	-	-	-	-	-	-	
729	48	12,073	46	5	17	22	5	729	34	3218	24	3	9	11	2
730	64	10,980	55	6	20	25	5	730	-	-	-	-	-	-	
731	33	6636	32	4	11	12	3	731	-	-	-	-	-	-	
734	60	9885	57	5	21	27	4	734	72	8501	59	6	21	24	4
1056	53	10,610	44	5	20	18	5	1056	-	-	-	-	-	-	
1082	37	10,290	43	4	15	18	5	1082	-	-	-	-	-	-	
<i>Norway spruce</i>															
721	92	17,000	73	10	25	83	8	721	88	8683	60	11	20	49	5
723	64	15,050	59	8	21	55	7	723	58	8618	58	6	13	32	4
727	111	17,323	85	7	27	76	8	727	104	12,965	89	7	23	71	6
732	83	17,565	92	8	29	72	9	732	98	13,585	102	7	27	80	10
733	108	20,122	129	21	55	151	14	733	94	14,839	99	15	43	106	10
735	75	13,413	78	9	23	66	8	735	88	12,858	86	9	24	76	10
1057	37	11,440	64	9	29	35	6	1057	-	-	-	-	-	-	
1081	48	15,620	102	11	41	50	10	1081	-	-	-	-	-	-	

**Helmisaaria** H. et al., 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management* 261, 1919–1927

Functional C classes (Mg ha<sup>-1</sup>) in the heavy fractions of SOM in 0–5 cm mineral soils under three harvest treatments at Kinleith, New Zealand.

Years after planting	Treatment	Alkyl C (0–45 ppm)	N-alkyl C (45–60 ppm)	O-alkyl C (60–90 ppm)	Acetal C (90–110 ppm)	Aromatic C (110–145 ppm)	Phenolic C (145–165 ppm)	Carboxyl C (165–210 ppm)
5	Forest floor removal	2.78(21.2)a*	1.09(8.3)a	3.96(30.2)a	1.59(12.1)a	1.94(14.8)a	0.8(6.1)a	0.97(7.4)a
	Whole tree	3.15(20.7)a	1.26(8.3)a	4.64(30.5)b	1.78(11.7)a	2.31(15.2)a	0.93(6.1)a	1.14(7.5)a
	Stem only	3.07(20.3)a	1.22(8.1)a	4.68(31)b	1.81(12)a	2.22(14.7)a	0.95(6.3)a	1.15(7.6)a
10	Forest floor removal	2.78(24.0)a	1.17(10.1)a	3.43(29.6)a	1.24(10.7)a	1.64(14.1)a	0.63(5.4)a	0.72(6.2)a
	Whole tree	3.21(22.8)a	1.38(9.8)a	4.13(29.3)a	1.51(10.7)a	2.03(14.4)b	0.85(6.0)a	1.02(7.2)b
	Stem only	3.08(23.4)a	1.18(9.0)a	3.93(30.0)a	1.40(10.7)a	1.85(14.1)ab	0.74(5.6)a	0.96(7.3)b
15	Forest floor removal	2.63(20.1)a	1.21(9.2)a	3.90(29.8)a	1.47(11.2)a	2.07(15.8)a	0.81(6.2)a	1.02(7.7)a
	Whole tree	2.77(19.5)a	1.27(9.0)a	4.25(29.9)ab	1.66(11.7)a	2.22(15.6)a	0.92(6.5)a	1.11(7.8)a
	Stem only	3.46(21.9)b	1.44(9.1)a	4.68(29.6)b	1.77(11.2)a	2.40(15.2)a	0.92(5.8)a	1.15(7.3)a

\*Values in parenthesis are the proportions (%) of functional C classes in the heavy fraction of soil and single measurements of bulked samples from four replicates, each of 20 cores. Within each column for each sampling year, the means of functional C mass followed by the same letter are not significantly different from each other by t-test ( $P > 0.05$ ).

**Huang** Z. et al., 2011. Post-harvest residue management effects on recalcitrant carbon pools and plant biomarkers within the soil heavy fraction in *Pinus radiata* plantations. *Soil Biology & Biochemistry* 43, 404–412

Distribution of carbon (C) and nitrogen (N) among above and below-ground ecosystem components within the uncut stand and plots that were harvested and site prepared for regeneration (HO, harvest-only, TR, trench, BD, bed, UC, uncut). The mean with standard error in parenthesis provided.

	Carbon (t ha <sup>-1</sup> )				Nitrogen (kg ha <sup>-1</sup> )			
	HO	TR	BD	UC <sup>c</sup>	HO	TR	BD	UC <sup>c</sup>
<b>Vegetation</b>								
<i>Tree</i>								
Needles	1.7 (0.2)	2.4 (0.7)	2.6 (0.6)	8.0 (1.1)	54.3 (6.0)	73.4 (20.7)	87.5 (19.3)	208.1 (29.6)
Branches	1.2 (0.1)	1.7 (0.5)	2.2 (0.5)	21.2 (5.8)	23.9 (2.5)	33.0 (9.3)	37.3 (7.8)	425.7 (116.3)
Stem wood	2.7 (0.2)	3.8 (1.1)	5.0 (1.1)	41.5 (16.1)	16.2 (1.7)	24.3 (6.9)	34.1 (7.3)	256.3 (100.0)
<i>Understory</i>								
Sapling-shrub	0.3 (0.2)	0.15 (0.07)	0.09 (0.03)	0.09 (0.02)	4.7 (3.1)	2.3 (1.1)	1.5 (0.6)	1.6 (4.0)
Ground layer	3.0 <sup>a</sup> (0.3)	2.8 <sup>a</sup> (0.2)	2.5 <sup>a</sup> (0.1)	1.5 <sup>b</sup> (0.3)	87.9 (10.1) <sup>a</sup>	69.3 (4.2) <sup>ab</sup>	55.9 (3.0) <sup>b</sup>	42.4 (8.6)
<i>Roots</i>								
Large	1.1 (0.1) <sup>a</sup>	1.6 (0.4) <sup>ab</sup>	2.6 (0.5) <sup>b</sup>	18.1 (5.9)	6.3 (0.8) <sup>a</sup>	10.0 (2.7) <sup>ab</sup>	17.5 (3.4) <sup>b</sup>	111.9 (35.6)
Small	7.8 (2.0)	6.9 (0.7)	6.5 (0.8)	4.1 (0.7)	129.7 (49.0)	135.0 (31.3)	92.2 (9.2)	65.1 (10.1)
Total	17.8	19.3	21.5	94.5	323.0	347.3	326.0	1111.1
Woody residue	4.6 <sup>a</sup> (1.2)	3.4 <sup>a</sup> (1.0)	3.9 <sup>a</sup> (1.1)	6.8 <sup>b</sup> (1.8)	6 (3)	2 (1)	3 (2)	10 (5)
<i>Soil</i>								
Forest floor	67.8 (10.7)	50.1 (7.4)	64.1 (22.5)	75.9 (13.4)	2122 (380)	1679 (273)	2133 (717)	2020 (268)
<i>Mineral soil</i>								
0–30 cm	25.4 (2.1)	28.8 (1.9)	33.7 (5.6)	24.7 (1.5)	1383 (109)	1652 (212)	1668 (124)	1391 (73)
30–150 cm	22.0 (2.3)	26.1 (0.9)	22.1 (2.2)	20.8 (5.3)	1802 (348)	1960 (238)	2170 (202)	2135 (335)
Total soil	115.2	105.0	119.9	121.40	5307	5291	5971	5546
Total	137.6	127.7	145.3	222.7	5636.0	5640.3	6300.0	6667.1

The same superscript letters represent non-significant differences among means,  $p=0.05$ . Differences between means with no letter were non-significant.

<sup>c</sup> Statistical comparisons of C and N pools among uncut control and harvested treatments were not conducted for tree components, large root biomass, and total vegetation, and for the C pool of total ecosystem.

Trettin C.C. et al., 2011. Recovery of carbon and nutrient pools in a northern forested wetland 11 years after harvesting and site preparation. *Forest Ecology and Management* 262, 1826–1833

Mean and standard error (in parenthesis) of the bulk density, carbon concentration,  $\delta^{13}\text{C}$ , nitrogen concentration and C-to-N ratio for each depth strata and site in the chronosequence.

Depth (cm)	Stand age (years)	Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	C (g kg <sup>-1</sup> )	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	N (mg kg <sup>-1</sup> )	C:N
Organic	1	0.05 (0.01)	480.9 (8.3)	-24.9 (1.9)	11.0 (0.3)	43.7 (0.5)
	15	0.04 (0.00)	517.9 (2.4)	-26.9 (0.0)	11.2 (0.0)	46.4 (0.2)
	45	0.03 (0.00)	504.7 (3.2)	-27.6 (0.0)	9.7 (0.2)	52.3 (0.7)
	80	0.08 (0.00)	504.7 (1.9)	-27.5 (0.0)	9.7 (0.0)	52.3 (0.3)
	125+	0.09 (0.02)	516.1 (9.3)	-26.4 (0.0)	11.6 (0.3)	44.6 (0.3)
0–5	1	0.79 (0.10)	108.4 (29.4)	-26.4 (0.3)	3.30 (0.89)	33.3 (3.2)
	15	0.97 (0.08)	33.9 (8.8)	-26.7 (0.1)	1.00 (0.23)	33.4 (1.9)
	45	0.80 (0.17)	84.2 (36.4)	-26.2 (0.3)	2.51 (0.97)	32.6 (2.1)
	80	0.69 (0.11)	30.2 (14.8)	-26.1 (0.3)	0.92 (0.43)	35.7 (7.8)
	125+	0.79 (0.23)	104.6 (46.1)	-26.5 (0.3)	2.64 (1.05)	38.2 (1.9)
5–10	1	1.11 (0.19)	28.0 (14.1)	-26.3 (0.4)	1.05 (0.39)	25.2 (4.0)
	15	0.89 (0.06)	20.0 (7.9)	-25.6 (0.3)	0.81 (0.34)	25.6 (1.5)
	45	0.95 (0.02)	52.5 (15.7)	-25.9 (0.5)	2.30 (0.63)	22.4 (1.9)
	80	0.81 (0.10)	28.6 (5.9)	-26.0 (0.1)	0.93 (0.30)	33.9 (5.0)
	125+	0.67 (0.21)	25.2 (4.0)	-26.3 (0.3)	0.91 (0.13)	27.4 (1.8)
10–15	1	1.08 (0.26)	26.4 (5.8)	-26.3 (0.2)	1.01 (0.21)	25.7 (0.5)
	15	1.20 (0.11)	24.8 (3.7)	-25.8 (0.2)	1.07 (0.04)	23.3 (3.7)
	45	0.82 (0.10)	43.2 (8.9)	-25.6 (0.6)	2.15 (0.09)	20.3 (5.0)
	80	0.94 (0.02)	42.8 (15.6)	-25.4 (0.2)	1.50 (0.70)	31.4 (3.4)
	125+	0.95 (0.04)	32.1 (1.8)	-25.8 (0.3)	1.34 (0.10)	24.2 (1.7)
15–20	1	0.96 (0.30)	18.8 (6.5)	-26.0 (0.1)	0.87 (0.21)	20.2 (3.0)
	15	1.16 (0.10)	16.5 (6.1)	-25.3 (0.4)	0.67 (0.16)	23.2 (3.1)
	45	1.05	23.2	-24.9	1.03	22.6
	80	0.98 (0.03)	24.3 (7.9)	-25.1 (0.3)	0.88 (0.37)	29.9 (2.8)
	125+	0.92 (0.05)	37.3 (3.7)	-25.7 (0.4)	1.56 (0.22)	24.2 (1.0)
20–35	1	0.96 (0.26)	45.5 (18.4)	-26.0 (0.5)	1.70 (0.71)	27.0 (0.5)
	15	0.96 (0.10)	16.6 (5.6)	-25.1 (0.1)	0.66 (0.16)	23.5 (3.3)
	45	1.45	12.8	-24.9	0.61	21.0
	80	1.24 (0.04)	23.2 (4.6)	-24.9 (0.3)	0.89 (0.16)	26.0 (0.4)
	125+	1.02 (0.09)	35.5 (6.5)	-25.2 (0.2)	1.58 (0.27)	22.4 (1.3)
35–50	1	1.13 (0.02)	35.4 (5.7)	-25.2 (0.1)	1.53 (0.24)	23.1 (0.0)
	15	1.03 (0.09)	12.0 (6.4)	-24.8 (0.0)	0.52 (0.16)	21.6 (5.5)
	45	1.23	15.2	-24.8	0.68	22.3
	80	1.39 (0.11)	27.8 (2.2)	-25.0 (0.3)	1.14 (0.08)	24.3 (0.3)
	125+	1.69 (0.30)	28.0 (6.4)	-25.2 (0.2)	1.27 (0.31)	22.3 (0.4)

Diochon A. et al., 2009. Looking deeper: An investigation of soil carbon losses following harvesting from a managed northeastern red spruce (*Picea rubens* Sarg.) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management* 257, 413–420

**Table 1.** Mean C and N stocks in litter (L) and fermented or humic (FH) horizons and mineral soil (<2 mm) under forest floor removal (FF), whole tree (WT), and stem only (SO) harvesting treatments in Tarawera Forest, New Zealand. Geometric means based on four replicate values per treatment, with standard errors in parentheses.

Property	Treatment	L	FH	0–0.3 m	0–0.1 m	0.1–0.2 m	0.2–0.3 m
Mg ha <sup>-1</sup>							
Total C	FF	2.26 (0.18) a†	7.79 (0.87) a	13.88 (1.49) a	9.55 (0.93) a	2.52 (0.50) a	1.57 (0.22) a
	WT	2.17 (0.17) a	9.59 (1.07) a	15.01 (1.62) a	10.97 (1.07) a	2.79 (0.55) a	1.22 (0.17) a
	SO	2.35 (0.19) a	11.28 (1.26) a	17.97 (1.94) a	12.89 (1.26) a	3.42 (0.67) a	1.62 (0.23) a
Total N	FF	0.04 (0.003) ab	0.20 (0.02) b	0.69 (0.08) a	0.44 (0.05) a	0.14 (0.03) a	0.09 (0.01) a
	WT	0.03 (0.002) b	0.26 (0.02) ab	0.79 (0.09) a	0.53 (0.07) a	0.18 (0.03) a	0.08 (0.01) a
	SO	0.04 (0.003) a	0.29 (0.03) a	0.90 (0.11) a	0.61 (0.07) a	0.19 (0.03) a	0.09 (0.01) a

† Within each column for each soil property, means followed by the same letter are not significantly ( $P < 0.05$ ) different.

**Jones H.S. et al., 2008.** Impacts of harvest residue management on soil carbon stocks in a plantation forest. Soil Science Society of American Journal 72, 1621-1627

**Table 5** Means, standard errors [in brackets] and  $p$  values from ANOVAs testing the effects of disturbance type on forest floor total and exchangeable cation concentrations and effective cation exchange capacity

	Stem-only	Whole-tree	Wildfire	$p$ value
Total (g kg <sup>-1</sup> of forest floor) and exchangeable (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> of forest floor) concentrations				
Total K	0.6 [0.1]	0.6 [0.2]	0.4 [0.1]	0.074
Total Mg	0.5 [0.2]	0.5 [0.4]	0.8 [0.6]	0.400
Total Ca	2.4 [0.7]	2.3 [1.3]	6.2 [5.1]	0.172
Exchangeable K	0.8 [0.2]	0.8 [0.2]	0.6 [0.1]	0.258
Exchangeable Mg	2.7 [0.9] <sup>ab</sup>	1.6 [0.7] <sup>b</sup>	3.8 [1.2] <sup>a</sup>	0.032
Exchangeable Ca	10.7 [3.8] <sup>b</sup>	8.3 [4.4] <sup>b</sup>	17.3 [2.1] <sup>a</sup>	0.016
Effective CEC	34.2 [5.3] <sup>ab</sup>	30.3 [5.4] <sup>b</sup>	40.5 [4.2] <sup>a</sup>	0.049

Within each row, values followed by a different letter are significantly different at  $p < 0.05$ , based on a Bonferroni  $t$  test.

**Thiffault E. et al., 2008.** Chemical composition of forest floor and consequences for nutrient availability after wildfire and harvesting in the boreal forest. Plant Soil, 308:37–53

	Residue heap	Removal	No removal	Branch removal
Net change (input-output) over the treatment area				
Water (dm <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> )	1093	1046	49	1064
Total N (mg m <sup>-2</sup> )	139	579	124	369
NH <sub>4</sub> -N (mg m <sup>-2</sup> )	374	301	-315	182
NO <sub>3</sub> -N (mg m <sup>-2</sup> )	213	192	-109	165
P (mg m <sup>-2</sup> )	-1914	-151	831	-207
K (mg m <sup>-2</sup> )	-8374	-779	5099	-1699
Ca (mg m <sup>-2</sup> )	-909	-250	672	-433
Mg (mg m <sup>-2</sup> )	-370	-60	315	-127
Net change (input-output) over the total harvesting area				
Water (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	1842	10460	8780	10490
Total N (kg ha <sup>-1</sup> )	0.2	5.8	5.0	5.4
NH <sub>4</sub> -N (kg ha <sup>-1</sup> )	0.6	3.0	2.0	2.8
NO <sub>3</sub> -N (kg ha <sup>-1</sup> )	0.4	1.9	1.4	1.9
P (kg ha <sup>-1</sup> )	-3.2	-1.5	0.1	-1.6
K (kg ha <sup>-1</sup> )	-14.1	-7.8	2.1	-9.3
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	-1.5	-2.5	-0.9	-2.8
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	-0.6	-0.6	0.0	-0.7

The net changes in nutrient fluxes are expressed for the area with no logging residue (removal), with residues (no removal), and with the foliage from residues (branch removal), i.e. on an equal area basis, as well for the total harvesting area taking into account the area covered by the logging residue.

**Wall A., 2008.** Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clearcutting in a Norway spruce stand. Forest Ecology and Management 256, 1372–1383

Total nutrient and elemental pools in a spruce-fir forest for the preharvest (1979) condition, a 77-85-year-old reference watershed, and a 17-year-old regenerating watershed after whole-tree harvesting measured during 1997 in central Maine

Pool/treatment	Total C (kg m <sup>-2</sup> )	Total N (g m <sup>-2</sup> )	Exchangeable Ca (g m <sup>-2</sup> )	Exchangeable Mg (g m <sup>-2</sup> )	Exchangeable K (g m <sup>-2</sup> )	Exchangeable Al (g m <sup>-2</sup> )
<b>Forest floor</b>						
Preharvest	3.0	91.9 a	20.8	6.6 a	2.3 a	–
Reference	4.4	119.4 b	25.6	4.0 b	6.5 b	3.9
Regenerating	3.8	115.6 b	24.2	2.9 b	4.0 ab	7.6
<b>Mineral soil</b>						
Preharvest	20.4	583.3	18.4 a	14.5 a	13.6	–
Reference	18.0	655.9	24.1 a	7.8 b	13.9	199
Regenerating	19.1	686.4	78.7 b	11.0 ab	13.2	195
<b>Total</b>						
Preharvest	23.4	675.2	39.2 a	21.1 a	15.9	–
Reference	23.5	775.3	49.7 a	11.8 b	13.9	202.9
Regenerating	22.9	802.0	103.9 b	13.9 b	17.2	183.6

Numbers within columns followed by different letters for forest floor, mineral soil, or total pool are significantly different at the 0.05 level of significance.

**McLaughlin J.W., Phillips S.A., 2006.** Soil carbon, nitrogen, and base cation cycling 17 years after whole-tree harvesting in a low-elevation red spruce (*Picea rubens*)-balsam fir (*Abies balsamea*) forested watershed in central Maine, USA. *Forest Ecology and Management* 222, 234–253

Average removed amounts of biomass (dry) and nutrients of each treatment at the two experimental sites in 1990

Site	Treatment	Biomass	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Cu	Zn	B	
		(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(g ha <sup>-1</sup> )	(g ha <sup>-1</sup> )	(g ha <sup>-1</sup> )	
KLH	NT	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	SCB	18047	36,0	2,3	21,5	39,3	6,3	2,0	1,2	35,6	623	102	
		4915	7,4	0,6	7,9	8,8	1,7	0,6	0,2	8,6	100	18	
	WTH <sub>dry</sub>	18902	66,5	4,0	21,4	53,4	8,6	3,0	1,4	53,9	868	123	
		2235	8,0	0,6	5,4	3,5	0,8	0,3	0,2	4,6	107	7	
	WTH <sub>green</sub>	19081	88,0	4,8	38,7	58,7	10,7	5,4	1,7	43,9	866	193	
		3245	9,6	0,5	5,3	10,5	1,5	0,4	0,3	12,3	133	8	
	MGH	NT	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	SCB	12568	27,3	2,7	12,2	24,8	4,7	1,1	0,7	25,6	506	55,9	
		4198	8,1	1,0	3,9	8,9	1,4	0,3	0,3	9,1	156	25	
WTH <sub>dry</sub>	18072	93,0	5,4	20,4	48,5	10,2	—	1,3	36,1	768	143		
	5099	29,4	1,9	6,5	15,4	2,6	—	0,4	10,2	175	57		
WTH <sub>green</sub>	19966	99,8	10,7	43,0	64,2	14,6	6,0	1,8	49,7	865	224		
	4239	27,8	3,7	12,6	13,0	2,9	0,6	0,6	17,2	278	47		

Standard deviation of each variable is indicated in a smaller font size.

**Nord-Larsen T., 2002.** Stand and site productivity response following whole-tree harvesting in early thinnings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Biomass and Bioenergy* 23, 1-12

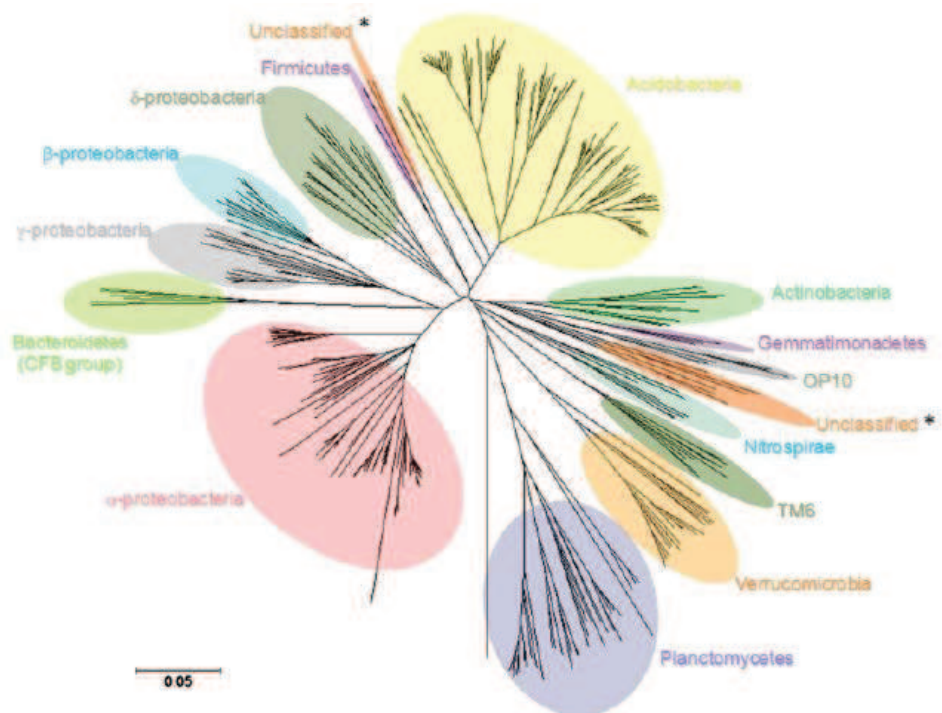
Biomass and nutrient contents of logging residues

Experiment No.	Stem volume removed (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Logging residues					
		Biomass (kg ha <sup>-1</sup> , d m) <sup>a</sup>	Nutrients (kg ha <sup>-1</sup> )				
			N	P	K	Ca	Mg
<b>Scots pine stands</b>							
184	49	7050	37	4	14	19	3
193	40	5800	35	4	15	20	4
204	43	4590	21	3	9	14	2
219	56	8940	41	4	16	22	4
729	48	11940	44	4	16	21	5
730	64	11780	60	6	21	31	5
731	33	6900	33	4	12	13	3
734	62	10110	56	5	21	27	5
1056	53	10610	44	5	20	18	5
1082	37	10290	43	4	15	18	5
<b>Norway spruce stands</b>							
181	57	11530	84	9	28	40	10
732	86	17270	89	7	28	69	9
733	104	19730	126	20	54	148	13
735	77	13660	79	9	23	67	9
1057	37	11440	64	9	29	35	6
1081	48	15620	102	11	41	50	10

<sup>a</sup> Dry matter.

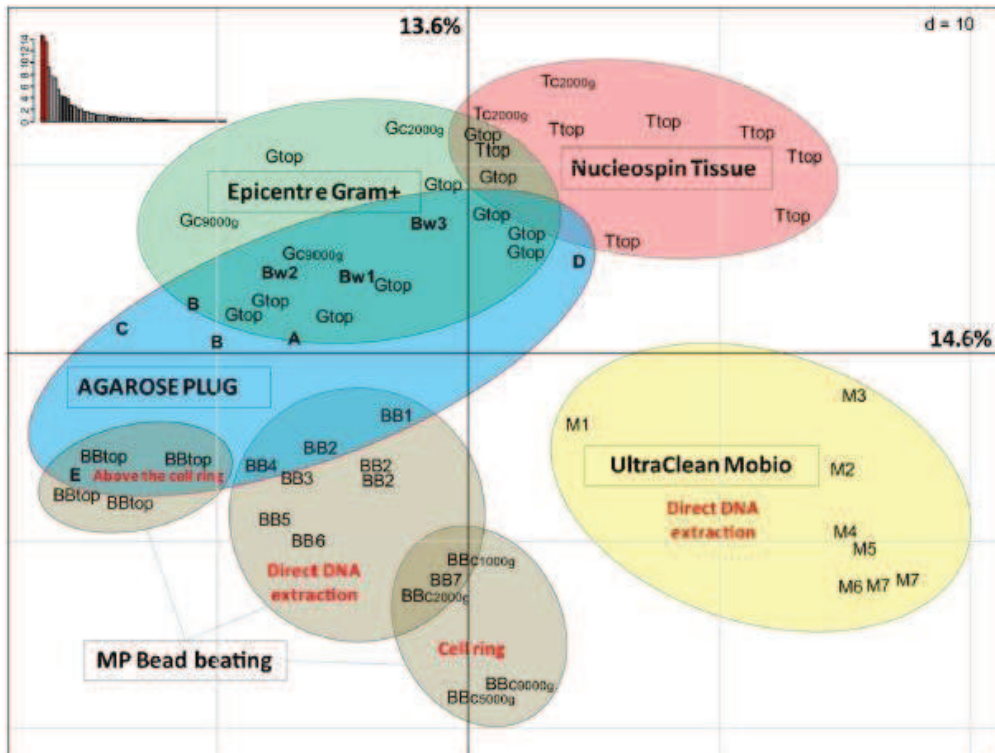
Jacobson S. et al., 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. Forest Ecology and Management 129, 41-51

**Figure** Neighbor-joining tree showing the phylogeny of bacterial 16S rRNA gene sequences from the Pru Toh Daeng peat swamp forest. Sequences were aligned (1,501 nt) with Clustal X, and distances were calculated with the maximum likelihood model. The unclassified taxonomic clusters are marked with an asterisk



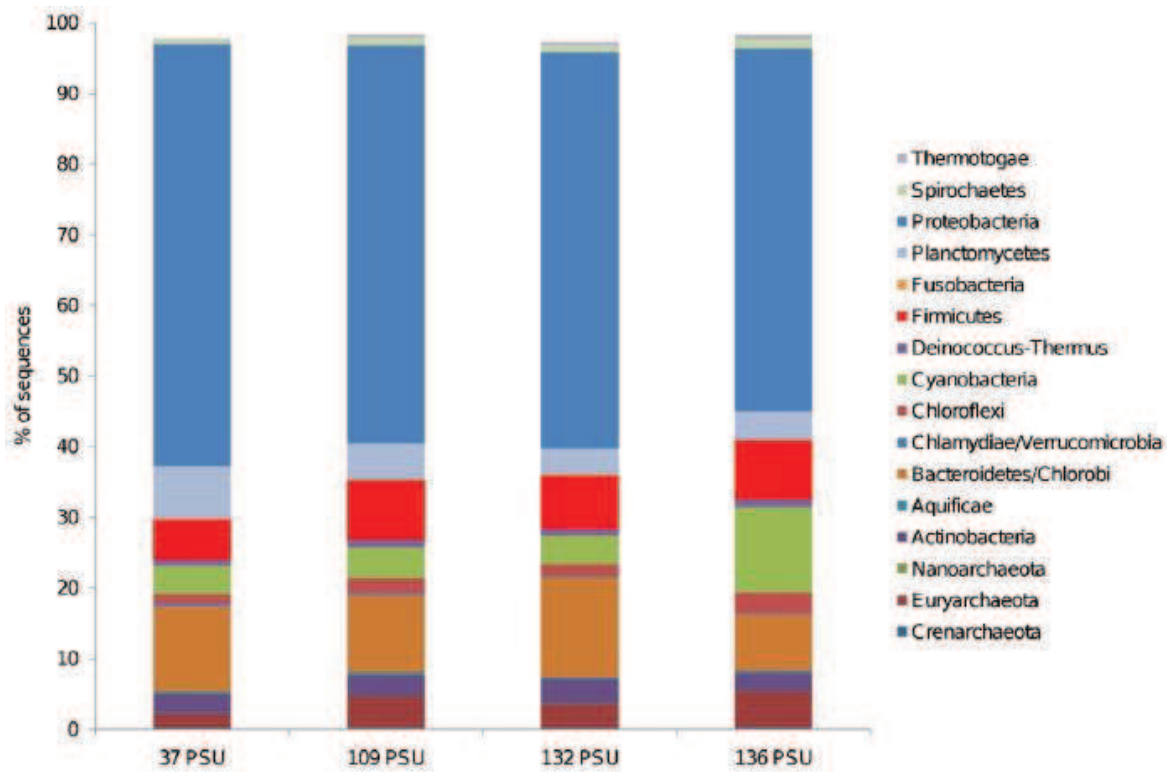
Kanokratana P. et al, 2011. Insights into the phylogeny and metabolic potential of a primary tropical peat swamp forest microbial community by metagenomic analysis. Microbial Ecology 61,518-528.





Principal component analysis (showing the first and second components) of the matrix data for the RISA analysis from each DNA separation method. The percentages of variance of all axes are shown in the upper left corner. BB, bead beating; A, B, C, D, and E, agarose plug protocols; Bw1, Bw2, and Bw3, low-, medium-, and high-molecular-weight DNA extracted with plug protocol B; M, MoBio Ultraclean kit; G, Epicentre G<sup>+</sup> kit; c, cell ring from the Nycodenz density gradient separation; top, DNA recovered from the different fractions above the cell ring. The numbers 1 to 7 refer to the depth intervals (3 cm deep each) of the soil samples from the soil core, with 1 being 0 to 3 cm and 2 being 4 to 6 cm, etc.; 1,000g refers to DNA recovered from the cell ring in the Nycodenz gradient when the centrifuge was operated at 1,000 × g rather than the usual 9,000 × g.

Delmont T.O. et al., 2011. Accessing the Soil Metagenome for Studies of Microbial Diversity. Applied And Environmental Microbiology, 1315-1324



**Figure 1. Taxonomic composition (Phyla level) of four metagenomic libraries derived from Coorong lagoon sediment.** Relative representation in the metagenome was calculated by dividing the number of hits to each category by the total number of hits to all categories, thus normalizing by sequencing effort. Hits were generated by BLASTing sequences to the SEED database with an E-value cut-off of  $1 \times 10^{-5}$  and a minimum alignment of 50 bp. doi:10.1371/journal.pone.0025173.g001

Jeffries T.C. et al., 2011. Substrate Type Determines Metagenomic Profiles from Diverse Chemical Habitats. PLoS ONE 6: e25173

## ALLEGATO III – XILOENERGETICA

**Metro stero (ms):** unità di misura riferita al legname impilato, corrispondente ad un volume complessivo di un metro cubo comprensivo degli interstizi vuoti; può essere:

- accatastato (msa)
- alla rinfusa (msr)

Assortimento	Legno tondo	Spacconi	Legna spaccata corta		Cippato	
			accatastata	riversata	fino (G30)	medio (G50)
	m <sup>3</sup>	msa	msa	msr	msr	msr
1 m <sup>3</sup> tondo	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0
1 msa spacconi 1 m	0,7	1	0,8	1,4	(1,75)	(2,1)
1 msa legna spaccata corta	0,85	1,2	1	1,7		
1 msr legna spaccata corta	0,5	0,7	0,6	1		
1 msr cippato di bosco fino (G30)	0,4	(0,55)			1	1,2
1 msr cippato di bosco medio (G50)	0,33	(0,5)			0,8	1

Nota: una tonnellata di cippato G30 con M 35% corrisponde a circa 4 msr di cippato di abete rosso e a circa 3 msr di cippato di faggio.



1 m<sup>3</sup> tondo ≈ 1,4 msa spacconi ≈ 2 msr legna ≈ 3 msr cippato (G50)

Rapporti di conversione legno–legna–cippato (fonte “La filiera foresta-legno-energia in provincia di Trento anno 2008-2009”)

Cont. idrico M%	Faggio			Quercia			Abete rosso			Pino		
	m <sup>3</sup>	Lsp ms	Cip msr	m <sup>3</sup>	Lsp ms	Cip msr	m <sup>3</sup>	Lsp ms	Cip msr	m <sup>3</sup>	Lsp ms	Cip msr
masse volumiche e steriche in kg*												
0	680	422	280	660	410	272	430	277	177	490	316	202
10	704	437	290	687	427	283	457	295	188	514	332	212
15	716	445	295	702	436	289	<b>472</b>	304	<b>194</b>	527	340	217
20	730	453	300	724	450	298	488	315	201	541	349	223
30	798	495	328	828	514	341	541	349	223	615	397	253
40	930	578	383	966	600	397	631	407	260	718	463	295
50	1117	694	454	1159	720	477	758	489	312	861	556	354

È stata impiegata l'equivalenza 1 m<sup>3</sup> tondo=2,43 msr di cippato (cv=0,41 m<sup>3</sup>/msr).

Abbreviazioni - Lsp: legna spaccata (33 cm, accatastata); Cip: cippato.

\* Nell'intervallo di contenuto idrico (M) 0-23%, i valori sono stati calcolati a partire dalle masse volumiche anidre di tabella 1.5.3. Le masse volumiche e steriche (con acqua) di volta in volta calcolate sono state corrette impiegando i seguenti fattori di rigonfiamento volumetrico: faggio 21,8%, quercia 13,9%, abete rosso 13,5%, pino 13,8%, assumendo un andamento lineare della variazione del volume nell'intervallo di contenuto idrico considerato.

Masse volumiche e steriche di alcune specie forestali (“La filiera foresta-legno-energia in provincia di Trento anno 2008-2009”)

## Equivalenze tra unità di misura

	kJ	kcal	kWh	tep	Btu
1 kJ	1	0,239	$0,278 \times 10^{-3}$	$23,88 \times 10^{-9}$	0,948
1 kcal	4,1868	1	$1,163 \times 10^{-3}$	$0,1 \times 10^{-9}$	3,968
1 kWh	3.600	860	1	$86 \times 10^{-9}$	3.413
1 tep	$41,87 \times 10^6$	$10 \times 10^6$	$11,63 \times 10^3$	1	$39,68 \times 10^6$
1 Btu	1,055	0,252	$0,293 \times 10^{-3}$	$25,2 \times 10^{-9}$	1

## Rapporti di conversione per il legno da energia (Fonte: A. JONAS)

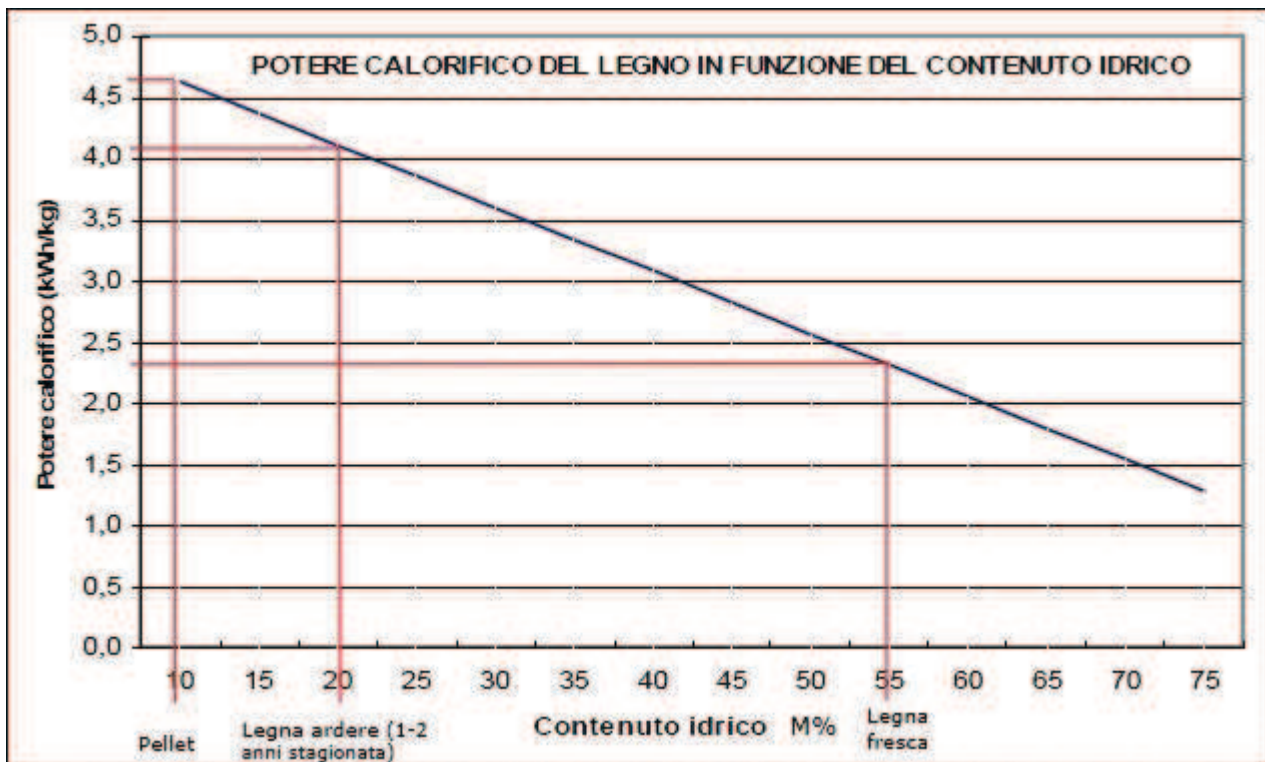
Assortimento	Tondo	Spacconi 1 m	Legna spaccata corta		Cippato	
			accatastat o	alla rinfusa	Fino	medio
	m <sup>3</sup>	msa	msa	msr	msr	msr
1 m <sup>3</sup> tondo	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0
1 msa spaccani 1 m	0,7	1	0,8	1,4	(1,75)	(2,1)
1 msa legno da stufa	0,85	1,2	1	1,7		
1 msr legno da stufa	0,5	0,7	0,6	1		
1 msr cippato fino di bosco	0,4	(0,55)			1	1,2
1 msr cippato medio di bosco	0,33	(0,5)			0,8	1

**Potere calorifico (P.C.):** quantità di energia termica che è liberata dalla combustione completa riferita all'unità di peso. È generalmente espresso in MJ/Kg o kWh/kg.

**Potere calorifico inferiore (P.C.S.):** nel prodotto della combustione si considera l'acqua allo stato liquido;

**Potere calorifico superiore (P.C.I.):** l'acqua liberata è considerata allo stato di vapore, ovvero è stata sottratta l'energia termica necessaria per l'evaporazione dell'acqua.

Il contenuto energetico del legno è influenzato dal **contenuto idrico (M%)** che modifica, riducendolo, il potere calorifico; questo perché parte dell'energia liberata nel processo di combustione è assorbita dall'evaporazione dell'acqua e quindi non è disponibile per l'uso termico desiderato.



POTERI CALORIFICI	SPECIE LEGNOSE
4,0 kWh/kg	Faggio
4,1 kWh/kg	Pioppo, Acero, Robinia, Olmo
4,2 kWh/kg	Frassino, Quercia
4,3 kWh/kg	Larice
4,4 kWh/kg	Pino, Douglasia
4,5 kWh/kg	Picea, Abete

<b>Specie Legnosa</b>	<b>Potere Calorifico Superiore assoluto teorico (kcal/kg) *</b>	<b>Peso Specifico (kg/m<sup>2</sup>) mat. stagionato all'aria umidità residua: 12-15%</b>
Abete Bianco	4.650	440
Abete Rosso	4.857	450
Acerò Napoletano	4.607	740
Betulla	4.968	650
Carpino Nero	4.640	820
Castagno	4.599	580
Cerro	4.648	900
Cipresso	5.920	620
Corbezzolo	-	820
Douglasia	5.030	530
Erica	-	900
Faggio	4.617	750
Frassino	5.350	720
Leccio	-	960
Larice	4.050	660
Ontano	4.300-4.440	540
Ontano Napoletano	4.700	530
Orniello	-	760
Platano	-	690
Pioppo Nero	4.130	500
Pino Marittimo	4.952	630
Robinia	4.500	790
Roverella	4.631	880

\*per ottenere il valore in KJ a partire dalle kcal si moltiplica per 4,186

Potere calorifero e peso specifico di alcune specie legnose (fonte [www.caldaiaecologica.com](http://www.caldaiaecologica.com))

## RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Centro di Ricerca e Innovazione della Fondazione Edmund Mach dell'Istituto di San Michele all'Adige che mi ha dato la possibilità di preparare questa tesi, offrendomi anche ospitalità presso la foresteria e la mensa.

Ringrazio il dott. Nicola La Porta del Centro Ricerca e Innovazione della Fondazione E. Mach, che mi ha seguito durante tutta la fase di elaborazione, nonché come correlatore di questo elaborato.

Un grazie speciale va ai miei genitori, senza l'appoggio e l'aiuto dei quali non avrei potuto buttarmi in questa avventura così serenamente, e ai miei fratelli.

Grazie anche a tutta la mia famiglia, dalle nonne agli zii e ai cugini che tengo a citare: Laura, Andrea, Marta, Alessandro, Elena, Pierfrancesco, Elisabetta, Gianmarco, Anna, Gabriele, Fabio, Francesca, Martina e Giovanni, per il loro appoggio morale.

Ringrazio tutti i miei amici di una vita: Nicola, Anna, Federico, Davide, Luca, Riccardo, Alberto, Alberto, Claudio, Tommaso, Alessandro, Alessandra e Roberto, sempre al mio fianco in questi anni.

Inoltre ringrazio tutto il gruppo della Pastorale Giovanile di Castiglione delle Stiviere, a partire dai preti Don Cristian e Don Matteo fino ad arrivare a tutti i colleghi animatori Simone, Edith, Laura, Daniela, Cecilia, Alberto, Stefania, Michele, Marco, Giorgio, Stefano, Sara, Gianpietro, Andrea, Miriam, Leonardo, Matteo, Federico, Andrea, Giovanni, Marta, Martina, Alessandra, Federica, Giulia, Andrea..un grande gruppo con un grande feeling!!

# BIBLIOGRAFIA

- Ahmad N., Johri S., Abdin M.Z., Qazi G.N., 2009. Molecular characterization of bacterial population in the forest soil of Kashmir, India. *World J Microbiol Biotechnol* 25, 107-113.
- Allen H.K., Moel L.A., Rodbumer J., Gaarder A., Handelsman J., 2009. Functional metagenomics reveals diverse  $\beta$ -lactamases in a remote Alaskan soil. *The ISME Journal* 3, 243-251.
- Amorim J.H., Macena T.N.S., Lacerda-Junior G.V., Rezende R.P., Dias J.C.T., Brendel M., Cascardo J.C.M., 2008. An improved extraction protocol for metagenomic DNA from a soil of the Brazilian Atlantic Rainforest. *Genetics and Molecular Research* 7, 1226-1232.
- Ares A., Terry T., Harrington C., Devine W., Peter D., Bailey J., 2007. Biomass removal, soil compaction, and vegetation control effects on five-year growth of douglas-fir in coastal Washington. *Forest Science* 53, 600-610.
- Arvidsson H., Lundkvist H., 2003. Effects of crushed wood ash on soil chemistry in young Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 176, 121-132.
- Ascher J., Ceccherini M.T., Pantani O.L., Agnelli A., Borgogni F., Guerri G., Nannipieri P., Pietramellara G., 2009. Sequential extraction and genetic fingerprinting of a forest soil metagenome. *Applied Soil Ecology* 42 176-181.
- Bélangier N., Paré D., Yamasaki S.H., 2003. The soil acid-base status of boreal black spruce stands after whole-tree and stem-only harvesting. *Canadian Journal Of Forest Research* 33, 1874-1879.
- Berg G., Krechel A., Ditz M., Sikora R.A., Ulrich A., Hallmann J., 2005. Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Ecology* 51, 215-229.
- Berg G., Roskot N., Steidle A., Eberl L., Zock A., Smalla K., 2002. Plant-dependent genotypic and phenotypic diversity of antagonistic rhizobacteria isolated from different verticillium host plants. *Applied and environmental microbiology* 68, 3328-3338.
- Bergomi et al., 2009. Manuale pratico legna e cippato. Associazione Italiana Energie Agroforestali.
- Bisaglia C., 2009. La raccolta e l'imballatura delle potature per produrre energia. [www.caebinternational.it/w/biomasse/html](http://www.caebinternational.it/w/biomasse/html).
- de Boer W., Wagenaar A., Klein Gunnewiek P.J.A., van Veen J.A., 2006. In vitro suppression of fungi caused by combinations of apparently non-antagonistic soil bacteria. *FEMS Microbiology Ecology* 59, 177-185.
- Borrero C., Ordovas J., Trillas M.I., Aviles M., 2006. Tomato Fusarium wilt suppressiveness. The relationship between the organic plant growth media and their microbial communities as characterized by Biolog®. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 1631-1637.
- Brunori e Pedrolli, 2002. Certificazione forestale un utile strumento. *Terra Trentina*, 20-22.
- Bunterngsook B., Kanokratana P., Thongaram T., Tanapongpipat S., Uengwetwanit T., Rachdawong S., Vichitsoonthonkul T., Eurwilaichitr L., 2010. Identification and characterization of lipolytic enzymes from a peat-swamp forest soil metagenome. *Bioscience Biotechnology And Biochemistry* 74, 1848-1854.
- Butnor J.R., Johnsen K.H., Sanchez F.G., 2006. Whole-tree and forest floor removal from a loblolly pine plantation have no effect on forest floor CO<sub>2</sub> efflux 10 years after harvest. *Forest Ecology and Management* 227, 89-95.
- Coaloe D., 2007. Biomasse per energia e mercato del legno. *Scherwood* 138, 39-43.
- Dahlgren R.A., Driscoll C.T., 1994. The effects of whole-tree clear-cutting on soil processes at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire, USA. *Plant and Soil* 158, 239-262.
- Dai K.H., Johnson C.E., Driscoll C.T., 2001. Organic matter chemistry and dynamics in clear-cut and unmanaged hardwood forest ecosystems. *Biogeochemistry* 54, 51-83.
- DeAngelis K.M., Gladden J.M., Allgaier M., D'haeseleer P., Fortney J.L., Reddy A., Hugenholtz P., Singer S.W., Vander Gheynst J.S., Silver W.L., Simmons B.A., Hazen T.C., 2010. Strategies for Enhancing the Effectiveness of Metagenomic-based Enzyme Discovery in Lignocellulolytic Microbial Communities. *Bioenergy Research* 3, 146-158.
- Delmont T.O., Robe P., Cecillon S., Clark I.M., Constancias F., Simonet P., Hirsch P.R., Vogel T.M., 2011. Accessing the Soil Metagenome for Studies of Microbial Diversity. *Applied And Environmental Microbiology*, 1315-1324.
- Diocion A., Kellman L., Beltrami H., 2009. Looking deeper: An investigation of soil carbon losses following harvesting from a managed northeastern red spruce (*Picea rubens* Sarg.) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management* 257, 413-420.



- Dokić L., Savić M., Narančić T., Vasiljević B., 2010. Metagenomic analysis of soil microbial communities. *Archives of Biological Science* 62, 559-564.
- Duchesne L., Houle D., 2008. Impact of nutrient removal through harvesting on the sustainability of the boreal forest. *Ecological Applications* 18, 1642-1651.
- Edeso J. M., Merino A., Gonzalez M. J., Marauri P., 1999. Soil erosion under different harvesting managements in steep forestlands from northern Spain. *Land Degradation & Development* 10, 79-88.
- van Elsas J.D., Speksnijder A.J., van Overbeek L.S., 2008. A procedure for the metagenomics exploration of disease-suppressive soils. *Journal of Microbiological Methods* 75, 515-522.
- Fierer N., Breitbart M., Nulton J., Salamon P., Lozupone C., Jones R., 2007. Metagenomic and small-subunit rRNA analyses reveal the genetic diversity of bacteria, archaea, fungi, and viruses in soil. *Applied And Environmental Microbiology*, 7059-7066.
- Giacomodonato M.N., Pettinari M.J., Souto G.I., Mendez B.S., Lopez N.I., 2001. A PCR-based method for the screening of bacterial strains with antifungal activity in suppressive soybean rhizosphere. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 17, 51-55.
- Grønflaten L.K., Steinnes E., Örlander G., 2008. Effect of conventional and whole-tree clear-cutting on concentrations of some micronutrients in coniferous forest soil and plants. *Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused* 48, 5-16.
- Haldar S., Choudhury S.R., Sengupta S., 2011. Genetic and functional diversities of bacterial communities in the rhizosphere of *Arachis hypogaea*. *Antonie van Leeuwenhoek International Journal Of General And Molecular Microbiology* 100, 161-170.
- Helmisaaria H., Hanssen K.H., Jacobson S., Kukkolad M., Luirod J., Saarsalmid A., Tamminend P., Tveite B., 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management* 261, 1919-1927.
- Hjort K., Bergstrom M., Adesina M.F., Jansson, J.K., Smalla K., Sjolting S., 2010. Chitinase genes revealed and compared in bacterial isolates, DNA extracts and a metagenomic library from a phytopathogen-suppressive soil. *FEMS Microbiology Ecology* 71, 197-207.
- Huang Z., Clinton P.W., Davis M.R., 2011. Post-harvest residue management effects on recalcitrant carbon pools and plant biomarkers within the soil heavy fraction in *Pinus radiata* plantations. *Soil Biology & Biochemistry* 43, 404-412.
- Illarioni L., [www.caldaiaecologica.com](http://www.caldaiaecologica.com), Il legno come combustibile: caratteristiche energetiche e di prodotto
- Indira Devi S., Talukdar N. C., Chandradev Sharma K., Jeyaram K., Rohinikumar M., 2011. Screening of Rhizobacteria for Their Plant Growth Promotion Ability and Antagonism Against Damping off and Root Rot Diseases of Broad Bean (*Vicia faba* L.). *Indian Journal Microbiol* 51, 14-21.
- INFC - Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato. CRA - Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione forestale.
- Jacobson S., Kukkola M., Malkonen E., Tveite B., 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management* 129, 41-51.
- Jeffries TC, Seymour JR, Gilbert JA, Dinsdale EA, Newton K, et al., 2011. Substrate Type Determines Metagenomic Profiles from Diverse Chemical Habitats. *PLoS ONE* 6: e25173.
- Ji, Chun S., Kim D., Hoon Yoon J., Hwan Lee C., 2007. Metagenomic Analysis of BTEX-Contaminated Forest Soil Microcosm. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 17, 668-672.
- Jones H.S., Beets P.N., Kimberley M.O., Garrett L.G., 2011. Harvest residue management and fertilisation effects on soil carbon and nitrogen in a 15-year-old *Pinus radiata* plantation forest. *Forest Ecology and Management* 262, 339-347.
- Jones H.S., Garrett L.G., Beets P.N., Kimberley M.O., Oliver G.R., 2008. Impacts of harvest residue management on soil carbon stocks in a plantation forest. *Soil Science Society of American Journal* 72, 1621-1627.
- Kanokratana P., Uengwetwanit T., Rattanachomsri U., Bunternngsook B., Nimchua T., Tangphatsornruang S., Plengvidhya V., Champreda V., Eurwilaichitr L., 2011. Insights into the phylogeny and metabolic potential of a primary tropical peat swamp forest microbial community by metagenomic analysis. *Microbial Ecology* 61,518-528.
- Kavroulakis N., Ntougias S., Besi M.I., Katsou P., Damaskinou A., Ehaliotis C., Zervakis G.I., Papadopoulou K.K., 2010. Antagonistic bacteria of composted agro-industrial residues exhibit antibiosis against soil-borne fungal plant pathogens and protection of tomato plants from *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. *Plant and Soil* 333, 233-247.
- Kellner H., Luisa P., Portetelle D., Vandenberg M., 2011. Screening of a soil metatranscriptomic library by functional complementation of *Saccharomyces cerevisiae* mutants. *Microbiological Research* 166, 360-368.

- Kosir B., 2008. Damage to young forest due to harvesting in Shelterwood System. *Croatian Journal Of Forest Engineering* 29, 141-153.
- Mariani L., Chang S.X., Kabzems R., 2006. Effects of tree harvesting, forest floor removal, and compaction on soil microbial biomass, microbial respiration, and N availability in a boreal aspen forest in British Columbia. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 1734–1744.
- Martinez C., Michaud M., Belanger R.R., Tweddell R.J., 2002. Identification of soils suppressive against *Helminthosporium solani*, the causal agent of potato silver scurf. *Soil Biology & Biochemistry* 34, 1861-1868.
- McLaughlin J.W., Phillips S.A., 2006. Soil carbon, nitrogen, and base cation cycling 17 years after whole-tree harvesting in a low-elevation red spruce (*Picea rubens*)-balsam fir (*Abies balsamea*) forested watershed in central Maine, USA. *Forest Ecology and Management* 222, 234–253.
- Mendes R., Kruijt M., Bruijn I., Dekkers E., van der Voort M., Schneider J.H.M., Piceno Y.M., DeSantis T.Z., Andersen G.L., Bakker P.A.H.M., Raaijmakers J.M., 2011. Deciphering the Rhizosphere Microbiome for Disease-Suppressive Bacteria. *Science* 332, 1097-1100.
- Nacke H., Will C., Herzog S., Nowka B., Engelhaupt M., Daniel R., 2011. Identification of novel lipolytic genes and gene families by screening of metagenomic libraries derived from soil samples of the German Biodiversity Exploratories. *FEMS Microbiology Ecology* 78, 188-201.
- Nord-Larsen T., 2002. Stand and site productivity response following whole-tree harvesting in early thinnings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Biomass and Bioenergy* 23, 1-12.
- Olsson B.A., Lundkvist H., Staaf H., 2000. Nutrient status in needles of Norway spruce and Scots pine following harvesting of logging residues. *Plant and Soil* 223, 161-173.
- Pereira de Castro A., Quirino B.F., Allen H., Williamson L.L., Handelsman J., Kruger R.H., 2011. Construction and validation of two metagenomic DNA libraries from Cerrado soil with high clay content. *Biotechnology Letters* 33, 2169-2175.
- Pettenella D., Masiero M., Kloehn S., Secco L., Ciccarese L., 2009. Deforestazione e processi di degrado delle foreste globali. Rapporto ISPRA 97/2009.
- Postma J., Geraats B.P.J., Pastoor R., van Elsas J.D., 2005. Characterization of the Microbial Community Involved in the Suppression of *Pythium aphanidermatum* in Cucumber Grown on Rockwool. *Phytopathology* 95, 808-818.
- Proe M.F., Griffiths J.H., McKay H.M., 2001. Effect of whole-tree harvesting on microclimate during establishment of second rotation forestry. *Agricultural and Forest Meteorology* 110, 141–154.
- Remenant B., Grundmann G.L., Jocteur-Monrozier L., 2009. From the micro-scale to the habitat: Assessment of soil bacterial community structure as shown by soil structure directed sampling. *Soil Biology & Biochemistry* 41, 29-36.
- Rodgers A., O'Connor M., Gerard Healy M., O'Driscoll C., Asama Z., Nieminen M., Poole R., Müller M., Xiao L., 2010. Phosphorus release from forest harvesting on an upland blanket peat catchment. *Forest Ecology and Management* 260, 2241–2248.
- Rojas-Herrera R., Narvaez-Zapata J., Zamudio-Maya M., Mena-Martinez M. E., 2008. A simple silica-based method for metagenomic DNA extraction from soil and sediments. *Molecular Biotechnology* 40, 13-17.
- Rosenberg O., Jacobson S., 2004. Effects of repeated slash removal in thinned stands on soil chemistry and understorey vegetation. *Silva Fennica* 38, 133–142.
- Rothstein D.E., Spaulding S.E., 2010. Replacement of wildfire by whole-tree harvesting in jack pine forests: Effects on soil fertility and tree nutrition. *Forest Ecology and Management* 260, 1164–1174.
- Rousk J., Baath E., Brookes P.C., Lauber C.L., Lozupone C., Caporaso J.G., Knight R., Fierer N., 2010. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. *The ISME Journal* 4, 1340-1351.
- Saldajeno M.G.B. & Hyakumachi M., 2011. The plant growth-promoting fungus *Fusarium equiseti* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* stimulate plant growth and reduce severity of anthracnose and damping-off diseases in cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings. *Annals of Applied Biology* 159, 28-40.
- Scheller R.M., Hua D., Bolstad P.V., Birdsey R.A., Mladenoff D.J., 2011. The effects of forest harvest intensity in combination with wind disturbance on carbon dynamics in Lake States Mesic Forests. *Ecological Modelling* 222, 144-153.
- Scott N.A., Likens G.E., Eaton J.S., Siccama T.G., 2001. Trace metal loss following whole-tree harvest of a northeastern deciduous forest, U.S.A. *Biogeochemistry* 54, 197–217.
- Shelswell K. J., 2004. Metagenomics: the science of biological diversity. <http://www.scq.ubc.ca/metagenomics-the-science-of-biological-diversity/>
- da Silveira E.L., Pereira R.M., Scaquitto D.C., Pedrinho E.A.N., Val-Moraes S.P., Wickert E., Carareto-Alves L.M., de Macedo Lemos E.G., 2006. Bacterial

- diversity of soil under eucalyptus assessed by 16S rDNA sequencing analysis. *Pesquisa agropecuaria brasileira* 41, 1507-1516.
- Silvestri S., Zorzi G., Spinelli R., Boschetti C., Dellagiacomina F., Giovannini G., Carlino G. e Conotter R., 2007. Biomasse forestali utilizzate a scopo energetico. *Terra Trentina* 4, 19-23.
- Singer E., 2007. Biocombustibili dalle tarme. <http://www.giornaletecnologico.it>
- Smolander A., Kitunen V., Tamminen P., Kukkola M., 2010. Removal of logging residue in Norway spruce thinning stands: Long-term changes in organic layer properties. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 1222-1228.
- Sik H.K., Lim H.K., Chung E.J., Park E.J., Lee M.H., Kim J.C., Choi G.J., Cho K.Y., Lee S.W., 2007. Selection and characterization of forest soil metagenome genes encoding lipolytic enzymes. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 17, 1655-1660.
- Smolander A., Levula T., Kitunen V., 2008. Response of litter decomposition and soil C and N transformations in a Norway spruce thinning stand to removal of logging residue. *Forest Ecology and Management* 256, 1080-1086.
- Spinelli R. e Magagnotti N., 2009. Linee guida per lo sviluppo di un modello di utilizzo del cippato forestale a fini energetici. Fondo F.E.A.O.G. sez. Orientamento - Programma Leader Plus. Cap. 3, pag.68-73.
- Sultana V., Ara J., Parveen G., Ehteshamul-Haque S., Ahmad V.U., 2006. Role of crustacean chitin, fungicides and fungal antagonist on the efficacy of pseudomonas aeruginosa in protecting chilli from root rot. *Pakistan Journal of Botany*, 38, 1323-1331.
- Tamminen P., Saarsalmi A., Smolander A., Kukkola M., Helmisaari H.S., 2012. Effects of logging residue harvest in thinnings on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 263, 31–38.
- Tan X., Chang S.X., Kabzems R., 2008. Soil compaction and forest floor removal reduced microbial biomass and enzyme activities in a boreal aspen forest soil. *Biological and Fertility of Soils* 44, 471–479.
- Thiffault E., Hannam K. D., Quideau S. A., Paré D., Bélanger N., Oh S.W., Munson A. D., 2008. Chemical composition of forest floor and consequences for nutrient availability after wildfire and harvesting in the boreal forest. *Plant Soil*, 308:37–53.
- Thiffault E., Hannam K.D., Pare D., Titus B.D., Hazlett P.W., Maynard D.G., Brais S., 2011. Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests - A review. *Environmental Reviews*, 19: 278-309.
- Thor M., 2002. Stump treatment against root rot – European survey . Resultat – SkogForsk Report No.1. [www.skogforsk.se/upload/Dokument/Results/2002-01.pdf](http://www.skogforsk.se/upload/Dokument/Results/2002-01.pdf)
- Timms-Wilson T.M., Kilshaw K. & Bailey M.J., 2004. Risk assessment for engineered bacteria used in biocontrol of fungal disease in agricultural crops. *Plant and Soil* 266, 57-67.
- Trettin C.C., Jurgensen M.F., Gale M.R., McLaughlin J.W., 2011. Recovery of carbon and nutrient pools in a northern forested wetland 11 years after harvesting and site preparation. *Forest Ecology and Management* 262, 1826-1833.
- Unterseher M., Jumpponen A., Pik M.O., Tedersoo L., Moora M., Dormann C.F., Schnittler M., 2011. Species abundance distributions and richness estimations in fungal metagenomics – lessons learned from community ecology. *Molecular Ecology* 20, 275-285.
- Valenzuela-Encinas C., Neria-Gonzalez I., Alcantara-Hernandez R.J., Enriquez-Aragon J.A., Estrada-Alvarado I., Hernandez-Rodriguez C., Dendooven L., Marsch R., 2008. Phylogenetic analysis of the archaeal community in an alkaline-saline soil of the former lake Texcoco (Mexico). *Extremophiles* 12, 247–254.
- Vasaitis R., Stenlid J., Thomsen I. M., Barklund P. & Dahlberg A. 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42(3), 457-483.
- Vanguelova E., Pitman R., Luiro J., Helmisaari H.S., 2010. Long term effects of whole tree harvesting on soil carbon and nutrient sustainability in the UK. *Biogeochemistry*, 101, 43–59.
- Verma D., Satyanarayana T., 2011. An Improved Protocol for DNA Extraction from Alkaline Soil and Sediment Samples for Constructing Metagenomic Libraries. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 165, 454-464.
- Wall A., 2008. Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clearcutting in a Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management* 256, 1372–1383.
- Walmsley J.D., Godbold D. L., 2010. Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts. *Forestry*, Vol. 83, No. 1.
- Walmsley J.D., Jones D.L., Reynolds B., Price M.H., Healey J.R., 2009. Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity. *Forest Ecology and Management* 257, 1104–1111.

- Wang P., Olsson B.A., Arvidsson H., Lundkvist H., 2010. Short-term effects of nutrient compensation following whole-tree harvesting on soil and soil water chemistry in a young Norway spruce stand. *Plant Soil* 336, 323–336.
- Wargo & Shao, 1985. Armillaria root rot: the puzzle is being solved. *Plant disease* 69, 826-832.
- Werhahn-Mees W., Palosuo T., Garcia-Gonzalo J. , Roser D., Lindner M., 2011. Sustainability impact assessment of increasing resource use intensity in forest bioenergy production chains. *GCB Bioenergy* 3, 91–106.
- Wu M., Zhang H., Li X., Zhang Y., Su Z., Zhang C., 2007. Soil fungistasis and its relations to soil microbial composition and diversity: A case study of a series of soils with different fungistasis. *Journal of Environmental Sciences* 20, 871–877.
- Yanai R.D., 1998. The effect of whole-tree harvest on phosphorus cycling in a northern hardwood forest. *Forest Ecology and Management* 104, 281–295.
- Zachow C., Tilcher R., Berg G., 2008. Sugar beet-associated bacterial and fungal communities show a high indigenous antagonistic potential against plant pathogens. *Microbial Ecology* 55, 119-129.