

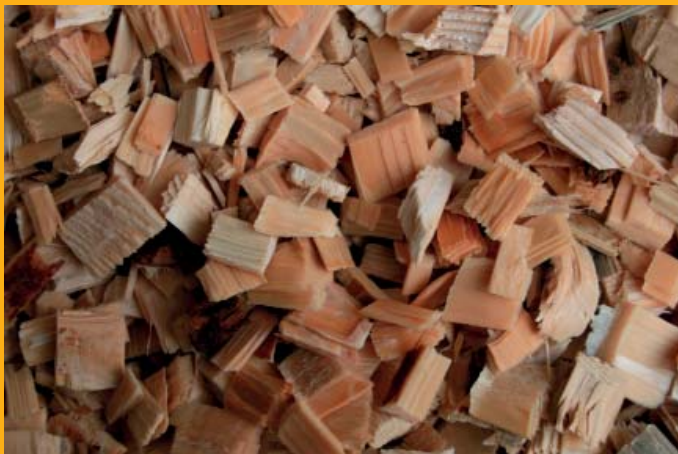
CIPPATO DI QUALITÀ OTTIMALE



Sintesi

La qualità del cippato impiegato assume un'importanza decisiva nel funzionamento a basse emissioni e a manutenzione ridotta dei sistemi di combustione a legna automatici. Numerosi produttori, proprietari di boschi, progettisti e gestori di impianti possono beneficiare del potenziale offerto dal miglioramento della qualità del cippato sotto il profilo della riduzione delle emissioni e del funzionamento affidabile degli impianti.

Soprattutto per i piccoli impianti di combustione fino a 200 kW di potenza («apparecchi di serie»), un'elevata frazione fine pregiudica in particolare la qualità della combustione, ma anche la scorrevolezza e quindi la qualità di estrazione. Questi impianti richiedono pertanto un cippato di qualità.



Cippato di qualità senza frazione fine

Il fattore determinante per il livello di frazione fine è la qualità del materiale di partenza, che nel caso del cippato di qualità non deve contenere foglie o aghi e può includere solo una quantità limitata di corteccia. Per questo motivo è utile attuare una distinzione fra tondame a scopo energetico per cippato di buona qualità e scarti forestali per cippato di qualità inferiore. Da un materiale di partenza di scarso valore è impossibile produrre cippato di qualità.

Una delle principali misure ai fini dell'esercizio di sistemi di combustione a legna automatici che producano poche emis-

sioni e richiedano una manutenzione ridotta è la riduzione della frazione fine tramite vagliatura del cippato. A tal fine vengono generalmente impiegati vibrovagli, nonché vagli a tamburo o stellari. L'ideale è sottoporre il cippato a vagliatura sia prima sia dopo l'essiccazione.

Attraverso l'essiccazione del cippato se ne diminuisce il tenore di acqua e se ne aumenta il potere calorifico. Tuttavia, nel caso di essiccazione naturale, se il tenore di acqua iniziale è superiore al 30%, va considerato che si verifica un'importante perdita di sostanza della biomassa secca. Nei depositi scoperti, in un anno si può perdere in questo modo fino al 30% della massa. La perdita di sostanza è tanto maggiore quanto minore era in origine la qualità del cippato. In caso di conservazione del cippato all'aperto si raccomanda la copertura dello stesso mediante teli traspiranti.

Conservando il cippato all'interno di depositi coperti, dopo sei mesi sono stati registrati tenori di acqua inferiori al 30% e una perdita di sostanza della biomassa secca pari al 13% circa. Fattori importanti sono una buona ventilazione del deposito e una sufficiente distanza fra il cumulo di cippato e il soffitto. La durata di immagazzinamento dovrebbe essere inoltre il più breve possibile, al massimo 3-6 mesi. Quanto minore è la frazione fine, tanto meglio l'aria di essiccazione può circolare attraverso il cippato.

La pre-essiccazione della legna per energia non sminuzzata è una misura semplice, conveniente ed efficiente per migliorare la qualità del cippato. A seconda del tipo di legna è stato possibile ottenere un tenore di acqua inferiore al 35%. In condizioni ottimali, con temperature atmosferiche calde e ventilazione ottimale sono stati rilevati addirittura valori pari al 25%. Con la pre-essiccazione del legno non sminuzzato, la perdita di sostanza è stata pari al 6% in sei mesi, ovvero molto inferiore rispetto allo stoccaggio e all'essiccazione del cippato.

L'aspetto determinante per un'efficiente pre-essiccazione del legno non sminuzzato è la scelta corretta dell'ubicazione della catasta. L'ideale sono i dossi soleggiati ed esposti al vento con un suolo facilmente permeabile e sufficiente distanziamento

Il presente progetto è stato realizzato con il sostegno dell'Ufficio federale dell'ambiente UFAM nel quadro del piano di azione Legno – che desideriamo ringraziare.

Impressum

Redazione: Energia legno Svizzera, marzo 2018

Fonte foto: Energia legno Svizzera ove non diversamente indicato

Indice delle fonti: pagina 26



Pre-essiccazione di una catasta di legna a scopo energetico

dal terreno tramite traverse di legno. Un fondo asciutto sotto alla catasta di legna per energia è decisivo per la pre-essiccazione.

Un'ulteriore possibilità di migliorare la qualità del cippato è l'essiccazione forzata mediante l'apporto attivo di calore. In questo modo si riduce notevolmente il tempo di essiccazione rispetto al processo naturale, ottenendo al contempo una perdita di sostanza sensibilmente minore. A tal fine vengono impiegati principalmente essiccatori a nastro, a tamburo oppure a container. Gli aspetti determinanti per l'essiccazione forzata del cippato sono da un lato una fonte di calore conveniente e dall'altro la possibilità di immagazzinare il cippato essiccato in un luogo coperto o di convogliarlo agli impianti di riscaldamento.

Prendendo spunto dall'associazione «Holzkreislauf Liechtenstein» viene illustrato come il miglioramento della qualità del cippato inizi già dalla logistica del legno per energia. Fin dalla creazione delle cataste nel bosco si distinguono da un lato tondame a scopo energetico per gli impianti più piccoli e meno recenti e dall'altro scarti forestali per grandi impianti a griglia mobile. Anche in questo caso viene sfruttato in maniera ottimale il grande potenziale della pre-essiccazione del legno non sminuzzato.



SOMMARIO

- 02 SINTESI**
- 04 CLASSIFICAZIONE DEL CIPPATO**
- 07 REQUISITI DEI SISTEMI DI RISCALDAMENTO A CIPPATO**
- 10 PRE-ESSICCAZIONE DELLA LEGNA PER ENERGIA**
- 12 LAVORAZIONE DELLA LEGNA DA ENERGIA PER LA PRODUZIONE DI CIPPATO**
- 14 PRINCIPI DI STOCCAGGIO DEL CIPPATO**
- 15 PERDITA DI SOSTANZA IN CASO DI ESSICCAZIONE NATURALE**
- 17 STOCCAGGIO DEL CIPPATO ALL'APERTO**
- 18 STOCCAGGIO DEL CIPPATO IN DEPOSITO**
- 19 VAGLIATURA DELLA FRAZIONE FINE**
- 20 ESSICCAZIONE FORZATA DEL CIPPATO**
- 22 LOGISTICA REGIONALE DELLA LEGNA PER ENERGIA**
- 24 CONTROLLO QUALITÀ**
- 26 INDICE DELLE FONTI**
- 28 PROPOSTA DI CLASSIFICAZIONE DEL CIPPATO**



CLASSIFICAZIONE DEL CIPPATO

Il cippato viene prodotto con materiali di partenza diversi – come legno boschivo, residui della lavorazione del legno, legname proveniente da formazioni arboree non boschive o legno usato – e può pertanto presentare caratteristiche qualitative molto differenti a seconda che il legno di partenza sia duro o dolce, pre-essiccato o appena esboscato, scarto di lavorazione o riciclato.

Considerando il materiale di partenza è possibile suddividere il cippato in diverse categorie ricorrendo ai seguenti criteri di classificazione:

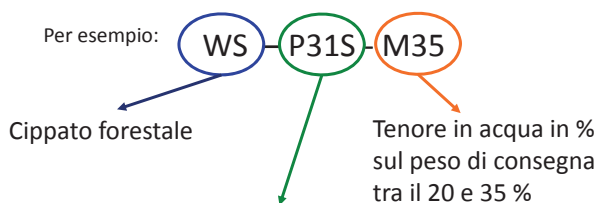
- Tenore di acqua
- Frazione fine
- Frazione grossa e pezzi fuori misura
- Frazione di aghi e foglie
- Tenore di corteccia
- Tenore di cenere
- Tenore di azoto
- Tenore di corpi estranei

Materiale di partenza e sigla degli assortimenti di cippato

Cippato da	Sigla
Legno boschivo	WS
Tondame a scopo energetico = legname in tronchi (esclusi prodotti secondari dall'esbosco e dalla selvicoltura, sramati e cimati)	da ERH Classe S
Scarti forestali	da WRH Senza classe S
Scarti di segheria / di legno industriale	IS
Scarti da diradamento di conifere e latifoglie (diametro < 8 cm) – Rami e legno della chioma	DH
Legno da cura del paesaggio (legname proveniente da formazioni arboree non boschive), spesso triturato	LH
Corteccia sminuzzata, perlopiù triturata	RZ
Resti della lavorazione del legno (scarti di falegnameria e carpenteria del 2° livello di lavorazione; legno non naturale, no cascami di segheria)	RHH
Legno usato, triturato (ad es. pallet, legno da demolizioni, scarti di costruzione, legno di imballaggio, legno di mobili ecc.; senza rifiuti di legno impregnati in autoclave né rifiuti trattati con preservanti, senza rivestimenti organici alogenati)	AH

ATTENZIONE: il legno usato non è classificato come combustibile legnoso e deve essere bruciato solamente in impianti di combustione appositamente autorizzati

Denominazione cippato



Pezzatura in mm		
Frazione principale	min. 60%	3.15 – 31.5 mm
Frazione fine	max. 10%	< 3.15 mm
Frazione grossa	max. 6%	> 45 mm
Lunghezza massima		≤ 150 mm

Denominazione

Le principali caratteristiche del cippato sono stabilite dalla norma EN ISO 17224-4 e servono alla definizione qualitativa del cippato nei relativi contratti di fornitura. Ulteriori informazioni su tale definizione qualitativa sono reperibili nella pubblicazione n. 407 «Classificazione della legna a scopo energetico» di Energia legno Svizzera.

Tenore di acqua

Il tenore di acqua è il rapporto fra il peso dell'acqua nel cippato e il peso del cippato umido. Viene indicato mediante la percentuale in massa (% m) allo stato di consegna. Il tenore di acqua è l'aspetto che influenza maggiormente il potere calorifico del cippato. Se presenta un'elevata frazione fine, l'essiccazione del cippato è meno efficace. Una successiva umidificazione del cippato dopo l'essiccazione deve se possibile essere evitata.

Possibili conseguenze di un tenore di acqua eccessivo

Sistema	Effetto
Silo o deposito	Maggiore perdita di sostanza Proliferazione di muffe, putrefazione
Impianti di estrazione e trasporto	Promuove la formazione di ponti e intasamenti Pregiudica l'accensione
Apparecchi di serie: impianti di combustione ad alimentazione inferiore o a griglia fissa fino a 200 kW	Cattiva combustione, essiccazione troppo breve Nessuna post-combustione Diminuzione di potenza e rendimento Sviluppo di fumi, emissioni Anomalie fino all'interruzione del riscaldamento
Impianti di combustione piuttosto grandi in funzione a carico parziale	Maggiori emissioni di polveri sottili e CO Cattiva qualità della combustione

Possibili conseguenze di un tenore di acqua troppo basso

Sistema	Effetto
Impianti di combustione regolati per cippato con un elevato tenore di acqua	Surriscaldamento della camera di combustione Riduzione della durata di vita del rivestimento refrattario e dei barrotti della griglia della camera di combustione

Conseguenze di una frazione fine eccessiva

Sistema	Effetto
Silo o deposito	Pessima essiccazione Scarsa idoneità allo stoccaggio
Griglia di protezione anticaduta	Formazione di blocchi al riempimento
Impianti di estrazione e trasporto	Blocco dell'estrazione, compattazione Promuove la formazione di ponti e intasamenti
Impianti di combustione	Zone con eccesso o carenza di aria Cattiva combustione Particelle incombuste Sviluppo di fumi, emissioni Diminuzione di potenza e rendimento Inceppamenti e formazione di sporcizia Elevato tenore di ceneri e di azoto

Frazione fine

Per frazione fine si intendono tutti i pezzi sotto i 3,15 mm. Viene indicato mediante la percentuale in massa (% m) allo stato di consegna. Un'elevata frazione fine si forma quando viene sminuzzato del legno che si stava già disgregando. Le cause possono essere ad esempio un'eccessiva durata di conservazione, un luogo di deposito non idoneo oppure l'imbevimento da acqua esterna. In presenza di un elevato tenore di corteccia, foglie e aghi, normalmente è elevata anche la frazione fine. Ulteriori cause di un'eccessiva frazione fine sono le lame non affilate, il tipo di cippatrice non idoneo oppure le dimensioni del vaglio.

Frazione grossa e pezzi fuori misura

Con frazione grossa e pezzi fuori misura si definiscono le scaglie di legno troppo lunghe e spesse rispetto alla qualità definita. Questa frazione diminuisce la scorrevolezza e può portare alla formazione di ponti. Ciò vale in particolare per il cippato triturato che a causa della forma spesso lunga e sottile tende a incastrarsi. Anche la cippatura con lame non affilate porta a un risultato simile.

Conseguenze di un eccesso di frazione grossa e pezzi fuori misura

Sistema	Effetto
Estrattore con braccio tondo / a molle	Formazione di pozzetti (specialmente cippato triturato) Blocco dell'estrazione
Coclea centrale / a cono / a pendolo	Formazione di ponti
Coclea di trasporto, alimentatore rotativo	Blocco dell'estrazione Elevato consumo energetico

Frazione composta da aghi e foglie

La frazione composta da aghi e foglie descrive il peso di aghi e foglie rispetto al peso del campione di cippato umido. Aghi e foglie presentano un tenore di azoto maggiore rispetto al legno decorticato (v. tenore di azoto). Siccome un notevole tenore di aghi e foglie comporta quasi sempre anche una maggiore frazione fine, le conseguenze sono simili (v. frazione fine). Aghi e foglie hanno un contenuto di sostanze nutritive notevolmente maggiore rispetto al legno. Di conseguenza, la conservazione di biomassa con un alto tenore di aghi e foglie comporta una maggiore disaggregazione e quindi una maggiore perdita di sostanza. Man mano che aumenta la frazione composta da aghi e foglie cresce anche il tenore di cenere, visto che aghi e foglie generano più residui di combustione rispetto al legno (v. tenore di cenere).

Tenore di corteccia

In virtù della sua composizione chimica, la corteccia contiene una maggiore quantità di sostanze critiche per la combustione rispetto alla sostanza lignea. Un maggiore tenore di corteccia aumenta pertanto il tenore di cenere (v. tenore di cenere). Inoltre, la corteccia comprende più frequentemente sostanze estranee come metalli, sabbia, pietre, corpi estranei ecc. (v. tenore di corpi estranei) poiché essa protegge il tronco dagli influssi esterni.

Possibili conseguenze di un alto tenore di cenere

Sistema	Effetto
Camera di combustione	Maggiore formazione di cenere
	Particelle incombuste
	Maggiore formazione di scorie in caso di surriscaldamento
Condotti dei gas di combustione	Maggiori depositi
In generale	Maggiori costi di pulizia Maggiori costi di smaltimento della cenere

Tenore di cenere

Il tenore di cenere definisce la percentuale del peso della cenere per ogni unità di peso di cippato bruciata. Normalmente, quanto maggiore è il tenore di foglie, aghi e corteccia del cippato, tanta più cenere si forma. Nel caso in cui la combustione del cippato nella camera non sia completa, può prodursi una grande quantità di particelle incombuste. Ciò può aumentare di varie volte il tenore di cenere rispetto a una combustione completa. In caso di surriscaldamento della camera di combustione possono formarsi maggiori scorie.

Tenore di azoto

L'azoto è presente soprattutto in foglie, aghi, corteccia, così come nel materiale verde non lignificato e, a causa della struttura più differenziata delle cellule, in particolare nel legno di latifoglie. Il cippato da cascami di bosco, da cura del paesaggio o con un'elevata quota di legno di latifoglie presenta un maggiore tenore di azoto. Ciò comporta emissioni più elevate di ossidi di azoto durante il funzionamento dell'impianto di riscaldamento a cippato.

Tenore di corpi estranei

Per corpi estranei si intendono impurità e particelle non legnose che finiscono nel cumulo di cippato in seguito a contaminazioni. Rientrano ad esempio in questa categoria pietre, terra, sabbia, plastica, compost o elementi metallici. A seconda del materiale, delle dimensioni e delle caratteristiche, i corpi estranei possono pregiudicare notevolmente il funzionamento di un impianto di riscaldamento a cippato.

Possibili conseguenze dei corpi estranei

Sistema	Effetto
Cippatrice	Danneggiamento delle lame, guasti
Impianti di estrazione e trasporto	Intasamento, guasti e danni
	Formazione di scorie
	Riduzione della durata di vita del rivestimento refrattario e dei barrotti della griglia della camera di combustione
Dispositivi di estrazione delle ceneri	Intasamento, guasti e danni



REQUISITI DEI SISTEMI DI RISCALDA- MENTO A CIPPATO

Combustione

Per una combustione completa, ossia senza formazione di punti disomogenei nel letto di brace, i sistemi di riscaldamento a legna necessitano di un apporto uniforme dell'aria primaria di combustione e di un letto di combustibile stabile e di altezza omogenea. In questo modo si garantisce una distribuzione costante e regolare dell'aria nel combustibile. Una distribuzione irregolare delle dimensioni dei minuzzoli a causa di un'elevata frazione fine (come causa principale) e i pezzi fuori misura (come causa secondaria) comportano una resistenza irregolare per l'aria primaria nel letto di combustibile. L'aria di combustione si distribuisce in modo irregolare formando zone con un eccesso e altre con una carenza di aria.



Sfruttamento ottimale della griglia senza formazione di ponti sopra al letto di brace (ardens GmbH, 2017).

Un **eccesso di aria** nel letto di combustibile si forma là dove l'aria comburente fluisce troppo rapidamente attraverso il combustibile stesso. Zone puntuali con un elevato eccesso di aria portano a temperature elevate con «hotspot» che causano ponti sopra al letto di brace con sollevamento di particelle roventi e notevole formazione di aerosol sotto forma di particelle saline. Parallelamente si sporca anche di più la camera di combustione. Un sensibile eccesso di aria comporta l'emissione di numerose polveri dovuta alle maggiori velocità dell'aria nel letto di combustibile. Punti con elevate temperature possono portare a una più rapida usura del rivestimento in refrattario della camera di combustione e creare danni ai barrotti. Nell'area della griglia le alte temperature portano alla fusione delle ceneri e quindi alla formazione di maggiori depositi.



Eccesso di aria con «hotspot» (freccia) e formazione di scorie (ardens GmbH, 2017)

La **carenza di aria** si viene a creare nelle zone con elevata frazione fine, che comporta una maggiore resistenza all'aria. In queste zone mancano spazi vuoti in cui l'aria primaria possa penetrare. Si verifica così una carenza di aria comburente che impedisce la completa combustione del cippato. Come conseguenza di una combustione incompleta rimangono parti incombuste. La miscela disomogenea di gas sopra al letto di combustibile provoca una combustione peggiore ed elevate emissioni di CO. Si può produrre lo sviluppo indesiderato di fumi con odori molesti per il vicinato. Possono inoltre eventualmente diminuire il rendimento e la potenza di combustione.



Carenza di aria con sviluppo di fumi (ardens GmbH, 2017)

Un'elevata frazione fine può causare intasamenti delle sezioni di immissione di aria primaria, circostanza che peggiora ulteriormente la distribuzione dell'aria nel letto di combustibile. I piccoli impianti di combustione con alimentazione inferiore o a griglia fissa («apparecchi di serie») fino a 200 kW di potenza, con relativamente pochi e piccoli iniettori di aria primaria sulla griglia e nella piccola storta, sopportano particolarmente male la frazione fine poiché si intasano rapidamente e non consentono più una circolazione regolare dell'aria primaria. Per questo motivo, per questo tipo di camere di combustione è richiesta una frazione fine inferiore al 5%.

Nella zona del ponte sopra al letto di brace si creano localmente temperature più elevate, che comportano una più frequente sostituzione degli elementi della griglia e del rivestimento della camera di combustione. Un'elevata frazione fine può pertanto causare **costi di manutenzione sensibilmente maggiori**. Inoltre aumentano anche gli oneri di pulizia in seguito ai più frequenti interventi sui giri dei fumi della caldaia e al deposito di particelle roventi. Infine, un'ulteriore possibile conseguenza di un'eccessiva frazione fine sono i maggiori costi per l'eliminazione dei guasti dei sistemi di trasporto.

Emissioni

Nel quadro di una ricerca della HEIG-VD, su incarico di Energia legno Svizzera sono stati condotti test con tre diversi tenori di acqua M (15%, 30% e 45%) e tre diversi valori di frazione fine (0%, 10% e 20%) sullo stesso impianto di riscaldamento a cippato, un sistema ad alimentazione inferiore da 30 kW, misurando di volta in volta le polveri complessive e le emissioni di CO. I risultati dello studio sono riassunti nel rapporto della HEIG-VD a cura di Julien Ropp («Émissions de particules fines lors de la combustion de plaquettes forestières»). Riassumendo, emerge la notevole influenza di un tenore di acqua elevato (in particolare se pari al 45%) sulle maggiori emissioni di CO e polveri.

Nel capitolo 8 del manuale qualiS sulla gestione della qualità del cippato della Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V e della Bundesverband Bioenergie e.V. sono descritti i risultati di test di combustione con due impianti a cippato e diversi tipi di cippato, prima e dopo l'essiccazione e/o la vagliatura. Una notevole riduzione delle emissioni di CO e polveri potrebbe essere raggiunta attraverso una regolazione ottimizzata dell'impianto di combustione. Un miglioramento della qualità del cippato comporterebbe fondamentalmente una riduzione delle emissioni di CO, pur se non in tutti i casi. L'importante per il rispetto delle emissioni di CO è non superare il tenore di acqua massimo definito dal produttore dell'impianto di combustione.

Silo e deposito per cippato

Una ridotta frazione fine è vantaggiosa ai fini della conservazione poiché in questo modo le scaglie fluiscono meglio, vengono aerate in maniera più uniforme e si essiccano meglio. Un'elevata frazione fine comporta una peggiore scorrevolezza

del cippato e causa la frequente formazione di ponti all'interno del silo o del deposito. La miscela diventa più viscosa e si compatta in modo sensibilmente più veloce. Si formano zone di maggiore spessore e più elevata resistenza alla penetrazione dell'aria, fino a quando l'aria non può più fluire attraverso il cippato. L'acqua rimane più a lungo all'interno della miscela e non riesce praticamente a evaporare. L'acqua esterna viene assorbita più rapidamente («effetto spugna») e imbeve il cippato. L'acqua di condensa che evapora da altre zone a minore coesione nel deposito del cippato ritorna allo stato liquido nei punti con elevata frazione fine e viene assorbita. Ciò rende impossibile l'essiccazione del cippato. Iniziano e si diffondono processi di putrefazione e formazione di muffe. Le conseguenze sono odori più intensi e un maggiore impatto sulla salute.

Se si transita con veicoli sopra al cippato o si attuano elevati livelli di riempimento del silo, si può produrre una compattazione supplementare se non addirittura un indurimento. L'elevata attività biologica nel cumulo di cippato può produrre un forte autoriscaldamento e portare fino alla combustione spontanea con il conseguente rischio di incendi. Con la compattazione possono formarsi ponti, pozzetti e/o pareti che impediscono al cippato di scivolare nel silo e fanno sì che i sistemi di trasporto gi-



L'effetto spugna porta a una cattiva essiccazione con formazione di muffe (ardens GmbH, 2017)

rino a vuoto. In inverno le scaglie di legno si congelano più rapidamente e formano blocchi causando una più rapida formazione di ponti da un lato e il ristagno sulle griglie di protezione anticaduta dall'altro.

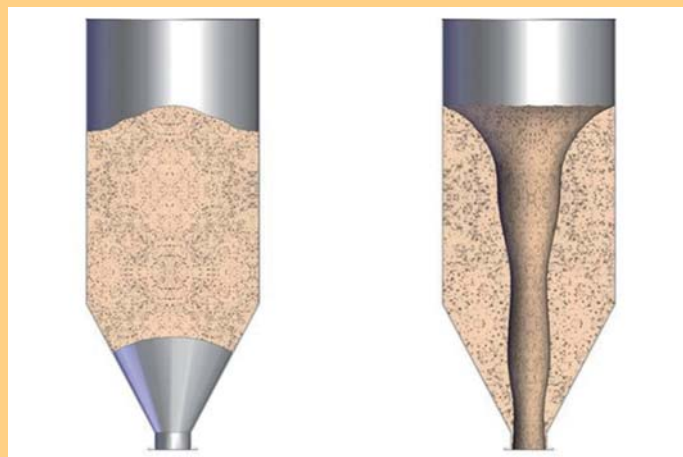
Sistemi di estrazione e trasporto

Un'elevata frazione fine aumenta la resistenza di attrito fra il combustibile immagazzinato e il fondo del silo, circostanza che fa crescere il carico sul **trascinatore del fondo scorrevole**. Di conseguenza le prestazioni di quest'ultimo diminuiscono gradualmente e la pressione di esercizio del gruppo idraulico aumenta fino a quando la forza di attrito diventa eccessiva, circostanza che può portare al sovraccarico e alla rottura di elementi del fondo scorrevole oppure del profilo longitudinale dello stesso. Il sovraccarico viene favorito dal transito sul fondo con pale caricatrici (ulteriore compattazione del combustibile) e da un peso eccessivo del combustibile sullo stesso.

In caso di **estrattori con braccio articolato o a molle**, il combustibile immagazzinato, compatto e non scorrevole, rimane fermo a formare una sorta di parete verticale e non può essere spostato dall'estremità del braccio articolato o dal braccio a molle. Questa problematica, causata da un'eccessiva frazione fine, si accentua quando il combustibile è per giunta ancora umido oppure si è essiccato solo una volta all'interno del silo. L'estrazione non può quindi più coprire il raggio massimo poiché i bracci articolati non possono estendersi. Viene estratto solo il combustibile posto su una superficie circolare di estensione molto ridotta posta al centro. A causa dell'eccessiva frazione fine si forma in mezzo un cilindro cavo con pareti laterali quasi verticali. Il cippato non fluisce più dalla parete esterna verso il centro. Il sovraccarico può portare al completo arresto del sistema di estrazione.

Un'elevata frazione fine combinata a un alto tenore di acqua impedisce lo scivolamento del cippato e presso **pozzi di caduta e zone di passaggio** può portare alla formazione di ponti e depositi, nonché al congelamento in inverno. Ne deriva un funzionamento a vuoto oppure uno sfruttamento disomogeneo dei sistemi di trasporto con conseguenti anomalie di esercizio.

La formazione di ponti può essere altresì dovuta all'eccessiva presenza di frazione fine / pezzi fuori misura nella pezzatura del cippato. Le scaglie fuori misura si incastrano, peggiorano la scorrevolezza e impediscono il normale flusso del combustibile.

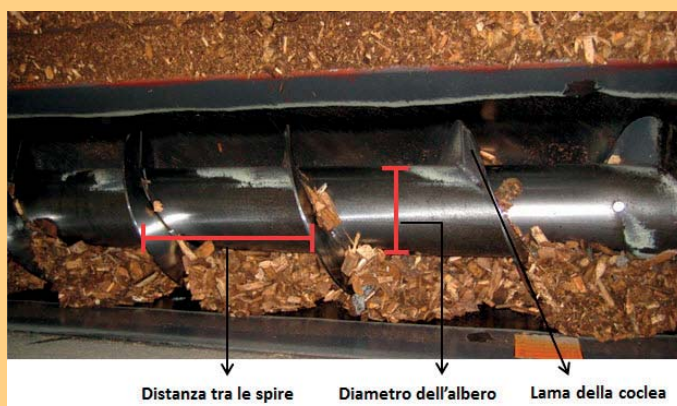


Formazione di ponti (a sinistra) e pozzi (a destra)
(Hinterreiter, 2010)

Nelle **coclee trasversali** un'elevata frazione fine combinata a una geometria sfavorevole della coclea in questione può causare la compattazione e la compressione del materiale fine: ad esempio davanti al passaggio attraverso la parete del silo oppure nel punto di transizione fra coclea trasversale e coclea di sollevamento. Ciò può causare anomalie dovute al sovraccarico.

Geometria favorevole delle coclee di trasporto

Affinché non si verifichino intasamenti, il diametro della coclea deve essere almeno doppio rispetto al diametro massimo delle scaglie. La distanza fra due spire della coclea dovrebbe superare di almeno un terzo la dimensione massima delle scaglie. Spesso gli intasamenti possono essere risolti azionando brevemente la coclea in direzione inversa.





PRE-ESSICCAZIONE DELLA LEGNA PER ENERGIA

L'essiccazione del cippato tramite stoccaggio è molto onerosa. Sorprende ancor più quindi che la pre-essiccazione del legno non sminuzzato tramite accatastamento non venga ancora trattata nella maggior parte delle relazioni e della documentazione disponibile. I principali risultati della pre-essiccazione della legna per energia ancora intera (sotto forma di tondame) ci vengono dai test di Urs Elber (Elber 2007) e possono essere sintetizzati nei seguenti termini.

Posizione ideale della catasta

- Il principale requisito di un'efficiente pre-essiccazione della legna non sminuzzata è la posizione topografica della catasta. Il punto più vantaggioso sono dossi e creste ben esposti al vento. Le conche sono per contro estremamente sfavorevoli. In linea di massima, l'esposizione al sole della catasta rappresenta un vantaggio.

- Un effetto positivo sull'essiccazione si ha quando la catasta di tondame viene eretta al di fuori del bosco, dove generalmente l'influsso del vento è maggiore.

- Le cataste di tondame devono essere create su un fondo secco, idealmente pietroso, senza ristagno di umidità e con un buon assorbimento dell'acqua ed essere poste a una sufficiente distanza dal suolo. I terreni pesanti con tendenza al ristagno sono sfavorevoli. Si raccomanda di collocare la catasta sopra a traverse di legno appositamente disposte.



Catasta su terreno sfavorevole

- Davanti alla catasta deve esserci sufficiente spazio di accesso e manovra. Le cataste dovrebbero essere accessibili in ogni momento, anche durante inverni rigidi. Per le strade di accesso deve essere pertanto previsto lo sgombero della neve.

- Le dimensioni minime della catasta di legna dovrebbero corrispondere alla quantità richiesta per una giornata di lavoro di cippatura.

- A seconda della legislazione cantonale le cataste di tondame possono non essere consentite in settori di protezione delle acque e zone di protezione delle acque sotterranee.

Trattamento prima dello stoccaggio

- L'essiccazione avviene principalmente sul lato frontale dei tronchi. Per questo è consigliabile conservare il tondame tagliato in sezioni corte. Quanto più sottile è, tanto più veloce è l'essiccazione. Una scortecciatura completa o anche solo parziale accelera l'essiccazione. Vanno evitate le cataste plurienali. La conservazione con i rami non comporta vantaggi. Rami, foglie e aghi troppo fitti impediscono un'essiccazione rapida.

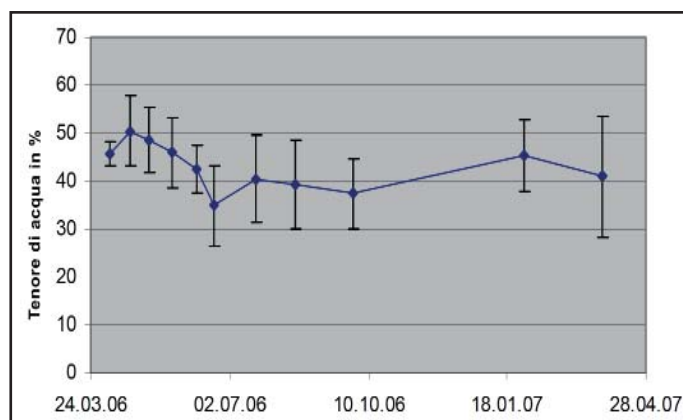
Se vengono riforniti diversi impianti di combustione (ad es. piccoli impianti ad alimentazione inferiore e grandi impianti a griglia mobile) si raccomanda di creare cataste separate con tondame a scopo energetico da un lato e scarti forestali dall'altro. In questo modo è possibile semplificare la logistica e ottimizzare la creazione di valore mantenendo diverse qualità di cippato.

- Le cataste possono essere create durante tutto l'anno. Tuttavia, l'essiccazione è più efficace durante il periodo estivo.

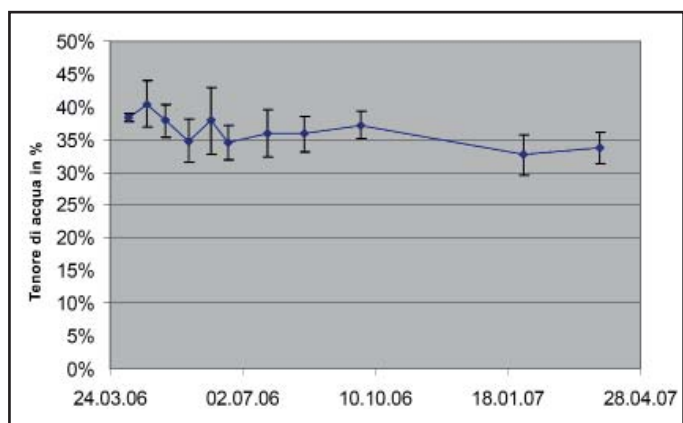
Essiccazione del legno di conifere e latifoglie

- Per quanto riguarda il legno di conifere, il cambiamento del tenore di acqua è fortemente influenzato dalla quantità di precipitazioni piovose o nevose («effetto spugna»). Per questo motivo è consigliabile accatastare il legno di conifere solo verso la fine di un lungo periodo di piogge. Il legno di conifere (abete rosso) raggiunge il tenore di acqua minimo già dopo 3-5 mesi di stoccaggio. Dopodiché la catasta va cippata oppure coperta; altrimenti il tenore di acqua torna a salire a causa della riumentificazione.

- Il legno di latifoglie (faggio) presenta un diverso andamento di essiccazione e raggiunge il tenore di acqua minimo solo dopo 8-9 mesi, ma lo mantiene poi in modo più o meno costante. Per il tondame di latifoglie la riumentificazione è meno problematica rispetto alle conifere. Generalmente si può fare a meno di una copertura, a meno che non siano presenti molti rami e parti della chioma. La durata di conservazione del faggio è strettamente legata alla problematica degli attacchi fungini. Le opinioni dei tecnici in merito sono tuttavia molto divergenti.



Andamento di essiccazione dell'abete rosso non sminuzzato (Elber, 2007)



Andamento di essiccazione del faggio non sminuzzato (Elber, 2007)

Copertura delle cataste di legna per energia

Coprire le cataste di legna per energia di dimensioni notevoli con una speciale pellicola impermeabile a base di carta può influenzare positivamente l'essiccazione e proteggere il legno in particolare dalla riumentificazione causata da pioggia e neve. È importante posizionare tale copertura per tempo, ovvero, a seconda delle condizioni atmosferiche, entro la fine di giugno o la fine di luglio. Parallelamente occorre assicurarsi che le cataste siano ben ventilate ed esposte al sole e che poggino su un terreno asciutto e permeabile. Rami, foglie e aghi troppo fitti impediscono un'essiccazione rapida.

La pellicola di copertura viene srotolata da una grande staffa applicata sulla gru del forwarder. La pellicola deve corrispondere alla larghezza della catasta ed essere zavorrata con tondame o sacchi di sabbia presso entrambe le estremità nonché sopra alla catasta. La pellicola di carta può essere tranquillamente sminuzzata assieme al legno, avendo cura di mantenere una giusta proporzione fra carta e legname. L'impiego della pellicola cartacea è utile soprattutto in autunno e in inverno come protezione contro la riumentificazione delle cataste di legna per energia mista con una notevole quota di conifere, rami e parti di chioma, nonché legna da diradamento e in caso di lunga durata di conservazione fino al periodo di impiego per il riscaldamento.



Catasta di legna per energia coperta (Amstutz Holzenergie AG, Emmen)



LAVORAZIONE DELLA LEGNA DA ENERGIA PER LA PRODUZIONE DI CIPPATO

Prelievo di sostanze nutritive

Per cascami di bosco si intendono rami, foglie e corteccia residua, ceppi e radici. Lo sfruttamento dei cascami di bosco come combustibile legnoso comporta l'asportazione di biomassa e priva il bosco di importanti sostanze nutritive. Rispetto ai tronchi, i cascami di bosco contengono una quantità sensibilmente maggiore di elementi nutritivi per chilo di sostanza secca, soprattutto negli aghi, nelle foglie e nella corteccia.

Proprio in considerazione di tale apporto di sostanze nutritive, si raccomanda di lasciare una parte dei cascami nel bosco, tenendo ad ogni modo sempre presente il metodo di raccolta (ad es. abbattimenti tramite gru a cavo) e la situazione del terreno (nitrificazione, acidificazione ecc.). Se vengono sminuzzati meno cascami di bosco la qualità del cippato migliora grazie alla minore presenza di foglie, aghi e corteccia.

Fattori di influenza di natura meccanica

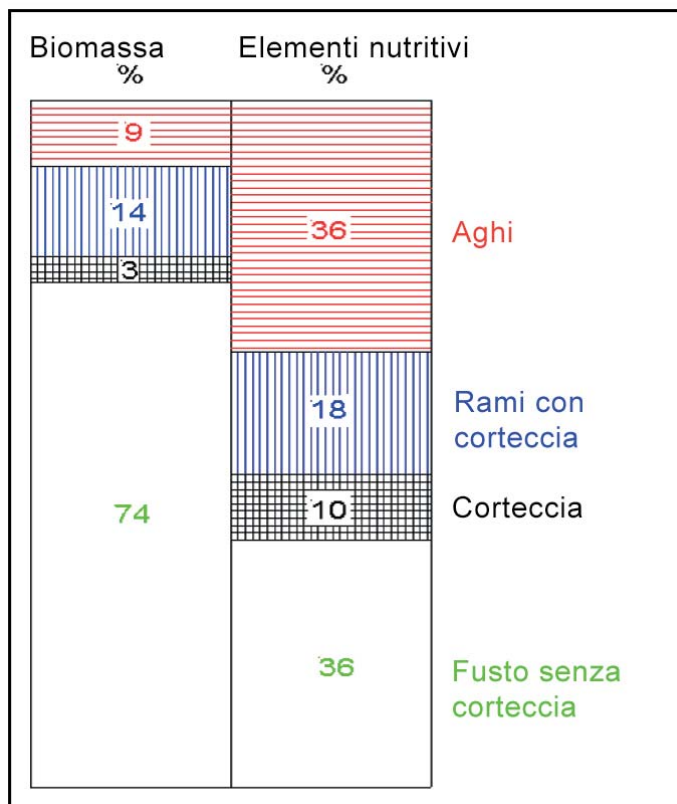
Durante la lavorazione della legna a scopo energetico per produrre cippato assumono una grande rilevanza i fattori di natura meccanica. La tabella che segue indica i principali parametri e i relativi effetti.

Altri fattori di influenza

Per la produzione del cippato, il grado di esperienza dell'addetto alla macchina è un fattore importante e da non sottovalutare: un utente esperto conosce infatti le regolazioni della cippatrice e sa configurare e selezionare correttamente i parametri che influenzano la qualità.

Una efficiente collaborazione lungo l'intera catena del processo di produzione del cippato è altrettanto fondamentale per ottenere una qualità ottimale. Eseguendo in modo corretto, ben coordinato e combinato l'accatastamento della legna per energia nel bosco, la cippatura e il trasporto del cippato è possibile prevenire numerosi problemi qualitativi del cippato.

Informazioni aggiuntive sulla lavorazione della legna per energia ai fini della produzione di cippato sono reperibili nella pubblicazione n. 409 «Preparazione razionale del cippato nell'ambito dell'attività forestale» di Energia legno Svizzera.



Distribuzione della biomassa (colonna di sinistra) ed elementi nutritivi (N, P, K, Ca, Mg; colonna di destra) presenti nelle parti aeree degli alberi (Flury, 2013)

Fattori di influenza di natura meccanica sulla qualità del cippato (TFZ, 2015):

Parametro	Influsso sulla qualità del cippato
Tipo di macchina	Le cippatrici producono cippato a spigoli vivi, le trituratrici trucioli di legno fibroso e rotto.
Gruppo di taglio	Le cippatrici a tamburo, a disco e a coclea sfruttano diverse tecniche di taglio.
Affilatezza delle lame	Le lame affilate producono cippato a spigoli vivi, mentre quelle non affilate creano scaglie con una notevole frazione fine e spigoli smussati.
Numero di giri	Un aumento del numero di giri del gruppo di taglio aumenta il numero di tagli per ogni metro di legname inserito.
Velocità di inserimento	Un aumento della velocità di inserimento riduce il numero di tagli per ogni metro di legname inserito.
Apertura del vaglio	I setacci a impatto servono a sminuzzare ulteriormente il cippato e influenzano le dimensioni medie delle scaglie, nonché la frazione fine e la frazione grossa.
Struttura del tamburo	I gruppi di taglio (corpo del tamburo) possono essere permeabili al cippato. Nei tamburi aperti si verifica un ulteriore sminuzzamento del combustibile in seguito agli urti all'interno del tamburo.
Disposizione delle lame	Le lame continue assicurano un cippato più uniforme e meno frazionato rispetto alle lame sfalsate.
Lunghezza di taglio	L'aumento della luce fra lama e controlama comporta un aumento della pezzatura.
Sistema di espulsione	I sistemi di espulsione con un'elevata velocità di trasporto (ad es. ventilatore a pale) aumentano la frazione fine a causa di un ulteriore sminuzzamento del cippato dovuto agli urti.



Produzione di cippato da ramaglie



PRINCIPI DI STOCCAGGIO DEL CIPPATO

Motivi a favore dello stoccaggio del cippato:

- **Motivi logistici**

Nel caso in cui l'accessibilità del bosco o dei punti di stoccaggio del tonname sia limitata durante l'inverno, è necessario produrre il cippato in anticipo rispetto al momento del suo impiego negli impianti di riscaldamento.

- **Motivi fitosanitari**

Per prevenire infestazioni e patologie sul soprassuolo (bostrico, deperimento del frassino, scolitidi) è necessario provvedere rapidamente alla cippatura della legna per energia.

- **Motivi di mercato**

Per sfruttare i vantaggi offerti dal mercato (bassi prezzi della legna per energia a seguito di un eccesso di offerta) il cippato viene prodotto anzitempo.

- **Motivi qualitativi**

Gli impianti di combustione a legna esistenti richiedono cippato con un ridotto tenore di acqua.

Con lo stoccaggio del cippato si mira sempre anche a un'essiccazione dello stesso e quindi a un miglioramento della qualità. In caso di essiccazione naturale per convezione si ricorre esclusivamente a fonti energetiche naturali come il sole, il vento o l'energia del riscaldamento spontaneo del cippato. Il principio è semplice: l'aria nel cumulo di cippato si riscalda, sale e trasporta verso l'esterno l'umidità. La depressione che si viene a creare produce un flusso d'aria fresca esterna dal basso. Questo flusso d'aria naturale porta all'essiccazione del cippato in pochi mesi. I sistemi di scarico dell'aria possono accelerare questo processo.

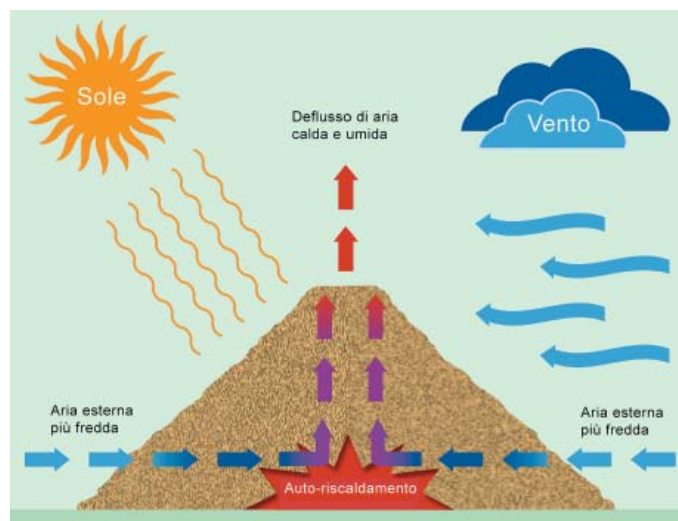
Il cippato può essere sostanzialmente conservato all'aperto oppure coperto da una tettoia o da un telo traspirante. Lo stoccaggio all'aperto è particolarmente indicato per il cippato a pezza-

Principali problemi, rischi e provvedimenti legati alla conservazione del cippato (LWF, 2014):

Rischio	Problemi	Provvedimenti
Rischio di degrado	Perdita di sostanza pari al 2-4% mensile nel caso di stoccaggio di cippato fresco	Utilizzare legno pre-essiccato Puntare a una rapida essiccazione del cippato portando il tenore di acqua sotto al 30% Assicurarsi una ridotta frazione fine e verde
Rischio sanitario	Pericoli per la salute legati alle spore della muffa	Utilizzare legno pre-essiccato Assicurarsi una ridotta frazione fine Puntare a una rapida essiccazione del cippato portando il tenore di acqua sotto al 30%
Rischio qualitativo	Riumentificazione del cippato o redistribuzione del tenore di acqua in seguito a precipitazioni (pioggia) e/o acqua di condensa nella parte sommitale del cumulo	Assicurarsi una ridotta frazione fine Conservare il cippato in generale in luogo ventilato e asciutto Conservare di preferenza al coperto In caso di stoccaggio all'aperto, coprire con telo apposito
Rischio tecnico	Formazione di blocchi congelati in caso di gelo, corpi estranei (ad es. pietre) Cause: congelamento dell'acqua di condensa e legname contaminato	Assicurarsi una ridotta contaminazione del legname
Rischio di incendio	Accensione spontanea in seguito a riscaldamento del cumulo causato dall'attività di microrganismi e processi fisico-chimici	Assicurarsi una ridotta frazione fine e verde Stoccare cippato possibilmente secco Non transitare con veicoli sopra al cumulo di cippato (la compressione favorisce il riscaldamento del mucchio) Altezza massima cumulo 4 m
Rischio ambientale	Odori molesti e fuoriuscita di percolato	Stoccaggio in luogo secco e ventilato Tenere conto della direzione principale del vento per la scelta dell'ubicazione Non conservare il cippato nelle immediate vicinanze di corsi d'acqua

tura grossa. In caso di piccole quantità è possibile creare dei coni, mentre per quantitativi maggiori si consigliano cumuli a doppia falda. Anche se nei depositi di cippato non coperti all'aperto di solito l'acqua meteorica non penetra nel cumulo per oltre mezzo metro, precipitazioni regolari favoriscono la formazione di uno strato esterno umido nonché la proliferazione micotica e pertanto causano maggiori perdite di sostanza sulla parte sommitale del deposito.

Per questo motivo si raccomanda di coprire i cumuli di cippato conservati all'aperto mediante teli di tessuto traspirante. È importante mantenere un sufficiente angolo di inclinazione. Nelle regioni con precipitazioni abbondanti si sconsiglia del tutto la conservazione del cippato all'aperto.



Schema di essiccazione naturale per convezione (LWF, 2014)

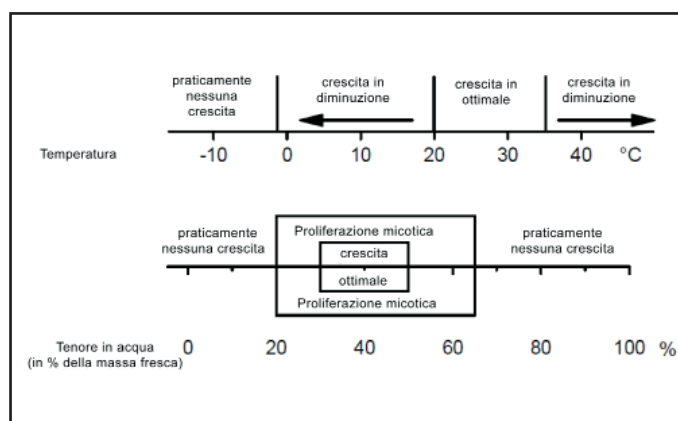


PERDITA DI SOSTANZA IN CASO DI ESSICCAZIONE NATURALE

Durante l'essiccazione naturale del cippato non diminuisce solo – come auspicato – il tenore di acqua del legno, ma va persa anche una parte di sostanza lignea. La causa di tale perdita di sostanza (e conseguentemente di energia) sono processi fisici, chimici e soprattutto (micro)biologici di degradazione che hanno luogo all'interno di determinati range di tenore di acqua. Il cippato umido viene colonizzato da funghi e batteri lignivori. Un'elevata frazione fine, verde o di corteccia favorisce ulteriormente la loro attività [15, 17]. Diversi studi quantificano la perdita di sostanza del cippato stoccato fresco in un valore compreso fra il 2 e il 4% al mese. Come contromisura si propone un'essiccazione il più rapida possibile fino a un tenore di acqua inferiore al 30%, così come una riduzione della frazione fine e verde che promuove la degradazione della sostanza. Per motivi economici è meglio evitare una conservazione prolungata (per periodi superiori a 3 mesi) delle qualità di cippato problematiche. L'attività di funghi e batteri lignivori è massima quando il tenore di acqua è compreso fra il 30 e il 50% e la temperatura si colloca fra i 20 e i 35 °C. I processi microbici di degradazione cessano con un contenuto idrico inferiore al 25%. Solo a quel punto il cippato diventa stoccabile a lungo termine senza perdite.

La conservazione del legno sminuzzato è legata a una maggiore degradazione rispetto allo stoccaggio di legname non sminuzzato. Il motivo è la maggiore superficie della sezione trasversale che funghi e microrganismi lignivori possono colonizzare. Nel

caso del cippato fresco e fine con elevato spessore e pochi spazi vuoti, la perdita di sostanza è notevolmente superiore rispetto al cippato pre-essiccato. La conservazione del cippato al coperto contribuisce a ridurre in misura netta la degradazione della sostanza. Anziché situarsi in una fascia tra il 20 e il 30% l'anno (in assenza di copertura), il cippato coperto perde solo il 3-5% di sostanza. Da questi dati si può agevolmente desumere la raccomandazione di pre-essicare il cippato prima dello stoccaggio e di liberarlo dalla frazione fine.



Finestra di temperatura e tenore di acqua ottimale per l'attività dei funghi lignivori (Ahrens, 2012)

Ipotizzando una degradazione lineare della sostanza e confrontando le diverse qualità di cippato con i differenti valori mensili di degradazione, si giunge alle seguenti conclusioni:

- Il potere calorifico per unità di peso aumenta notevolmente con l'essiccazione, anche se parallelamente la degradazione della sostanza riduce il peso totale del cippato essiccato a tal punto che il potere calorifico dell'intera quantità originaria dopo l'essiccazione non supera (se non di pochissimo) il valore precedente a questo processo.
- Se si ipotizzano una perdita di sostanza pari all'1,5% al mese e una durata di stoccaggio di tre mesi, conservando cippato di buona qualità e considerando l'intera quantità stoccata non si ottiene praticamente alcun aumento del potere calorifico.
- In caso di cippato di scarsa qualità (caso frequente), una conservazione con la conseguente perdita di sostanza comporta complessivamente una notevole diminuzione del potere calorifico.

- La conservazione del cippato e la relativa essiccazione aumentano in primo luogo la sicurezza dell'approvvigionamento e la qualità del combustibile, permettendo inoltre una netta diminuzione della massa da trasportare.

Perdite di sostanza per diversi tipi di conservazione di cippato di legno dolce e alberi interi (Bärwolff & Hering, 2011)	
Materiale, tipo di conservazione	Perdita [% massa secca all'anno]
Cippato fine di legna boschiva, fresco, conservazione all'aperto senza copertura	20 - 30
Cippato fine di legna boschiva, essiccato, coperto	2 - 4
Cippato grosso di legna boschiva, essiccato, coperto	3 - 5
Alberi interi, conservazione all'aperto senza copertura	6 - 15
Cippato da cedui a breve rotazione (SRF), al coperto	13,3
Cippato da SRF, sotto telo traspirante	6,4
Cippato da SRF, con metodo «a duomo»	15,4
Alberi interi da SRF, all'aperto	5,8

Cambiamento del contenuto energetico tramite stoccaggio ed essiccazione naturale - esempi di calcolo (G. Lutz & A. Keel, 2015)				
Descrizione	Unità	Cippato di buona qualità	Cippato di media qualità	Cippato di scarsa qualità
Peso fresco	[kg]	10'000	10'000	10'000
Peso dopo l'essiccazione	[kg]	7'640	7'150	5'714
Perdita di sostanza specifica	[% al mese]	1,5	3	4
Durata di conservazione	[numero di mesi]	3	3	5
Perdita di sostanza totale	[%]	4,5	9	20
Percentuale di legno duro	[%]	80	70	30
Percentuale di legno dolce	[%]	20	30	70
Tenore di acqua prima dell'essiccazione	[%]	40	45	50
Tenore di acqua dopo l'essiccazione	[%]	25	30	30
Contenuto energetico prima dell'essiccazione	[kWh]	27'880	25'183	22'975
Contenuto energetico dopo l'essiccazione	[kWh]	27'924	24'242	19'934
Variazione del contenuto energetico	[%]	+ 0,16	- 3,74	- 13,24



STOCCAGGIO DEL CIPPATO ALL'APERTO

- Un luogo ottimale per la conservazione del cippato di legna è pianeggiante, soleggiato, esposto al vento e asciutto. In caso di stoccaggio del cippato all'aperto occorre assolutamente evitare la formazione di conche poiché in queste si accumula l'acqua che non riesce quindi a defluire superficialmente. I punti di stoccaggio del cippato devono essere separati dai luoghi di abitazione e lavoro a causa della possibile contaminazione con muffe.

- Il terreno deve essere consolidato in vista delle successive operazioni di carico e scarico. Lo stato superiore deve essere rullato e non deve essere presente ghiaia grossa. Sono particolarmente adatti i terreni precedentemente destinati a un uso commerciale o militare. Al momento dell'asportazione del cippato occorre lasciarne un sottile strato sul terreno. In questo modo si evita di caricare anche ghiaia e corpi estranei.

- Il cippato deve essere riversato in modo che il cumulo abbia un profilo a doppia falda. La soluzione ottimale sono cumuli allungati il più ripidi possibile. L'altezza degli stessi non dovrebbe superare i cinque metri, per ridurre al minimo il rischio di accensione spontanea e mantenere aperta la possibilità di una successiva copertura con uno speciale telo in tessuto traspirante.

- I cumuli longitudinali dovrebbero essere coperti per intero. A tale scopo è possibile usare speciali teli riutilizzabili in materiali idrorepellenti, non impermeabili all'acqua ma permeabili al vapore. I teli vanno tesi affinché non si formino conche in cui l'acqua può ristagnare e devono essere zavorrati con tondame o sacchi di sabbia. La variante coi sacchi è migliore perché si danneggiano meno i teli. Questi ultimi devono essere sovrapposti seguendo la direzione del vento (v. figura). La durata dei teli traspiranti è di circa cinque anni.

- I depositi all'aria aperta devono se possibile essere allestiti in primavera con cippato fresco contenente poca frazione fine e devono poter essere smaltiti in maniera scaglionata con quantità parziali piuttosto consistenti.



Condizioni ideali di deposito all'aperto del cippato (LWF, 2014)



Teli e direzione del vento (fonte: Bayerische Staatsforsten).



STOCCAGGIO DEL CIPPATO IN DEPOSITO

Ubicazione

- La costruzione di un deposito per lo stoccaggio del cippato si rivela conveniente quando si riforniscono numerosi piccoli impianti di riscaldamento con elevati requisiti in termini qualitativi.

- I depositi devono presentare una buona ventilazione passiva ed essere situati in zone con poca nebbia. Creste e dossi con vento costante sono l'ubicazione ideale. Possono essere prese in considerazione anche strutture preesistenti (ad es. vecchi fienili, capannoni, sotto i cavalcavia autostradali ecc.).

- Un deposito idoneo per il cippato deve prevedere una possibilità di inversione di marcia per autocarri (se possibile con rimorchi) oppure essere adiacente a una circonvallazione.

- In considerazione degli oneri di sgombero della neve in inverno, la distanza dalla rete stradale pubblica dovrebbe essere più breve possibile. I depositi devono essere accessibili in ogni momento, anche durante gli inverni rigidi. Per le strade di accesso deve essere previsto lo sgombero della neve.

- Inquinamento fonico: presso il deposito deve essere possibile provvedere alla cippatura. La distanza minima rispetto a insediamenti o altri punti critici deve essere di circa 500 m o più a seconda della direzione del vento.

- A seconda della legislazione cantonale i depositi di cippato possono non essere consentiti in settori di protezione delle acque e zone di protezione delle acque sotterranee.

Struttura

- La soluzione ottimale per i depositi di cippato è una struttura di base con supporti in metallo e un tetto obliquo. Ciò impedisce il ristagno di masse d'aria.

- L'ideale è che i capannoni siano aperti sul lato lungo sottovento, con una struttura alta e ariosa, se possibile con pareti permeabili all'aria.

- L'importante è rispettare una distanza verticale fra i cumuli di cippato e il tetto pari ad almeno due metri. Solo in questo modo l'umidità può defluire e si evitano zone di condensa.

- I depositi vanno all'occorrenza suddivisi in singoli box per separare il cippato in base alla qualità o al momento di immagazzinamento. Davanti al deposito deve essere previsto spazio a sufficienza per il trasbordo.

Conservazione

- Nei depositi occorre tenere presente la sequenza di immagazzinamento anche per il prelievo / l'utilizzo: le scorte meno recenti devono essere consumate per prime. La durata di conservazione deve essere ridotta il più possibile (max da 3 a 6 mesi). I depositi di cippato devono essere strutturati in modo tale da non dover intervenire sulla stratificazione dei cumuli. I depositi correttamente allestiti con una bassa frazione fine regolano autonomamente il proprio clima interno.

- Il momento ideale per l'immagazzinamento del cippato è l'inizio dell'estate, nei mesi di maggio e giugno. In questa stagione si verifica un rapido riscaldamento del cumulo di cippato, che dura tuttavia solo poco tempo (circa 3 settimane). I requisiti prevedono che il legno sminuzzato sia fresco, ovvero che sia stato esboscato durante l'inverno precedente, e che l'umidità possa defluire grazie alla maggiore circolazione di aria possibile.

- Nel caso in cui il cippato venga immagazzinato successivamente nel corso dell'anno, occorre accertarsi che sia stato possibile effettuare una pre-essiccazione del legno intero. Il cippato prodotto con legname accatastato umido e immagazzinato tardivamente non avrà più un'essiccazione ideale. Da un lato i tronchi sono già maggiormente contaminati da microbi e funghi, dall'altro non si ottiene più un riscaldamento amicrobico. Un tenore di acqua inferiore al 30% è in questo caso difficile da ottenere e richiede notevoli sforzi a livello costruttivo. I depositi di legno fresco creati tardivamente presentano lo svantaggio di un'elevata presenza di foglie e aghi, che porta inevitabilmente a una notevole concentrazione di funghi e microbi. Per questo motivo, anche il legname risultante dagli interventi di cura del paesaggio dovrebbe poter riposare un paio di settimane prima della cippatura.



VAGLIATURA DELLA FRAZIONE FINE

Per la vagliatura di frazione fine e pezzi fuori misura vengono impiegati diversi sistemi di setacciatura. Di seguito vengono illustrati i più importanti.

Vaglio stellare

Un vaglio stellare costituisce una tecnologia ideale per la vagliatura del cippato e assicura la separazione di diversi diametri e lunghezze. La macchina è composta da stelle in gomma e plastica montate su alberi rotanti a elevata velocità. La forma speciale delle stelle permette ai materiali fini di passare attraverso il vaglio, quindi su un trasportatore di raccolta, o di creare una pila. I pezzi di dimensioni maggiori galleggiano sulle stelle, quindi cadono all'estremità del vaglio. Questa tecnologia è caratterizzata da elevate prestazioni con una notevole portata per unità di tempo.

Vaglio a tamburo

I vagli a tamburo vengono impiegati molto spesso presso gli impianti di compostaggio per la setacciatura del materiale terroso. Il materiale da vagliare passa attraverso un cilindro rotante. Il materiale più fine rispetto alla larghezza delle maglie del vaglio viene separato. Il materiale di dimensioni maggiori passa il cilindro e fuoriesce all'altra estremità dello stesso. Il vaglio a tamburo consente quindi di creare due frazioni.



Vibrovaglio della società Verora GmbH/NEAG a Wies, Neuheim ZG

Vibrovaglio

In un vibrovaglio vengono impiegate griglie con diverse larghezze della maglia. In base a queste ultime è possibile setacciare il materiale più fine o grossolano. A seconda del numero di vagli scelto attraverso i quali il materiale viene fatto passare (dal più grosso al più fine) i vibrovagli consentono di ottenere un numero qualsiasi di frazioni.

Momento della vagliatura

La vagliatura della frazione fine può avvenire prima o dopo l'essiccazione. L'ideale è sottoporre il cippato a vagliatura sia prima sia dopo l'essiccazione.

Momento della vagliatura	Vantaggi	Svantaggi
Prima dell'essiccazione	• Quantità minore da essiccare • Essiccazione più rapida • Maggiore produttività di cippato di qualità • Minore sviluppo di polveri • Migliore controllo del processo di essiccazione	• Una parte della frazione fine rimane attaccata al cippato
Dopo l'essiccazione	• La frazione fine rimane meno attaccata al cippato • È possibile separare una maggiore quantità di materiale fine	• Maggiore sviluppo di polvere a causa della frazione fine secca • Quantità maggiore da essiccare • Tempi di essiccazione più lunghi • Risultati di essiccazione peggiori a causa della frazione fine
Prima e dopo l'essiccazione	• Cippato di qualità ottimale • Massima vagliatura della frazione fine	• Costi maggiori



ESSICCAZIONE FORZATA DEL CIPPATO

Al fine di ottenere un tenore di acqua inferiore al 30%, al coperto è necessaria una durata di essiccazione di anche 6 mesi. Considerata tale lunga durata e il notevole fabbisogno di spazio, è ovvio che si ricorra anche all'essiccazione forzata del cippato attraverso il ricorso a energia esterna.

Fondamentalmente l'essiccazione del legno consiste nel far entrare calore nel legno per farne uscire acqua. Il riscaldamento accelera l'evaporazione poiché l'aria calda può trasportare più acqua. Il vapore acqueo viene assorbito dall'aria ambiente. L'effetto essiccante è tanto più efficace quanto maggiori sono la velocità e la temperatura del flusso d'aria e quanto minore è l'umidità relativa dell'aria ambiente.

Per un'essiccazione forzata – ma anche naturale – ottimale del cippato risulta decisiva una ridotta frazione fine, specialmente per cumuli di dimensioni notevoli. In caso contrario all'interno del cumulo di cippato con un'elevata frazione fine si formano «covi di umidità» che limitano fortemente, quando non la inibiscono del tutto, l'azione essiccante.

È disponibile una grande varietà di sistemi e tecnologie di essiccazione per il cippato; di seguito sono descritti i metodi principali.

Essiccatori a container

Il principio dell'essiccatore a container consiste nel fatto che il prodotto da essicare è messo in un container e viene attraversato da un flusso di aria calda proveniente dal basso. Gli essiccatori a container sono adatti per un'essiccazione scaglionata dei materiali più diversi con lunghi tempi di processo.

La temperatura all'interno dei container può essere regolata in maniera ottimale tramite curve di temperatura e tempo modificabili. Il caricamento di questi essiccatori può avvenire manualmente oppure in maniera del tutto automatica. Gli essiccatori a container sono universali e vengono impiegati nei settori più diversi. Con l'essiccazione a container, a causa della notevole altezza del cumulo bisogna accertarsi che la frazione fine sia ridotta. Per l'essiccazione di cippato di legna si è affermato l'uso del cosiddetto «essiccatore a cassone», disponibile in due varianti.

Nell'essiccatore a cassone a **installazione fissa** il materiale da trattare viene riversato ed essiccato in una cassa di legno ventilata dal basso. Una volta che il processo di essiccazione è con-

cluso viene riempita e ventilata un'altra cassa. Nel frattempo è possibile vuotare la prima cassa.

In un essiccatore a cassone **mobile** il materiale viene depositato in container di metallo dotati di un doppio pavimento che consente la circolazione dell'aria. A seconda della versione possono essere collegati al sistema di aria calda più container contemporaneamente.



Essiccatore mobile a container alimentato tramite il calore residuo di un impianto a biogas (Moser, 2015)

Essiccatore a nastro

L'essiccatore a nastro a bassa temperatura è un metodo efficiente per l'essiccazione di segatura, cippato, trucioli e altra biomassa a una temperatura normalmente compresa fra i 60 e i 90 °C. Grazie alla ridotta altezza del cumulo di cippato sul nastro di essiccazione, in questo caso si ottengono buoni risultati anche a fronte di una maggiore frazione fine.

La sostanza umida da essicare viene inserita in maniera continua nell'essiccatore. Le coclee di trasporto producono una distribuzione uniforme e una livellazione del materiale su tutta la larghezza del nastro. L'altezza dello strato può essere regolata in modo variabile. Dopo la distribuzione il prodotto viene introdotto nell'area di essiccazione mediante l'avanzamento del nastro. All'interno di un'apposita galleria l'aria calda artificiale colpisce il prodotto.

Il calore proviene – tramite scambiatore di calore – da un fluido termico disponibile. Mentre l'aria riscaldata passa attraverso lo strato di materiale, l'umidità viene eliminata per convezione e

trasferita al flusso d'aria. Quest'ultima si raffredda in seguito all'assorbimento di umidità.

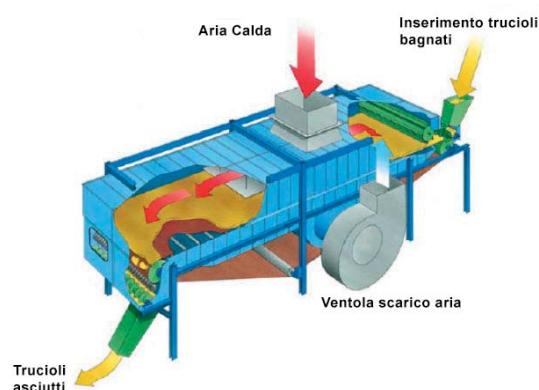
La pulizia del nastro di essiccazione avviene dapprima mediante una sistema pulente a secco continuo e in seguito tramite un sistema umido discontinuo. La pulizia a secco prevede la soffiatura del nastro che rimuove le polveri sottili dal nastro perforato sul lato di uscita. I resti della pulizia vengono aggiunti al materiale in uscita. Per l'ulteriore pulizia viene poi impiegata una pulitrice a umido ad alta pressione.

Essiccatore a tamburo

Gli essiccatori a tamburo sono ideali per il trattamento di materiali che in considerazione della loro umidità e della loro struttura richiedono una permanenza prolungata all'interno dell'impianto di essiccazione. Vengono ad esempio normalmente trattati in essiccatori a tamburo fettucce di barbabietola e segatura. Questi impianti sono composti da un tamburo rotante all'interno del quale circola aria calda. Il materiale viene introdotto nel tamburo in equicorrente continua con il gas caldo. Il trasporto di materiale attraverso il tamburo avviene mediante un sistema combinato meccanico-pneumatico. Il materiale da essiccare viene poi estratto tramite un precipitatore o ciclone. Gli essiccatori a tamburo possono essere riscaldati direttamente con gas caldi e presentano un ampio range di regolazione della temperatura del gas di essiccazione da 150 a 1'000 °C. Uno svantaggio è l'elevato sviluppo di polveri durante il processo di essiccazione. Durante la circolazione del materiale l'attrito meccanico produce ulteriore frazione fine e quindi una perdita di materiale. Il materiale molto fine (polvere o elevata frazione fine) viene poi trasportato verso l'esterno dal flusso d'aria, fatto che può comportare notevoli emissioni di polveri sottili in assenza di appositi filtri. In caso di filtraggio si creano inoltre spesso problemi a causa del fatto che le polveri, presenti in grande quantità, si attaccano a causa dell'elevata umidità.

Gli essiccatori a tamburo sono pertanto destinati prevalentemente al trattamento di cippato sottoposto a vagliatura prima del processo di essiccazione.

Dopo l'essiccazione è importante un adeguato stoccaggio al coperto del cippato trattato. Tale stoccaggio può anche servire a ottenere ulteriore aria calda. Sotto al tetto viene inserita una cassaforma in modo da creare uno spazio vuoto. Il sole riscalda attraverso il tetto l'aria in tale spazio vuoto, che può quindi essere aspirata e impiegata per un'ulteriore essiccazione. In linea di principio, con questo metodo è possibile ottenere qualsiasi tenore di acqua desiderato. In tale contesto assumono un ruolo decisivo fattori quali tempo, temperatura dell'aria, altezza del cumulo e velocità di flusso.



Schema di essiccatore a nastro (W. Kunz dryTec AG 2005)



LOGISTICA REGIONALE DELLA LEGNA PER ENERGIA

La collaborazione fra piccoli produttori di cippato in comunità di gestori può rendere più professionale la logistica del cippato e aumentarne l'efficienza. I costi per macchinari ad alta intensità di capitale vengono suddivisi, le macchine vengono maggiormente sfruttate e si evitano lunghi intervalli di manutenzione e tempi di attesa. L'aggregazione di piccole quantità di legna per energia in unità maggiori e l'accurata pianificazione della logistica del cippato sono anche in grado di influenzare positivamente la qualità del prodotto. In questo modo i produttori forniscono un prezioso contributo nell'ottica di un esercizio degli impianti caratterizzato da emissioni limitate e manutenzione ridotta.

Positive esperienze dal Liechtenstein

Nel Principato del Liechtenstein l'associazione «Holzkreislauf Liechtenstein» (letteralmente: «Ciclo del legno in Liechtenstein») consente di illustrare in maniera esemplare come una logistica intelligente della legna per energia influenzi positivamente la qualità del cippato e quindi anche degli impianti (Kofler, 2015). L'associazione fu fondata circa 10 anni fa per rifornire 16 piccoli impianti di combustione a legna automatici e la centrale termica alimentata a legna di Balzers (inaugurata nel 2014) con l'obiettivo di individuare una soluzione interaziendale per l'approvvigionamento di questi impianti con il combustibile adeguato. Il quantitativo annuo complessivo di combustibile ammonta a circa 35'000 msr, suddivisi al 50% circa fra la centrale di Balzers e gli altri 16 impianti. «Holzkreislauf Liechtenstein» gestisce la logistica della legna per energia, la cippatura e il trasporto nonché l'amministrazione e l'organizzazione. I forestali di sezione predispongono le cataste in inverno/primavera.

Sfrondata e accatastamento separato

Il tondate a scopo energetico e le parti di chioma vengono accatastati separatamente ed essiccati prima di essere sminuzzati. Per quanto riguarda le parti di chioma, rami con corteccia, aghi e foglie con diametro inferiore ai 10 cm vengono sfrondati e lasciati nel bosco per favorire l'equilibrio nutrizionale del suolo boschivo. Al tempo stesso, ciò permette anche di contenere i costi di allestimento rispetto a un maggiore recupero di ramaglie. Le parti di chioma effettivamente accatastate presentano quindi una qualità relativamente buona. Assicurarsi che vengano create cataste sufficientemente grandi presso luoghi di deposito facilmente accessibili per i trasportatori.

Cippatura in quota in autunno e in primavera, a valle in inverno

Le cataste di legna per energia vengono essiccate per tutta l'estate e progressivamente cippate durante il periodo di riscaldamento. L'associazione Holzkreislauf organizza la cippatura dapprima – all'inizio del periodo di riscaldamento – alle altitudini più elevate. Progressivamente si passa alle cataste a quote più basse, fino a quando in inverno inoltrato rimangono solo i depositi a valle. Attraverso questa organizzazione interaziendale è possibile ottimizzare l'uso dei depositi a quote più elevate coinvolgendo in maniera ottimale le rispettive imprese forestali. Per ogni intervento di cippatura vengono riempiti di cippato alcuni container impiegati come «soluzione tampone» per l'eventualità di un imprevisto aumento del fabbisogno.

Organizzazione dell'impresa di cippatura

L'accorpamento interaziendale delle operazioni di cippatura consente di ottenere prezzi migliori e assicura una migliore organizzazione del carico di lavoro dell'impresa addetta. Si collabora con un'unica società del Principato. Siccome l'impresa di cippatura riceve ogni una-due settimane una sola grande commessa per la cippatura di notevoli cataste di legna per energia e non deve evadere molti piccoli ordini, è molto semplice coordinare gli interventi.



La qualità determina la destinazione d'uso

Il cippato di qualità migliore, derivante dalle cataste di tondate, viene destinato agli impianti di combustione a legna più piccoli. Dopo un'estate di essiccazione queste cataste presentano un tenore di acqua tra il 30 e il 35% circa e possono essere impiegate per l'alimentazione di impianti di riscaldamento a

cippato secco. Per lo sminuzzamento con la grande cippatrice a tamburo, l'azienda impiega vagli di diverse dimensioni per prevenire problemi legati ai pezzi fuori misura. Se si impiegano parti di chioma, per contro, capita regolarmente che pezzi fuori misura passino la vagliatura, facendo sì che il materiale risultante non sia idoneo per un funzionamento soddisfacente dei piccoli impianti di riscaldamento.

Le parti di chioma accatastate a parte vengono impiegate per gli impianti più grandi e soprattutto per la centrale di Balzers. La suddivisione fra tondame e parti di chioma – piuttosto semplice da realizzare dal punto di vista organizzativo – funziona attualmente molto bene dopo una prima fase che ha richiesto un maggiore coordinamento e consente di massimizzare la creazione di valore dalla legna per energia. I forestali ottengono prezzi migliori per il cippato da tondame e sono quindi motivati a effettuare la necessaria selezione.

Questo sistema di suddivisione in due assortimenti (tondame da un lato, parti di chioma e cascami di bosco dall'altro) funziona bene solo perché la domanda di cippato di qualità inferiore è diventata sufficientemente grande con la centrale di Balzers. Per lo smistamento di due diverse qualità di legna per energia è essenziale che ci siano sufficienti possibilità di smercio per i prodotti di qualità inferiore.

La valutazione delle cataste motiva i forestali

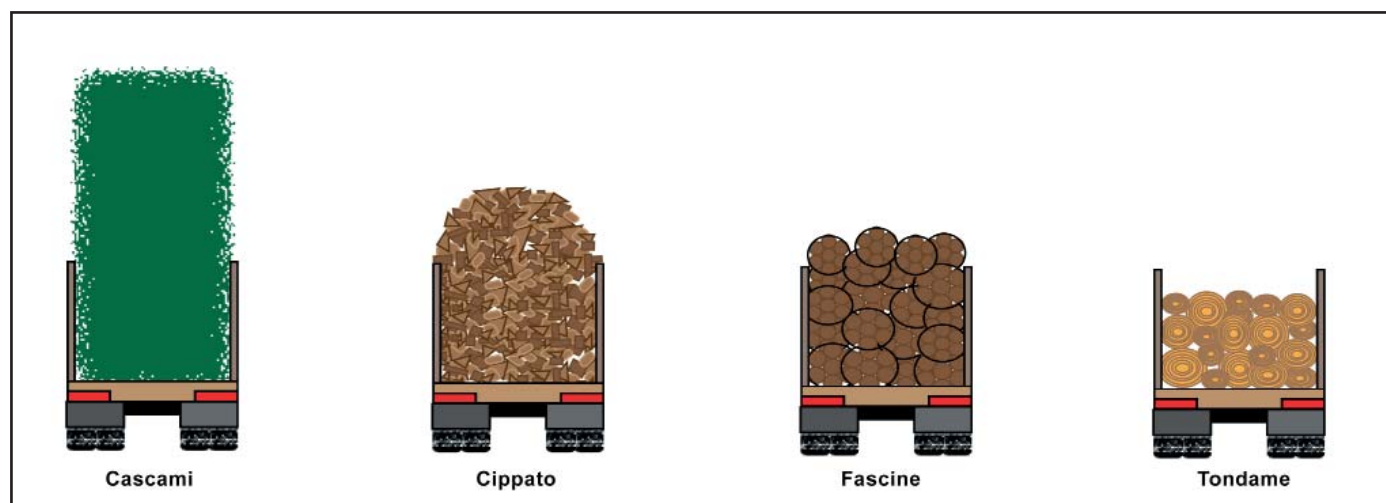
Nei mesi da giugno ad agosto l'amministratore dell'associazione «Holzkreislauf Liechtenstein» ispeziona tutte le cataste assieme ai forestali di sezione, le valuta e le registra nell'apposito software gestionale «Polver». In questo modo ci si assicura che la suddivisione fra tondame e parti di chioma sia eseguita correttamente.

Ogni catasta viene classificata in base ai seguenti criteri:

- tondame o parti di chioma
- percentuale di legno di conifere o di latifoglie (a intervalli del 10%)
- volume della catasta

In casi isolati, all'inizio dell'applicazione della procedura è stato necessario declassare singole cataste con troppe parti di chioma nel tondame. In considerazione della conseguente perdita di valore, il forestale è quindi motivato a ottimizzare il processo. Con questa catena e organizzazione logistica è possibile fare a meno – eccezion fatta per l'impiego dei container di cui sopra – dello stoccaggio del cippato e dei corrispondenti depositi. La legna per energia di migliore qualità (come ad es. i tronchi di faggio) continua a essere utilizzata per la produzione di legna da ardere e a essere venduta come legname in squartoni o di altre dimensioni.

Dopo l'iniziale periodo di rodaggio, il coordinamento del ciclo del legno è ora relativamente poco dispendioso. Le imprese forestali e l'azienda di cippatura vengono inoltre sgravate in misura notevole dagli oneri organizzativi e amministrativi (Kofler, 2015).



Confronto del volume di trasporto necessario per ottenere la stessa quantità di energia con le diverse forme di legna per energia



CONTROLLO QUALITÀ

Valutare o stabilire la qualità del cippato senza strumenti di laboratorio richiede una certa esperienza. Vi sono tuttavia strumenti e indizi che consentono una stima qualitativa di massima senza eccessive complicazioni.

Un metodo un po' più dettagliato per il monitoraggio autonomo della qualità del cippato di legna è descritto nel manuale qualiS sulla gestione della qualità del cippato di legna («Handbuch zum Qualitätsmanagement von Holzhackschnitzeln», FNR e BBE, 2017).

Determinazione del tenore di acqua

Sul mercato sono disponibili numerosi strumenti di misura per determinare rapidamente il tenore di acqua.

Per una misurazione precisa del contenuto idrico è consigliabile ricorrere al metodo di essiccazione completa in forno.

Essiccazione completa in forno a 105° C

1. Misurare il peso umido del campione di cippato, possibilmente preciso al grammo.
2. Riscaldare il forno a 105 °C +/- 2°C e disporre il campione ben distribuito al suo interno. Dopo circa 3 ore estrarre il campione e misurarne il peso.
4. Ripetere la misurazione ogni ora circa fino a quando il peso non si è stabilizzato.
5. Misurare il peso stabilizzato (assolutamente secco)
6. Determinare il tenore di acqua M del campione di cippato:

$$M [\%] = (\text{peso umido} - \text{peso assolutamente secco}) / \text{peso umido} \times 100$$

Test di accensione

Un altro metodo per valutare il tenore di acqua è ad es. il test di accensione: tenere sopra una fiamma (accendino o candela) una scaglia di legno di circa 45 mm di lunghezza. Se la scaglia si annerisce ma non brucia, il contenuto idrico è superiore al 40%. Se per contro riesce ad accendersi e prosegue autonomamente la combustione (pur se brevemente), il tenore di acqua è inferiore al 35%.

Determinazione della pezzatura

Per determinare la frazione fine è possibile impiegare un setaccio di analisi con fori di dimensione inferiore a 3,15 mm (frazione fine secondo EN SN ISO 17225-4). Agitare per pochi minuti il campione di cippato con il setaccio fino a quando la frazione fine non si è depositata (la frazione principale rimane nel setaccio).

Procedura sommaria per la valutazione della frazione fine

In un contenitore trasparente (ad es. sacchetto di plastica o recipiente graduato) agitare un campione di cippato fino a quando la frazione fine non si deposita sul fondo. Valutare la frazione fine dalla proporzione rispetto al campione complessivo.

I pezzi fuori misura possono essere smistati e misurati con un campione, misurando il pezzo più lungo (lunghezza massima). Le parti di frazione fine, frazione principale e pezzi fuori misura possono essere pesate, determinando poi la relativa percentuale sul peso complessivo del campione.



Essiccazione completa in essiccatore.

Tenore di acqua	
Tenore di acqua elevato (M > 40%)	• Test di accensione negativo • La frazione fine rimane nettamente attaccata alla mano • Odore di marcio, umido o ammuffito • Formazione di condensa nel sacchetto
Tenore di acqua ridotto (M < 30 %)	• Test di accensione positivo • Frazione fine scorre, si solleva • Odore neutro • La frazione fine si attacca sul sacchetto a causa della carica elettrostatica
Corpi estranei	
Controllo visivo della presenza di corpi estranei nel campione di cippato	
Segni di proliferazione micotica	
• Strati bianchi di muffa • Odore di marcio e putrido nel cumulo • Formazione di strati spessi e staccabili con micelio fungino • Linee nere di transizione sul cippato • Aree marrone scuro con formazione di humus e disgregazione • Formazione di missomiceti: massa viscida, scura o trasparente	
Forma delle scaglie	
Scaglie a spigoli vivi, netti e lineari	Buon processo di cippatura con lame affilate
Scaglie lacerate, sfrangiate o pezzi di legno rotti con bordi non netti / non rilevabili	Cattivo processo di cippatura con lame non affilate o trituratrice



Diverse frazioni di un campione di cippato



INDICE DELLE FONTI

Sintesi

Elber U. (Vision Engineering GmbH): Feuchtegehalt-Änderungen des Waldfrischholzes bei Lagerung im Wald. Schlussbericht. UFE, Berna. 2007.

Lutz G. & Keel A. (Energie & Holz GmbH): Progetto preliminare «Qualitätsverbesserung von Holzschnitzeln». Relazione finale. UFE, Berna. 2015.

Classificazione del cippato

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) e Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE): Handbuch zum Qualitätsmanagement von Holzhackschnitzeln. Gülzow-Prüzen e Bonn. 2017.

Energia legno Svizzera: Classificazione della legna a scopo energetico. Pubblicazione n. 407. Stato: aprile 2015

Lutz G. (Energia legno Svizzera): Schnitzelqualität als Erfolgsfaktor. Presentazione al convegno IPE 2014, Egnach. 2014.

Technologie- und Förderzentrum (TFZ) presso il Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe: Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Straubing e Freising-Weihenstephan. 2015.

Requisiti dei riscaldamenti a cippato

Hinterreiter S.: Bestimmung und Einflussgrößen der Brückenbildung bei der Lagerentnahme von biogenen Festbrennstoffen. Tesi di dottorato, Technische Universität München, 2010.

Jost L. (Energia legno Svizzera): Qualitätsverbesserung Holzschnitzel. Erster Teil: Zwischenbericht «Erarbeitung der noch fehlenden Grundlagen». Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna. 2017.

Lutz G. & Keel A. (Energie & Holz GmbH): Progetto preliminare «Qualitätsverbesserung von Holzschnitzeln». Relazione finale. UFE, Berna. 2015.

Ropp J. Émissions de particules fines lors de la combustion de plaquettes forestières. Étude de l'influence des taux d'humidité et de fines pour Énergie Bois Suisse. Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud, Yverdon-les-Bains. 2017

Pre-essiccazione del legno non cippato

Elber U. (Vision Engineering GmbH): Feuchtegehalt-Änderungen des Waldfrischholzes bei Lagerung im Wald. Relazione finale. UFE, Berna. 2007.

Energia legno Svizzera: bollettino n. 55, ottobre 2014. Qualità dei combustibili legnosi. Zurigo, 2014.

Trattamento della legna da energia per la produzione di cippato

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF: Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. Scheda informativa LWF 10, Freising. 2012.

Flury S.: Anfall und Verwendung von Schlagabraum in der Schweiz. Relazione. UFAM, Ittigen. 2013.

Energia legno Svizzera: Preparazione razionale del cippato nell'ambito dell'attività forestale. Pubblicazione n. 409 2013/11 – 2000. 2013.

Technologie- und Förderzentrum (TFZ) presso il Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe: Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Straubing e Freising-Weihenstephan. 2015.

Principi per lo stoccaggio del cippato

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF: Hackschnitzel richtig lagern! Scheda informativa LWF 11, Freising. 2014.

Biomasseverband Oberösterreich: Infoblatt: Hackguttrocknung. Senza data.

Stoccaggio del cippato all'aperto

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF: Hackschnitzel richtig lagern! Scheda informativa LWF 11, Freising. 2014.

Bayerische Staatsforsten AöR: Grundsätze zur Lagerung von Waldhackschnitzeln. Ratisbona. Senza data.

Burger F.: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft/Firma Polyfelt AG. Hackschnitzel-Trocknungsversuch Wadlhausen. 2004.

C.A.R.M.E.N.: Richtiges Lagern von Holzhackschnitzeln für Heizwerke: Vermeidung von Bränden durch Selbstentzündung. Scheda informativa 01/07. C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, 2007.

Stoccaggio del cippato in deposito

Lutz G. & Keel A. (Energie & Holz GmbH): Progetto preliminare «Qualitätsverbesserung von Holzschnitzeln». Relazione finale. UFE, Berna. 2015.

Lutz G. (Energia legno Svizzera): Abklärungen für einen möglichen Holzumschlagplatz in der Gemeinde Bauma. Relazione finale. Pro Zürcher Berggebiet (PZB), Bauma. 2017.

Ritter A.: Verbesserung des Heizwertes durch Optimierung der Bereitstellung von Holzschnitzeln. Semesterarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil. 2009.

Essiccazione forzata del cippato

C.A.R.M.E.N.: Trocknung von Energieholz und Getreide mit Biogas-Wärme. C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, 2014.

Moser B. (ZM-Technik für Holz AG): Schnitzelaufbereitung und Trocknung: Beispiele aus Sägereien und Biogasanlagen. In: Tagungsband der 8. Tagung Holzenergie Biel. 2015.

Technologie- und Förderzentrum (TFZ) presso il Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe: Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Straubing e Freising-Weihenstephan. 2015.

Vagliatura della frazione fine

Lutz G. & Keel A. (Energie & Holz GmbH): Progetto preliminare «Qualitätsverbesserung von Holzschnitzeln». Relazione finale. UFE, Berna. 2015.

Perdita di sostanza in caso di essiccazione naturale

Ahrens F.: Qualitätssicherung bei der Hackschnitzeltrocknung. Präsentation 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2012.

Bärwolff M. & Hering T.: Fremdenergiefreie Trocknungsvarianten für Holz aus Kurzumtriebsplantagen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. 2011.

Lutz G. & Keel A. (Energie & Holz GmbH): Progetto preliminare «Qualitätsverbesserung von Holzschnitzeln». Relazione finale. UFE, Berna. 2015.

Logistica regionale della legna per energia

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF: Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. Scheda informativa LWF 10, Freising. 2012.

Energia legno Svizzera: Preparazione razionale del cippato

nell'ambito dell'attività forestale. Pubblicazione n. 409 2013/11 – 2000. 2013.

Höner G., Hackschnitzel: Harte Hölzer heizen besser. In: top agrar 7/2006, Münster. 2006.

Kofler S., forestale della comunità Gamprin-Ruggell-Schellenberge e coordinatore legna per energia di Holzkreislauf Liechtenstein: comunicazione orale in occasione della visita a Gamprin-Bendern. 2015.

Controllo qualità

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) e Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE): Handbuch zum Qualitätsmanagement von Holzhackschnitzeln. Gülzow-Prüzen e Bonn. 2017.

Krämer G. (Institut für Brennholztechnik IBT-Krämer): IBT-Richtlinie „Definierte Hackschnitzel“. Spezifizierung, Prüfung und Deklaration von Hackschnitzeln für stoffliche und energetische Zwecke. 2015.

Technologie- und Förderzentrum (TFZ) presso il Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe: Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Straubing e Freising-Weihenstephan. 2015.

Proposta di classificazione del cippato di legna

Sulla base di QM Riscaldamenti a legna si propone la seguente classificazione del cippato per un funzionamento a basse emissioni e una manutenzione ridotta:

	Cippato di qualità	Cippato secco	Cippato forestale pre-essiccato 100% ERH	Cippato forestale misto fresco 50% ERH	Cippato forestale 100% scarti forestali	Cippato di legna da cura del paesaggio	Cippato di corteccia
Descrizione	da tondate, essiccato e vagliato	da tondate e pochi scarti forestali	da tondate, pre-essiccato senza essere stato sminuzzato	da tondate e scarti forestali, senza pre-essiccazione o quasi	da scarti forestali, non pre-essiccati	residui della potatura e ramaglie, elevata percentuale di aghi e foglie	corteccia triturata o sminuzzata
Tenore di acqua	M20, 15 - 20%	M30, 15 - 30 %	M50, 30 - 50 %	M50, 30 - 50 %	M55+, 30 - 60%	M55+, 30 - 60%	M65+, 30 - 65+%
Denominazione	essiccato	secco	umido	umido	bagnato	bagnato	bagnato
Idoneità alla conservazione	molto buona	molto buona	limitata	limitata	scadente	scadente	scadente
Pezatura	P 165: cippato di qualità, fine P 3 15: cippato di qualità, grosso	P3 15	P3 15	P3 1, P45	P3 1, P45, P63	P45, P63	P45, P63
Frazione fine < 3, 15 mm *incl. aghi e foglie	vagliata F05; < 5%	vagliata F05; < 5% oppure F10; < 10%	F10; < 10%	F25*; < 25%	F25*; < 25%	F25*; < 25%	F5; < 5 %
Tenore di cenere con corpi estranei	< 1%	< 3%	< 3%	< 5%	< 10%	< 10%	< 10%
Contenuto energetico [kWh/msr]	HH: 950 - 1'100 WH: 650 - 750	HH: 900 - 1'050 WH: 600 - 700	HH: 800 - 1'000 WH: 500 - 700	HH: 700 - 900 WH: 450 - 600	HH: 600 - 800 WH: 400 - 550	HH: 600 - 800 WH: 400 - 550	350 - 600
Sistema di combustione	Piccoli impianti di combustione, apparecchi standard, sistemi ad alimentazione inferiore / griglia fissa	Sistemi a griglia ad alimentazione inferiore e a griglia mobile	Sistemi a griglia ad alimentazione inferiore e a griglia mobile	Sistemi a griglia mobile	Sistemi a griglia mobile	Sistemi a griglia mobile	Sistemi a griglia mobile
Range di potenza	20 - 200 kW	> 200 kW	> 200 kW	> 200 kW per P3 1 > 1000 kW per P45	> 200 kW per P3 1 > 1000 kW per P45 > 3000 kW per P63	> 1000 kW per P45 > 3000 kW per P63	> 1000 kW per P45 > 3000 kW per P63

Concetti

Tondate a scopo energetico

Assortimento appositamente realizzato di legname in tronchi; non si tratta di un prodotto congiunto o secondario della raccolta del legname o della cura della foresta; diramato e cimato

Scarti forestali

Chiome, alberi interi da 7 cm di diametro a petto d'uomo, rami

HH = legni duri – WH = legni dolci