

## **9.1. INDUSTRIE DI TRASFORMAZIONE DEL LEGNO**

- attività di **prima trasformazione**: tondame → semilavorati (segati, pannelli, sfogliati, tranciati...)
- attività di **seconda trasformazione**: semilavorati → prodotti finiti (mobili, infissi, arredamenti, parquet, oggetti vari, imballaggi, strutture...)
- **non sempre sussiste la distinzione** fra prima e seconda trasformazione: con un'unica serie di lavorazioni si trasforma direttamente il tondame in prodotti finiti (paleria, traverse ferroviarie, travi....)

**Prime trasformazioni: lavorazioni di vari tipi, anche in successione fra loro, fra cui:**

- lavorazioni meccaniche (il tondame viene scomposto in parti più piccole e di forma diversa: travi, tavole, fogli, listelli, particelle...)
- trattamenti igrotermici (vaporizzazione, essiccazione...)
- trattamenti di impregnazione (con preservanti, igniritardanti, coloranti, protettivi...)
- ricomposizione (pannelli compensati, di particelle, di fibre..., elementi lamellari...)

**Lavorazioni meccaniche del legno:**

- **con asportazione di truciolo** (tipicamente: segagione...): i diversi pezzi di legno (genericamente detti “segati”) che devono essere ricavati dal tondame non sono cedevoli, e non possono lasciare spazio per il passaggio della lama; la lama deve passare in mezzo a loro facendosi posto, cioè “aprendosi una strada”; a ciò provvedono i diversi denti della lama, ciascuno dei quali taglia ed asporta un frammento di legno (truciolo)
- **senza asportazione di truciolo** (tipicamente: sfogliatura, tranciatura...): una lama ben affilata separa dal pezzo di legno massiccio dei fogli sottili (tipicamente con spessore < 2-3 mm), i quali si piegano e lasciano spazio per il passaggio della lama; particolari accorgimenti evitano che nel piegarsi i fogli si danneggino o si fratturino

## **LA SEGAGIONE**

**E' una delle principali modalità di lavorazione del legno; serve per trasformare il tronco in assortimenti (tipicamente: travi, tavole, listelli...) con facce piane e parallele fra loro.**

**Vengono chiamate “sega” sia le macchine segatrici, sia le lame che da esse vengono azionate.**

### **Movimenti relativi fra lama e legno**

**Nell'operazione di segagione, si possono analizzare due componenti del movimento relativo fra lama e legno:**

- **il moto di lavoro: fa avanzare i denti in modo che ciascuno di essi possa distaccare ed asportare fuori dal legno un truciolo**
- **il moto di alimentazione: fa in modo che il legno che deve essere tagliato venga avvicinato alla lama**

**La combinazione di questi due movimenti produce il movimento complessivo: un osservatore che fosse a cavalcioni del legno (come in un film dell'orrore!), vedrebbe la lama che scorre velocemente (moto di lavoro) e al tempo stesso gli si avvicina progressivamente (moto di alimentazione).**

## **TIPI DI MACCHINE SEGATRICI.**

**Ne esistono quattro tipi fondamentali, distinti fra loro in base sia al tipo di lama che utilizzano, sia al movimento di tale lama:**

- 1) Sega a nastro: l'organo lavorante è un sottile nastro di acciaio, chiuso ad anello, teso fra due volani rotanti (uno dei quali è collegato al motore). Uno dei bordi del nastro è dentato. Il moto di lavoro è quello del nastro (continuo), il moto di alimentazione è dato dall'avanzamento del legno (anch'esso continuo).**
- 2) Sega alternativa: dei pezzi di lama (simile a quella della sega a nastro) sono montati ben tesi al centro di un telaio rettangolare. Tale telaio può scorrere verticalmente in un sistema di guide fisse, ed è messo in moto alternativo dal motore, tramite un azionamento biella-manovella. Il moto di lavoro è quello alternativo del telaio (per lo più le lame tagliano soltanto quando il telaio si muove in una delle due direzioni, di solito verso il basso), il moto di alimentazione è dato dall'avanzamento del legno (talora continuo, talora discontinuo in quanto sincronizzato col moto del telaio).**
- 3) Sega circolare (o a disco): la lama è costituita da un disco di acciaio, portante sulla periferia i denti, che gira velocemente su un asse perpendicolare al piano della lama stessa. Il moto di lavoro è quello della periferia del disco (continuo), il moto di alimentazione è dato dall'avanzamento del legno (anch'esso continuo).**
- 4) Sega a catena (tipo motosega): la lama è costituita da una catena a perni, sulle cui maglie sono montati i denti. La catena scorre su una guida, ed è azionata da un rocchetto dentato collegato al motore. Il moto di lavoro è quello della catena (continuo), il moto di alimentazione è dato in genere dall'avvicinamento (più o meno continuo) al legno della guida della catena.**

**Nell'ambito di questi tipi fondamentali, esiste un'enorme varietà di disposizioni, dimensioni, funzioni, meccanismi, tipi costruttivi.**

## **IMPIEGHI, VANTAGGI E LIMITI DEI DIVERSI TIPI DI MACCHINA SEGATRICE**

### **1) Seghe a nastro**

#### **Dimensioni**

**Ne esistono di tutte le dimensioni, caratterizzate dal diametro dei volani:**

- **30-70 cm** per hobbismo o lavori particolari
- **60-100 cm** per falegnameria e simili (tagliano tavole, travetti, pannelli, ecc.)
- **70-180 cm (ed oltre)** come seghe di testa o refendini nelle segherie (trasformano tronchi in tavole o tavoloni)

**Possono avere un piano di lavoro, sul quale i pezzi da tagliare vengono appoggiati e mossi a mano (magari appoggiandoli ad apposite guide), quando non sono troppo pesanti.**

#### **Caratteristiche delle lame**

**Spessore del nastro:**

- **non troppo sottile, altrimenti si strappa**
- **non troppo spesso, altrimenti si innescano rotture causate da flessione/raddrizzamento ripetuti.**

**La larghezza del nastro (da 10 a 300 mm circa) è anch'essa proporzionata al diametro dei volani.**

**I denti sono ricavati dallo stesso nastro, quindi sagomati, affilati, stradati, affilati, ecc. (v.).**

**In caso di legni molto duri e/o abrasivi (legni tropicali “sabbiosi”), la punta dei denti può essere “stellata” (realizzata con gocce fuse di metallo detto “stellite”)**

## **Impiego nelle segherie**

**a) Sega “di testa” (perché si trova più o meno all’inizio della linea di lavorazione): (“affetta” il tronco longitudinalmente riducendolo in tavoloni)**

- è dotata di carrello segatronchi, che scorre avanti e indietro di fianco alla sega su appositi binari;
- il tronco viene fissato sulla parte superiore del carrello mediante arpioni, e aggetta lateralmente rispetto al carrello (altrimenti la sega taglierebbe anche quello...);
- prima di ogni passaggio il tronco trasla lateralmente, di una quantità che dipende dallo spessore della tavola da ricavare;
- ad ogni passaggio viene separata una tavola
- ad ogni corsa in avanti di segazione (avanzamento lento) corrisponde una corsa indietro a vuoto (quanto più possibile rapida); per questo è meno produttiva del refendino (v. oltre), ma è insostituibile perché ha il carrello segatronchi
- può essere impiegata anche per tagliare (sempre longitudinalmente) il tronco secondo altri schemi di segazione, come p.es.:
  - squadrare il tronco e ricavarne una trave, asportando i quattro sciaveri
  - dividere in due o in quattro parti il tronco per attuare particolari schemi di segazione, oppure per predisporlo a successive operazioni di tranciatura, ecc.

**b) Refendino (perché “ri-fende”, cioè taglia nuovamente tavoloni prodotti dalla sega di testa):**

- è del tutto simile alla sega di testa, ed ha circa le stesse dimensioni
- non ha carrello segatronchi, ma un piano su cui il tavolone appoggia “di taglio”, e scorre guidato e spinto da un sistema di appoggi e/o di rulli motorizzati, che provvedono all’avanzamento ed alla centratura automatica
- viene utilizzato per ricavare tavole più sottili dai tavoloni, dagli sciaveri, ecc.

- **il suo impiego è vantaggioso in quanto non richiede corsa indietro a vuoto: i tavoloni possono essere imboccati uno dopo l'altro (movimentandoli manualmente, oppure con piani di appoggio e simili)**
- **consente di riservare la sega di testa soltanto per segare i tronchi in tavoloni di elevato spessore, quindi aumenta la produttività complessiva dell'impianto**

**c) Seghe a nastro speciali, p.es. per i tronchi tropicali (che hanno grandi dimensioni):**

- **occorrerebbe un carrello enorme**
- **si preferisce quindi tenere il tronco fermo, mentre la sega (“orizzontale”, montata su carrello) scorre avanti e indietro sui suoi binari**
- **dopo ogni passaggio della sega, il tronco viene sollevato di una quantità corrispondente allo spessore della successiva tavola**
- **sullo stesso telaio della sega vengono spesso montate due piccole seghe circolari, che avanzano contemporaneamente alla sega stessa, e che refilano la tavola man mano che viene segata (segagione “antischiante”, per evitare l'apertura delle tavole provenienti da tronchi con forti tensioni interne (v.))**

**Vantaggi:**

- **è molto “flessibile”, in quanto una stessa macchina può:**
  - **adottare diversi schemi di segagione;**
  - **segare tronchi di tipo e diametro diverso;**
  - **ricavare tavole, travetti, travi e altri assortimenti;**
  - **tagliare il tronco in due o più parti;**
  - **scegliere lo spessore di ogni singola tavola;**
  - **aggiustare l'orientamento del tronco per tenere conto della rastremazione;**
  - **...**
- **consente di tagliare tronchi anche di grosso diametro**
- **esegue un taglio piuttosto sottile (richiede minore potenza; trasforma poco legno in segatura)**

**Limiti:**

- **macchina complessa e costosa, manutenzione delicata**

- **richiede personale molto esperto sia per la gestione della sega (il “segantino”), sia per la manutenzione della macchina e delle lame (“saw-doctoring”)**
- **se le lame non sono perfettamente mantenute, tensionate ed affilate, il taglio non risulta diritto e si spreca molto legno**
- **la segagione è relativamente lenta, in quanto:**
  - **ogni tronco deve essere posizionato sul carrello**
  - **ogni tavola richiede doppia corsa (avanti/indietro)**
  - **per schemi di segagione particolari occorre ruotare o spostare il tronco sul carrello**

## **2) Seghe alternative**

**Possono essere:**

- **monolama (p.es. le antiche seghe “veneziane” azionate dall’acqua), lenta ed ormai superata**
- **multilama (chiamata spesso col termine tedesco “gatter”)**

**Nella sega alternativa multilama:**

- **varie lame, parallele fra loro, sono montate ben tese sul telaio che scorre su/giù azionato dal meccanismo biella/manovella**
- **possono essere equidistanti, oppure a distanza diversa (dipende dagli assortimenti che devono essere prodotti)**
- **il tronco viene ridotto in tavole in un unico passaggio**
- **non esiste carrello segatronchi (altrimenti verrebbe tagliato assieme al tronco...): il tronco che entra ed i segati che escono vengono fatti avanzare da un insieme di rulli scanalati, motorizzati**

**Vantaggi:**

- **macchina molto produttiva**

**Limiti:**

- **poco “flessibile”: adatta per segare tronchi omogenei (per tipo e dimensioni), allo scopo di produrre pochi assortimenti (anche essi omogenei)**

- per poter “scaricare” i trucioli (che altrimenti intaserebbero la gola del dente) la corsa del telaio deve essere almeno pari al diametro del tronco
- rigida, pesante (deve resistere ad elevate forze d’inerzia), costosa

### 3) Seghe a disco

- concettualmente molto semplici (uno o più dischi dentati, montati su un albero ruotante)
- in realtà ne esistono di molti tipi, dimensioni, impieghi (anche piuttosto complesse)

#### Vantaggi:

- macchine costruttivamente abbastanza semplici e robuste

#### Limiti (tecnici):

- possono segare pezzi (tronchi, tavole, pannelli, ecc.) aventi spessore *minore* del raggio del disco (c’è anche l’albero !)
- per evitare vibrazioni della lama (e quindi cattiva qualità delle superfici tagliate) lo spessore della lama deve crescere al crescere del diametro
- grande diametro → grande quantità di legno ridotto in segatura (spreco di legno, necessaria più potenza)

#### Impieghi (alcuni esempi...):

- attrezzature portatili
- segazione legna da ardere....
- in falegnameria (taglio tavole, pannelli; “radiale”, “troncatrice” ...)
- squadratrici per pannelli
- in segheria:
  - refilatura dei segati (piccolo diametro)
  - riduzione di tavole in listelli (multilama)
  - intestatura tronchi prima della segazione (diametro medio/grande)
  - sega di testa:
    - monolama grande diametro (p.es. in foresta tropicale)

- **multilama monoalbero, multilama bialbero (per raddoppiare lo spessore tagliabile): segherie di conoifere, elevata produttività**

**Possibilità di taglienti riportati: placchette di “Widia” saldate sulle punte dei denti, affilate con mole di alta precisione (rettifiche) in modo da ottenere:**

- **resistenza all’usura**
- **ottima qualità delle superfici tagliate**

## **ELEMENTI CARATTERISTICI DELLE LAME DA SEGA**

**Come per le macchine segatrici, esistono lame da sega di forme, tipologie, materiali diversi. Qui di seguito vengono illustrati, a titolo di esempio, gli elementi caratteristici di una lama per sega a nastro (*mutatis mutandis*, gli stessi concetti valgono per gli altri tipi).**

**Il nastro è fatto con acciaio speciale, molto resistente e ad elevato limite di elasticità; durante il funzionamento deve:**

- **continuamente avvolgersi lungo i volani e poi raddrizzarsi nel tratto fra i volani stessi**
- **resistere alla tensione che i volani le impartiscono, in quanto sono spinti ad allontanarsi proprio per mantenerla ben tesa, in modo che esegua un taglio rettilineo, senza “sbandierare”**
- **resistere alla ulteriore tensione causata dallo sforzo di taglio (il volano motore “tira” la lama, perché ciascun dente deve esercitare notevole forza per poter tagliare via il “suo” truciolo)**
- **nonostante le tensioni suddette, e le sollecitazioni impulsive che riceve durante il lavoro, mantenere la propria geometria complessiva, senza deformazioni permanenti che ne renderebbero irregolare il movimento e l’azione tagliente, e potrebbero addirittura farla saltare via dai volani**
- **mantenere interi, indeformati, e quanto più possibile affilati i denti (che sono ricavati lungo il bordo della lama stessa, e sono quindi costituiti dello stesso acciaio)**

**Elementi geometrici della lama:****spessore “s”**

- se troppo sottile, si strappa; se troppo spessa, si rompe per flessione e raddrizzamento ripetuti; vale in genere la relazione “spessore  $\leq$  un millesimo del diametro dei volani, meno 0,1 mm” (volani con  $\varnothing = 2$  metri:  $s=1,9$  mm; volani con  $\varnothing = 70$  cm:  $s= 0,6$  mm)

**larghezza “L”**

- dipende dalle dimensioni e dalle funzioni della macchina segatrice. Segatronchi e refendini: 150-300 mm. Seghe da falegnameria (“bindelle”): 10-50 mm

**Elementi geometrici del dente**

Forma ed elementi geometrici variano in funzione del tipo di legno, delle velocità di lavoro e di alimentazione, della direzione fra traiettoria del dente e fibratura del legno, dei materiali usati, dei brevetti e dell’inventiva del produttore, delle esigenze di manutenzione....

**Guardando la lama di profilo:**

- Passo P (distanza fra due denti successivi)
- Altezza H (fra becco e fondo della gola)
- Gola G (serve ad immagazzinare e portare via il truciolo)
- Tagliente (o Becco) B (stacca il truciolo dal legno)
- Faccia di attacco A (solleva il truciolo)
- Dorso D (dopo il passaggio del tagliente, non deve strusciare contro il legno, nonostante il ritorno elastico del legno stesso e nonostante l’inclinazione del moto relativo fra dente e legno, causata dalla combinazione fra moto di lavoro e moto di alimentazione)
- Angoli caratteristici (sistema di riferimento: congiungente due taglienti successivi – perpendicolare, passante per un tagliente):
  - $\alpha$  angolo di attacco (produce il sollevamento del truciolo; si aggira sui  $10^\circ$ - $20^\circ$ ; è più piccolo per legni più duri; talora è addirittura nullo o negativo)
  - $\beta$  angolo di becco (caratterizza l’affilatura e la robustezza del dente; dovrebbe essere il più grande possibile, compatibilmente con gli altri due)

$\gamma$  angolo di spoglia (evita lo sfregamento fra dorso del dente e legno, che causerebbe attrito, surriscaldamento, perdita di energia...; si aggira sui  $30^\circ$ )  
 $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$  per definizione

**Qualsiasi lama da sega deve essere opportunamente “stradata”, cioè deve effettuare nel legno un taglio (di spessore S) un poco più largo dello spessore della lama stessa (s); in generale  $S = 1,4-1,6 s$ . La stradatura nasce fundamentalmente da due esigenze:**

- **evitare che il legno, “ritornando” elasticamente dopo il passaggio del tagliente, si richiuda sulla lama, con conseguente azione frenante, attrito, perdita di potenza, surriscaldamento della lama (che tende quindi: (a) a perdere la “tempra”, e quindi le sue caratteristiche meccaniche, (b) a bruciacchiare / carbonizzare il legno con cui viene a contatto)**
- **evitare che la lama, venendo a contatto con le facce del taglio appena prodotto, venga “guidata” da queste, invece che restare ben dritta e tesa (il taglio risulterebbe quindi ondulato: qualsiasi minima deviazione, causata dalle inevitabili disomogeneità del legno, verrebbe accentuata).**

**La stradatura viene ottenuta facendo sporgere lateralmente i taglienti oltre lo spessore della lama. Viene realizzata in tre modi diversi:**

- **mediante allicciatura: le punte dei denti vengono leggermente piegate verso l'esterno (l'operazione può essere eseguita manualmente con una “pinza allicciatrice”, oppure con apposite macchine automatiche); per simmetria, i denti vengono piegati alternativamente verso destra e verso sinistra (oppure uno ogni tre viene lasciato dritto)**
- **mediante ricalcatura: la punta del dente viene schiacciata con grande forza (da un eccentrico appoggiato sulla faccia del dente, mentre il dorso appoggia contro un fermo chiamato “incudine”) in modo che il metallo rifluisca lateralmente; dato che tale allargamento è irregolare, il dente viene poi sagomato con apposite mole**
- **mediante riporto di materiale tagliente (acciaio rapido): tale riporto può essere costituito da:**

- placchette di “WIDIA” (metallo a base di carburo di tungsteno, durissimo) saldate (adatte per lame di sega a disco, avente spessore sufficiente ad assicurare un buon ancoraggio)
- gocce di “Stellite” (acciaio super rapido), fuse direttamente su denti preventivamente ricalcati (adatte per lame di sega a nastro o alternativa)
- denti completi, incastrati in apposite cavità ricavate nella lama (per lame di sega a disco molto grandi e spesse)
- (i taglienti di Widia e di Stellite devono essere sagomati ed affilati con speciali mole, dette “rettifiche”, dopo essere stati applicati sulla lama; i denti incastrati possono essere smontati e mandati separatamente all'affilatura, il che evita smontaggio e trasporto di lame grandi ed ingombranti)

**Nelle Figure sono rappresentati diversi tipi di stradatura.**

#### **(\*) NOTA METALLURGICA**

La tempra è un insieme di trattamenti termici (tipicamente: riscaldamento a ben precisa temperatura, e successivo brusco raffreddamento mediante immersione in acqua oppure in olio) che conferiscono agli acciai certe caratteristiche tecnologico-meccaniche desiderabili (durezza, resistenza all'abrasione, elevato limite di snervamento, ecc...). Se l'acciaio temprato viene successivamente riscaldato oltre certe temperature, perde la struttura microcristallina e le caratteristiche che aveva acquisito con la tempra.

Alcuni acciai, grazie alla loro composizione ed ai processi metallurgici con cui sono prodotti, mantengono le proprie caratteristiche tecnologico-meccaniche anche a temperature elevate, come quelle che si producono sui taglienti degli utensili quando si effettuano lavorazioni ad elevata velocità. Per questo motivo vengono detti “acciai rapidi” (cioè adatti per utensili che devono lavorare ad elevata velocità).

Per gli utensili taglienti si usano spesso acciai rapidi (sigla HS, od anche “super-rapidi” HSS) i quali, oltre a mantenere la loro durezza anche a temperature elevate, sono particolarmente resistenti all'abrasione, e mantengono la loro affilatura a lungo, anche se

**lavorano legni o pannelli molto abrasivi (tipicamente i legni “sabbiosi” contenenti granuli di silice, o pannelli di particelle di vari tipi). Non sarebbe possibile realizzare l’intera lama da sega con tali acciai, perché eccessivamente rigidi e fragili (oltre che costosi); altri utensili (p.es. lame da piassa, frese, taglienti sostituibili, ecc.) possono invece essere realizzati in acciai HSS.**

### **Manutenzione delle lame (“*saw doctoring*”)**

**Affinché la segagione avvenga regolarmente (tagli diritti e precisi → scarti ridotti, elevate rese di segagione) e velocemente (elevata produttività), le lame devono essere perfettamente affilate e mantenute.**

**Le operazioni di manutenzione e affilatura (siano svolte internamente oppure affidate a specialisti esterni) svolge una funzione essenziale nella segheria.**

**Pur senza trattarle in dettaglio in questa sede, si ricordano le principali operazioni:**

- **controllo, raddrizzamento e tensionatura delle lame (affinché siano stabili sui volani, non vibrino, ed eseguano tagli diritti e precisi)**
- **allicciatura o ricalcatura**
- **sagomatura dei denti**
- **affilatura**

## **ORGANIZZAZIONE DELLA SEGHERIA**

**TRASPORTO** fino alla segheria (treno, autocarro, fluitazione, ...)

**DEPOSITO** temporaneo dei tronchi (“piazzale”)

**INTESTATURA** (via le testate dei tronchi, rovinate, sporche ...)

**DEPEZZATURA** (taglio i tronchi alla lunghezza voluta)

**SCORTECCIATURA** (se già non effettuata in foresta o all’imposto)

**SEGAGIONE DI TESTA** (= longitudinale): trasforma i tronchi in tavole (o travi, o altri assortimenti)

**REFENDITURA** (eventuale)

**REFILATURA**

**SELEZIONE** dimensionale

**CLASSIFICAZIONE** qualitativa (anche secondo l’impiego previsto: strutturale / non strutturale) e dimensionale (spessori, lunghezze)

**STAGIONATURA / ESSICCAZIONE**

**SPEDIZIONE**

**SMALTIMENTO / IMPIEGO** degli scarti e residui (corteccia, sciaveri, refili, segatura, testate, ...)

## **RESA DI SEGAGIONE**

**Rapporto (espresso in %) fra (Volume dei segati ottenuti) e (Volume dei tronchi da segare)**

### **Entità della resa di segazione**

**Varia a seconda che si misuri:**

- **il volume dei tronchi: sopra/sotto corteccia, con/senza soprammisure**
- **il volume dei segati: stato fresco / dopo essiccazione**

**Valore tipico indicativo dal 50% al 70%, per**

- **tronchi già scortecciati e intestati**
- **tavolame stagionato**

### **Fattori influenti sulla resa di segazione**

- **tipo di sega**
- **spessore dei segati (stradatura della lama)**
- **precisione della segazione (manutenzione delle lame)**
- **dimensioni, regolarità, difetti del tronco**
- **assortimenti prodotti, sistemi di segazione**

**Dati orientativi rilevati per tronchi con corteccia:**

	<b>perdite per</b>	<b>% del volume originario</b>
<b>a)</b>	<b>scortecciatura</b>	<b>8 %</b>
<b>b)</b>	<b>intestature, sciaveri, refili</b>	<b>23%</b>
<b>c)</b>	<b>segatura</b>	<b>10%</b>
<b>d)</b>	<b>ritiro dei segati</b>	<b>4%</b>
	<b>Totale</b>	<b>45%</b>

**Vari schemi di segazione**

**Difetti di segazione**

**Assortimenti (dimensionali)**

**Classificazione (qualitativa) dei segati:**

**- per usi strutturali / non strutturali**