

## Puusta pintaa syvemmältä

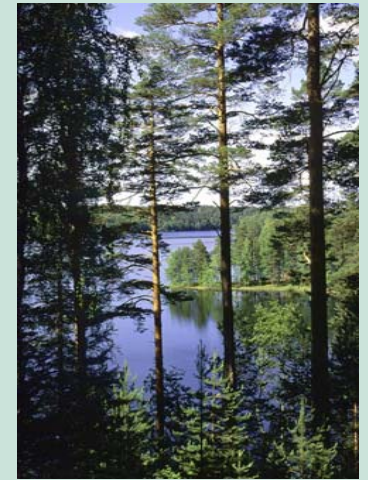
Pekka Saranpää

Metsäntutkimuslaitos  
Vantaan tutkimuskeskus

TKK Puunjalostustekniikka PUU-19.210

## Puun eri osat

- puulla voidaan erottaa rakenteellisesti ja toiminnallisesti kolme erilaista osaa:
  - juuristo
  - runko
  - sekä oksat ja latvus



## Puun eri osat

- puun rungolla on kolme tärkeää tehtävää:
  - tukirakenne
  - vedenkuljetus
  - sekä ravinteiden varasto

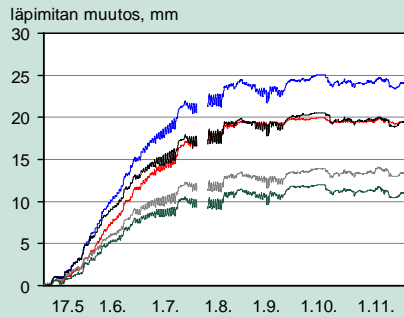


## Rungon solukko huolehtii nestevirtauksesta

- Suurimmissa puissa veden täytyy nousta jopa 100 metrin matka tyveltä latvaan:
- paine-ero on suuri tyven ja latvan välillä
  - puun solukon on oltava kestävä



Rungon läpimitan muutokset näkyvät eri vuorokauden aikoina: runko turpoaa yöllä ja kutistuu päivällä



Kasvupanta

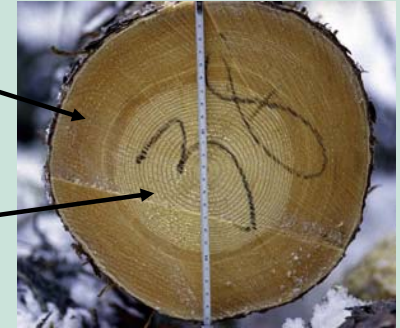
METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Millainen on puun rungon solurakenne?

Pintapuu eli manto kuljettaa ja varastoi vettä

Sydänpuu on täysin kuollutta solukkoa

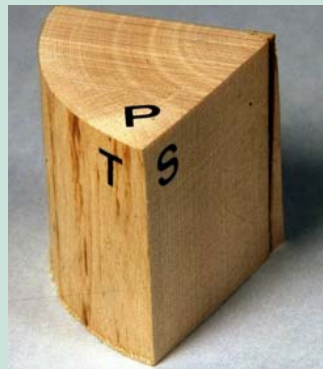


METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Puussa erotetaan kolme leikkaussuuntaa

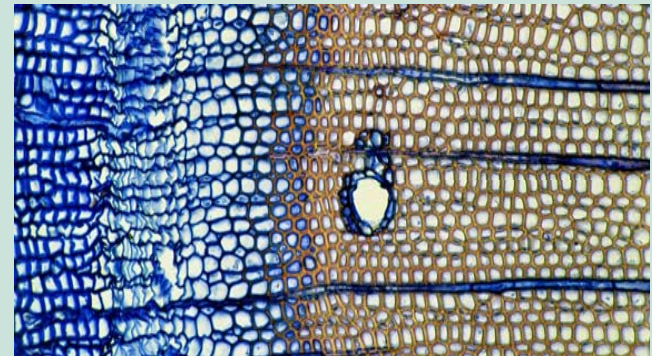
- poikkileikkaus (P)
- pinnanmyötäinen (T)
- säteensuuntainen (S) leikkaus



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

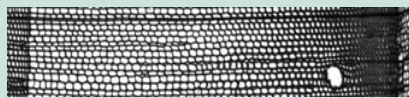
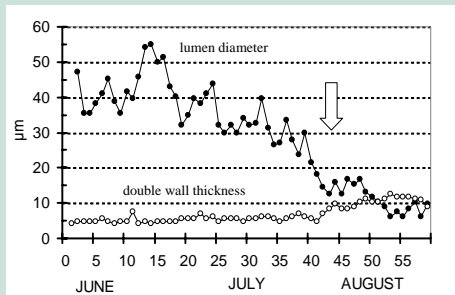
Miten puusolukko muodostuu?



kuori nila jälsi jakaantuvat solut puutunut solukko

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005



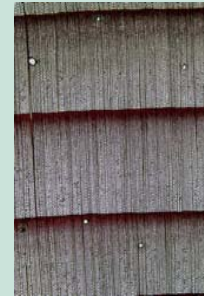
earlywood

latewood

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Havupuu  
kuusi

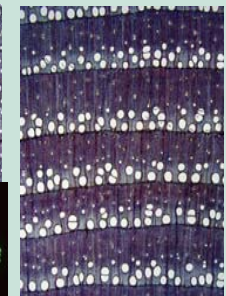


— 1 mm  
kuitujen läpimitta  
Ø 20-40 µm

Lehtipuut: haja- ja kehäputkiloiset  
koivu tammi



putkiloiden läpimitta  
30-130 µm



150-350 µm



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Havupuut

- Suurin osa solukosta on pitkiä kuituja eli putkisoluja
- Kuusen putkisolujen pituus vaihtelee 1–4 mm

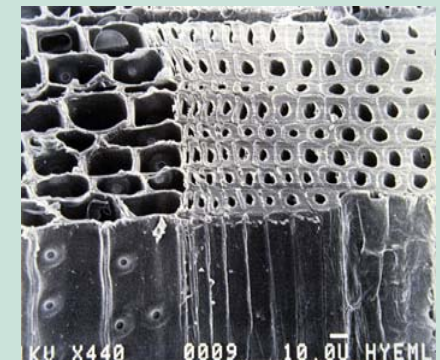


METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Havupuut

- Putkisolujen rakenne on erilainen kevätpuussa ja kesäpuussa.
- Yhdessä ne muodostavat vuosiluston.



kevätpuu kesäpuu

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Havupuut

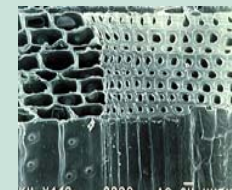
Pitkittäissolut:

trakeidit eli putkisolut, *tracheids*

kevätpuu, kesäpuu; *earlywood and latewood*  
kesäpuussa soluseinän kaksinkertainen paksuus  
on suurempi kuin soluontelon läpimitta jaettuna  
kahdella (Mork's definition)

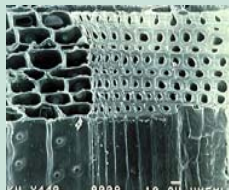
⇒ vuosilusto, *growth ring, annual ring*  
cf. valesuosilustot, *false rings, latewood* voi  
aiheutua kevähallioista tai kasvukauden  
aikaisesta kuivuudesta

## Havupuut



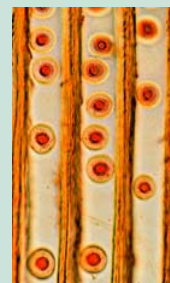
Trakeidit eli putkisolut  
läpimitta 25--23  $\mu\text{m}$  tangentin  
suunnassa ja  
30--21  $\mu\text{m}$  in säteen suunnassa  
Pituus vaihtelee 1--4 mm,  
kesäpuussa 10 % pidempiä  
*Araucaria cunninghamii* jopa 11 mm

## Havupuut



Kesäpuun selluloosapitoisuus on  
korkeampi kuin kevätpuussa,  
Kesäpuun tiheys on korkeampi,  
(810--920  $\text{kgm}^{-3}$ ) verrattuna kevätpuuhun  
(300--370  $\text{kgm}^{-3}$ )

## Havupuut



*Bordered pits*  
rengashuukokset

Kahden putkisolun välillä  
Huukospari  
Sekundaarisenästä muodostunut  
rengas peittää huukoskammion  
Keskellä oleva ohut kalvo  
muodostunut keskilevystä ja  
primaariseenästä

## Havupuut

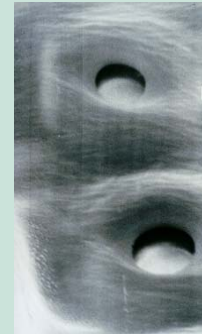


*Bordered pits*  
rengashuokokset

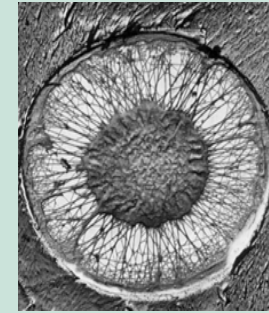
Paksuuntunut keskiosa: torus  
Ympäröivässä margossa on pieniä  
aukkoja, <math><1 \mu\text{m}</math>  
Toimii kuin venttiili: aspiraatio

METLA

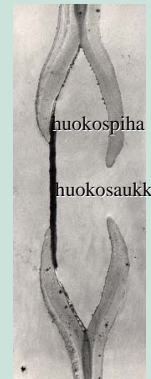
Pekka Saranpää 20.1.2005



*Bordered pit*  
Rengashuokonen



*torus ja margo*



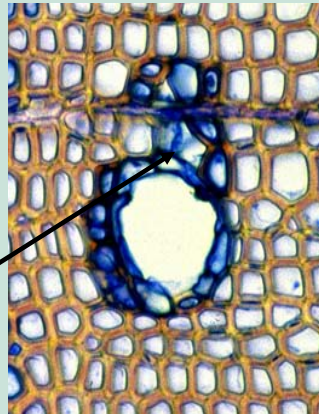
huokospiha  
huokosaukko  
*pit aspiration*  
aspiraatio

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Pihkatiehyet

- Yleisiä mm. kuusella, männyllä ja lehtikuusella. Sen sijaan pihkatiehyitä ei ole esim. katajalla
- Sisin kerros on pihkan erittämiseen erikoistunut epiteeli

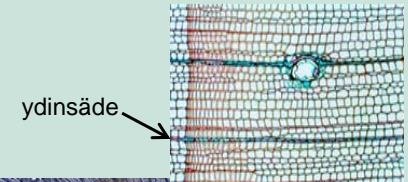


METLA

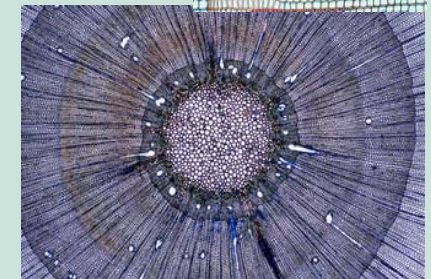
Pekka Saranpää 20.1.2005

## Ydinsäteet

- Ydinsäteet yhdistävät puun ytimen ja pinnan
- Havupuilla ovat yleensä hyvin kapeita



ydinsäde



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Ydinsäteet

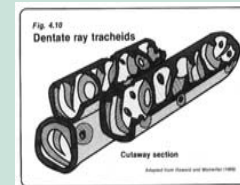
Ydinsäteet *Rays*  
Yksiriviset *Uniseriate*  
Pihkatiehyeelliset *Fusiform rays*  
Homosellulaariset: vain tylppysoluja  
Heterosellulaariset, tylppysolujen lisäksi 1--3 riviä putkisoluja reunoilla  
Hammaspaksunnoksia putkisolujen seinissä: mänty  
Ristikentän huokokset



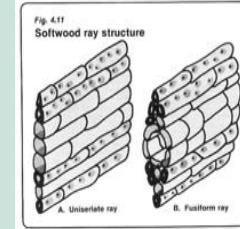
METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

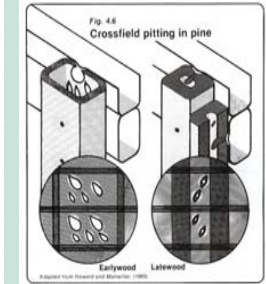
Hammaspaksunnokset putkisolun seinämissä



Yksirivinen ja pihkatiehyeellinen ydinsäde  
Putkisoluja ylä- ja alaosassa



Ristikentän huokokset  
*Cross-field pits*



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Lehtipuut

Putkilon soluja ja puusyitä pituus 0,8-1,0 mm



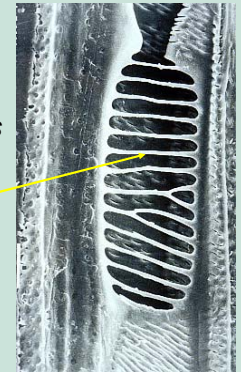
Vuosilustossa voidaan erottaa suuriläpimittaisia putkiloita, jotka ovat solusulautumia.

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Lehtipuut

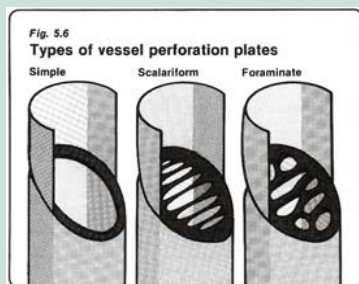
Aukkolevyt *Perforation plates*  
Yksiaukkoiset *Simple perforations* mm. haapa, pajut  
Porrasmaiset, tikapuumaiset *Scalariform perforations*  
*Betula pendula* rauduskoivulla 14 pienaa  
*Betula pubescens* hieskoivulla 21 pienaa



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Lehtipuut

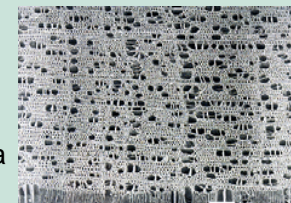


Aukkolevyt *Perforation plates*

Yksiaukkoiset      Tikapuumaist; reiälliset

*Simple perforations*      *Scalariform perforations*

## Lehtipuut



Neljä pääsolutyyppiä:  
putkilot, putkisolut, puusyyt ja  
tylppysolut

Putkisolut, trakeidit eivät yleisiä  
Puusyyt, paksu, voimakkaasti puutunut soluseinä,  
lisäävät puun lujuutta  
Pienet, rakomaiset huokokset



## Lehtipuut



Kehäputkiloinen  
putkiloita ja puusyytä  
0,1--0,4 mm (2 m)

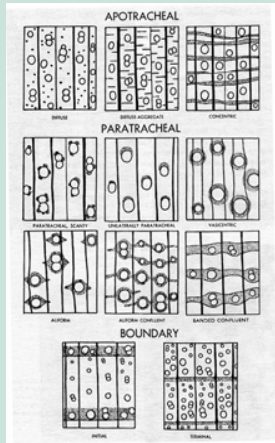
Hajaputkiloiset *Diffuse porous*  
Kehäputkiloiset *Ring porous*  
Suuret kevätpuuputkilot (tammi  
*Quercus*, jalava *Ulmus*, saarni  
*Fraxinus*)

Pienet kesäpuun putkilot

Pitkittäistylppy

Varastosolukkoa (täykkelys,  
rasvat)

Esimerkki puu rakenteen  
monimuotoisuudesta

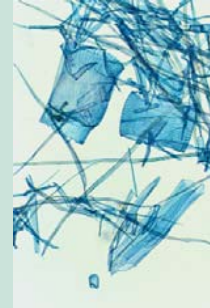


*Chlorophora excelsa*  
Iroko  
*paratracheal*  
*aliform confluent*



*Tectona grandis*  
Teak  
*initial*  
*boundary*  
*parenchyma*

## Ydinsäteet



Vertikaalisysteemi

Vain tylppysolukkoa  
Yksi-, kaksi- ja moniriviset y.s.  
Homogeeniset tai heterogeeniset  
y.s.: reunoilla joko vaaka- ja/tai  
pystysoluja

## Ydinsäteet



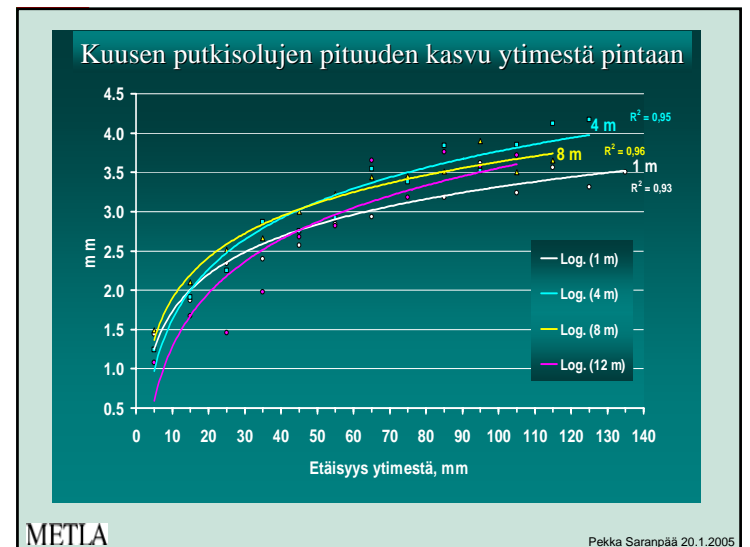
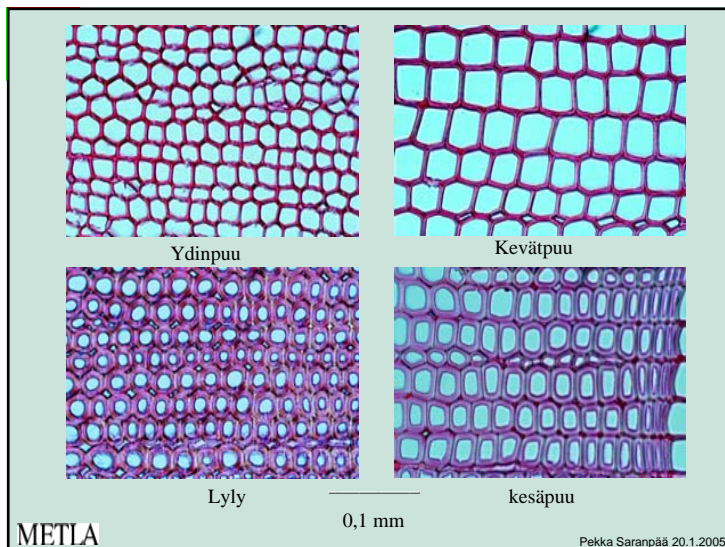
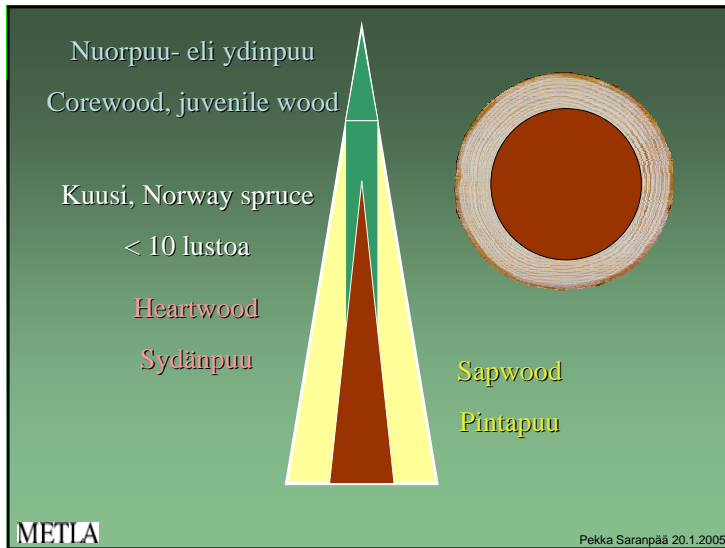
Ydinsäteiden koko vaihteleva  
Tammella suuria, jopa yli 30 solua  
leveitä

Haavalla yksisoluisia  
Tilavuudesta suurempi osuus kuin  
havupuilla koivulla 10--15 %

ONKO PUUN RAKENNE JA  
KEMIALLINEN KOOSTUMUS  
SAMANLAINEN RUNGON ERI OSISSA?

EI!





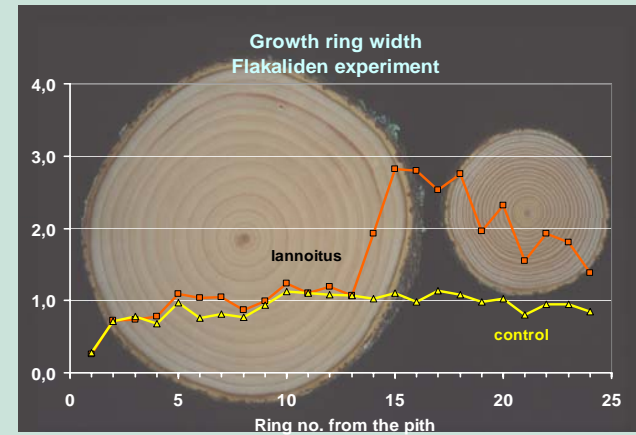
## Vaikuttaako kasvunopeus puun rakenteeseen ja kuitujen ominaisuuksiin?



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Kasvunopeuden vaikutus: lustonleveys

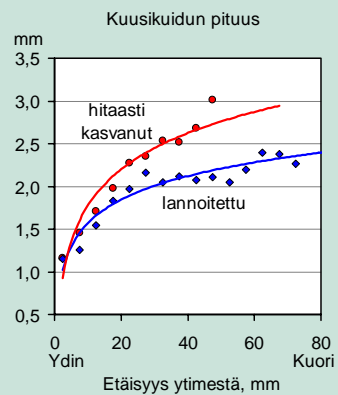


METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Kasvunopeus vaikutus puun rakenteeseen

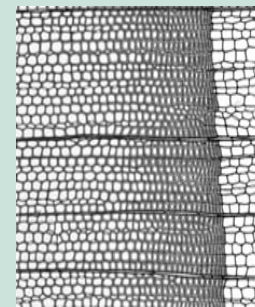
- Kuidun pituus kasvaa voimakkaasti puun iän myötä, ts. lyhyimmät kuidut ovat puun ytimessä
- Voimakas lannoitus lisää kuusen kasvua ja lyhentää kuituja



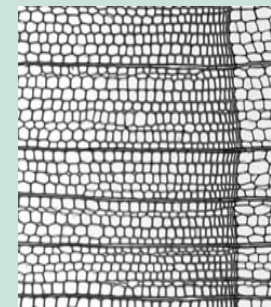
METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

## Poikkileikkaus nähtynä mikroskoopissa



hitaasti kasvanut



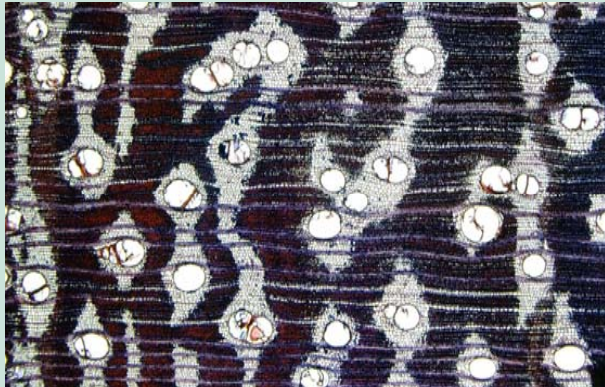
lannoitettu

Kasvunopeuden lisäys vaikuttaa myös kuituseinämän paksuuteen

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Voidaanko puulaji tunnistaa rakenteen avulla?



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Albergan kartanon  
kunnostus aloitettiin v.  
1992



- Rakennutti konsuli Feodor Kiseleff vuonna 1874
- Seinien laudoitus peräisin Havannasta tuoduista raakasokerin kuljetuslaatikoista

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Molemmiin puolin  
rapattu piirurunko



Laudat hyvin leveitä,  
jopa 60 cm,  
punertavia.  
Mahonkia?



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

- Puuaine on väritään kellertävän ruskeaa, ja vuosilustot erottuvat selvästi
- Vaihettuminen kevätpuusta kesäpuuksi on asteittainen

Kyseessä on havupuu!

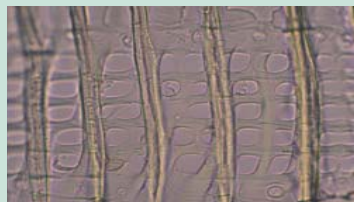
Laudan pinta  
hionnan  
jälkeen



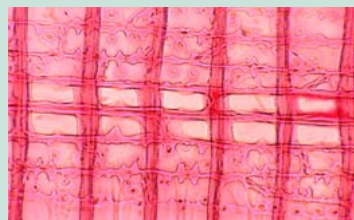
METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Säteen suuntainen leike, jossa näkyy mikroskoopissa huokosten rakenne solujen välillä



Vertailun kohteena metsämänty



METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

Tuntomerkit syötettiin puulajitunnistusohjelmaan, joka antoi kolme vaihtoehtoa:

- *Pinus strobus*
- *Pinus monticola*
- *Pinus lambertiana*

Todennäköisin strobus-mänty eli *Pinus strobus*

METLA

Pekka Saranpää 20.1.2005

