

Energiapuun puristuskuivaus

Laurila, J., Havimo, M. & Lauhanen, R. 2014. Compression drying of energy wood. Fuel Processing Technology.

Tuomas Hakonen, Seinäjoen ammattikorkeakoulu



The European Agricultural Fund
for Rural Development:
Europe investing in rural areas

SeAMK 
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Johdanto – Puun kuivuminen

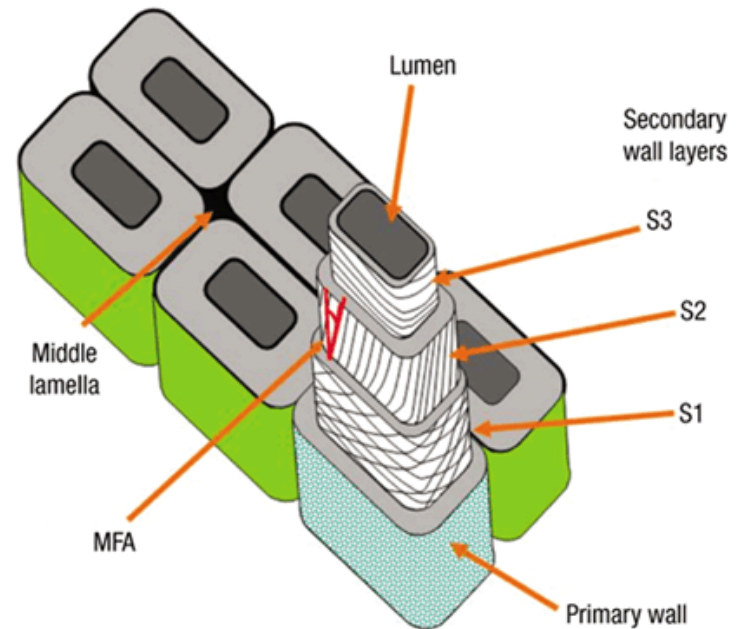
- Puuta voidaan kuivata joko keinollisesti (erilaiset kuivurit) tai luonnonolosuhteita hyödyntäen (aurinko ja tuuli).
- Kuivurin käyttäminen maksaa.
- Luonnonolosuhteita hyödynnettäessä ongelmana ovat kuivumisen hitaus ja heikko lopputulos (useissa kokeissa on havaittu energiapuun kosteuden olevan vuoden kuivumisajan jälkeen yli 40 %).



Halvalle, nopealle ja yksinkertaiselle kuivatusmenetelmälle olisi käyttöä!

Johdanto – Puussa oleva vesi

- Vettä on puussa kahdessa paikassa: soluseinämissä ja soluonteloissa (ns. vapaa vesi).
- Soluseinämissä vesi on tiukasti vetysidoksilla kiinni -> vaikeampi poistaa.
- Vapaa vesi voidaan poistaa puristamalla kunnes solurakenne rikkoutuu.



Puun rakenne (David Kretschmann. 2003. Nature Materials 2, 775 – 776.)

Johdanto – Puussa oleva vesi

- Puun kuivussa ensimmäisenä poistuu soluonteloiden vapaa vesi.
- Tilannetta, jossa soluontelo on tyhjä vedestä, mutta soluseinät ovat vielä täysin veden kyllästämiä, kutsutaan puun syiden kyllästymispisteeksi.
- Puun syiden kyllästymispiste saavutetaan puulajista riippuen yleensä 20 – 25 % kosteudessa.
- Teoriassa puu voidaan kuivata puristamalla puun syiden kyllästymispisteeseen saakka.

Johdanto – Tutkimuksen tavoite

- Tavoitteena selvittää:
 - 1. Kuinka puristusaika ja –voima vaikuttavat puun kosteuteen?
 - 2. Voisiko puristuskuivauksella saada kosteutta alennettua puun syiden kyllästymispisteeseen asti (noin 20 - 25 %)?

Aineisto ja menetelmät - Näytteet

- Näytteet vastakaadetusta männystä, kuusesta ja hieskoivusta.
- Moottorisahan tuottamaa sahanpurua ilman puun kuorta.
- Jokaisessa puristuskuivauskokeessa käytettiin 14 g tuoretta sahanpurua.



Sahanpurua kokeita varten. Kuva: Jussi Laurila.

Aineisto ja menetelmät - Näytteet

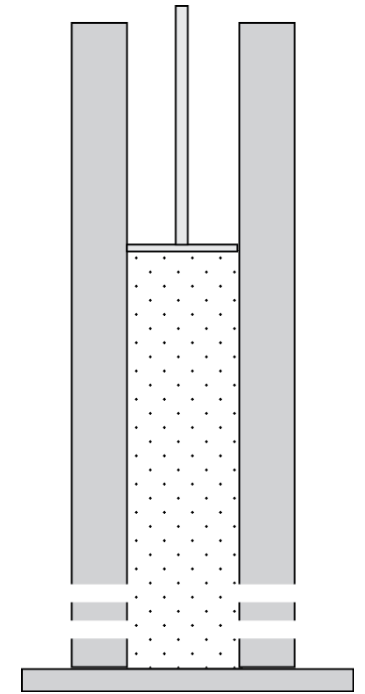
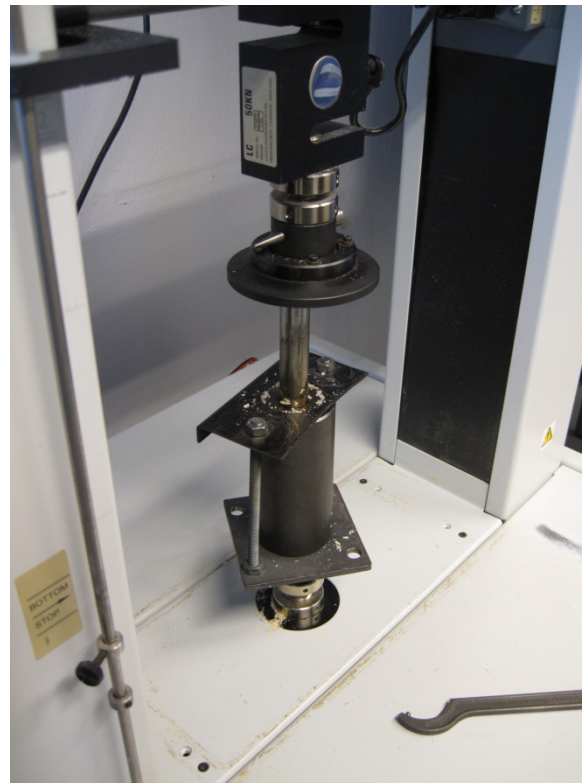
- Sahanpurun partikkelikoko vaihteli 0,5 mm ja 4 mm välillä kaikilla puulajeilla.
- Sahanpurun kosteus ennen puristuskuivausta puulajeittain:
 - Mänty 60 %
 - Kuusi 63 %
 - Hieskoivu 45 %



Kuva: Jussi
Laurila

Aineisto ja menetelmät – Puristuslaite

- Testauksessa käytettiin Lloyds EZ 50 – puristuslaitetta.
- Männän liikkuma matka ja tarvittava voima mitattiin, minkä perusteella laskettiin puristuskuivauksessa tarvittava energia.
- Laitteessa voitiin käyttää puristusvoimaa 0 – 160 MPa ja tarkkuudella 0,5 %.



Puristuslaite. Kuvat: Jussi Laurila

Aineisto ja menetelmät – Puristusvoima ja -aika

- Tutkimuksessa tehtiin 6 hetkellistä ja 3 jatkuvaan pitoon perustuvaa puristuskoetta.
- Hetkellisissä puristuskokeissa puristus vapautettiin heti, kun maksimivoima oli saavutettu.
- Jatkuvissa puristuskokeissa maksimivoima pidettiin 30 tai 60 sekuntia.
- Kaikki testit tehtiin 3 kertaa, joten yhteensä 27 testiä/puulaji.

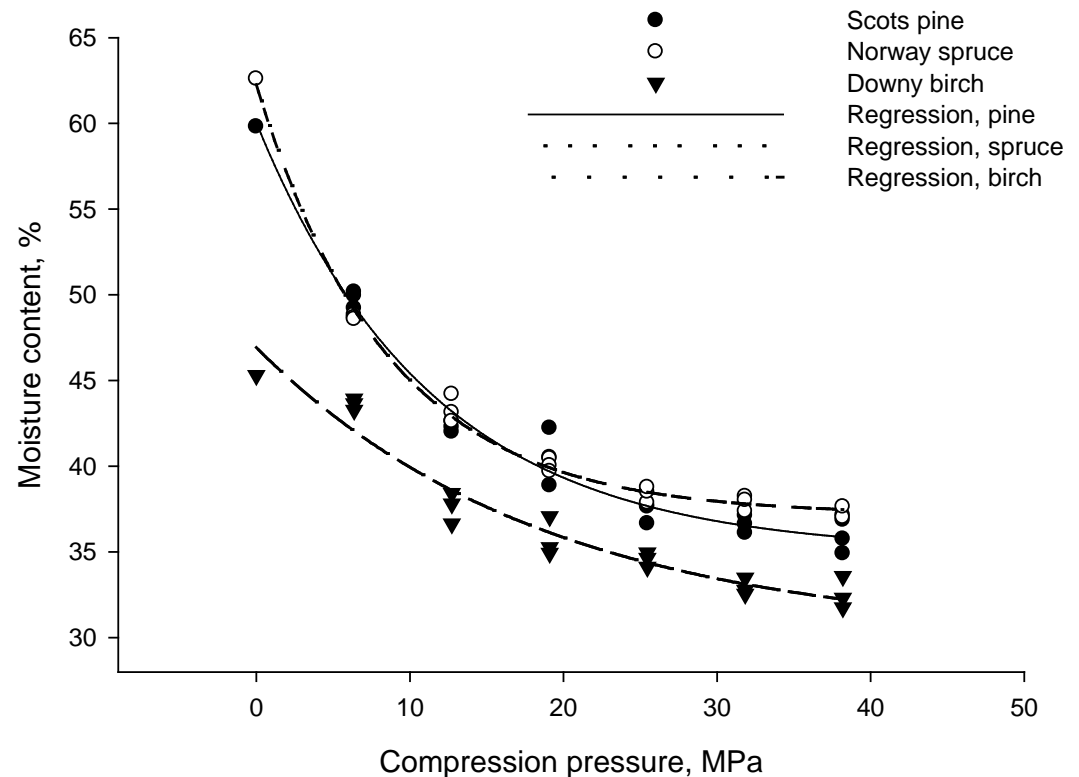
Hetkelliset puristuskokeet			
Testinumero	Puristusvoima, N	Puristusvoima, Mpa	Pitoaika, s
1.	2000	6	0
2.	4000	13	0
3.	6000	19	0
4.	8000	26	0
5.	10000	32	0
6.	12000	38	0

Jatkuvat puristuskokeet			
Testinumero	Puristusvoima, N	Puristusvoima, Mpa	Pitoaika, s
7.	4000	13	30
8.	4000	13	60
9.	12000	38	30

Tehdyt puristuskuivauskokeet.

Tulokset – Hetkelliset puristuskokeet

- Matalin kosteus saatiin koivulle (33 %) 38 Mpa voimalla.
- Havupuut kuivuivat koivua enemmän puristamalla.
- Regressioyhtälöiden selityksasteet välillä 0.93 – 0.99.



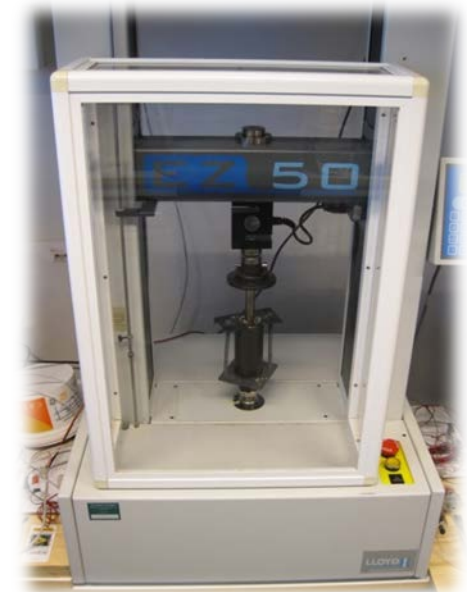
Tulokset – Jatkuvat puristuskokeet

- Jatkuva puristus paransi puun kuivumista 1 – 2 %-yksiköllä verrattuna hetkellisiin puristuskokeisiin.
- Puristusajan nostamisella 30 sekunnista 60 sekuntiin oli vain marginaalinen merkitys kuivumiseen.
- Matalimmat kosteudet kaikille puulajeille saatiin 38 MPa voimalla ja 30 sekunnin pitoajalla.

Puulajit	Kosteus, %				
	Alkuperäinen	13 Mpa		38 Mpa	
		0 sekuntia	30 sekuntia	0 sekuntia	30 sekuntia
Mänty	60	42	41	36	34
Kuusi	63	43	41	37	35
Hieskoivu	45	38	37	33	30

Tulokset – Puristuskuivauksen energiankulutus

- Puristuskuivauksen energiankulutus laskettiin männän kulkeman matkan ja sen liikuttamiseen tarvittavan voiman perusteella.
- Puristuskuivaukseen tarvittavat puulajikohtaiset energiamäärät:
 - Mänty 11 kJ/kg
 - Kuusi 9.7 kJ/kg
 - Koivu 41 kJ/kg
- Energian kulutus laskettiin keskiarvona kaikista puristuskokeista.
- Nämä ovat teoreettisia arvoja, koska laskenta ei huomioi männän liikuttamiseen käytettävän sähkömoottorin hyötysuhdetta.



Kuva: Jussi Laurila

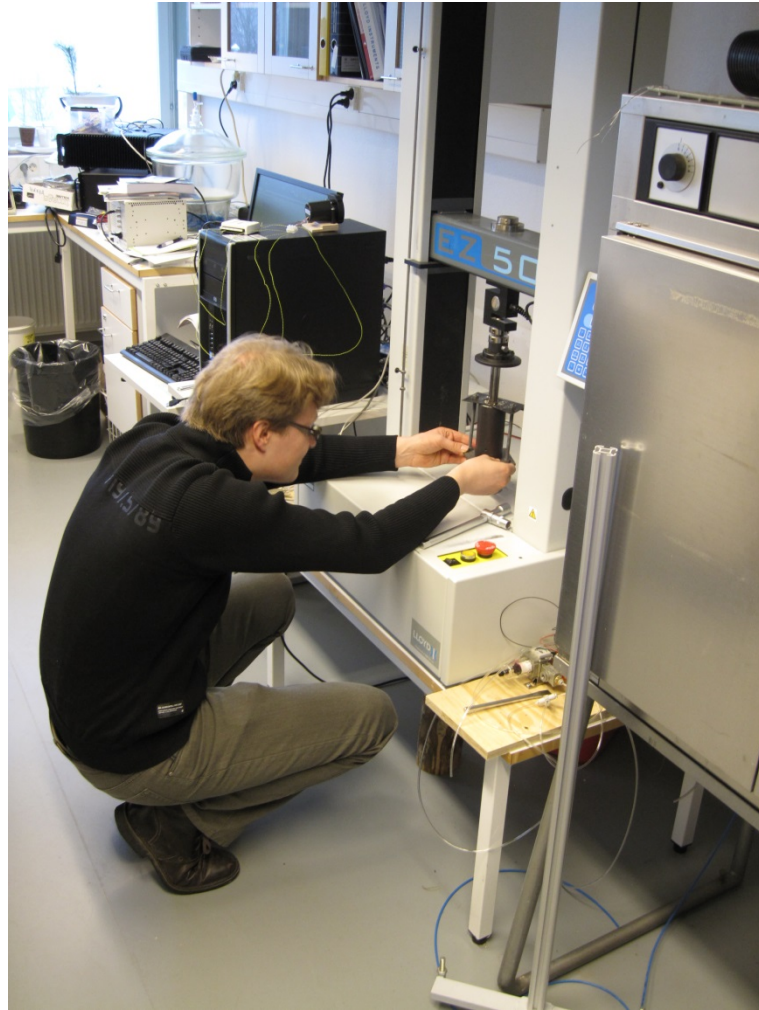
Tulokset – Puristuskuivauksen energiankulutus

- Puristuskuivauksen vaatima energia verrattuna veden höyrystämiseen tarvittavaan energiaan:
 - Mänty 0,5 %
 - Kuusi 0,4 %
 - Koivu 1,8 %

- Puun syiden kyllästymispisteen kosteutta ei saavutettu tässä tutkimuksessa.
- Kuivumiseen vaikutti pääasiassa puristusvoima.
- Puristusvoiman nostaminen lisäsi puun kuivumista merkittävästi 30 MPa tasolle asti.
- Puristusajan nostaminen 0 sekunnista (hetkellinen puristus) 30 sekuntiin (jatkuva puristus) lisäsi kuivumista vain 1 – 2 %-yksikköä.
- Pitoajan tuplaamisella 30 sekunnista 60 sekuntiin ei ollut vaikutusta kuivumiseen.

Johtopäätökset

- Havupuut reagoivat puristuskuivaukseen samalla tavoin.
- Samoihin kuivumistuloksiin pääsemiseksi oli hieskoivun puristamiseen käytettävä enemmän energiaa kuin havupuiden puristamiseen.
- Puristuskuivaus on nopea ja tehokas menetelmä puun kuivaamiseen.
- Puristuskuivauksessa tarvittava energiamäärä on murto-osa energiamäärästä , joka tarvitaan saman kosteuden haihduttamiseen lämpöenergiaa hyödyntäen.
- Suuren mittakaavan puristuskuivauslaitteiden kehittämistä ja testaamista tarvitaan.



Kiitos!