

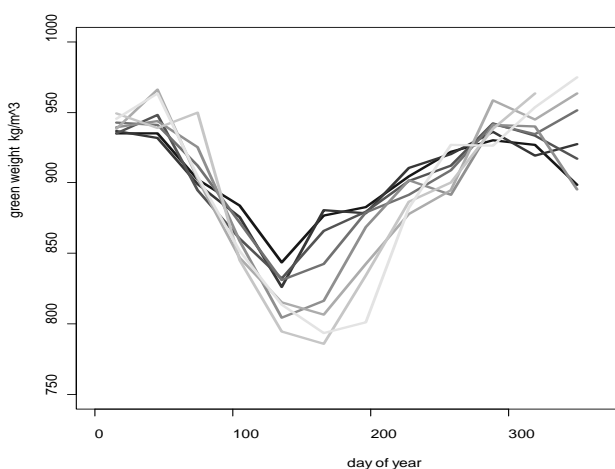
METSÄENERGIA

ENERGIAPUUN LAATU JA MITTAUS

Kuitupuun ja karsitun energiarangan kosteusvaihtelun mallintaminen puunhankinnan aikana

Metsäbiomateriaalien raaka-aineominaisuudet ja mittaus -osahankkeen yhtenä tavoitteena on kehittää kuitu- ja energiapuun kuivumisen mallintamista eri vuodenaikoina ja eri osissa Suomea. Kuitu- ja energiapuun kosteuden tunteminen on yksi merkittävimmistä laatuun vaikuttavista tekijöistä; kuitupuun liiallinen kuivuminen aiheuttaa ongelmia raaka-aineen laadussa, kun taas energiapuulla pyritään mahdollisimman alhaiseen kosteuteen energiasisällön maksimoimiseksi.

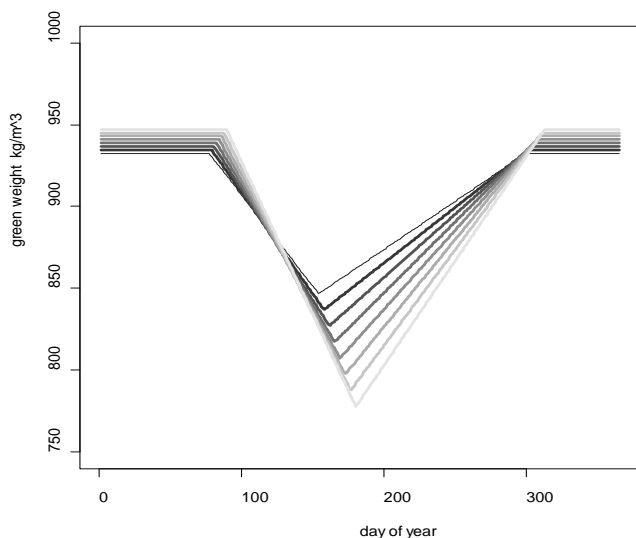
Tutkimuksessa hyödynnettiin puutavaralajien valtakunnallisten tuoretiheyslukujen päivityksessä käytettyä tutkimusaineistoa, josta käytettiin tässä tutkimuksessa 27 595 tuoretiheyshavaintoa (kg/m^3). Havainnoista tunnettiin alkuperä kuntatasolla, hakkuuajankohta ja tuoretiheyden määritysajankohta tehdasmittauksessa. Suurin osa havainnoista oli Etelä-Suomesta ja koostui männystä. Aineisto jaettiin kuivumisajan mukaan 8 luokkaan (Kuva 1).



Kuva 1. 0-8 viikkoa varastoitujen mäntyerien tuoretiheys. (0 viikkoa=musta - 8 viikkoa= vaalea).

Energia- ja kuitupuun kosteuden määrittäminen ja ennustaminen oikein on tärkeää hankintaprosessin ja käytännön hallitsemiseksi. Ideaalitapauksessa puutavaravaraston laatu, sijainti, koko ja kosteus tunnetaan riittävällä luotettavuudella, jolloin sen käyttö voidaan optimoida. Energiapuun tapauksessa on kiinnostavaa varaston energiasisältö (MJ/t).

Mäntyaineiston ($N=16\ 353$) tuoretiheyden kehitystä kuvattiin paloittaisella lineaarisella regressiomallilla, jossa vuosi jaettiin kolmeen jaksoon, jotka alkavat kohdissa t_1 , t_2 ja t_3 . Puun kuivuminen alkaa maaliskuussa (t_1), kosteus alkaa kohota uudelleen heinäkuussa (t_2), kunnes kosteuden muutos tasaantuu marraskuussa (t_3) ja pysyy vakiona kevääseen asti. Kuvassa 2 on esitetty mallilla ennustettujen 0-8 viikkoa varastoitujen puuerien tuoretiheyden kehitys ($R^2=0,52$).



Kuva 2. Regressiomallilla ennustetut tuoreiheyden arvot 0-8 viikkoa varastoiduille puerille. (0 =musta - 8 viikkoa = vaalea).

Mallin perusmuoto:

$$\alpha + \beta \frac{(t - t_i)}{(t_{i+1} - t_i)} \quad \text{missä}$$

t = puutavaraerän mittauspäivä vuoden alusta,
 t_i = sen jakson alkuhetki johon t kuuluu,
 t_{i+1} = jakson loppuhetki,
 α = tuoreiheyden arvo jakson alussa,
 β = muutos tuoreiheydessä jakson loppuun.

Koska tuoreiheyden taso vuodenvaihteessa on sama ja sen ei oleteta muuttuvan talvella, malli yksinkertaistuu muotoon:

$$\begin{aligned} &a, \text{ kun } -1 < t < t_1 \\ &a + b \frac{(t - t_1)}{(t_2 - t_1)}, \text{ kun } t_1 < t < t_2 \\ &a + b - b \frac{(t - t_2)}{(t_3 - t_2)}, \text{ kun } t_2 < t < t_3 \\ &a, \text{ kun } t_3 < t < 366 \text{ päivää} \end{aligned}$$

missä a = tuoreiheyden taso talvella, b = muutos tuoreiheydessä kesän alimpaan kohtaan

Varastointiaika lisätään parametreihin t_{1-0} , t_{2-0} , t_{3-0} , α_0 and b_0 (parametrit kaatotuoreelle puulle) siten että varastointiaika päivinä on s ja c_i ovat kertoimet sille paljonko parametrit muuttuvat yhden varastointipäivän aikana. Tällöin malli on:

$$t_{i-0} + c_i * s$$

| Parameter | Estimate | Std.Error | T-value | Sig. |
|-----------|----------|-----------|---------|------|
| $t1$ | 77.221 | 3.394 | 22.75 | * |
| $t2$ | 154.060 | 3.373 | 45.67 | * |
| $t3$ | 300.154 | 5.127 | 58.54 | * |
| $a1$ | 932.579 | 1.267 | 735.85 | * |
| $b1$ | -85.829 | 3.045 | -28.18 | * |
| $c1$ | 0.2500 | 0.05799 | 4.311 | * |
| $c2$ | 0.5333 | 0.03856 | 13.832 | * |
| $c3$ | 0.26215 | 0.07551 | 3.472 | * |
| $c4$ | 0.29659 | 0.03429 | 8.65 | * |
| $c5$ | -1.7054 | 0.06479 | -26.321 | * |

* Kaikki parametrit olivat merkitseviä p-arvoilla $< 0,001$

Mallia voidaan käyttää kuitu- ja energiapuun kosteuden kehityksen arvioimiseen ja taustatietona mallinnuksen edelleen kehittämiseen.

Tähän asti virallisissa ohjeissa kuitupuulle on ollut kaksi tuoreiheysluokkaa ja energiapuulle neljä. Tavoitteena on jatkuva kosteuden ennustaminen

Tuoreiheysaineistoon tullaan seuraavaksi liittämään Ilmatieteen laitoksen sääaineistoja aktuaalisen haihdunnan määrittämiseen kuntatasolla ja pyritään edelleen tarkempaan kuitu- ja energiapuun kosteuden ennustamiseen ja hallintaan puunhankinnan eri vaiheissa.