

# Puun käytön substituutiovaikutukset

Jyri Seppälä, Tuomas Mattila, Sirkka Koskela, Tanja Myllyviita, Natasha Järvi, Timo Pukkala, Judl Jachym, Antti Kilpeläinen, Elias Hurmekoski ja Pekka Leskinen

**FORBIO-hankkeen puoliväliseminaariin 25.10.2017, Sokos Hotelli  
Vantaa**



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE



# Lähtökohdat

- Puun käytön hyväksyttävyyden ja kestävyyskannalta on olennaista
  - työllisyys, arvonlisäys, (taloudellinen hyöty paikallisille, työolosuhteet)
  - vaikutukset ilmastoon, luonnon monimuotoisuuteen, vesistöihin, virkistyskäyttöön, marja- ja sienisatoon, terveyteen
- Ilmastonmuutoksen hillinnän kiireellisyys → puun käytön hyväksyttävyydessä korostuu ilmastokestävyys -> puun käytöllä korvaavan fossiilisperäisiä raaka-aineita tuotteiden valmistuksessa ja energian tuotannossa
- Esityksessä rajoitetaan ilmastovaikutuksiin – periaatteessa vastaavaa pohdiskelua voi tehdä kaikille eri hyväksyttävyyden ulottuvuuksille

# Puun käytön substituutiovaikutukset

- Lähtökohta: puutuote tai –energia korvaa vastaavan toiminnallisuuden tarjoavan kilpailevan tuotteen tai –energian (jonka puusisältö on puutuotetta tai –energiaa vähäisempi)

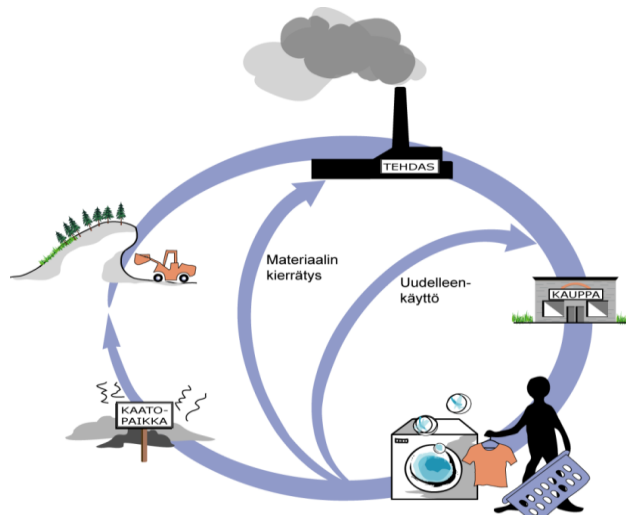
$$DF = \frac{GHG_{\text{non-wood}} - GHG_{\text{wood}}}{WU_{\text{wood}} - WU_{\text{non-wood}}}$$

- Sathre ja O'Connor 2010:

missä DF = displacement factor, GHG = elinkaariaikaiset KHK-päästöt C:nä ,  
WU= käytetty puumäärä C:nä

Kuinka paljon puun käytön hiilitonnilla vältetään ilmakehään fossiilisperäistä hiiltä?

Jos  $DF > 0$ , niin puutuote tai –energia aiheuttaa vähemmän fossiilisperäistä hiiltä ilmakehään



Kuva: Erika Varkojnyi, SYKE

# Esimerkkinä energiakäyttö

- Jos puuenergia (hake) korvaa raskaan öljyn käyttöä lämmityksessä => **DF = 0,6**
- 1 C tonni haketta: vältetty C ilmakehään 600 kg => **2200 kg CO<sub>2</sub> (fos)**

# Substituutiovaikutuksen arviointi

- **Substituutiovaikutus {metsän hiilitasemuutos, teknosysteemin kasvihuonekaasupäästöt, aika}**
  - Seurataan samanaikaisesti metsäekosysteemin ja teknosysteemin hiilitasetta ajan suhteen
    - C:n sitoutuminen ilmakehästä ja vapautuminen ilmakehään
  - Seurataan myös muita kasvihuonekaasupäästöjä
- **Metsäekosysteemin hiilitaseen seurantaan omat simulointimallinsa**, esim. Mela, Sima, Monsu
- **DF** kuvaa teknosysteemin ilmiöitä, joihin pitää erikseen tuoda tieto **tuotteiden käyttöistä** -
  - käytännössä tuotteiden puoliutumisaika  
(IPCC 2015: paperi ja muovi 6 v, sahatavara 35 v)
  - tuotteessa olevan C:n vapautuminen (poltto, hajoaminen) tai varastoinnin jatko käyttöään lopussa (uudelleen käyttö, kierrätys; kaskadikäyttö)

# Esimerkkinä energiakäyttö

- Jos puuenergia (hake) korvaa raskaan öljyn käyttöä lämmityksessä => **DF = 0,6**
  - 1 tonni C haketta: vältetty C ilmakehään 600 kg => **2200 kg CO<sub>2</sub> (fos)**
- 
- Hakkeen poltto vapauttaa vastaavasti **3667 kg CO<sub>2</sub> (bio)**
  - Ilmakehään välittömästi enemmän CO<sub>2</sub> -päästöjä  
 $3667 - 2200 = 1447 \text{ kg}$
  - Kysymys: **milloin uusi kasvu on sitonut tuon CO<sub>2</sub>-erotuksen verran puuta?**

- Puun energiakäytön DF noin 0,8 (0,5-1,0) kun korvataan keskimääräistä fossiilista polttoainetta
- Käytännössä tällä DF-kertoimella lisätään ilmakehän päästöjä vielä ainakin keskipitkällä aikavälillä 50 -100 vuotta, kenties pitempääkin
  - hakkuiden seurauksena tapahtuu selvästi suurempi nieluhäviö kuin mitä saadaan puuta teknosysteemiin (Mela-malli: 1,5-2 kertainen häviö vuosikymmeniksi eteenpäin)

# Puun käytön DF-kertoimien määrittämisessä vertailevilla tuotteilla tai energioilla oltava sama toiminnallinen yksikkö

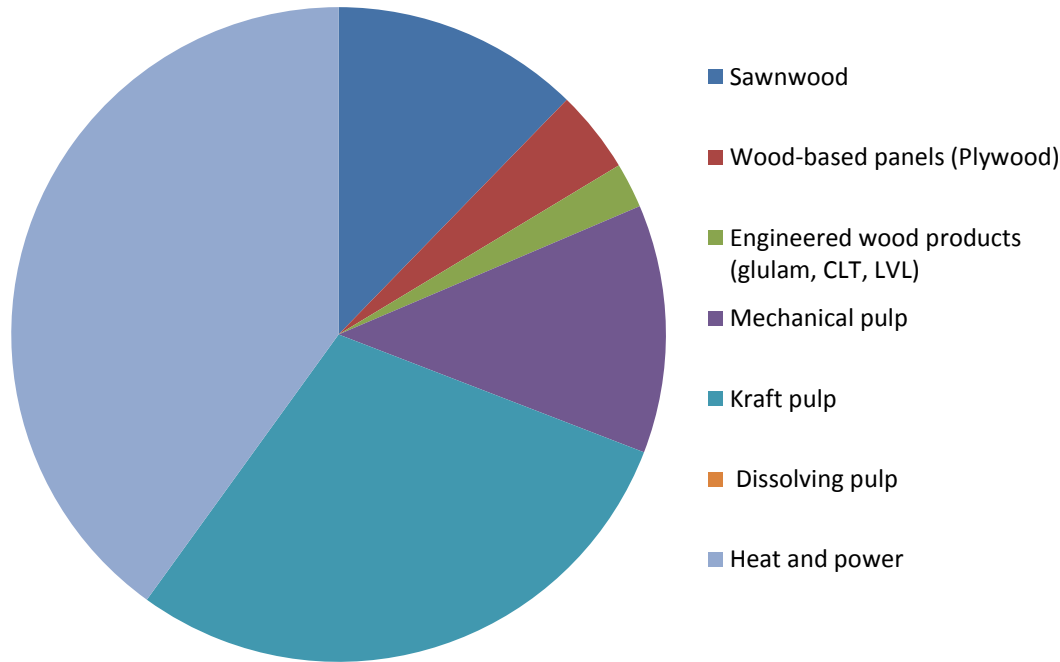
- 1 kg puuta ei korvaa 1 kg muovia, betonia tai terästä
- Vaikka tuotteilla on sama toiminnallisuus, niin vertailevien tuotteiden käyttöiällä saattaa olla suuria eroja – otettava huomioon laskennassa

## Puun käytön DF-kertoimen pilkkominen osa-alueiksi – päästöjen ajoittuminen eri hetkeen

- Tuotantovaihe  $DF_P$  – raaka-aineen hankinnasta tehtaan portille
- Tuotteen käyttö  $DF_U$  - tuotteiden käyttöiän vaikutukset (vrt. yllä)
- Tuotteen hylkäys  $DF_{Eof}$  (End of life) – poltto, kaatopaikkasijoitus
- Puun kaskadikäyttö  $DF_{CA}$  – voidaan sisällyttää  $DF_P$ :hen ja  $DF_U$ :hun

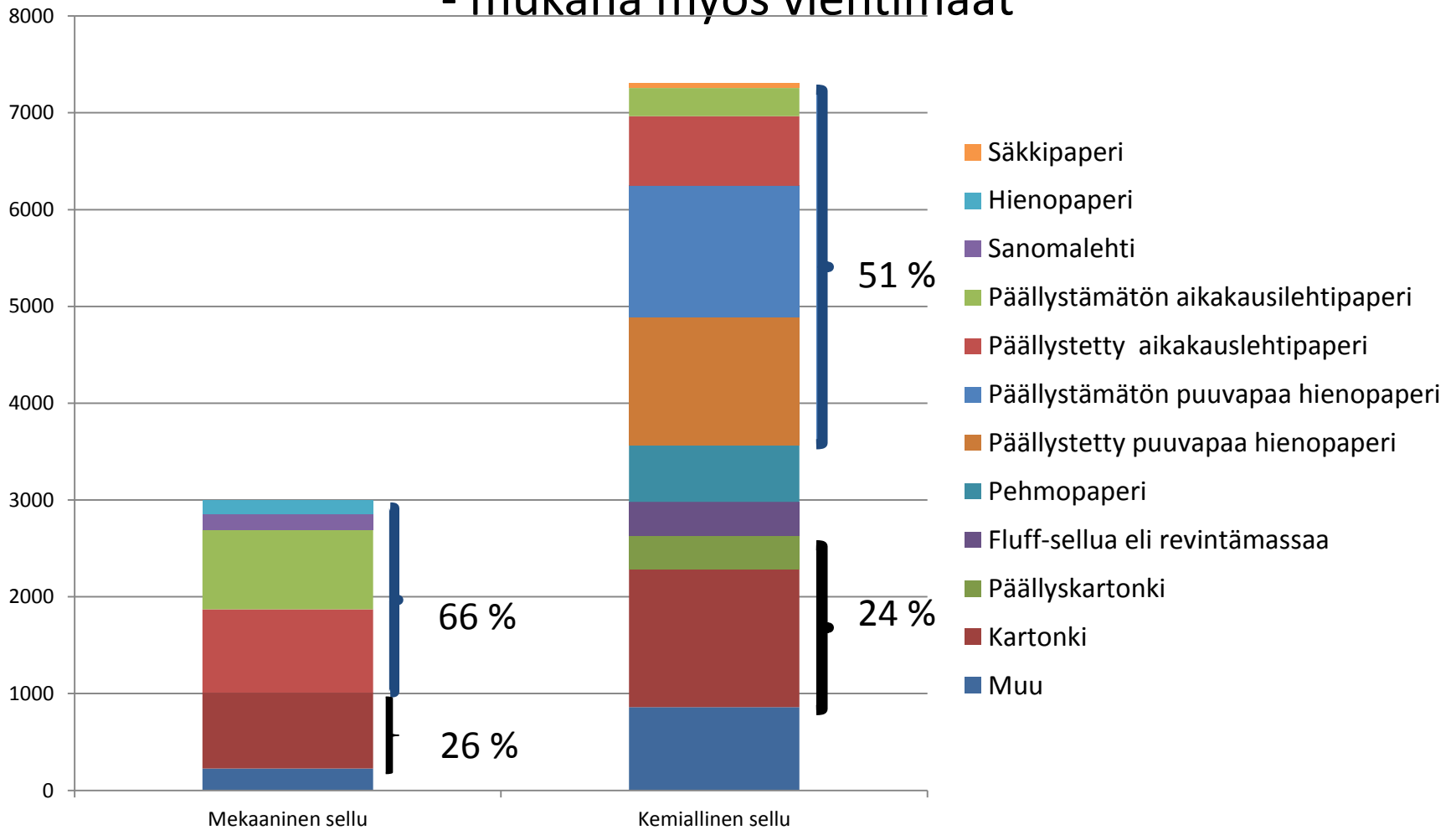


# FORBIO: koko metsäteollisuuden tuotteiden substituutiovaikutuksen arvioinnin lähtökohtana - millä volyymillä mitäkin tuotetta tehdään



Kotimaisen tukki- ja ainespuun (56 milj. m<sup>3</sup>) käyttö 2014  
Lisäksi 9 milj. m<sup>3</sup> runkopuuta energian tuotantoon

# Suomessa valmistetun sellun käyttö (t) vuonna 2013 - mukana myös vientimaat



# Kartongin DF

- Enimmillään noin 25 % Suomesta valmistelusta sellusta (kartonki, päällyskartonki) korvaa muovia
- Kartongin ja muovin  $DF_P$  vaihtelee suuresti (esim. -0,9 - +1,3) oletuksista riippuen
- Kiertotalous tulee tehostamaan enemmän muovin kierrätyshyötyjä (nykyinen kierrätysprosentti vähäinen) kuin kartongin
- End of life –tilanteessa kartongin  $DF_{EoL} < 0,8$

# Paperin DF

- Elektroniset lukulaitteet vs. paperi  $DF_P + DF_U$ ?

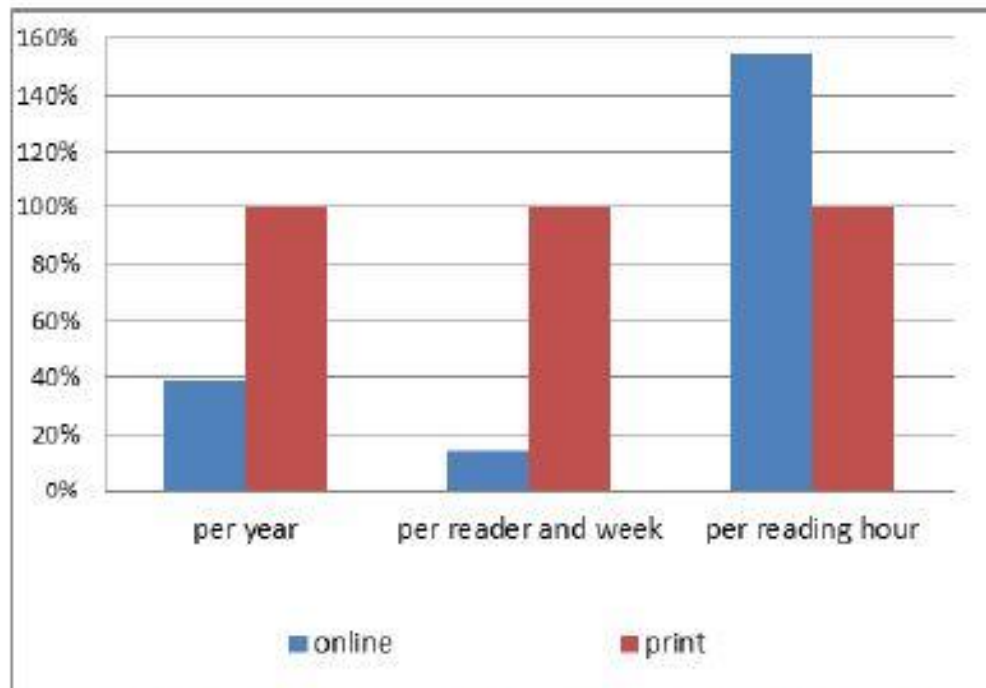


Figure 5. Carbon footprint of printed Kauppalehti and Kauppalehti.fi per year, per reader&week, and per reading hour. Printed version set to 100%. ("Per year" corresponds to 99,7 hrs of reading printed version and 9,5 hrs of reading online version; "per reader and week" corresponds to 115 min of reading printed version and 11 min of reading online version)

Kuva: Arushanyan ym. 2014

- $DF_{EoL}$ , paperijäte korvaa fossiilista polttoainetta  $< 0,8$

# Puun käytön DF rakentamisessa

- Sathre ja O'Connorin (2010) meta-analyysi puun käytöstä rakentamisessa:  $DF_P + DF_U$  vaihtelee -2,3 – + 15; keskimäärin 2,1
- Puurakentamisessa volyymituotteet ovat sahatavara, puupalkit ja pilarit, liimapuu, kertapuu, CLT, lastulevy, vaneri ja kuitulevy; mitkä ovat oikeat ei-puupohjaiset tuoteparit näille? Kuinka paljon puu korvaa nyt ja tulevaisuudessa betonia ja terästä?
- Saman toiminnallisuuden takaavat puu- ja betonitalo vertailtavaksi: VTT (Vares ym. 2017) puutalot vs. betonitalo  $\Rightarrow DF_P + DF_U =$   
**0,44 - 0,98** (vaihteluväli)

- Rakentamiskäytössä puun hiilisisältö vapautuu vasta vuosikymmenien kuluessa (metsäekosysteemissä hiilitasehyötyjä, uusi puu ehtii kasvaa) – vrt. ero suora energiankäyttö
  - mutta aiheuttaa hakkuiden yhteydessä nieluhäviöitä (vrt. Mela-malli 1,5-2 kertainen häviö)
- End of Life -tilanteessa lisäksi polton seurauksena fossiilisten polttoaineiden korvaushyötyjä, mutta korvaushyödyt tulevat vasta vuosikymmenien kuluttua jolloin puuenergian  $DF_{EoL}$  huomattavasti pienempi kuin 0,8 (energiatuotanto kulkee kohti päästöttömyyttä)
- Systemivaikutus: noin puolet rakennuspuun raaka-aineesta kuitenkin välitörmättömästi polttoon  $DF_p < 0,8$ ; (jos purusta voitaisiin tehdä tuotteita, joissa hiili säilyisi pitkään ennen polttoa, niin kokonaisuus vieläkin parempi puurakentamisen ilmastovaikutuksille lyhyellä aikavälillä)
- **Rakentamiskäytössä suurimmat substituutiohyödyt nykyisissä volyymituotteissa**

# Substituutiopotentiaalista

- Liikennepolttoaineet alle  $DF_P < 0,5$
- Uudet sellupohjaiset tuotteet ?
  - nanosellu korvaamaan terästä, suuri DF?
- Esimerkkejä LCA-tietokannoista (Ecoinvent)
  - selluvilla – kivivilla  $DF_P = 3,5$
  - tekstiilit; viskoosi – puuvilla  $DF_P = 1,3-3,1$

# Tulevaisuuden trendejä

- Energiatuotannon päästöt vähenevät nopeasti lähivuosisikymmeninä -> puun energiakäytön substituutiohyödyt pienentyvät
  - esim. kun – 80 % päästövähennys energiatuotannossa selluvilla – lasivilla  $DF_P = 2,1$  (nyt 5,5)
- Mitä puu korvaa tulevaisuudessa?
- Kilpailevat tuotteet paranantavat myös hiilijalanjälkeään
- Kiertotalous muuttaa myös puun ja muiden materiaalien keskinäistä hiilijalanjälkitulosta



# Lopuksi

- FORBIO-hankkeessa simuloidaan metsäteollisuuden ilmastonäkökulmat MONSUMallilla (Timo Pukkala, ISY) eri puun käyttöskenaarioilla (nykytila, 2030, 2050, 2100; EFI)
- Kestävällä metsäbiotaloudella on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä jos markkinoille saadaan isolla volyymilla ilmaston kannalta parhaat tuotteet

# Kirjallisuutta

- Arushanyan, Y., Moberg, Å, Nors, M., Hohental, C., Pihkola, H. 2014. Environmental Assessment of E-media Solutions. 2nd International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2014).
- Sathre, R., O'Connor, J. 2010. Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. Environmental Science & Policy 13: 104-114.