



# METSÄENERGIA

## Metsäenergian elinkaariarviointi Elinkaarityökalun käyttö metsäenergian tuotannon ilmastovaikutuksen arvioinnissa

Osahankkeessa B on kehitetty elinkaarityökalu, jonka avulla voidaan seurata ja arvioida integroidun metsäenergian ja puuntuotannon hiilitasetta koko metsänkasvatuksen ajalta alkaen aina taimituotannosta loppuen tehtaan, sahan tai voimalaitoksen portille.

Elinkaarityökalussa on yhdistetty ekosysteemimalli (Sima) ja päästölaskentatyökalu. Ekosysteemimallilla voidaan seurata metsäekosysteemin vasteita eri metsänhoitotapoihin ja erilaisiin ilmasto-olosuhteisiin. Mallin tulokset antavat tietoa mm. metsän kasvusta ja hakkuukertymistä. Näiden lisäksi mallilla voidaan simuloida myös maaperässä tapahtuvaa karikkeen ja humuksen hajoamista. Yhdistämällä ekosysteemiin sitoutuva ja sieltä hajoava hiili (CO<sub>2</sub>) esimerkiksi kiertoajan yli päästään ekosysteemin hiilitaseeseen. Tämä tase kertoo siis sen, toimiiko metsäekosysteemi vuosittain hiilen nieluna vai lähteenä.

Hankkeessa kehitetty päästölaskentatyökalu toimii sellaisenaan, jos halutaan arvioida esim. metsätuotannon korjuun ja kuljetuksen hiilipäästöjä. Laskentaan tarvitaan korjatun metsäenergian tai ainespuun määrä. Kuitenkin suurin hyöty työkalusta saadaan, kun se integroidaan ekosysteemimallin yhteyteen. Näin metsänkasvatuksessa käytettyjen korjuumenetelmien, kuljetuksien ja haketuksen päästöt tulevat huomioiduksi koko metsikön kiertoajalta ja näitä voidaan vertailla esimerkiksi eri metsänkasvatusmenetelmien kesken.

Ekosysteemimallin ja päästölaskentatyökalun lisäksi elinkaarityökalu sisältää myös korjatun ainespuun teoreettisen hajoamisen ajan suhteen eli sen, miten kauan kuitu- ja tukkipuu toimivat hiilen varastona, kunnes niiden sitoma hiili on takaisin ilmakehässä. Ekosysteemin nettohiilitaseen laskeminen voidaan esittää seuraavassa muodossa:

$$C_{net} = C_{seq} + C_{man} + C_{decomp} + C_{harv}$$

Yhtälössä hiilen sitominen saa negatiivisen arvon ja hajoaminen/päästö ilmakehään positiivisen arvon.  $C_{seq}$  on hiilen sitoutuminen biomassaan (maan alle ja päälle),  $C_{man}$  päästölaskentatyökalulla lasketut päästöt,  $C_{decomp}$  karikkeen ja humuksen hajoaminen ja  $C_{harv}$  metsäenergian poltto ja/tai ainespuun (kuitu ja tukki) hajoaminen.

Metsätuotannon hiilitaselaskennassa on otettava tuotetun biomassan lisäksi mukaan myös muut ekosysteemin hiilen virrat.

Eri metsänhoitomenetelmien ja energiapuun korjuutapojen nettoilmastovaikutuksia voidaan näin vertailla keskenään.

Tämä mahdollistaa myös metsäenergian polton hiilitasevaikutuksien laskennan.

### Lisätietoja:

Seppo Kellomäki  
Itä-Suomen Yliopisto  
Metsätieteiden osasto  
etunimi.sukunimi@uef.fi

Antti Kilpeläinen  
Itä-Suomen Yliopisto  
Metsätieteiden osasto  
etunimi.sukunimi@uef.fi

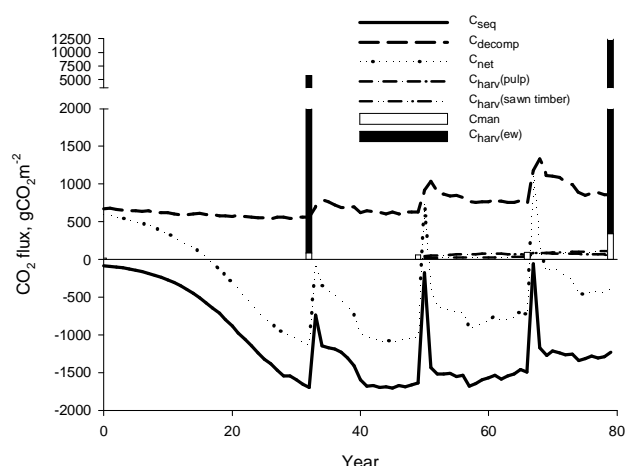
Vipuvoimaa  
EU:lta

2007-2013



Euroopan unioni  
Euroopan sosiaalirahasto

Seuraavassa esimerkkituloksessa on esitetty edellisen sivun yhtälön komponentit eteläsuomalaisessa kuusikossa, jonka kehitystä on simuloitu yksi 80-vuoden kiertoaika. Energiapuu on korjattu energiapuuharvennukselta (kokopuukorjuu) ja päätehakkuulta (hakkuutähteet, kannot ja juuret) (Kuva 1.)



Kuva 1.  
Metsikön  
hiilen virrat.

Tämän ekosysteemin hiilitasetarkastelun esimerkkituloksen perusteella on laskettu metsäenergian tuottamisen hiilidioksidipäästö yhtä MWh:a kohti (Taulukko 1). Laskenta lähtee ekosysteemin taseesta, joka on  $C_{seq}$ :n ja  $C_{decomp}$ :n erotuksen keskiarvo 80 vuoden kiertoaajan yli. Tähän lukuun on lisätty korjuussa ja kuljetuksessa syntyneet päästöt. Sen jälkeen tästä taseesta on kohdennettu metsäenergialle 41% esimerkksimuloinnissa korjatun metsäenergian ja koko kiertoaikana korjatun biomassan suhteen perusteella. Näin saatuun taseeseen lisätään korjatun metsäenergian polton aiheuttama päästö. Tämä tase on polton jälkeinen tase ja kun tämä kohdennetaan tuotettua energiamäärää kohden (oletuksen että puusta saadaan energiaa 3.2 MWh/tn), saadaan metsäenergian tuottama hiilidioksidipäästö 80 vuoden kiertoajalta metsäekosysteemin taseeseen perustuen.

Taulukko 1. Metsäenergian hiilitaselaskentaesimerkki.

Kuusi, Etelä-Suomi, kiertoaika 80v		
Ekosysteemin tase ilman polttoa	-387	$gCO_2 m^{-2} a^{-1}$
Korjuun ja kuljetuksen päästöt	7	$gCO_2 m^{-2} a^{-1}$
Korjatun energiapuun osuus (41%) taseesta	-156	$gCO_2 m^{-2} a^{-1}$
Poltossa vapautuu	222	$gCO_2 m^{-2} a^{-1}$
Tase korjuun, kuljetuksen ja polton jälkeen	66	$gCO_2 m^{-2} a^{-1}$
Metsäenergian päästö	173	$kgCO_2 MWh^{-1}$

METSÄENERGIA - Osahanke B, Metsäbiomateriaalien tuotanto ja tuotannon ympäristövaikutusten hallinta  
Osahankkeen johtaja Prof. Seppo Kellomäki, etunimi.sukunimi@uef.fi