

**Puuntuotannon, puunkorjuun ja
kaukokuljetuksen energian ja
käyttöaineiden kulutuksen sekä
päästöjen laskentamenetelmä**

Jouko Örn

Puuntuotannon, puunkorjuun ja kaukokuljetuksen energian ja käyttöaineiden kulutuksen sekä päästöjen laskentamenetelmä

Jouko Örn

Metsätehon raportti 124
21.11.2001

Konsortiohanke: A. Ahlström Osakeyhtiö, Koskitukki Oy, Kuhmo Oy,
Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Metsä-
teollisuus ry, Pölkky Oy, Stora Enso Oyj, UPM-
Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy ja Visuvesi Oy.

Asiasanat: polttoaineet, energia, päästöt, ympäristöraportointi,
elinkaartilaskenta

© Metsäteho Oy

Helsinki 2001

SISÄLLYS

| | |
|--|-----------|
| ALKUSANAT | 4 |
| TIIVISTELMÄ | 5 |
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 LASKENTAMENETELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA | 7 |
| 3 MALLILASKELMA JA SEN TULOSTEN TARKASTELU | 11 |
| 4 PUUNKORJUU | 11 |
| 4.1 Puuntuotanto ja perusparannustyöt..... | 11 |
| 4.2 Kaukokuljetus | 13 |
| 4.3 Korjuu- ja kuljetuskalusto..... | 18 |
| 4.4 Laskennan tulokset..... | 19 |
| 4.5 Tulosten vertailua..... | 19 |
| 5 LASKENTAMENETELMÄN KÄYTTÖ, YLLÄPITO JA KEHITTÄMINEN | 22 |
| LÄHTEET | 23 |
| LIITTEET | 24 |

ALKUSANAT

Tämä laskentamenetelmä on laadittu osana Puuntuotanto- ja hankintavaiheet metsän tuotteiden elinkaarilaskennassa -projektia, joka on osa Puuhuollon ympäristöjohtamisen välineet -tutkimuskonsortiota.

Puuhuollon ympäristöjohtamisen välineet -tutkimuskonsortio on Metsäalan tutkimusohjelmaan Wood Wisdom kuuluva hanke, joka on ohjelman kautta saanut rahoitusta Tekesistä. Konsortiota on rahoittanut myös Biodiversiteettitutkimusohjelma FIBRE.

Konsortion muut hankkeet Metsätehossa ovat Tutkimustiedon analysointi ja hyödyntäminen ympäristöjärjestelmän ympäristövaikutusten arvioinnin keinoin ja Monimuotoisuuden mittaaminen ja seuranta. Puuntuotanto- ja hankintavaiheet metsän tuotteiden elinkaarilaskennassa -projektiin liittyy vielä kaksi muuta Metsäalan tutkimusohjelman hanketta: Joensuun yliopistossa toteutettu metsien kehityksen ja aine- ja energiavirtoja käsittelevä rinnakkaishanke sekä Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsätalouden elinkaari- ja ekotaselaskennan tiedonkeruun kehittämistä koskeva hanke.

Energiapuun hankinnan energian kulutus- ja päästölaskelma on laadittu yhteistyössä MML Antti Korpilahden kanssa.

TIIVISTELMÄ

Arviointimenetelmä on tarkoitettu palvelemaan puunhankintaorganisaatioiden toimintokohtaista ympäristölaskentaa ja raportointia. Menetelmällä voidaan tuottaa myös puutavaralajikohtaista energian kulutus- ja päästötietoa metsäteollisuustuotteiden elinkaarilaskentaa varten.

Arviointimenetelmän käyttö Metsätehossa on kytketty Metsätehon osakkailta vuosittain kerättävään puuntuotannon, puunkorjuun ja kaukokuljetuksen suorite-, kustannus- ja olosuhdetilastoon. Arviointimenetelmällä tuotetaan koko tilastoaineistoa sekä osakaskohtaisia tietoja vastaavat toiminto- ja puutavaralajikohtaiset laskelmat. Menetelmällä tuotetaan myös KCL:n käyttöön vuosittain Metsäntutkimuslaitoksen metsätilaston markkinahakkuu- ja puuntuotantotietojen perusteella lasketut puutavaralajikohtaiset energian ja käyttöaineiden yksikkökulutus- ja yksikköpäästökertoimet. Laskennassa käytetään Metsätehon tilastojen hakkuu-, korjuu- ja kuljetustapa- sekä olosuhdejakautumia.

Tavoitteena on, että toiminnassa käytettävien menetelmien ja kustannusten seurannan rinnalla voidaan arvioida energian ja käyttöaineiden kulutuksen sekä päästöjen kehittymistä. Samalla voidaan tuottaa metsäteollisuustuotteiden elinkaarilaskentaa varten ajan tasalla olevat puutavaralajikohtaiset energian kulutus- ja päästöluvut. Menetelmällä voidaan arvioida myös toimintaympäristön ja menetelmien muutosten vaikutusta energian kulutukseen ja päästöihin ja tarkastella kustannustilaston kautta muutosten kustannusvaikutuksia.

Menetelmällä voidaan arvioida energian ja käyttöaineiden kulutusta ja päästöjä myös yritys- ja vastuualuekohtaisesti tai tuottaa puutavaralajikohtaisia kertoimia tiettyyn tuotantolaitokseen toimitettavalle raakapuulle. Arvioinnin tarkkuusvaatimuksista riippuen menetelmän käyttäjä voi syöttää suoritettujen lisäksi paikalliset olosuhde-, kalusto- ja polttoaineen kulutustiedot oletusarvojen sijasta.

1 JOHDANTO

Puunhankintaorganisaatioiden ympäristöjärjestelmät ja ympäristöraportointi edellyttävät toiminnan energian kulutuksen ja päästöjen arviointia. Metsäteollisuuden tuotteiden elinkaarilaskentaa varten tarvitaan tietoja puuraaka-aineen tuotannon energian kulutuksesta ja päästöistä.

Metsätehossa laadittiin vuonna 1994 ensimmäiset arviolaskelmat puukorjuun ja kaukokuljetuksen sekä maanmuokkaus- ja taimikonhoitotöiden poltto- ja käyttöaineiden kulutuksesta ja päästöistä ilmaan.

Pian kävi ilmeiseksi, että tarvitaan puuntuottamisen, metsäparannuksen, korjuun ja kaukokuljetuksen toiminnot kattava laskentamenetelmä energiankulutuksen ja päästöjen arviointiin. Puutavaralajikohtainen energian kulutus- ja päästötietojen kysyntä on kasvanut metsäteollisuustuotteiden elinkaarilaskentaa varten.

Laskentamenetelmän toteuttamista on edesauttanut VTT:n vuonna 2000 valmistunut TYKO 1999 Työkoneiden päästömalli, jonka päästökertoimia on käytetty puuntuottamisen ja puunkorjuun laskennassa. KCL:n elinkaarilaskennan KCL EcoDatan tietojen käyttäminen kaukokuljetuksen energian kulutuksen ja päästöjen laskennassa on nopeuttanut ja varmentanut kaukokuljetuksen laskentamenetelmän laatimista.

Metsätehon osakkaat ovat vuodesta 1999 lähtien keränneet Metsätehon korjuu- ja kaukokuljetustilastoa varten puumäärätiedot puutavaralajeittain, mikä on mahdollistanut puutavaralajikohtaisen elinkaaritietojen laskennan. Laskennassa on tarvittu myös Metsätehon vuonna 2000 keräämän puuntuottamisen, puunkorjuun ja kaukokuljetuksen kalustoselvityksen tietoja.

Laskentamenetelmän avulla voidaan arvioida puuntuotannon ja puunhankinnan energian ja käyttöaineiden kulutusta ja päästöjä ilmaan

1. toimintojen ympäristövaikutusten arviointia ja ympäristöraportointia varten
2. puutavaralajikohtaisesti metsäteollisuustuotteiden elinkaarilaskentaa varten. Tätä varten laskentamenetelmä on myös KCL:n käytössä
3. uusien toimintavaihtoehtojen kehittämistä varten.

Tässä julkaisussa selostetaan laskentamenetelmän sisältöä, toimintaa ja laskentaperusteita.

2 LASKENTAMENETELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA

Laskentamenetelmä sisältää puunkorjuun, puuntuotannon ja kaukokuljetuksen poltto- ja käyttöaineiden, teräketju- ja hydraulioöljyn, sähkön ja energian kulutuksen sekä päästöjen ilmaan laskennan.

Laskentamenetelmää voidaan käyttää vähäisilläkin syöttötiedoilla suuntaantavien arvioiden tekoon. Mitä suuremmat tarkkuusvaatimukset laskennalle asetetaan, sitä enemmän on korvattava laskennan oletusarvoja mitatuilla, paikallisilla syöttötiedoilla.

Puunkorjuun poltto- ja käyttöaineiden kulutus- ja päästötulokset kohdistetaan hakkuu- ja korjuutavoille toiminnoittain ja puutavaralajeittain.

Hakkuutavat ovat

- ensiharvennus
- muu harvennus ja
- uudistushakkuu (siemen- ja suojuspuuhakkuu, avohakkuu ja ylispuiden poisto).

Korjuutavoilla tarkoitetaan

- manuaalista korjuuta, mikä sisältää manuaalisen hakkuun ja metsäkuljetuksen ja
- koneellista korjuuta, mikä sisältää koneellisen hakkuun ja metsäkuljetuksen.

Puunkorjuun toiminnot ovat:

- hakkuu, jako puutavaralajeille puumäärien ja ajanmenekki-suhteiden perusteella
 - manuaalinen
 - koneellinen
- metsäkuljetus, jako puutavaralajeille puumäärien ja ajanmenekki-suhteiden perusteella
 - manuaalisen hakkuun jälkeen
 - koneellisen hakkuun jälkeen
- koneiden siirrot, jako puutavaralajeille puumäärien perusteella
 - manuaalinen korjuu (metsätraktori)
 - koneellinen korjuu (hakkuukone ja metsätraktori)
- henkilöstön työmatkat, toimihenkilöt, metsurit, kuljettajat; jako puutavaralajeille puumäärien perusteella
 - manuaalinen korjuu
 - koneellinen korjuu
- korjuu yhteensä, puutavaralajeittain toimintojen summana
 - manuaalinen korjuu
 - koneellinen korjuu.

Puuntuotannon poltto- ja käyttöaineiden kulutus- ja päästötulokset kohdistetaan metsänhoidon- ja perusparannuksen työlajeille

- hakkuualan raivaus
- maanmuokkaus, mikä sisältää laikutuksen, äestyksen ja säätöaurauksen
- mätästys
- istutuksen taimikuljetukset
- taimikon hoito ja nuoren metsän kunnostus
- lannoitteen levitys
- ojitus ja kunnostusojitus
- metsäautotien rakentaminen ja ylläpito
 - uusien teiden rakentaminen
 - perusparannus
 - ylläpidossa metsäautoteiden kunnostuksen huomioonottamiseksi ei ole saatavissa riittävän luotettavaa tietoa kunnostuksen suoritteesta
- kaluston siirrot, maanmuokkauksessa, mätästyksessä ja ojituksessa
- metsurien ja kuljettajien työmatkat hakkuualan raivauksessa, maanmuokkauksessa, mätästyksessä, istutuksessa, taimikon hoidossa ja nuoren metsän kunnostuksessa sekä ojituksessa.

Puutavaralajit ovat

- mäntytukki, kuusitukki ja koivutukki, joihin luetaan asianomaisen puulajin kaikki saha- ja vaneritukit sekä järeät erikoispuut
- mäntykuitupuuhu, kuusikuitupuuhu ja lehtikuitupuuhu. Lehtikuitupuuhuun luetaan lehtipuulajien kuitupuutavara.

Puuntuotannon toimintojen poltto- ja käyttöaineiden kulutus jaetaan puutavaralajeille niiden puumäärien suhteessa. Puumääränä käytetään yrityskohtaisissa laskelmissa toimenpiteiden toteutusvuoden korjuumääriä. Valtakunnallisen markkinahakkuita koskevan laskelman laadinnassa käytetään kaikkien Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoitotöiden tilaston metsänomistajaryhmien puuntuotannon suoritteita.

Laskentamenetelmä ei sisällä puuntuotannon työlajeista kylvöä eikä pystykarsintaa. Kylvö suoritetaan suurelta osalta maanmuokkauksen yhteydessä. Käsien suoritettava kylvö tehdään valtaosin käsityövälineillä, joten polttoaineen kulusta ja niistä johtuvia päästöjä ei näistä töistä synny. Laskelma ei sisällä taimituotannon energiankulutusta ja päästöjä, sen sijaan taimikuljetusten energiankulutus ja päästöt sisältyvät laskelmaan kuten myös istutuksen työvoiman työmatkat.

Puunkorjuun ja puuntuotannon tulokset lasketaan yhteen, jolloin saadaan puutavaralajikohtaiset poltto- ja käyttöaineiden sekä energian kulutukset ja päästöt ilmaan metsävaiheen toiminnoissa.

Kaukokuljetuksen poltto- ja käyttöaineiden, sähkön ja energian kulutus sekä päästöt ilmaan kohdistetaan puutavaralajeille ja kuljetustavoille. Puutavaralajit ovat samat kuin korjuussa.

Kuljetustavat ovat

- autokuljetus tehtaalle
- rautatiekuljetusketju, jossa rautateitse kuljetetuille puutavaroille lasketaan
 - autokuljetuksen asemalle ja
 - rautatiekuljetuksen asemalta tehtaalle polttoaineen ja sähkön kulutus sekä päästöt ilmaan
- vesitiekuljetusketju, jossa vesitse kuljetetuille puutavaroille lasketaan
 - autokuljetuksen vesireitin varteen
 - uiton ja
 - aluskuljetuksen tehtaalle polttoaineen kulutus ja päästöt ilmaan.

Kaukokuljetuksen energiankulutus ja päästöt ilmaan jaetaan puutavaralajeille kuljetussuoritteiden, m³km, suhteessa. Kuljetussuorite muodostuu kuljetusmäärän ja kuormattuna kuljetusmatkan tulona.

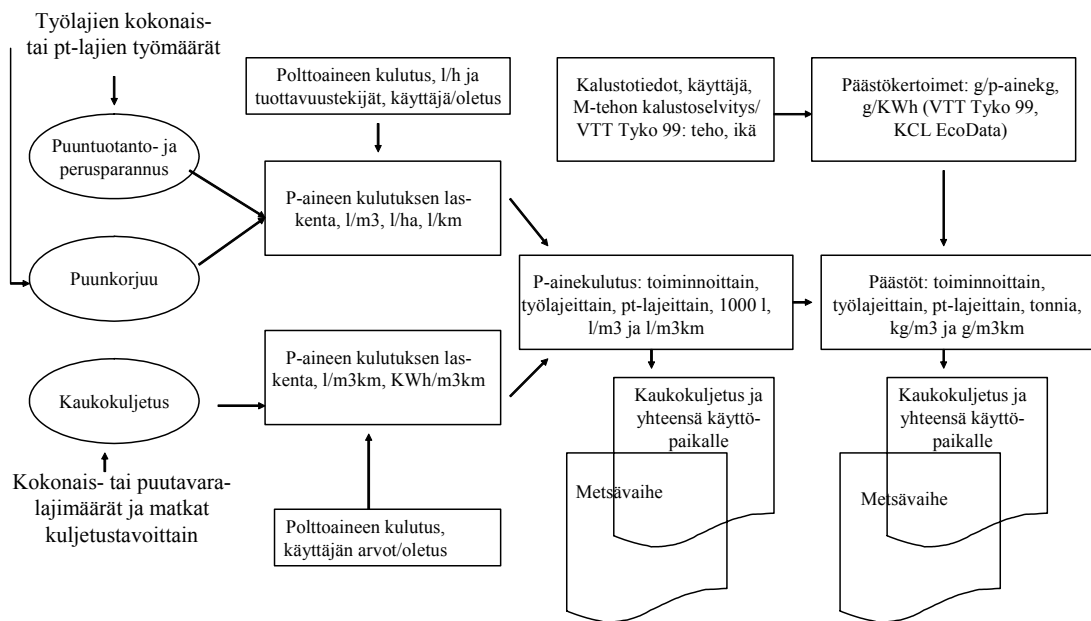
Puunkorjuun, puuntuotannon ja kaukokuljetuksen energian kulutus- ja päästötulokset yhdistetään. Yhdistämisen tuloksena saadaan puutavaralaji- ja toimintokohtaiset kokonais- ja yksikkökulutukset ja päästöt metsän uudistamisesta tuotantolaitokselle.

Laskentamenetelmä sisältää myös energiapuun hankinnan poltto- ja käyttöaineiden kulutuksen ja päästöjen ilmaan arvioinnin. Energiapuulaskelmassa käytetyt tuotosluvut ja olosuhdetietojen oletusarvot ovat samoja, joita on käytetty puupolttoaineen hankintaa koskevissa tutkimuksissa (mm. Metsätehon raportti 122).

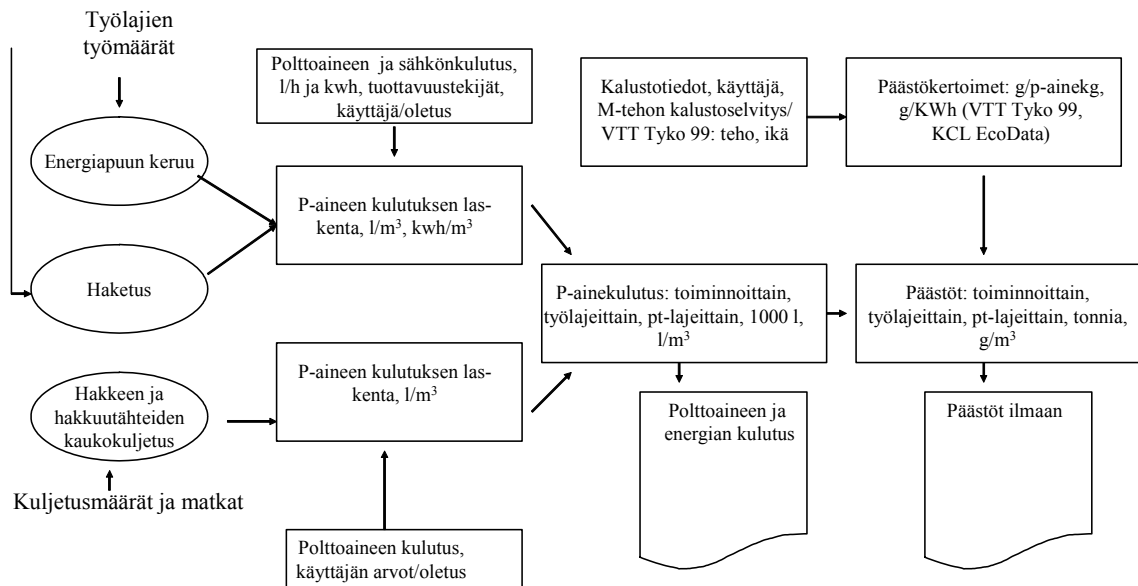
Laskentamenetelmä sisältää seuraavat energiapuun hankintaketjut:

- palstalla haketus ja hakkeen kuljetus autolla käyttöpaikalle
- hakkuutähteiden keruu ja metsäkuljetus, haketus varastolla ja hakkeen kuljetus autolla käyttöpaikalle
- hakkuutähteiden paalaus palstalla, paalien metsäkuljetus, paalien kuljetus autolla käyttöpaikalle ja haketus käyttöpaikalla
- hakkuutähteiden keruu ja metsäkuljetus, irtohakkuutähteen kuljetus autolla käyttöpaikalle ja haketus käyttöpaikalla.

Laskentamenetelmän käyttöohjeet on sisällytetty menetelmän kahteen EXCEL-laskentapohjaan. Laskentaperusteet ovat liitteenä 1 ja laskennan käyttöohje on liitteenä 2.



Kaavio 1. Ainespuun tuotannon, korjuun ja kaukokuljetuksen energian kulutuksen ja päästöjen ilmaan laskenta



Kaavio 2. Energiapuun keruun, haketuksen ja kaukokuljetuksen energian kulutuksen ja päästöjen ilmaan laskenta

3 MALLILASKELMA JA SEN TULOSTEN TARKASTELO

Mallilaskelmaan syötetyt tiedot ja laskentaparametrit sekä tulosteiden pääsisältö on selostettu liitteessä 2 olevassa käyttöohjeessa.

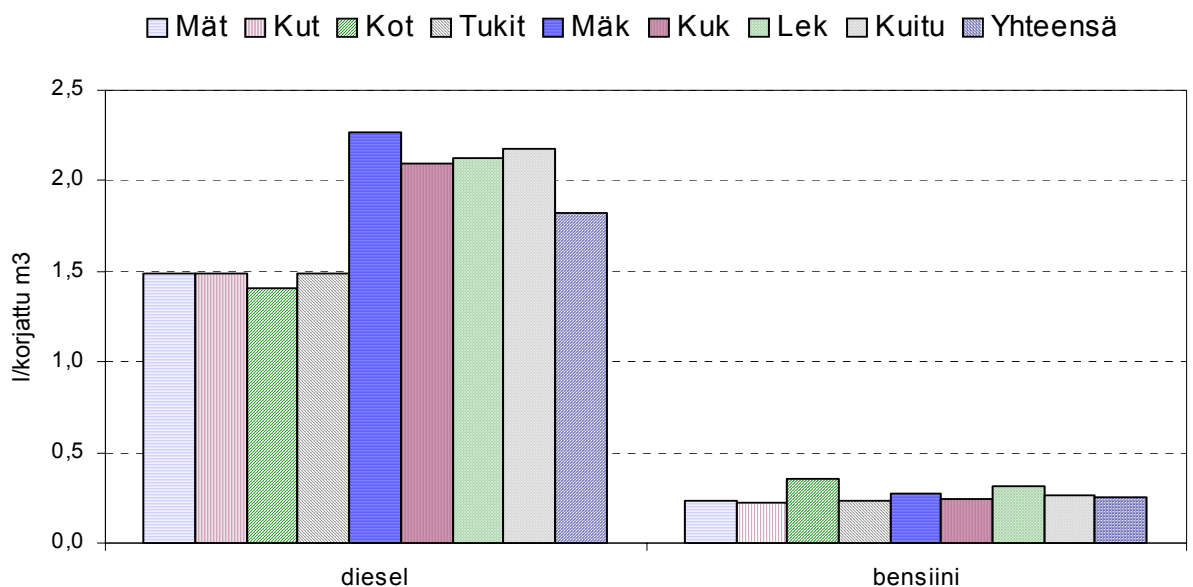
4 PUUNKORJUU

Mallilaskelma sisältää vuoden 2000 markkinahakkuiden puumäärän 56,5 milj.m³, mikä on syötetty markkinahakkuutilaston puutavaralajeittain. Puutavaralajikohtaiset määrät on jaettu hakkuu- ja korjuutavoille Metsätehon korjuutilaston perusteella lasketulla jakautumalla.

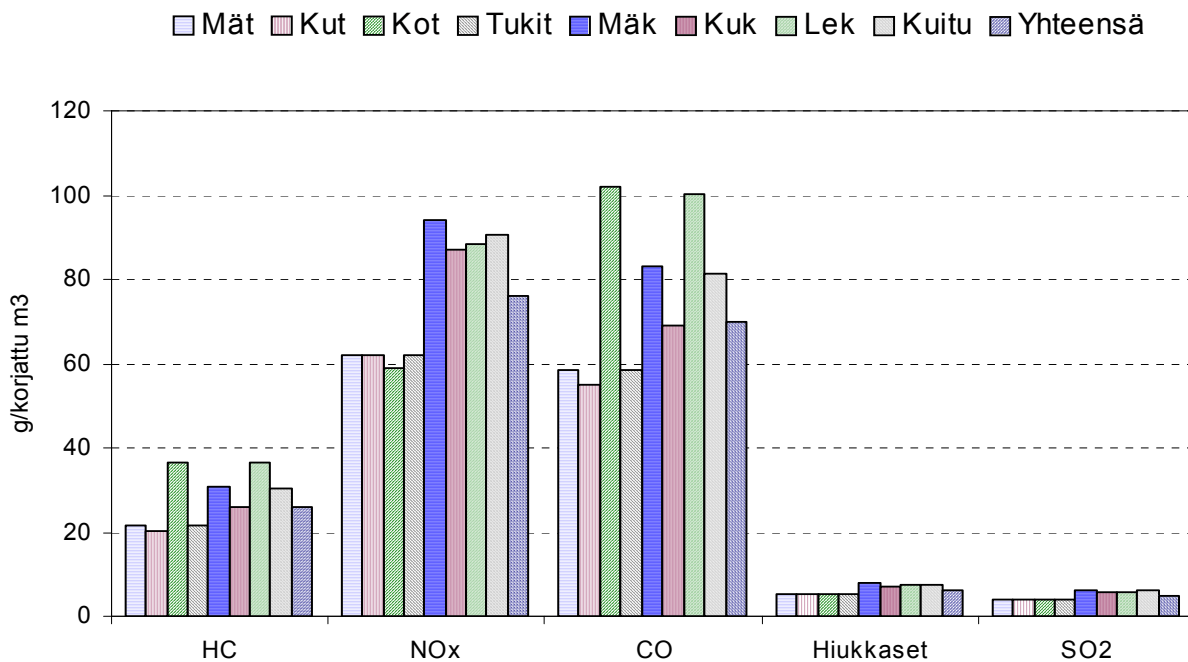
Puutavaralajien poltto- ja käyttöaineiden yksikkökulutus- ja yksikköpäästöluvut taulukoidaan kohdassa 1.2 mainituin toiminnoittain, jolloin niitä voidaan käyttää jatkolaskelmien kertoimina ilman varsinaisen laskentamallin käyttöä. Taulukot ovat liitteessä 6.

4.1 Puuntuotanto ja perusparannustyöt

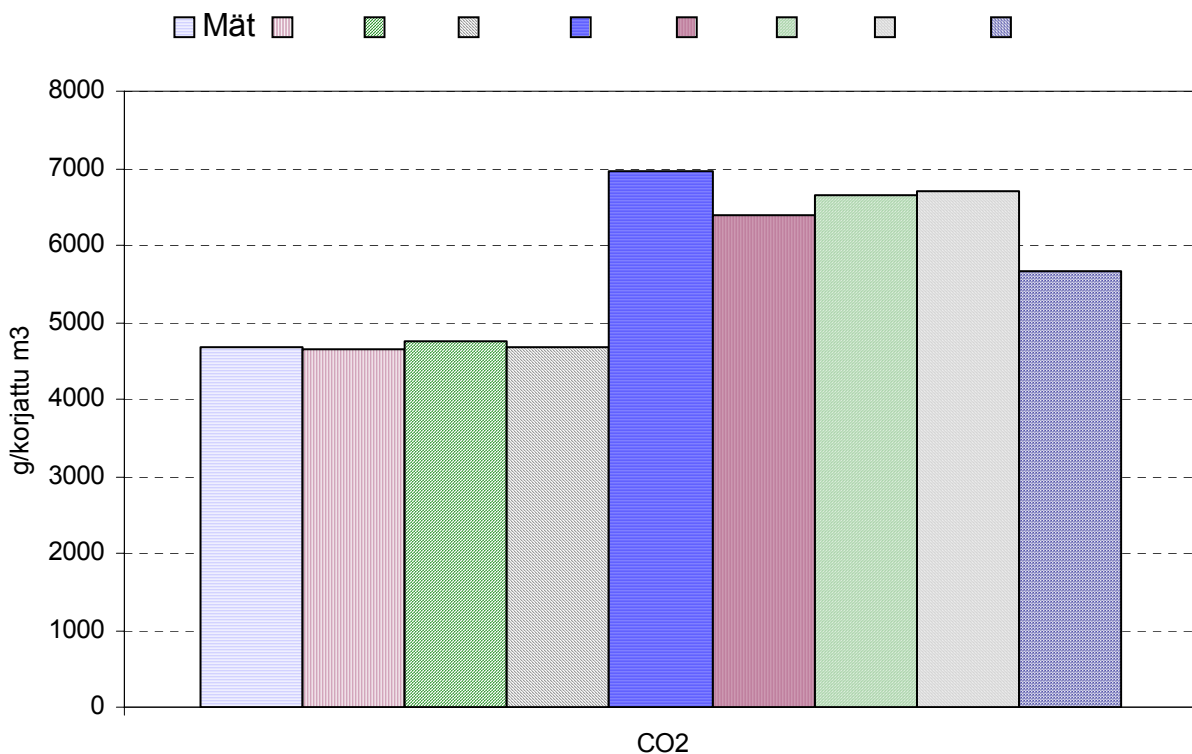
Puuntuotannon ja perusparannuksen mallilaskelma sisältää Metsäntutkimuslaitoksen metsätilaston mukaiset vuoden 2000 kaikkien omistajaryhmien metsänhoitotöiden suoritteet. Niiden perusteella laskettu energian ja käyttöaineiden kulutus sekä päästöt ilmaan on jaettu puutavaralajeille ja hakkuutavoille markkinahakkuupuumäärien suhteessa.



Kuva 1. Polttoaineen kulutus puutavaralajeittain puuntuotantissa ja puunkorjuussa.



Kuva 2. Päästöt ilmaan puutavaralajeittain puuntuottamisessa ja puunkorjuussa.

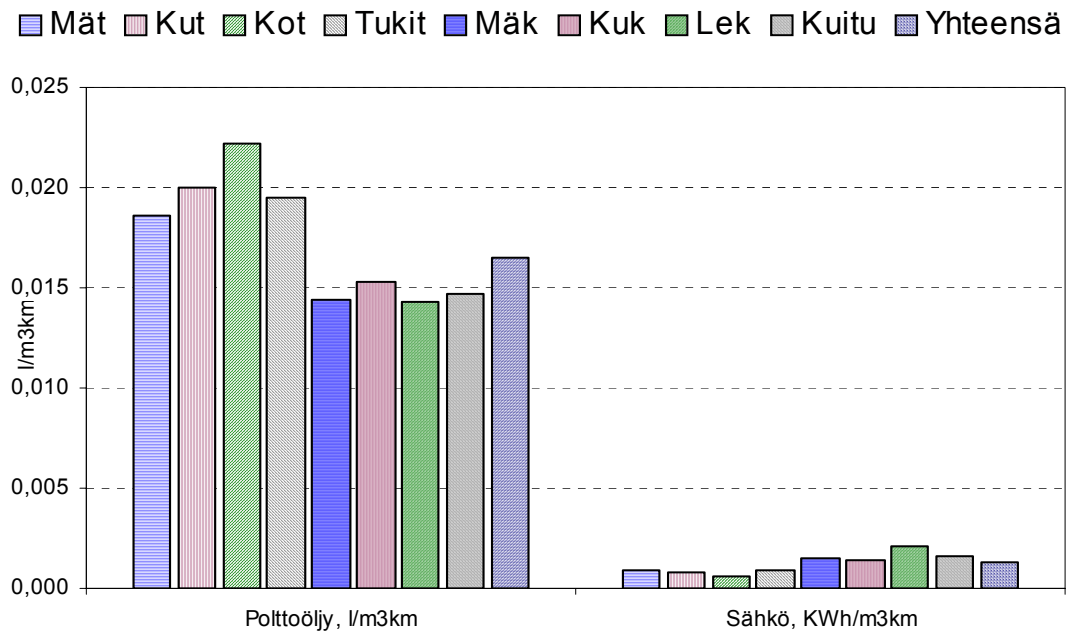


Kuva 3. Hiilidioksidin päästöt puutavaralajeittain puuntuottamisessa ja puunkorjuussa.

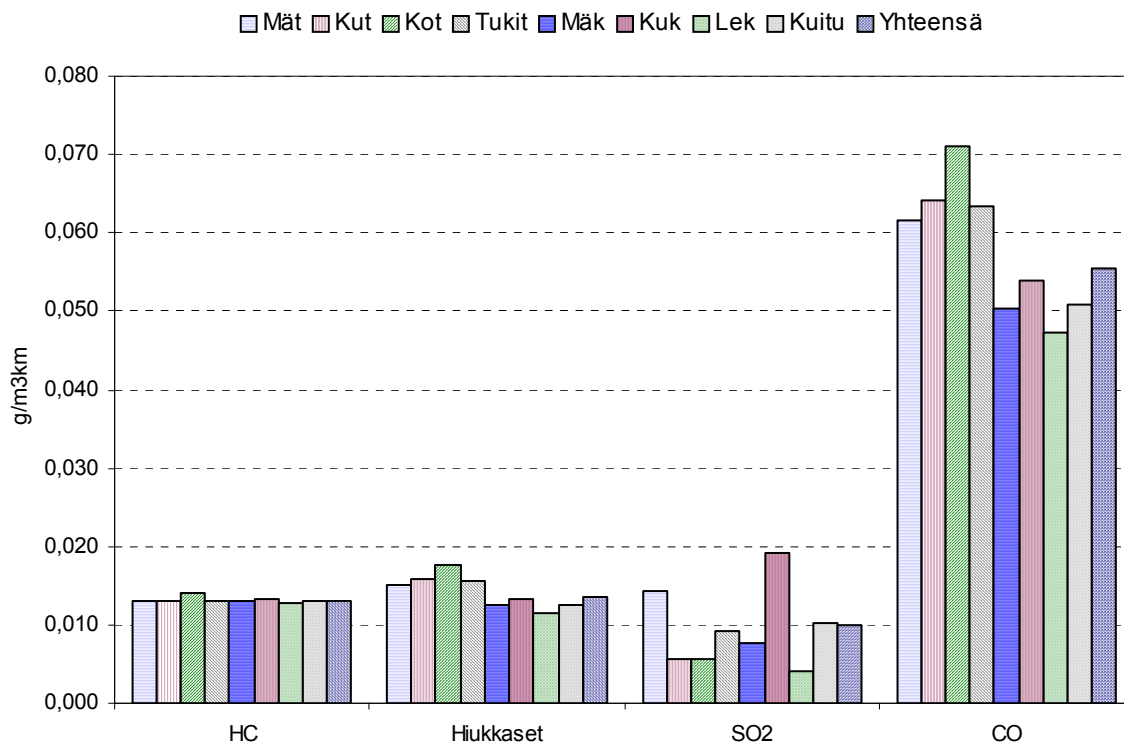
4.2 Kaukokuljetus

Kaukokuljetuksen mallilaskelmaan on syötetty vuoden 2000 markkinahakkuiden kokonaismäärä 56,5 milj.m³. Keskipuljetusmatkaksi on annettu Metsätehon kaukokuljetustilaston vuoden 2000 kaikkien kuljetustapojen keskipuljetusmatka 138 km (käyttöohje, liite 2). Rautateitse ja vesiteitse kuljetettavan puun energian kulutukseen ja päästöihin luetaan myös asemille ja vesireitin varten suoritettavan autokuljetuksen energian kulutus ja päästöt.

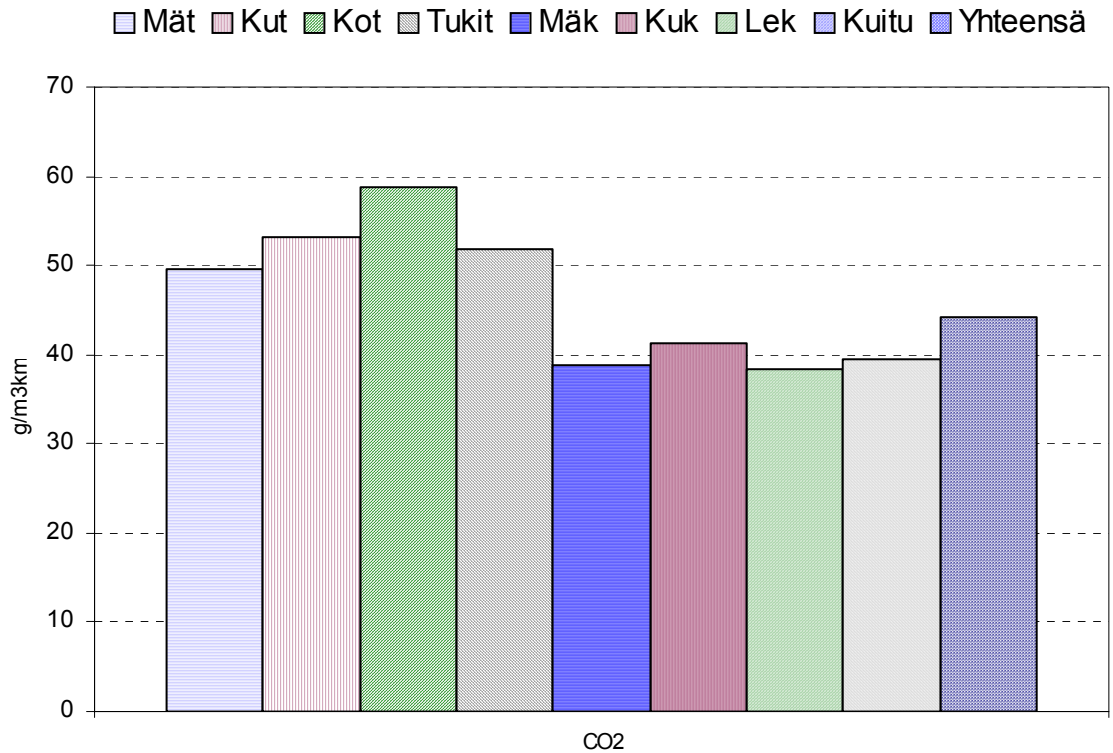
Puutavaralajien määrät ja keskipuljetusmatkat kuljetustavoittain on laskettu vuoden 2000 Metsätehon kaukokuljetustilaston oletusarvoina olevilla jakautumilla. Rautatiekuljetuksissa sähkövedon osuutena on käytetty VR Cargon ilmoittamaa 50 % suoritteesta. Yksikköpäästöt on laskettu jakamalla kuljetustavan päästölajikohtaiset kokonaispäästöt kuljetustavan m³-määrällä.



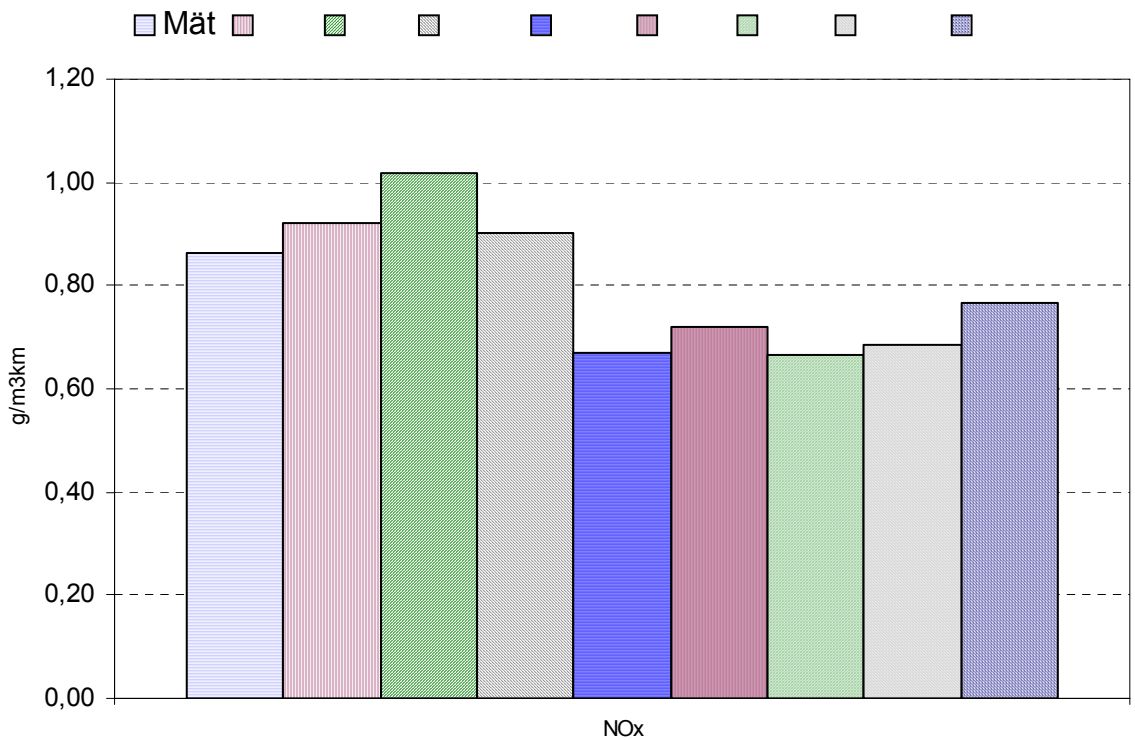
Kuva 4. Kaukokuljetuksen polttoaineiden ja sähkön kulutus kuljetussuoritetta (m³km) kohti.



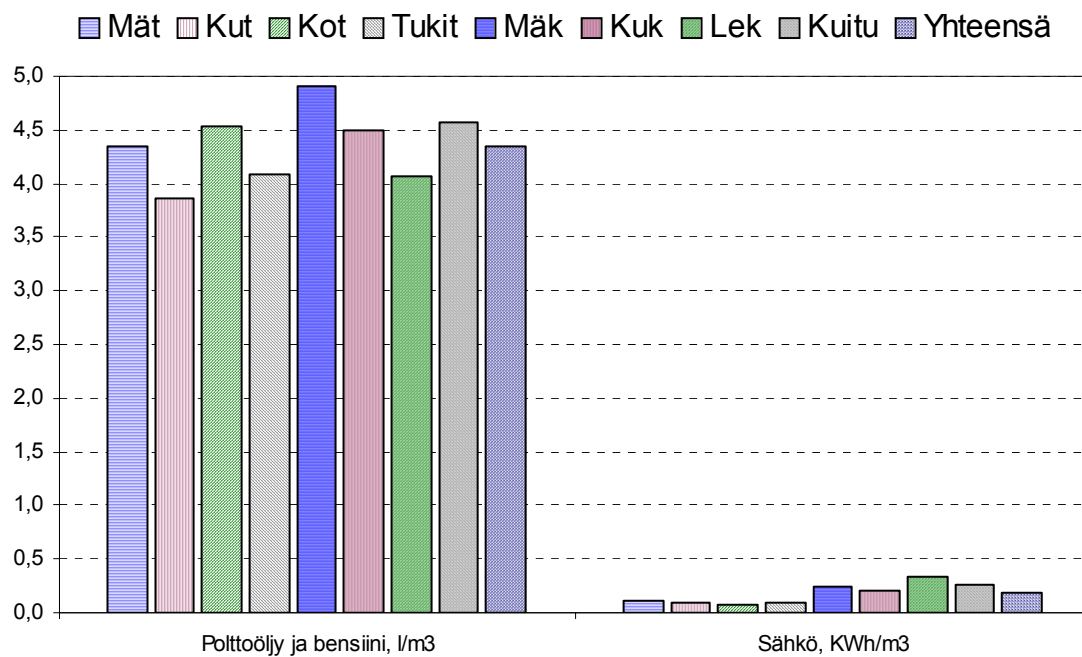
Kuva 5. Kaukokuljetuksen päästöt ilmaan kuljetussuoritetta (m³km) kohti.



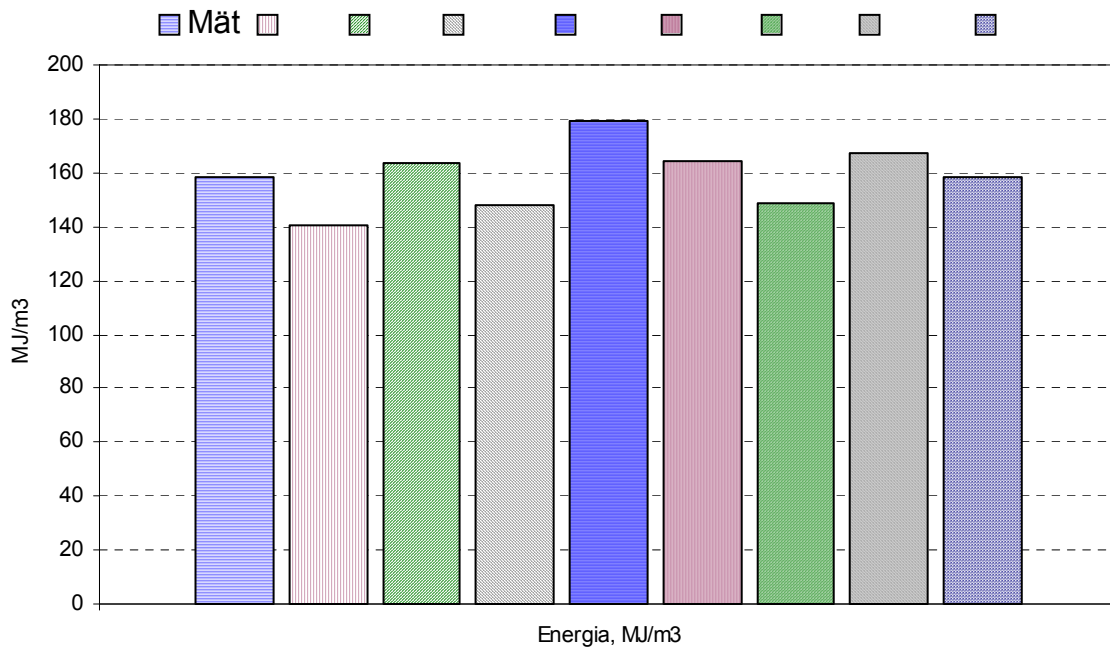
Kuva 6. Kaukokuljetuksen hiilidioksidin päästöt ilmaan kuljetussuoritetta (m³km) kohti.



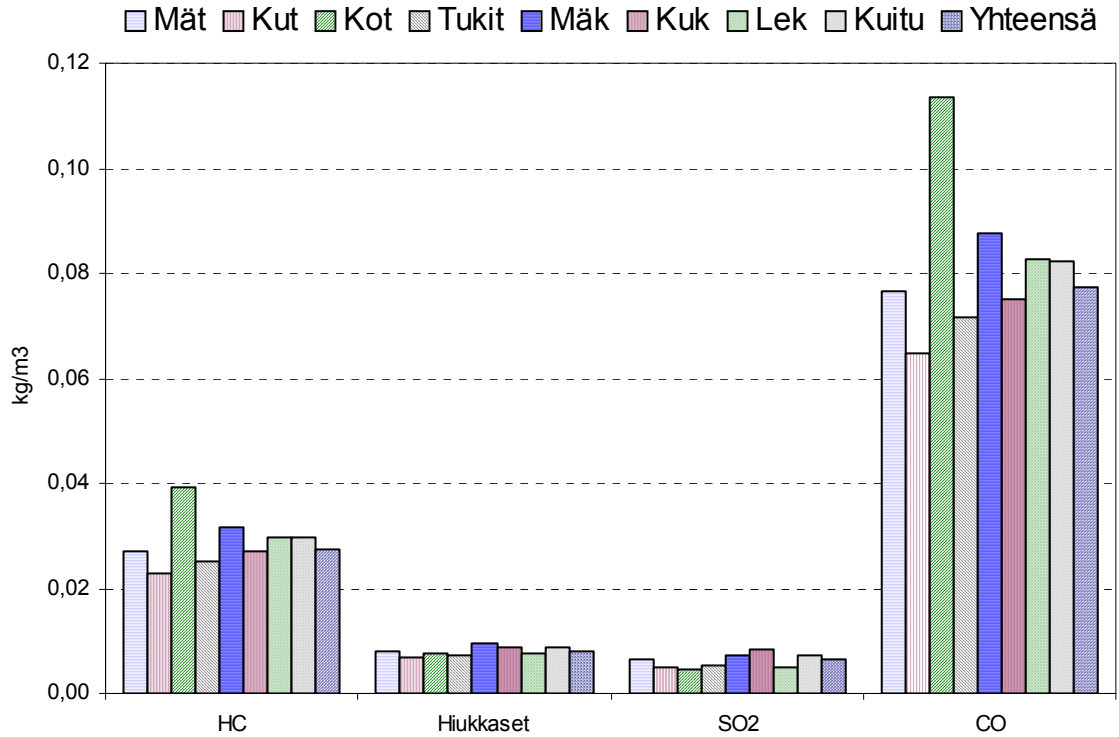
Kuva 7. Kaukokuljetuksen typen oksidin päästöt ilmaan kuljetussuoritetta (m³km) kohti.



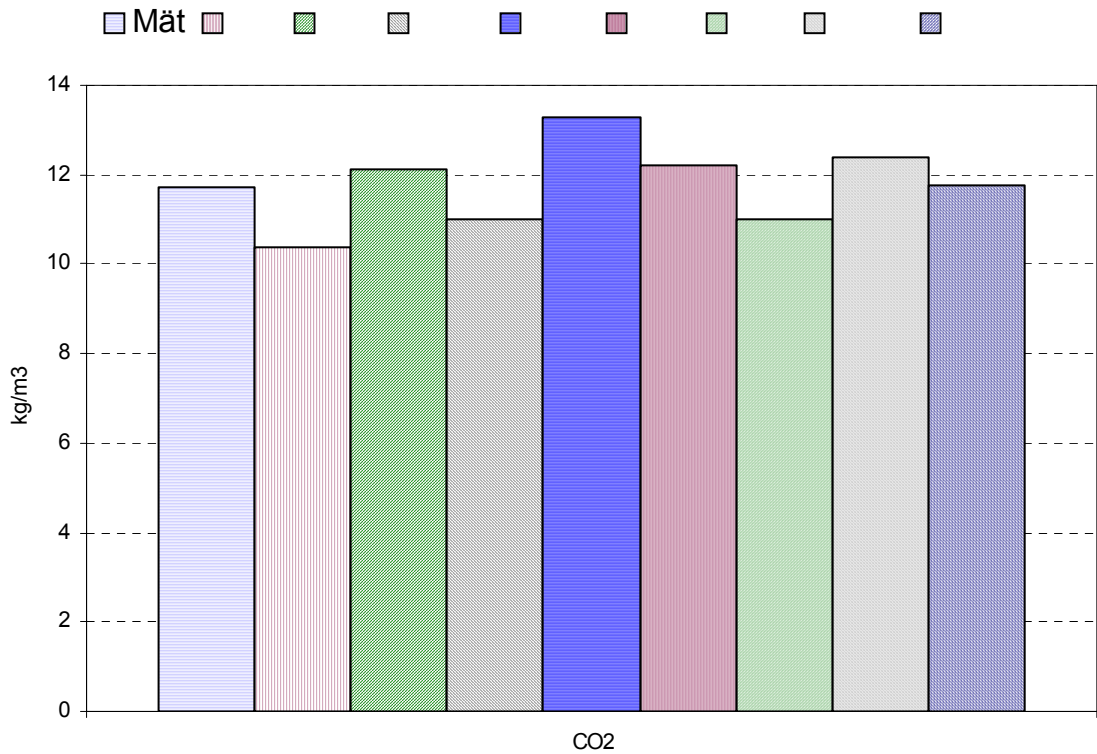
Kuva 8. Polttoaineen ja sähkön kulutus puuntuotannossa, puunkorjuussa ja kaukokuljetuksessa.



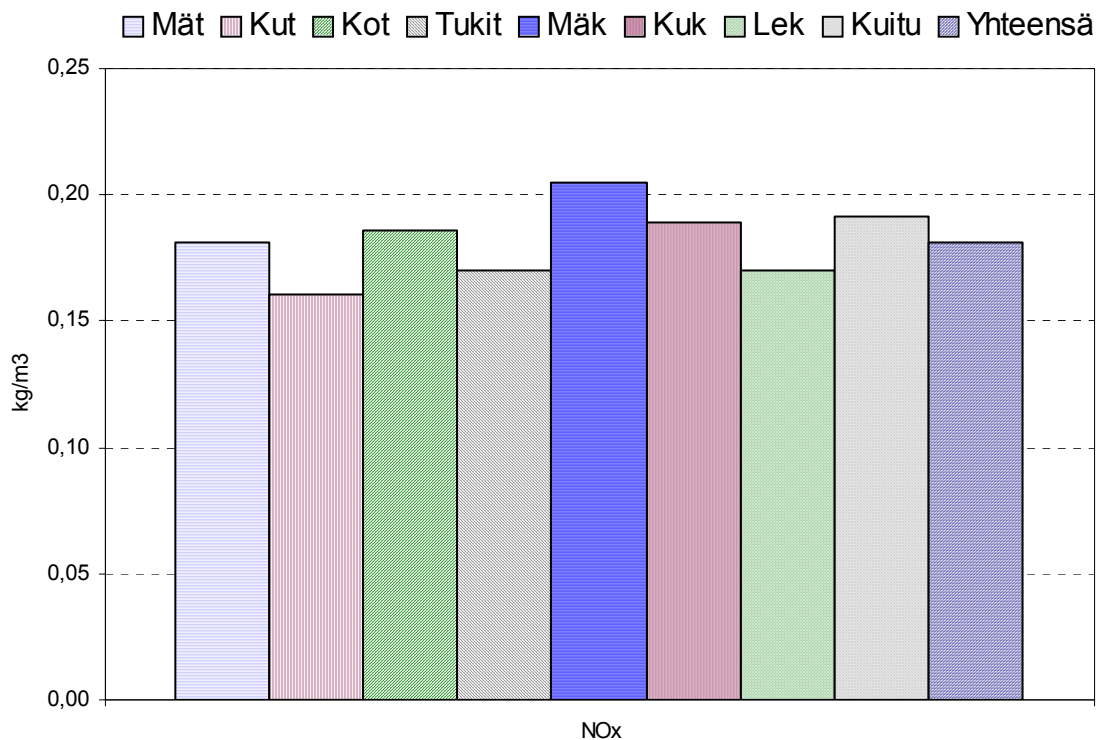
Kuva 9. Energian kulutus puuntuotannossa, puunkorjuussa ja kaukokuljetuksessa.



Kuva 10. Pakokaasupäästöt puuntuotannossa, puunkorjuussa ja kaukokuljetuksessa.



Kuva 11. Hiilidioksidin päästöt puuntuotannossa, puunkorjuussa ja kaukokuljetuksessa.



Kuva 12. Typen oksidien päästöt puuntuotannossa, puunkorjuussa ja kaukokuljetuksessa.

4.3 Korjuu- ja kuljetuskalusto

Mallilaskelman puuntuotanto-, korjuu- ja kaukokuljetuskaluston tiedot on saatu Metsätehon vuonna 2000 tehdystä kalustaselvityksestä sekä VTT:n Tyko 1999 Työkoneiden päästöraportista.

Puuntuotannon laikutus- ja äestyskaluston päästöt on laskettu metsätraktorin mukaan ja mätästyksen, ojituksen ja metsätien rakennuksen kaivuriosuuden päästöt kaivurin mukaan.

Energiapuun keruu- ja metsäkuljetuskaluston ja varastohakkurien päästöt on laskettu metsätraktorin mukaan. Energiapuun ja hakkeen kaukokuljetuksen päästöjen laskennassa on käytetty puutavara-auton päästökertoimia. Käyttöpaikalla haketuksen käyttövoimana on sähkö, minkä vuoksi päästöt on laskettu sähköntuotannon päästökertoimilla.

Kaukokuljetuksessa uiton hinaaja- ja apukaluston päästökertoimet on laskettu Tyko 1999 järjestelmän kaavoilla ja Järvi-Suomen uittoyhdistyksen antamalla kalusto- ja niiden polttoaineen kulutustiedoilla.

4.4 Laskennan tulokset

Laskennan tuloksena tuotetaan seuraavat taulukot:

- Toimintokohtainen energian ja käyttöaineiden kulutus- ja päästötuloste lähinnä ympäristöraportointia varten, liite 3. Metsävaiheen ja kaukokuljetuksen kokonaiskulutuksia ja päästöjä on verrattu kotimaan maa- ja vesiliikenteen vuoden 1999 energian kulutukseen ja päästöihin sekä massa- ja paperiteollisuuden päästöihin vuodelta 2000. Maa- ja vesiliikenne sisältää kotimaan tie-, rautatie- ja vesiliikenteen, joita kaikkia liikenne- muotoja raakapuun kuljetuksissakin käytetään. Maa- ja vesiliikenteen luvut ovat VTT:n Lipasto 1999 laskentajärjestelmästä. Massa- ja paperiteollisuuden luvut ovat Metsäteollisuus ry:n Metsäteollisuuden ympäristövuosikirjasta vuodelta 2000.
- Toiminto- ja osatoimintokohtaiset energian ja käyttöaineiden kokonais- ja yksikkökulutukset sekä kokonais- ja yksikköpäästöt, liite 4. Tulosteella on myös vertailulukuina Ruotsissa tehtyjen energian kulutus- ja päästölaskelmien tuloksia.
- Puutavaralajikohtaiset energian ja käyttöaineiden kokonais- ja yksikkökulutukset sekä kokonais- ja yksikköpäästöt, liite 5. Puuntuotannon, puunkorjuun ja kaukokuljetuksen puutavaralajikohtaiset yksikköpäästöt yhteensä käyttöpaikalla on laskettu jakamalla kokonaispäästöt käyttöpaikalle kuljetettujen puutavaralajien määrillä
- Metsävaiheen toiminto- ja osatoimintokohtaiset energian ja käyttöaineiden yksikkökulutukset ja yksikköpäästöt hakkuutavoittain ja puutavaralajeittain, liite 6.
- Kaukokuljetuksen energian ja käyttöaineiden yksikkökulutukset ja yksikköpäästöt kuljetustavoittain ja puutavaralajeittain, liite 7.
- Energiapuun hankinnan energian ja käyttöaineiden yksikkökulutukset ja päästöt ilmaan hankintaketjuittain, liite 8.

4.5 Tulosten vertailua

Tässä selostetun laskelman tuloksia on verrattu Metsätehossa vuonna 1994 laaditun laskelman tuloksiin. Vertailussa vuoden 2000 metsävaiheen ja kaukokuljetuksen suoritteet on laskettu sekä uudella että vanhalla laskelmalla.

TAULUKKO 1 Uuden laskelman energian kulutuksen ja päästöjen erot verrattuna vanhaan laskelmaan

Poltto- ja käyttöaineiden kulutus

| | Poltto- ja käyttöaineet, ero % | | | | | | | | Suorite | Yksikkö |
|--|--------------------------------|-------------|------------|------------|---------------|-------------|-----------------|-------------|------------|-----------|
| | Bensiini | | Diesel | | Hydrauliöljy* | | Teräketjuöljy** | | | |
| | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks | | |
| Puunkorjuu | 1 % | 1 % | -1 % | -1 % | -10 % | -9 % | 5 % | 6 % | 0 % | m3 |
| Puutavaran kaukukuljetus*** | 0 % | 0 % | 4 % | 4 % | 5 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | m3 |
| Puuntuotanto ja perusparannus | 27 % | -11 % | 69 % | 18 % | 5426 % | 4435 % | 0 % | 0 % | 43 % | ha |
| Henkilöstön työmatkat**** | 8 % | 8 % | 24 % | 29 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | km |
| Yhteensä tehtaalle toimitettuna | 18 % | 18 % | 4 % | 4 % | -4 % | -4 % | 10 % | 10 % | 0 % | m3 |

* Hydrauliöljystä 48 % ja ** teräketjuöljystä 65 % biohajoavaa öljyä

*** Rautatiekuljetuksen 10152 MWh sähköä on uudessa laskelmassa muunnettu 953 toe polttoainetta vanhassa laskelmassa rautatiekuljetus oli laskettu dieselveidon mukaan

****sisältää arvion koneenkuljettajien työmatkoista

Päästöt ilmaan

| | Päästöt, ero % | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| | HC | | NOx | | CO2 | | Hiukkaset | | SO2 | | CO | |
| | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks | tonnia | kg/yks |
| Puunkorjuu | 13 % | 9 % | -28 % | -27 % | 1 % | 1 % | -15 % | -10 % | 223 % | 368 % | -2 % | 2 % |
| Puutavaran kaukukuljetus | -85 % | -85 % | 19 % | 19 % | 3 % | 3 % | -77 % | -76 % | -80 % | -80 % | -72 % | -73 % |
| Puuntuotanto ja perusparannus | 86 % | 30 % | 36 % | -5 % | 66 % | 16 % | 38 % | -4 % | 331 % | 201 % | 219 % | 122 % |
| Henkilöstön työmatkat*** | -52 % | -52 % | -87 % | -87 % | 6 % | 6 % | -44 % | -44 % | -59 % | -59 % | -67 % | -67 % |
| Yhteensä tehtaalle toimitettuna | -9 % | -9 % | -3 % | -3 % | 5 % | 5 % | -46 % | -46 % | -25 % | -25 % | 4 % | 4 % |

Tuloksissa on eroja, koska laskentamalliversioiden rakenne, tuottavuuden laskenta, työlajien kattavuus, polttoainetiedot ja päästökertoimet ovat toisistaan poikkeavia. Erot ovat myös paikannettavissa näihin tekijöihin.

Laskelmien erot johtuvat lähinnä seuraavista syistä:

- Puunkorjuussa uudessa laskelmassa polttoaineen ja käyttöaineiden kulutukset on kohdistettu tarkemmin hakkuutavoille. Päästöjen laskennassa VTT:n Tyko-projektin tuloksena vuonna 2000 laaditut uudet työkoneiden päästökertoimet ovat muuttaneet päästömääriä. Korjuukoneiden polttoaineena on uudessa laskelmassa käytetty vanhan yleisdieselin sijasta polttoöljyä, jonka rikkipitoisuus on noin 3,5-kertainen.
- Puutavaran kaukukuljetuksessa vanha laskelma perustuu rautatiekuljetuksessa kokonaan dieselveidolle, uudessa laskelmassa sähkövedon osuus on 50 % suoritteesta. Autokuljetuksen päästökertoimet perustuvat uudessa laskelmassa ajosimulaatioiden tuloksiin, vanhassa laskelmassa kertoimina on käytetty maantieliikenteen vastaavan painoluokan rekkojen keskimääräisiä kertoimia. Myös muut kaukukuljetuksen päästökertoimet on tarkistettu KCL EcoDatan kertoimia vastaaviksi. Autokuljetuksen polttoaineena on uudessa laskelmassa käytetty yleisdieselin sijasta vähärikkistä City-dieseliä.
- Puuntuotannossa ja perusparannuksessa vanhasta laskelmasta puuttivat kokonaan metsäautoteiden rakentaminen ja ojitus sekä taimikuljetukset, joissa käytetään paljon dieseliä ja hydrauliöljyä. Uudessa laskelmassa raivaussahatöiden tuottavuus on laskettu tarkemmin työlajeittain kuin vanhassa laskelmassa. Raivaussahatyön tuottavuutta on uudessa laskelmassa alentanut nuoren metsän kunnostuksen vaikutus.

- Henkilöstön työmatkojen polttoaineenkulutusta on uudessa laskelmassa nostettu, kun laskelmassa on konekuljettajien matkojen huomioonottamisen johdosta lisätty metsäautotiellä ajon osuutta. Henkilöautojen päästökertoimet on päivitetty VTT:n Liisa 99 laskentajärjestelmän tuottamalla maantieliikenteen päästökertoimilla, mikä on vaikuttanut tuntuvasti päästölukuja vähentävästi.

Laskelman tuloksia on verrattu myös Ruotsissa laadittuihin päästölaskelmiin, taulukko 2.

TAULUKKO 2 Energian kulutuksen ja käyttöaineiden sekä CO₂-päästöjen vertailu Ruotsissa tehtyihin laskelmiin. Ruotsin arvot, m³ kuoren alta, on muunnettu arvoksi m³ kuoren päältä kertomalla luvulla 0,87 (kuori-% 13)

| Toiminto | Energian kulutusvertailu Skogforsk ja tämä arviointi | | | |
|--------------------------------|--|--------------|--------------|-----------------------|
| | P-Ruotsi | K-Ruotsi | Suomi | Ruotsi / Suomi ero, % |
| | MJ/m ³ *) | | | |
| Puuntuotanto | 14,4 | 14,8 | 9,3 | 54,2 - 58,9 |
| Koneellinen korjuu | 61,9 | 63,5 | 66,6 | -6,9 - -4,6 |
| Kaukokuljetus | 90,7 | 80,6 | 82,8 | 9,5 - -2,8 |
| Yhteensä käyttöpaikalla | 167,0 | 158,9 | 158,7 | 5,2 - 0,1 |

| D. Athanassios | Suomi | Ruotsi / Suomi ero, % |
|------------------|-------|-----------------------|
| l/m ³ | | |
| 1,827 | 1,845 | -1,0 |

| Toiminto | CO ₂ -päästövertailu Skogforsk ja tämä arviointi | | | |
|--------------------------------|---|-------------|-------------|-----------------------|
| | P-Ruotsi | K-Ruotsi | Suomi | Ruotsi / Suomi ero, % |
| | kg/m ³ *) | | | |
| Puuntuotanto | 1,3 | 1,3 | 0,7 | 89 - 89 |
| Koneellinen korjuu | 5,2 | 5,3 | 5,0 | 4,4 - 6,1 |
| Kaukokuljetus | 7,0 | 6,3 | 6,1 | 14,4 - 2,9 |
| Yhteensä käyttöpaikalla | 13,5 | 12,9 | 11,8 | 14,5 - 9,4 |

| Koneellinen korjuu | Käyttöaineiden kulutusvertailu Athanassios ja tämä arviointi | | |
|--------------------|--|-------|-----------------------|
| | D. Athanassios | Suomi | Ruotsi / Suomi ero, % |
| | l/m ³ | | |
| Teräketjuöljy | 0,030 | 0,041 | -25,2 |
| Hydrauliöljy | 0,035 | 0,035 | -1,7 |

*) Eron vaikuttaa biohajoavan ja mineraaliöljyn osuusero ja hakkuutapajakautumaero

Ruotsin energian kulutusluvut ovat hieman Suomen lukuja korkeammat, kuitenkin yhteensä käyttöpaikalle laskettuna ja kaukokuljetuksessa ne ovat samassa haarukassa. Koneellisen korjuun luvut ovat Ruotsissa jonkin verran alhaisemmat kuin Suomessa. Korjuussa eroon vaikuttaa todennäköisesti Suomen puunkorjuun suurempi harvennushakkuiden osuus.

D. Athanassioksen väitöskirjassaan Ruotsissa esittämän koneellisen korjuun polttoaineen kulutusluvun ja Suomen vastaavan kulutusluvun ero on vain yhden prosentin luokkaa. Puuntuotannossa Ruotsin energiankulutus on 1,5-kertainen Suomen lukuun verrattuna. Tuottavuus on osatekijänä myös puuntuotannon lukujen eroissa, mutta lisäksi eroa aiheuttaa Ruotsin laskelmaan sisällytetty taimituotanto.

CO₂-päästöt on Ruotsissa laskettu korkeammilla kertoimilla kuin Suomessa, koska päästöjen ero verrattuna energian kulutuseroihin kasvaa. Hydrauliöljyn kulutusluku on molemmissa maissa samaa luokkaa, mutta teräketjuöljyn kulutusluku on Ruotsissa neljänneksen Suomea alempi. Tähänkin eroon osatekijänä vaikuttaa Suomen suurempi harvennushakkuiden osuus.

5 LASKENTAMENETELMÄN KÄYTTÖ, YLLÄPITO JA KEHITTÄMINEN

Laskentamenetelmää voidaan käyttää

- laskentapohjana, jolloin laaja käyttö edellyttäisi paremman käyttöliittymän rakentamista. Suppeahko asiantuntijakäyttö yrityksissä ja Metsätehossa voi toimia nykyisessä muodossakin.
- laskentamenetelmän kritiikin ja kehittämisen kannalta olisi edullista, jos laskentamenetelmä voidaan luovuttaa Metsätehon osakaskuntaa laajemmankin asiantuntijapiiriin käyttöön mieluummin tietoverkkosovelluksena.
- puutavaralajien toimintokohtaiset yksikkökulutus- ja yksikköpäästöluvut voidaan sijoittaa esimerkiksi Metsätehon internet-sivuille. Näitä lukuja voidaan käyttää kertomina päästölaskennassa.
- Metsäteho ylläpitää laskentapohjan ja sen tulokset vuosittain puuntuotanto-, puunkorjuu- ja kaukokuljetustilaston keruun ja laatimisen yhteydessä.

Laskentamenetelmän sisällön kehittämisessä pitäisi tarkentaa puuntuotannon ja perusparannustöiden osalta erityisesti metsäteiden rakentamisen ja ylläpidon sekä myös ojituksen ja lannoitteiden levityksen tuottavuus- ja kaluston käyttöosuustietoutta. Kaukokuljetuksessa raakapuun aluskuljetuksiin käytettävän kaluston rakenne ja ominaisuudet olisi aiheellista täsmentää.

LÄHTEET

- Ahonen, A. & Kiukaanniemi, E.** 1995. Metsähakkeen tuotannon ja käytön päästöt, ympäristövaikutukset ja niiden arvottaminen, Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos, tiedonantoja 119
- Andrias, A., Samaras, Z. & Zierock, K.-H.** 1994. The Estimation of the Emissions of 'Other Mobile Sources and Machinery'. Subparts 'Off-Road Vehicles and Machines', 'Railways', and 'Inland Waterways' in the European Union. Final Report. 159 p.
- KCL EcoData, 2000. Puutavaran kaukokuljetuksen energiankulutus ja päästökertoimet
- Koneyrittäjä 7/2000. Metsäkoneen elinkaari ja päästöt tutkittiin Ruotsissa. Selostus Dimitrios Athanassioksen väitöskirjasta 5.2000
- Metsätehon julkaisuja ja korjuun ja kuljetuksen laskentamalleja
- Metsätilastollinen vuosikirja, 2000. Metsäntutkimuslaitos
- Metsätilastollinen vuosikirja, 2001 (ennakkotieto). Metsäntutkimuslaitos
- Mäkelä, K. & Tuominen, A.** 1999. Suomen rautatieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä, VTT 534
- Mäkelä, K. & Tuominen, A., Pääkkönen E.** 1999. Suomen meriliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä, VTT 535
- Mäkelä, K. & Tuominen, A. & Rusila, K.** 2000. Tyko 1999. Työkoneiden päästömalli, VTT 546
- Mäkelä, K. & Kanner, H. & Laurikko, J.** 1999. Suomen tieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä, VTT 552
- Neste Öljytuotteet, 2000. <http://www.neste.fi/tuotteet/oljy/index.html>

LIITTEET

- Liite 1 Laskentaperusteet (4 s.)
- Liite 2 Laskelman käyttöohjeet (9 s.)
- Liite 3 Toimintokohtaiset energian ja käyttöaineiden kulutukset ja päästöt (1 s.)
- Liite 4 Toiminto- ja osatoimintokohtaiset energian ja käyttöaineiden kulutukset ja päästöt (2 s.)
- Liite 5 Puutavaralajikohtaiset energian ja käyttöaineiden kulutukset ja päästöt käyttöpaikalle (2 s.)
- Liite 6 Puunkorjuun ja puuntuotannon energian ja käyttöaineiden kulutus- ja päästötaulukot puutavaralajeittain, työvaiheittain sekä hakkuu- ja korjuutavoittain (12 s.)
- Liite 7 Kaukokuljetuksen energian ja käyttöaineiden kulutus- ja päästötaulukot puutavaralajeittain ja kuljetusmuodoittain (5 s.)
- Liite 8 Energiapuun hankinnan energian ja käyttöaineiden yksikkökulutus ja -päästöt hankintaketjuittain (2 s.)