

Turve-energian ja turvedieselin elinkaaren kasvihuonevaikutuksen laskentamenetelmät - tulokset ja herkkyys oletuksille

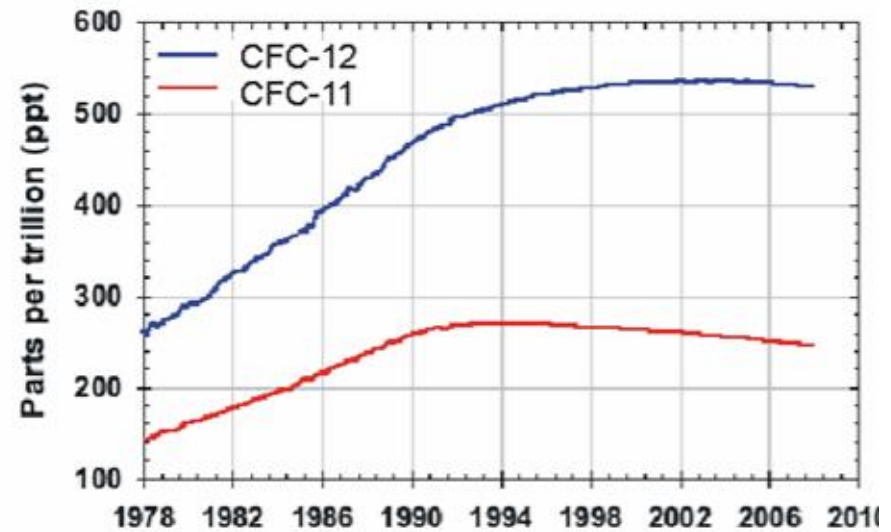
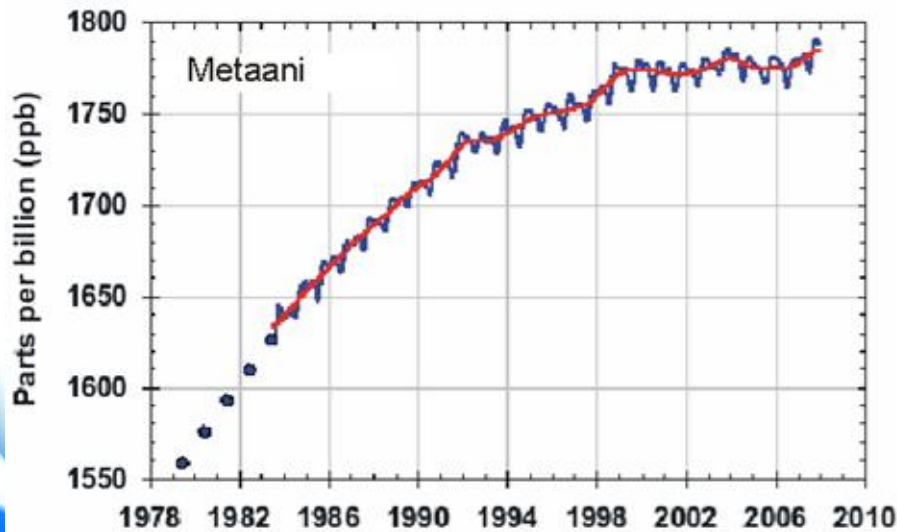
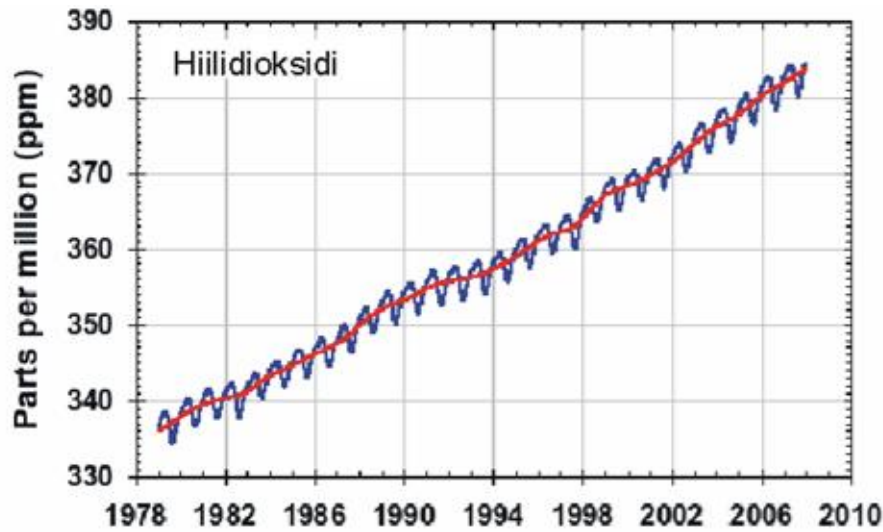
Ilkka Savolainen & Johanna Kirkinen VTT

Suomen IPCC-ryhmän seminaari 31.10.2008 Helsinki
Turpeen ilmastovaikutusten arviointi

Turve-energian ja -dieselin käyttö parantaa energiaomavaraisuutta ja työllisyyttä, mutta kasvihuonevaikutus voi olla merkittävä.

Kasvihuonevaikutuksen arviointi:

- Lasketaan, miten paljon ihmisen toiminta lisää ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksia ja säteilypakotetta
- Ilmastopöytäkirjan (UNFCCC) perimmäinen tavoite on vakauttaa ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuudet vaarattomalle tasolle

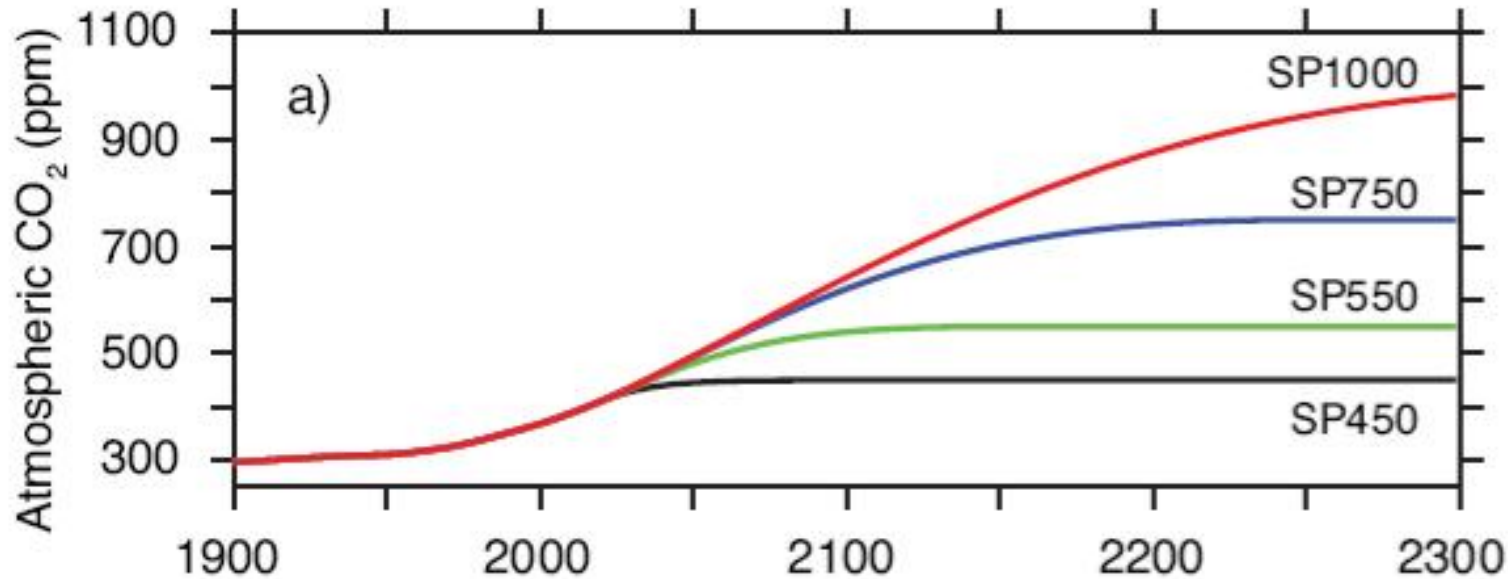


Pitkäikäisten kasvihuonekaasujen pitoisuus ilmakehässä (NO₅AA)

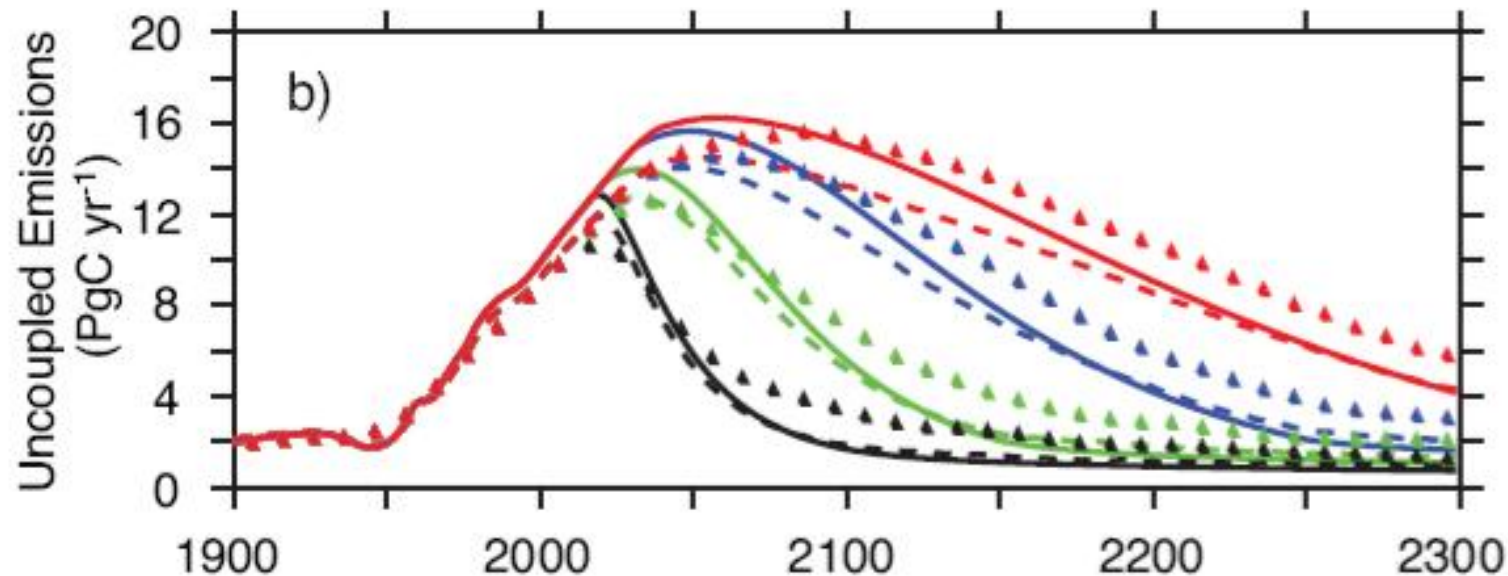
Pohdintaa aikajänteestä

Missä aikajänteessä kasvihuonevaikutusta halutaan vähentää?

- Ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuus hiilidioksidiekvivalenttina on 455 ppm CO₂ekv ja kasvaa 2 ppm/vuosi (IPCC 2007, Kioton ja Montrealin pöytäkirjojen kaasut)
- EU:n 2 C-asteen lämpötilarajoite vastaa noin 450 ppm CO₂ekv –tasoa. Suomi ja muut EU-maat ovat sitoutuneet tavoitteeseen.
- Lämpenemistä hidastavat ihmisen toiminasta ilmakehään tulevat hiukkaset ja valtamerien lämpökapasiteetti
- Jotta EU:n 2C-rajoitteen tuntumassa pysytään, maailman CO₂-päästöjen tulee rajoittua 50-85 % vuoden 2000 tasosta noin 50 vuodessa (IPCC 2007)
 - 3 C –tavoite vastaisi pitoisuustasoa 550 ppm CO₂ekv
 - Aikaa olisi noin 50 vuotta enemmän
 - Jos pitoisuuden nousu pysäytetään vasta 300 vuoden päästä, on pitoisuustaso IPCC:n vakauttamisskenaariossa 1000 ppm vastaten 6 C lämpötilan nousua
- **Aikajänteen pituus on kytköksissä siihen, mille tasolle lämpötilan sallitaan nousta. EU:n 2C-rajoitteen mukaista on käyttää lyhyttä aikajännettä, 100 vuotta tai jopa lyhempää.**



If the concentration target is 1000 ppm (about 6C), the emission reductions can take place slowly in 300 years.



If the concentration target is 450 ppm (about 2C), the emission reductions should take place in 50 years.

Table SPM.5: Characteristics of post-TAR stabilization scenarios [Table TS 2, 3.10]³⁷

Category	Radiative Forcing	CO ₂ Concentration ³⁹	CO ₂ -eq Concentration ³⁹	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity ^{38, 39}	Peaking year for CO ₂ emissions ⁴⁰	Change in global CO ₂ emissions in 2050 (% of 2000 emissions) ⁴⁰	No. of assessed scenarios
	W/m ²	ppm	ppm	°C	Year	percent	
A1	2.5 – 3.0	350 – 400	445 – 490	2.0 – 2.4	2000 - 2015	-85 to -50	6
A2	3.0 – 3.5	400 – 440	490 – 535	2.4 – 2.8	2000 - 2020	-60 to -30	18
B	3.5 – 4.0	440 – 485	535 – 590	2.8 – 3.2	2010 - 2030	-30 to +5	21
C	4.0 – 5.0	485 – 570	590 – 710	3.2 – 4.0	2020 - 2060	+10 to +60	118
D	5.0 – 6.0	570 – 660	710 – 855	4.0 – 4.9	2050 - 2080	+25 to +85	9
E	6.0 – 7.5	660 – 790	855 – 1130	4.9 – 6.1	2060 - 2090	+90 to +140	5
Total							177

IPCC 2007:

The emissions should peak soon if the temperature rise will be limited to 2°C.

Viimeisimmät VTT:n tutkimukset (1/3)

- **Turpeen ja turvemaiden kasvihuonevaikutus Suomessa - tutkimusohjelma (2002-2005)**
 - Turpeen energiakäytön kasvihuonevaikutus elinkaarinäkökulmasta
 - Tutkimuksen tavoitteena oli
 - Arvioida **ilmastolle ystävällisin** turve-energian hyödyntämisketju elinkaarinäkökulmasta.
 - Arvioida tulosten **herkkyttä ja epävarmuutta**.
 - **Verrata** turve-energian kasvihuonevaikutusta fossiilisten polttoaineiden kasvihuonevaikutukseen.
 - Perustui tutkimusohjelmassa mitattuihin arvoihin, asiantuntija-arvioihin sekä Tilastokeskuksen arvoihin.
 - **Artikkeli (Kirkinen et al.) ilmestynyt Boreal Environmental Research - julkaisussa vuoden 2007 alussa (<http://www.borenv.net/>)**
- **Turpeen ja turvemaiden kasvihuonevaikutukset Suomessa – tutkimusohjelman loppuraportti. MMM 11/2007. (www.mmm.fi)**
- **Artikkeli (Kirkinen, Palosuo, Holmgren, Savolainen 2008) Environmental Management –lehti (www.elsevier.com/locate/envman)**

Viimeisimmät VTT:n tutkimukset (2/3)

- Ruotsalaisen IVL (Swedish Environmental Research Institute) ja VTT:n tekemä vertailututkimus Holmgren K., Kirkinen J., & Savolainen I. 2006. **The climate impact of peat utilisation - comparison and sensitivity analysis of Finnish and Swedish studies.**
 - Tutkimuksen tavoitteena oli
 - **Vertailla** IVL:n ja VTT:n aiempia tutkimuksia sekä **analysoida** aiempien ja uusimpien tuloksien herkkyyttä
 - Ladattavissa seuraavalta sivustolta:
<http://www.ivl.se/rapporter/pdf/B1681.pdf>
 - Tärkeimmät tulokset
 - Tieteellinen lähestymistapa ja laskentamenetelmä samanlaiset
 - Eroja lähtöarvoissa (erit. metsäojitettujen soiden päästöt)
 - IVL on julkaissut myös muita tutkimuksia turpeesta

Viimeisimmät VTT:n tutkimukset (3/3)

- **Turpeen ja turvemaiden kasvihuonevaikutus Suomessa - tutkimusohjelman jatkotutkimus**
 - Ottaa huomioon turvemaan hyödyntäminen energiantuotantoon ***kokonaisvaltaisesti*** (ensin hyödynnetään turve ja sitten maata käytetään puubiomassan tai ruokohelven tuotantoon)
 - Uuden turvetuotantomenetelmän vaikutus
 - Verrattiin kivihiilen (Venäjä, Puola) ilmastovaikutukseen
 - VTT tiedotteita 2365 (Kirkinen et al. 2007)



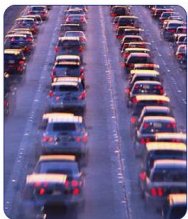
Johanna Kirkinen, Kari Hillebrand & Ilkka Savolainen

Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus – maankäyttöskenaario



ESPOO 2007

VTT TIEDOTTEITA 2418



Johanna Kirkinen, Sampo Soimakallio, Tuula Mäkinen, Paterson McKeough & Ilkka Savolainen

Turvepohjaisen F-T-dieselin tuotannon ja käytön kasvihuonevaikutukset



Turvepohjaisen F-T-dieselin tuotannon ja käytön kasvihuonevaikutukset

- Arvioida turve-F-T-dieselin eri tuotanto- ja hyödyntämisketjujen kasvihuonevaikutusta eri näkökulmista
- VTT Tiedotteita 2418 (Kirkinen et al. 2007)



Tutkimusmenetelmät

- **Säteilypakote**

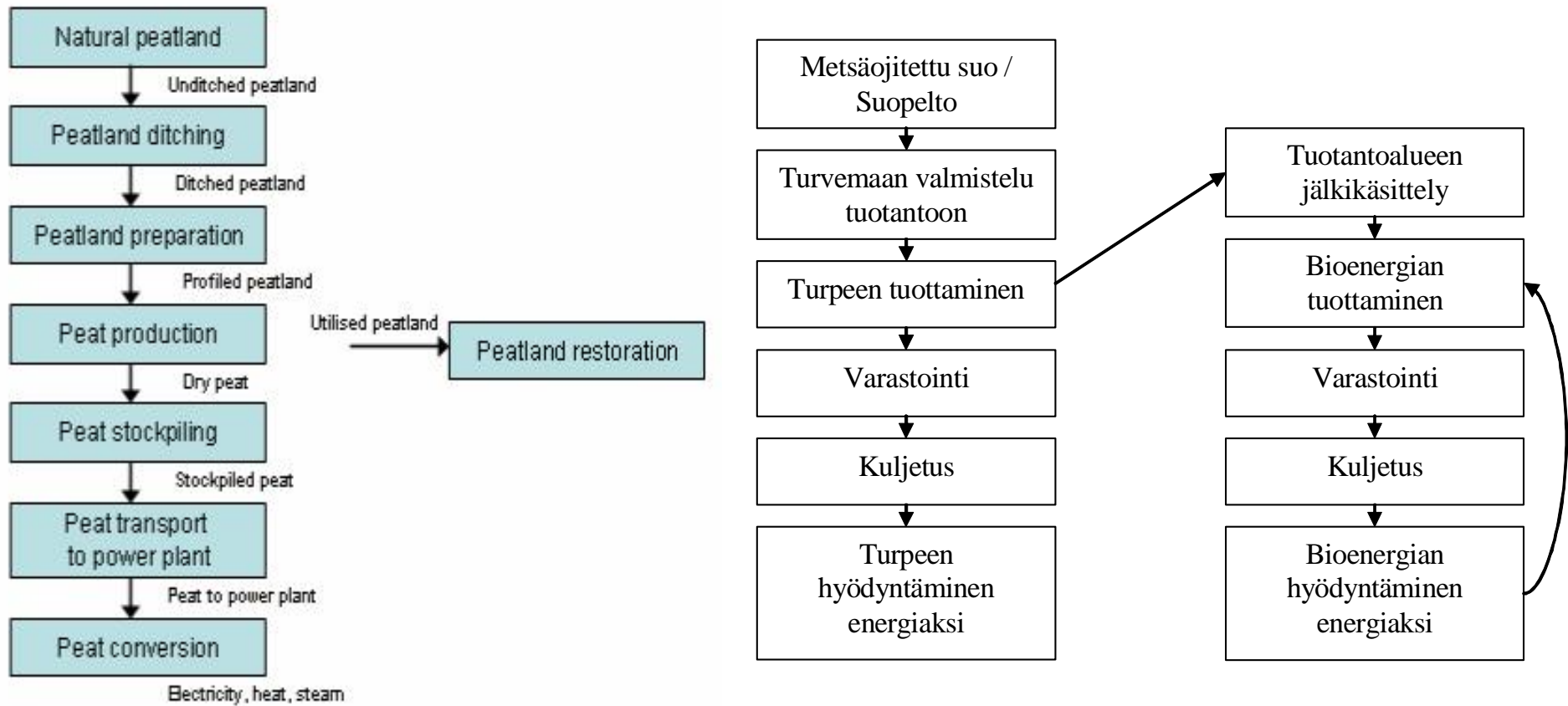
- Kasvihuonevaikutuksen kuvaaja
- Esittää lämmitysvaikutusta (maapallolle tulevan ja sieltä lähtevän säteilyn epätasapainoa), joka lämmittää maan pintaa ja troposfääriä (ilmakehän alin osa).
- Täsmällisempi kuin globaali lämmityspotentiaali (GWP-kertoimet).
 - Ottaa suoraan huomioon hiilen kierron ja CH₄ poistumisen ilmakehästä.
 - Ottaa huomioon päästöt ja kaasujen poistumisen ilmakehästä ajan funktiona.

- **Kasvihuonevaikutus I** laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$I = I_P - I_R$$

- I_P on tuotantoketjun päästöjen/nielujen aiheuttama kasvihuonevaikutus (tuotanto + varastointi + poltto + tuotantoalueen jälleenkäsittely)
- I_R on referenssitilan jatkuminen (referenssitilan päästöjen/nielujen aiheuttama kasvihuonevaikutus jää toteutumatta, kun alue hyödynnetään turvetuotantoon).

Turvemaan hyödyntämisen kasvihuonevaikutus elinkaarinäkökulmasta



Turvemaan hyödyntämisketjun vaiheiden kasvihuonekaasudynamiikka

- Tuotantovarojen päästöt ja nielut:
 - **Luonnontilainen suo (tässä aapasuo):**
 - Hiilinielu, metaanin lähde
 - **Metsäojitettu suo:**
 - Hiilidioksidin lähde
 - **Suopelto:**
 - Hiilidioksidin ja typpioksiduulin merkittävä lähde, vaatimaton metaaninielu
- Turvetuotantoalueen valmistelu tuotantoon:
 - Työkoneiden vähäisiä päästöjä (CO_2 , N_2O)
- Tuotantoalueen päästöt:
 - CO_2 -päästölähde, vähäisiä CH_4 päästöjä
- Turpeen tuotanto ja aumaus:
 - Työkoneista CO_2 päästöjä
 - Turve hajoaa aumoissa -> CO_2 päästöjä

Turvemaan hyödyntämisketjun vaiheiden kasvihuonekaasudynamiikka

- Poltto:
 - Turve-energian elinkaaren vaiheista **suurin päästölähde** (jopa 90 %)
 - Merkittävät CO₂, CH₄ ja N₂O päästöt
- Turvetuotantoalueen pohjan jälkikäsittely turvetuotannon jälkeen:
 - **Metsittäminen:**
 - Jäännösturpeen hajoaminen tuottaa CO₂ päästöjä
 - Hiilen sitoutuminen kasvavaan biomassaan
 - **Soistaminen:**
 - CO₂ nielu ja CH₄ päästölähde
 - **Ruokohelven viljely:**
 - Hiilen sitoutuminen kasvavaan biomassaan, lyhyt kiertoaika
 - Eri skenaarioita: maaperä on hiilen sitoja, päästölähde tai neutraali
 - Metsittämisessä ja ruokohelven viljelystä aiheutuu päästöjä mm. työkoneista ja lannoituksesta sekä poltosta (CO₂, CH₄ ja N₂O)

Esimerkkejä energiantuotantoketjuista

Vain turve huomioitu:

Ketju	Tuotantovara	Tuotanto	Jälkikäsittelyvaihe	Referenssitila
a	Luonnontilainen aapasuo	Turpeen tuotanto ja poltto	Metsittäminen	Aapasuon normaali kehitys

Turve sekä jälkikäytön hyödyntäminen huomioitu:

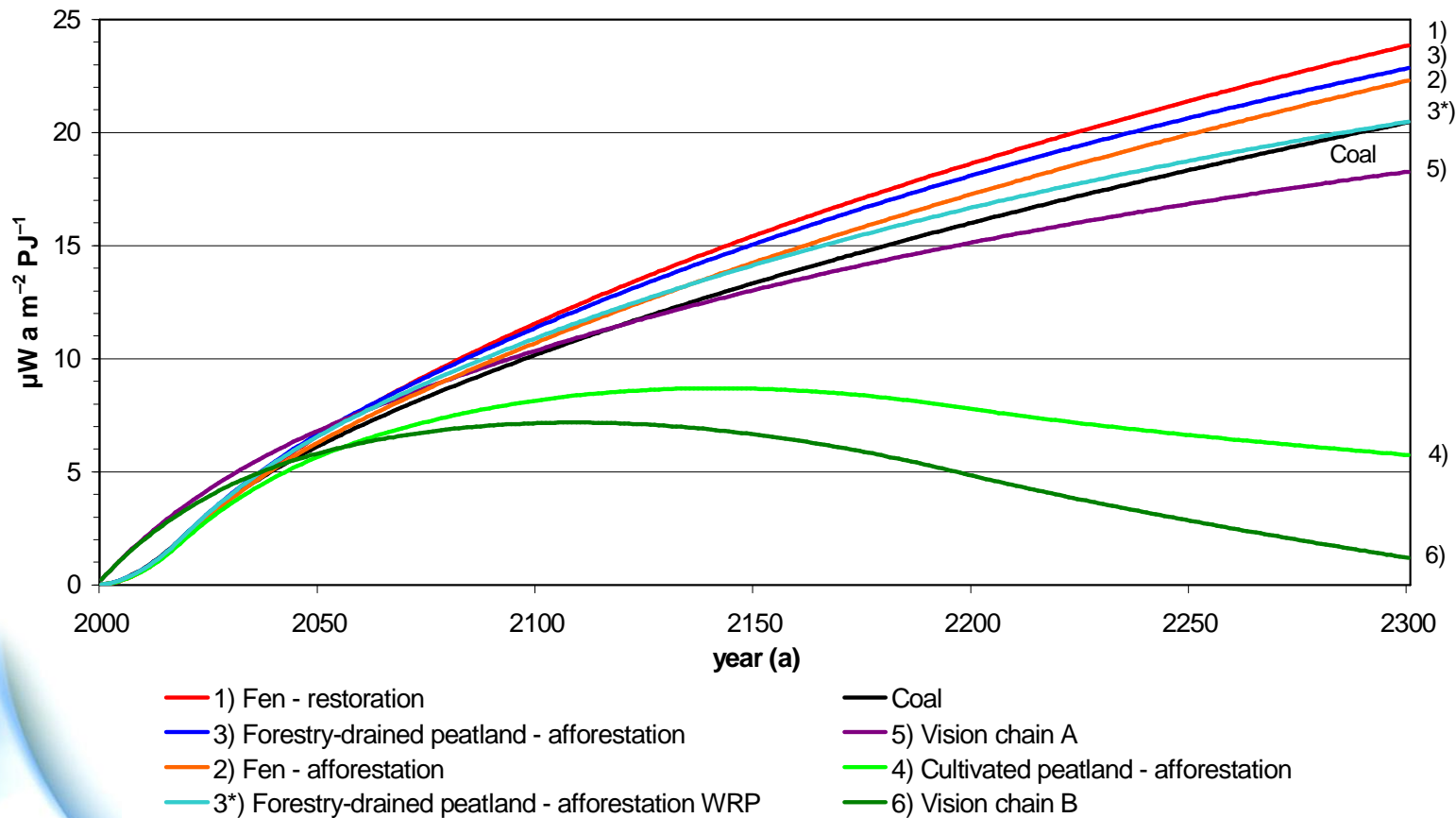
Ketju	Tuotantovara	Energian tuotanto ja poltto	Jälkikäyttö	Turvemaan jälkikäytön hyödyntäminen	Referenssitila
b	Metsäojitettu suo	Normaali tuotanto (jyrsinturve)	Metsitys	Puubiomassan energiakäyttö	Metsäojitetun suon normaali kehitys

Tulokset sekä epävarmuusarviot



Johanna Kirkinen

Radiative forcing integral of different peat and coal utilisation chains
($\mu\text{W year m}^{-2}$ per PJ produced fuel energy)



Kasvihuonevaikutuksen väheneminen johtuu maankäytön (käytetyn turvevaran) päästöjen pienenemisestä ja CO₂:n siirtymisestä valtameren.

Tuloksia ei voi käyttää turpeen polton päästökertoimen muuttamiseen.

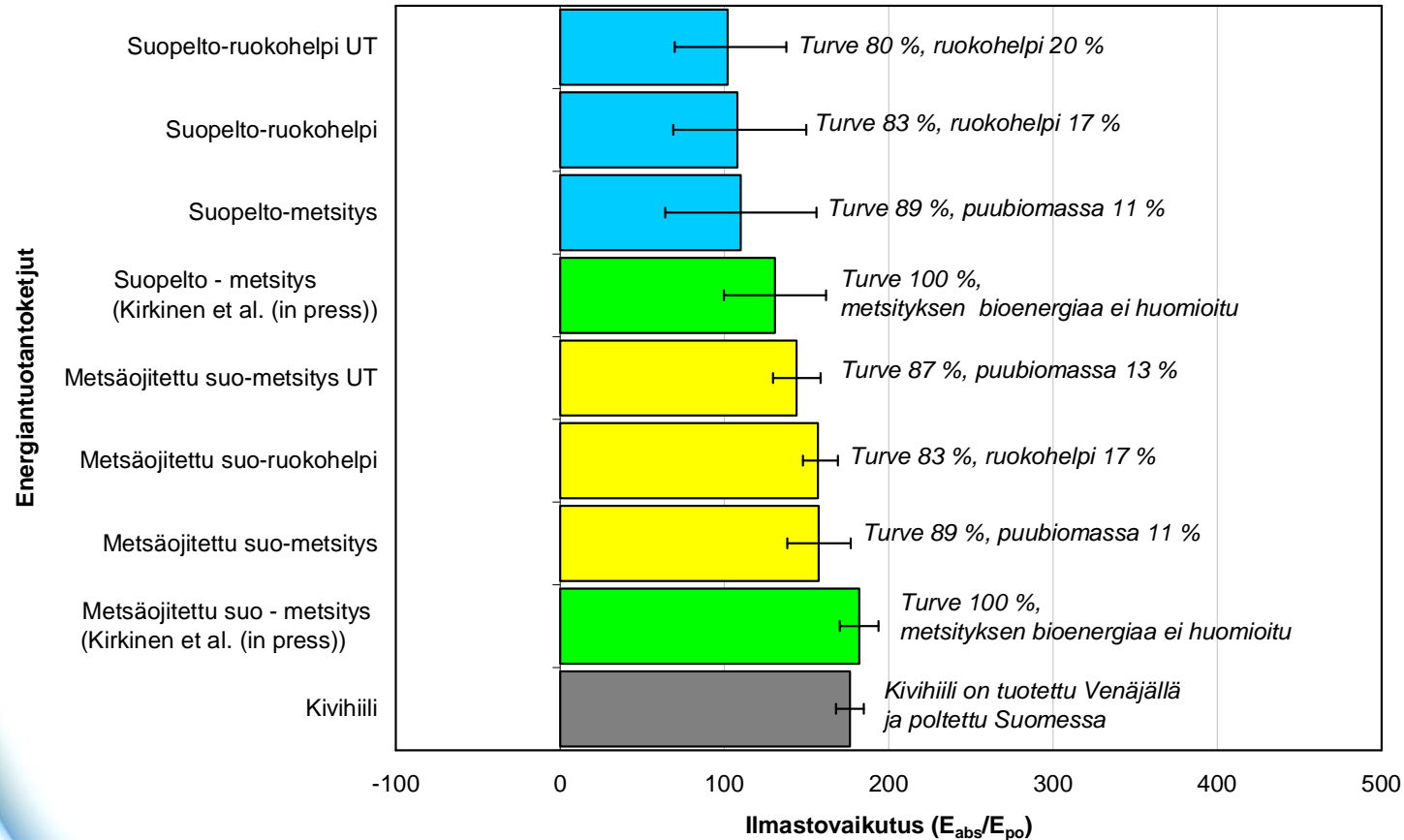
Jos lämpötilan nousu rajoitetaan 2-3 asteeseen, päästöjen rajoittaminen täytyy tehdä suhteellisen nopeasti. Sadan vuoden tai lyhyempikin tarkastelu-aika vastaa tätä tilannetta. (Lähde Kirkinen et al. BER 2007, kuva myös viitteessä MMM 11/2007)



Tulokset sekä epävarmuusarviot (100 vuoden tarkastelu-aika)

E_{abs} = maapallon termodynaamiseen järjestelmään (ilmakehä, meri, maa) absorboitunut energia elinkaaren päästöjen ja nielujen aiheuttamien ilmakehän pitoisuuksien muutosten takia,

E_{po} = energiantuotantoketjussa tuotettu polttoaine-energia



Tulokset kuvaavat sellaisen järjestelmän keskimääräistä vaikutusta, jossa on turvetta ja uusiutuvaa biomassaa, ei turvetta yksin.

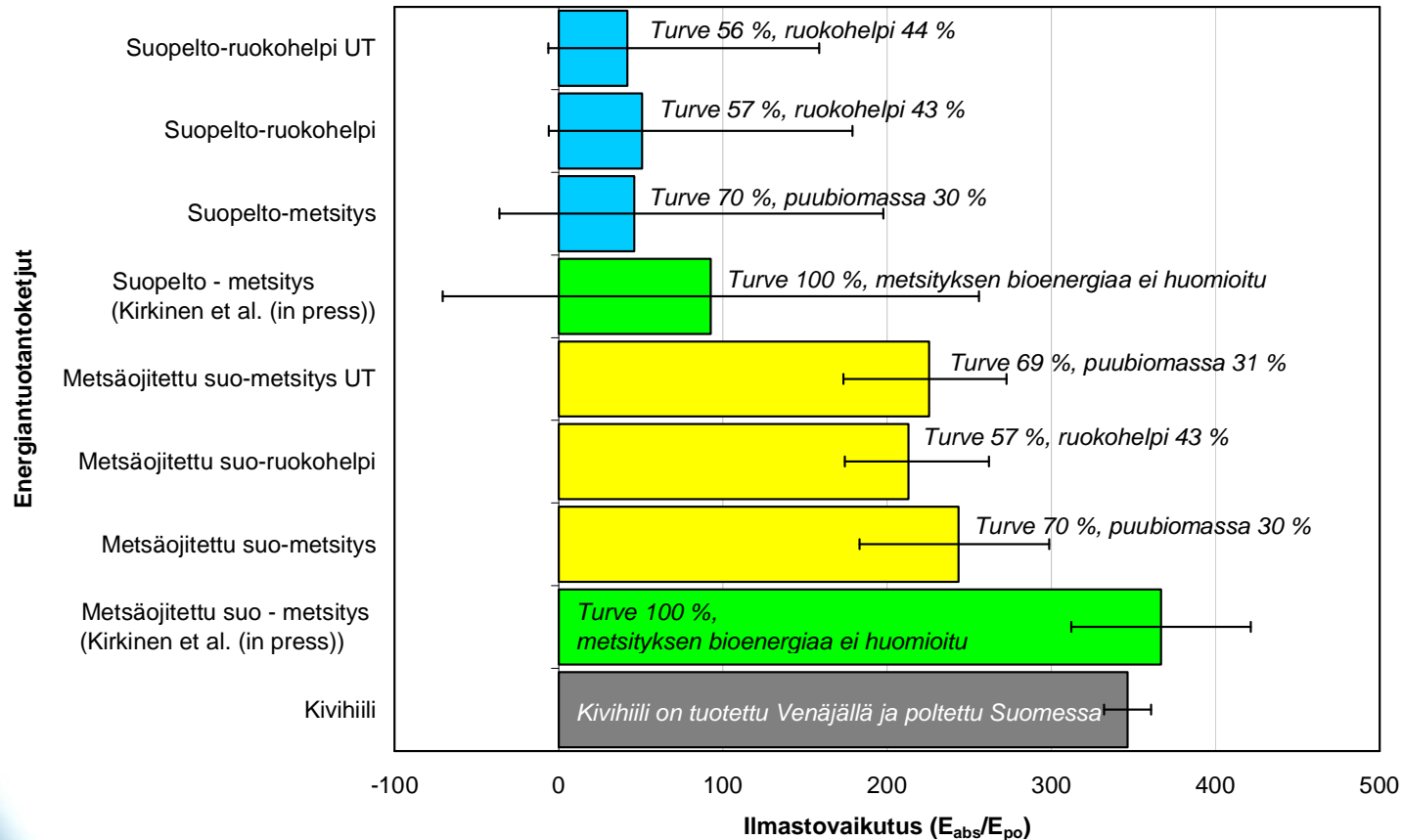
Tuloksia ei voi käyttää turpeen polton päästökertoimen muuttamiseen. Katso myös edellinen kuva.

Sadan vuoden tarkastelu-aika sopii tilanteeseen, jossa maapallon keskilämpötilan nousu rajoitetaan 2-3 asteeseen esiteolliseen aikaan nähden. Lähde Kirkinen et al. VTT T2365/2007, kuva myös viitteessä MMM 11/2007

Tulokset sekä epävarmuusarviot (300 vuoden tarkastelu-aika)

E_{abs} = maapallon termodynaamiseen järjestelmään (ilmakehä, meri, maa) absorboitunut energia elinkaaren päästöjen ja nielujen aiheuttamien ilmakehän pitoisuuksien muutosten takia,

E_{po} = energiantuotantoketjussa tuotettu polttoaine-energia

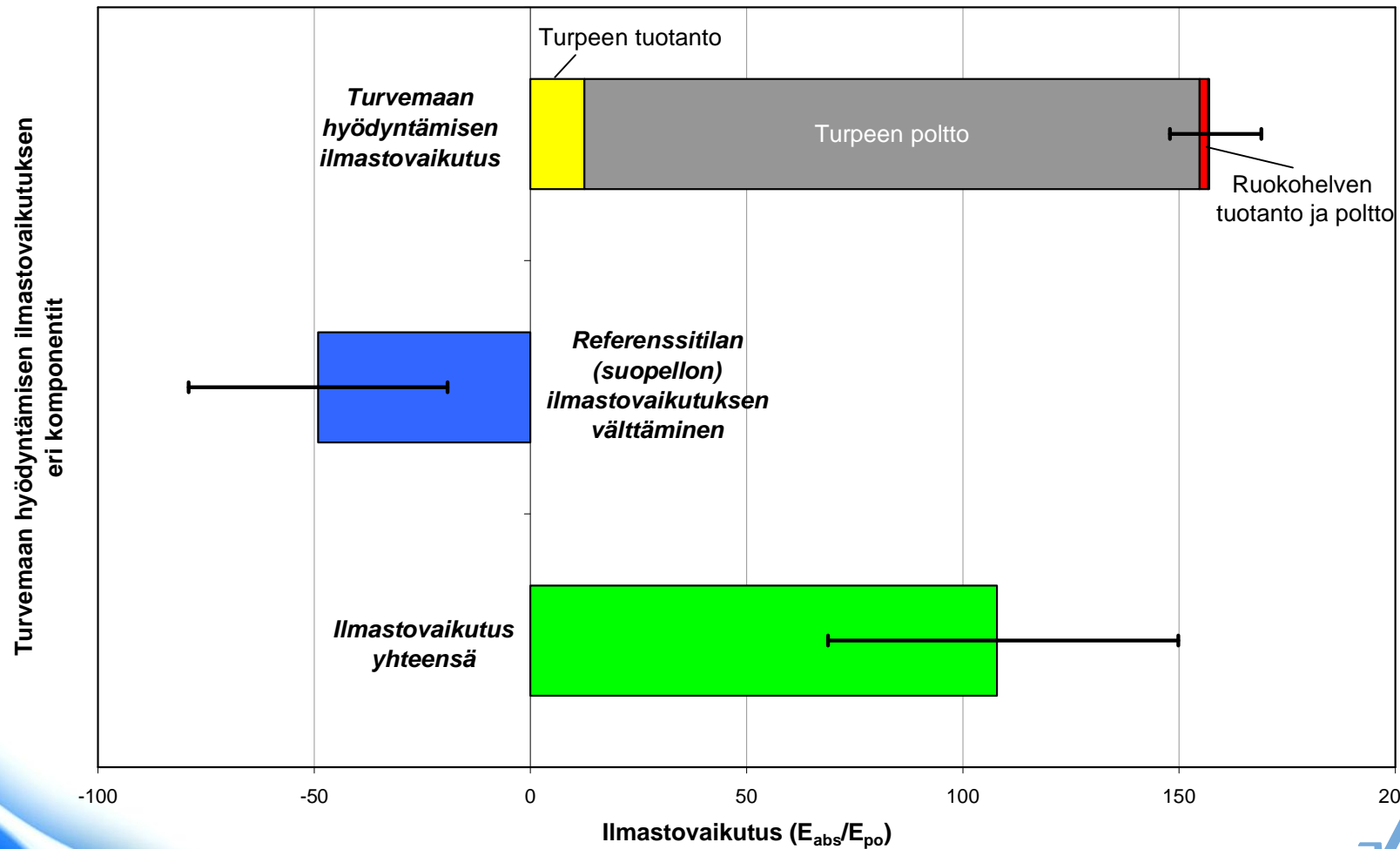


Tulokset kuvaavat sellaisen järjestelmän keskimääräistä vaikutusta, jossa on turvetta ja uusiutuvaa biomassaa, ei turvetta yksin.

Tuloksia ei voi käyttää turpeen polton päästökertoimen muuttamiseen.

Kolmen sadan vuoden tarkastelu-aika sopii tilanteeseen, jossa päästöjä rajoitetaan hitaasti satojen vuosien aikana ja lämpötila voi nousta paljon enemmän kuin 3 astetta. Lähde Kirkinen et al. VTT T2365/2007, kuva myös viitteessä MMM 11/2007

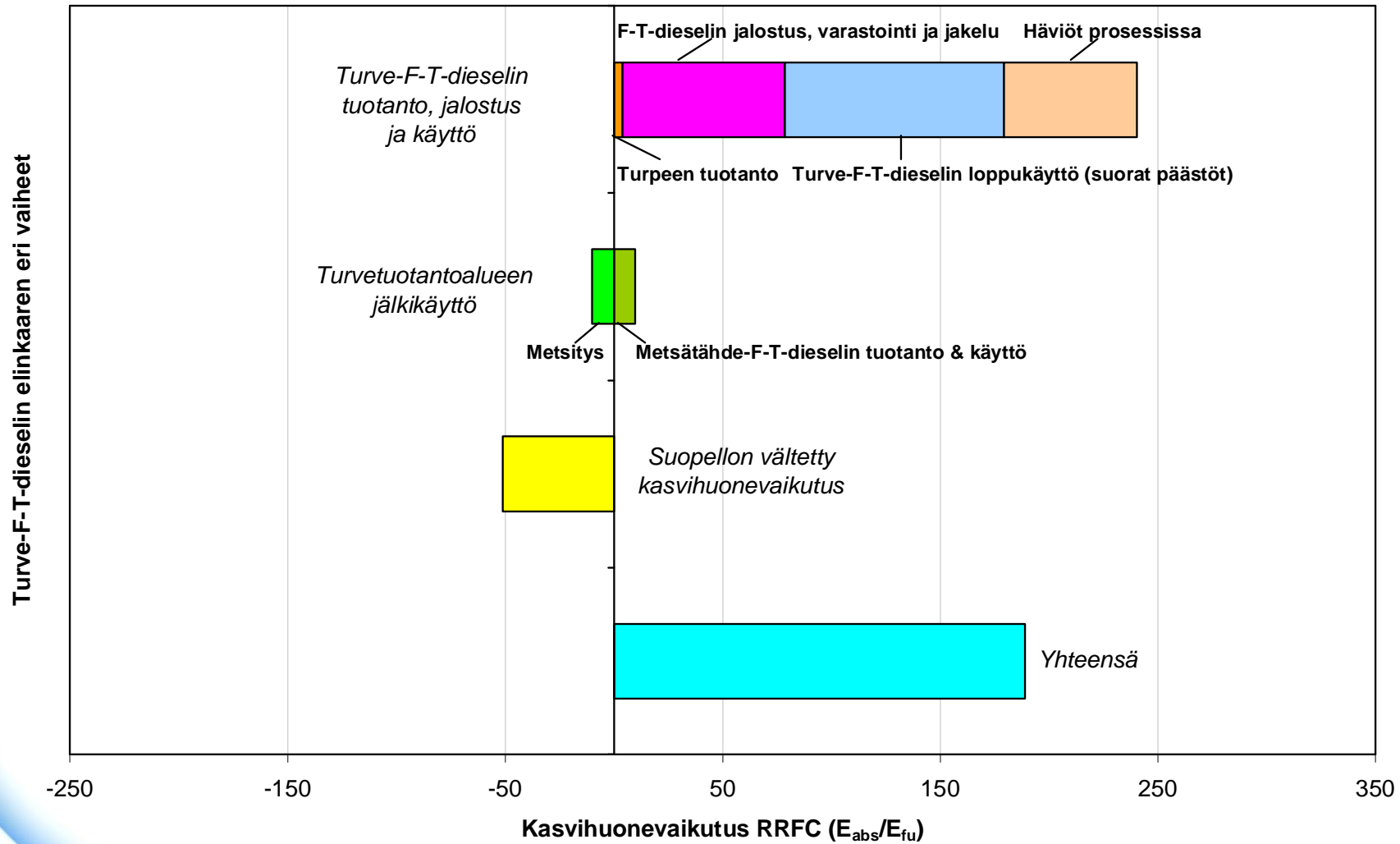
Tulokset sekä epävarmuusarviot Suopelto-ruokohelppi-ketju komponenteittain 100 vuoden tarkasteluaja



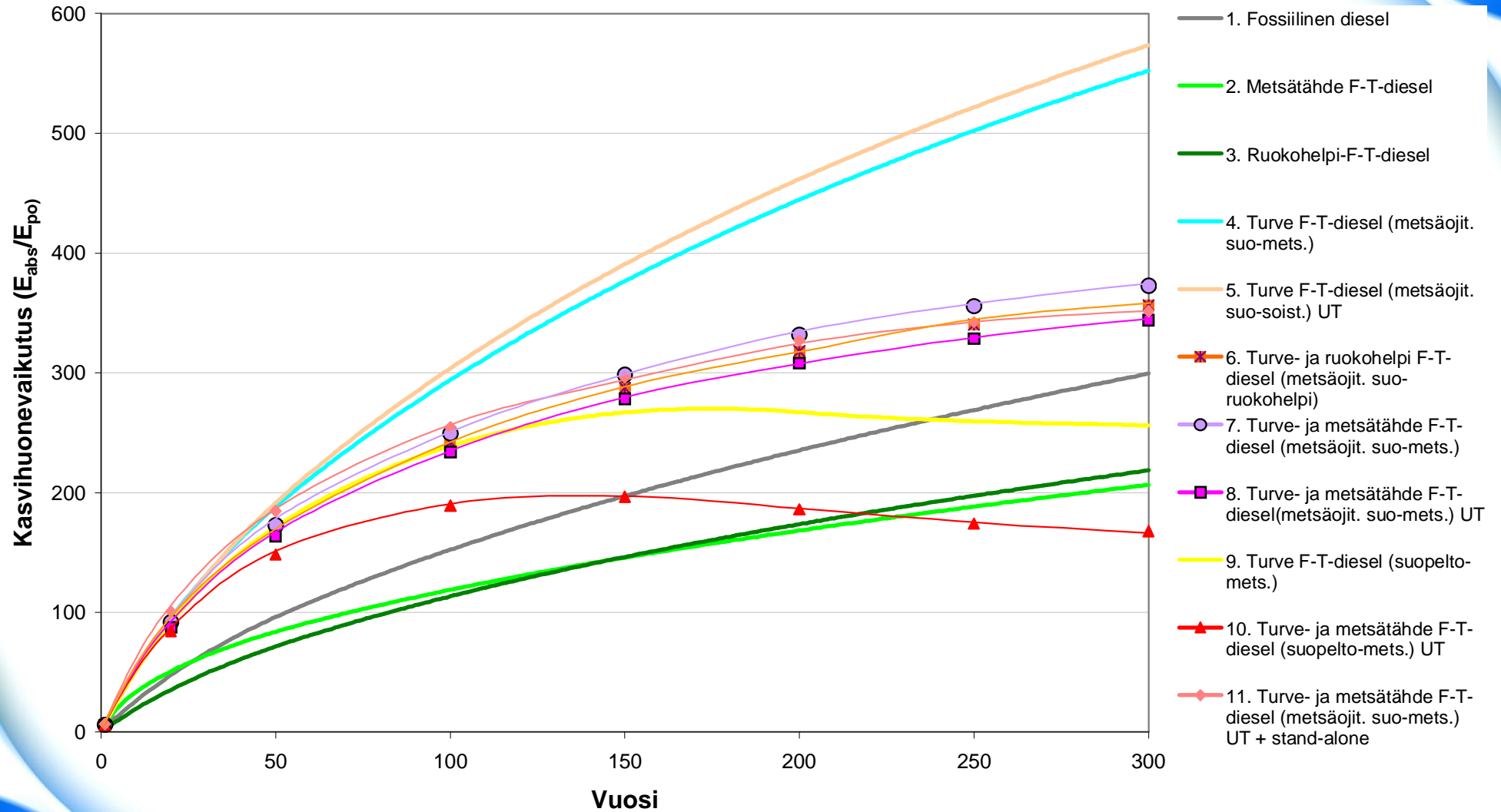
Yhteenveto turpeen energiakäytöstä

- **Nykyinen tapa** tuottaa polttoturpe metsäojitetuilta tai luonnontilaisilta turvemailta aiheuttaa **likimain kivihiilen luokkaa olevan kasvihuonevaikutuksen**. Jos otetaan huomioon uusiutuvan energian tuotanto suon pohjalla päästään 100 vuodessa keskimääräisessä vaikutuksessa (turve +uusiutuva) hiukan alle kivihiilen.
 - **Tämä on sanottu myös viitteessä MMM 11/2007 s. 62**
- Ilmastolle ystävällisin turvemaan hyödyntämisketju elinkaarinäkökulmasta, kun maankäyttö otetaan huomioon, on **suopelto - ruokohelppi/metsitys**.
- Ilmastonäkökulmasta on parasta käyttää turvetuotantoon voimakkaassa hajoamistilassa olevia turvevaroja.
 - Epävarmuudet suuria, nettokasvihuonevaikutus riippuu hyvin paljon hyödynnettävän turvemaan päästöistä
 - Uusilla turpeen tuotantoteknologiolla voidaan turpeen kasvihuonevaikutusta alentaa hiukan.
 - Jos otetaan huomioon I_R :ssä metsän kasvu metsäojitetulla turvemaalla, on turpeen poltto vielä epäedullisempaa ilmaston kannalta

Turvedieselin kasvihuonevaikutuksen arviointi



Turvedieselketjun vaiheittainen kasvihuonevaikutus 100 vuoden ajanjaksolta (VTT T2418/2007).

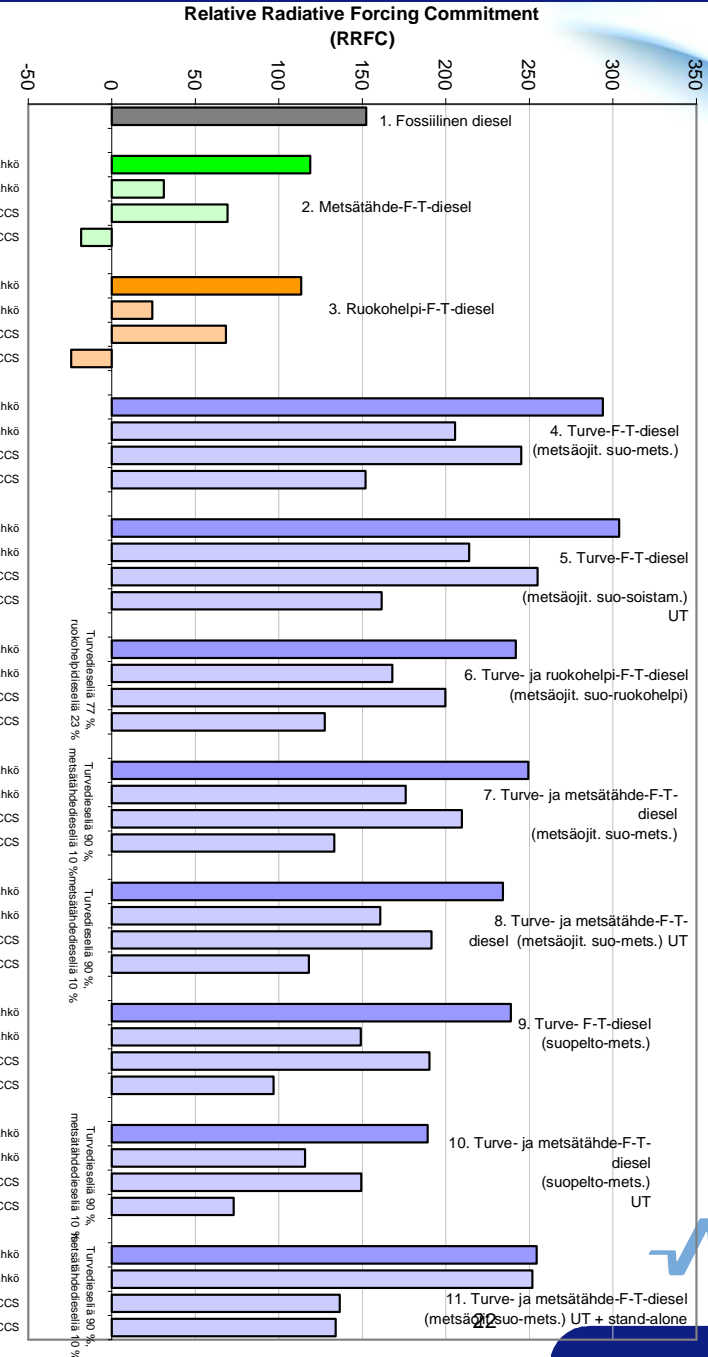


Eri liikennepolttoaineketjujen kumulatiivinen kokonaiskasvihuonevaikutus ajan funktiona 0–300 vuoden ajanjaksolta (VTT T2418/2007).

Eri liikennepolttoaineketjujen kasvihuonevaikutukset 100 vuoden kumulointijaksolla seuraavilla oletuksilla (VTT T2418/2007):

- marginaalisähkö,
- 0-päästöinen sähkö,
- margin. sähkö + CCS,
- 0-pääst. sähkö + CCS.

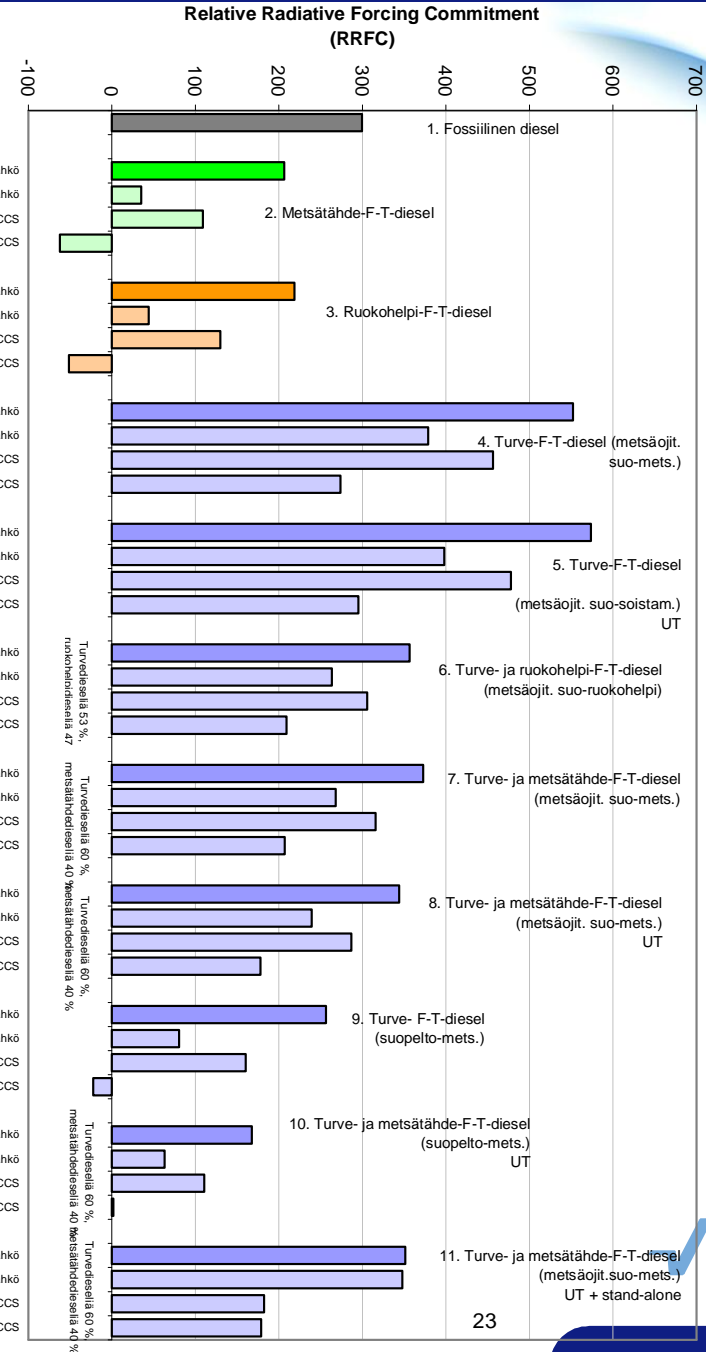
EU:n vaatimus 35 % päästönvähennyksestä fossiiliseen dieseliin nähden saavutetaan vain suopeltoturpeen tapauksessa, jos käytössä on sekä 0-päästöinen sähkö että hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS). Huom. RES-direktiivin käyttämä tarkastelujakso maankäytön päästöille on vain 20 vuotta.



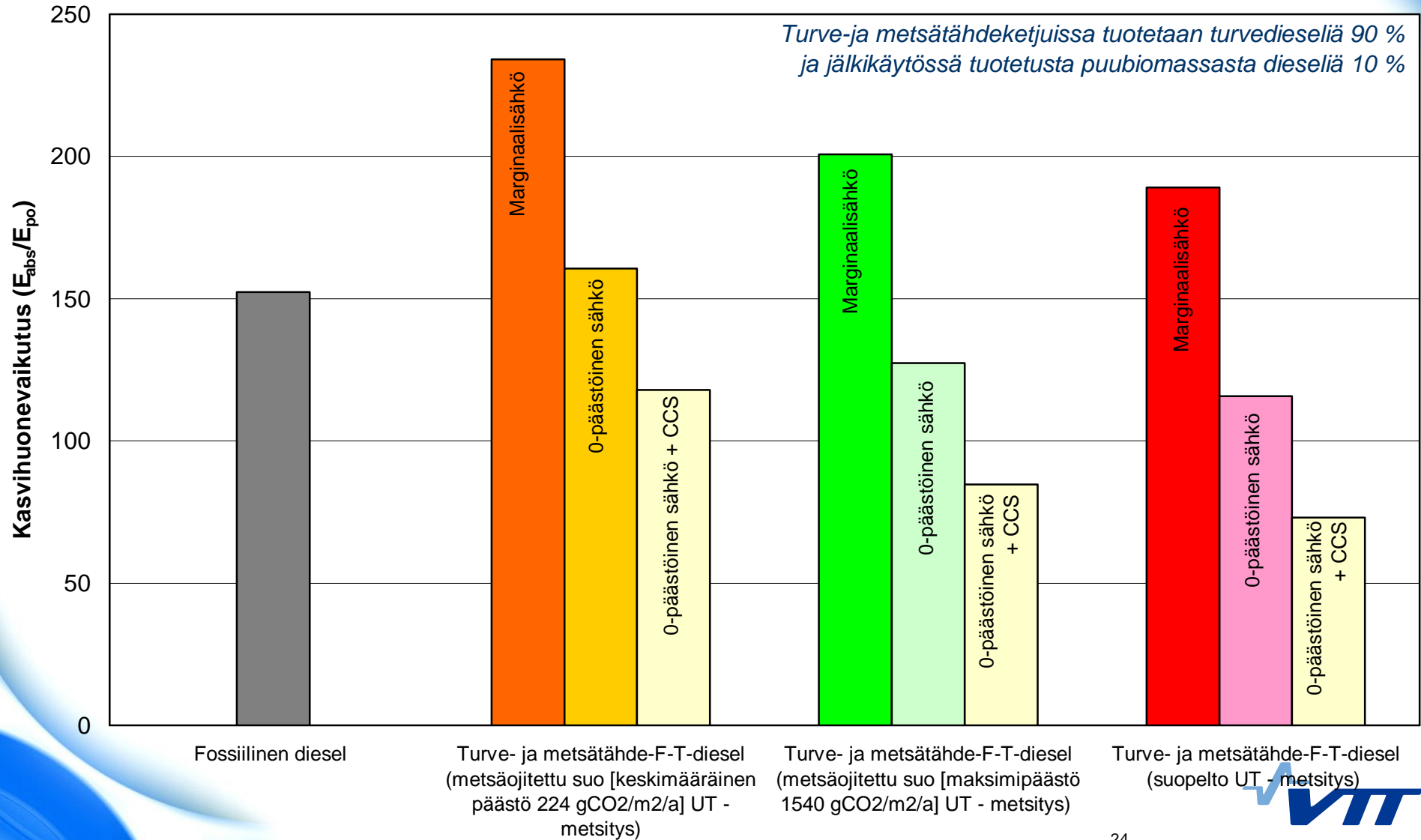
Eri liikennepolttoaineketjujen kasvihuonevaikutukset 300 vuoden kumulointijaksolla seuraavilla oletuksilla (VTT T2418/2007):

- marginaalisähkö,
- 0-päästöinen sähkö,
- margin. sähkö + CCS,
- 0-pääst. sähkö + CCS.

300 vuoden jakso tarkoittaisi sitä, että ilmastonmuutosta hillitään hitaasti 300 vuoden aikana, EU:n 2C-rajoite merkitsee paljon nopeampia toimia. 300 vuotta ei siis sovi yhteen EU:n politiikan kanssa.



Turvedieselin laskentaketjujen kokonaiskasvihuonevaikutus 100 vuoden tarkasteluajanjaksolla (marginaalisähkö, 0-päästöinen sähkö ja CCS, UT= uusi turpeen tuotantomenetelmä)



Yhteenveto turvedieselin kasvihuonevaikutuksesta

- Turvedieselin kasvihuonevaikutukseen vaikuttavat tärkeimpinä:
 - Käytetyn sähkön päästöt
 - Prosessin häviöt
 - Polttoaineen käyttö moottorissa

VTT:n tutkimuksessa on laskentaketjuja, joissa tehty useita turvedieseliä suosivia oletuksia

- 1. Turvedieselin tuotanto on kytketty sellutehtaaseen, mikä parantaa energiatasetta*
- 2. Turvemaan pohjalla tuotetun uusiutuvan biomassan on oletettu vähentävän turpeen käyttöä*
- 3. Laskettu vaihtoehto, jossa on käytetty nollapäästöistä sähköä*
- 4. Laskettu vaihtoehto, jossa raaka-aine on nopeasti hajoavaa turvetta suopelloilta*
- 5. Laskettu vaihtoehto, jossa dieselin valmistuksen hiilihävikkiä pienennetään CCS:llä*

Jos käytetään tavanomaista lisäkulutuksen (ns. marginaalisähkö) aiheuttamaa arviota sähkön päästöstä, on vaikea päästä kasvihuonevaikutuksessa alle fossiilisen dieselin tason.

Yhteenveto menetelmistä

Elinkaarianalyysi tutkimuksen lähestymistapana

- Tarkastelee päästöjä ja nieluja tietyn ajan yli summaten useilta sektoreilta
- Määrittelyt tärkeitä, esim. elinkaaren pituus, jälleenkäsittely ja käytetty tuotantomenetelmä

UNFCCC:lle tehtävä vuosittainen kasvihuonekaasuinventaario

- Tähtää yhden vuoden (raportointivuoden) päästöjen ja nielujen realistiseen arvioon
- Kattaa turpeen energiakäytön päästöt ja nielut hyvin, mutta vain raportointivuoden osalta

→ ***Elinkaarianalyysi ja inventaario lähestymistapana ovat erilaisia ja eivät sovi yhteen!***

Päästökerrointen muuttaminen inventaariossa elinkaaritutkimusten tukimusten pohjalta ei ole perusteltua

Jos tuotekohtaiset päästöt lasketaan löysemmillä säännöillä kuin khk-inventaarien raportointi ilmastositomukselle, yhteiskunta joutuu rajoittamaan päästöjä muualla, jotta päästörajoitussopimuksen velvoitteet täytetään.