

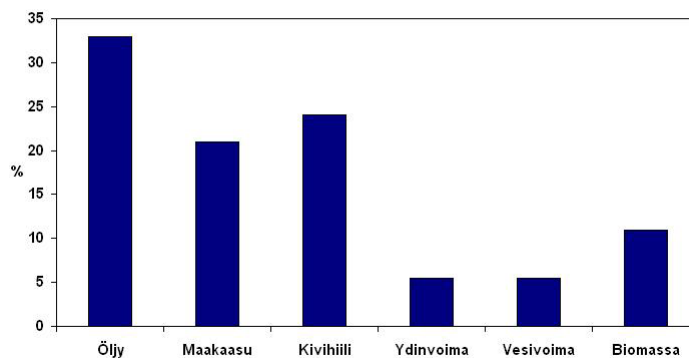
Biopolttoaineiden järkevyyden arviointi

Esityksen kuvat ja luvut perustuvat omiin laskelmiin ellei toisin mainittu

Kimmo Klemola
Lappeenrannan teknillinen yliopisto
WWF pyöreän pöydän tapaaminen 24.08.2006
Helsinki

Maailman energiankulutus

Maailman primäärienergian kulutus 2004 [BP Statistical Review of World Energy June 2005]



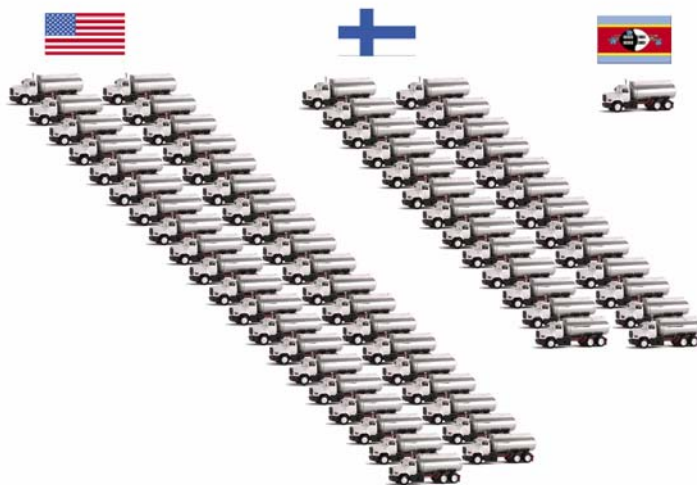
Kimmo Klemola

Raakaöljyn kulutus asukasta kohti ihmisen elinaikana



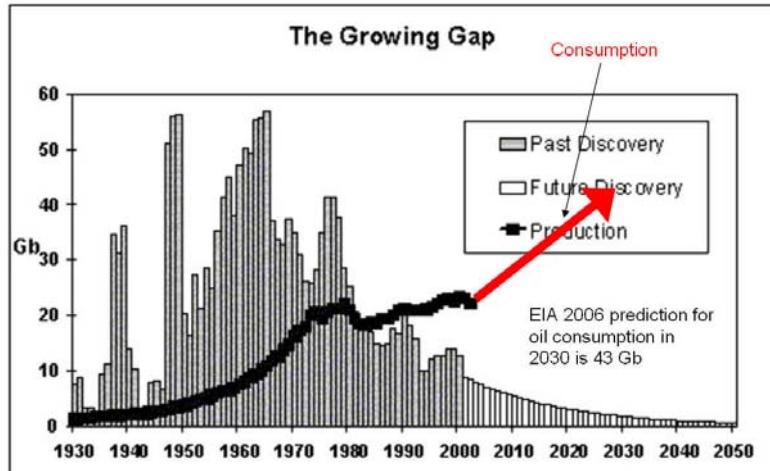
Kimmo Klemola

Primäärienergian kulutus laskettuna raakaöljyksi asukasta kohti ihmisen elinaikana



Kimmo Klemola

Öljystä tulee pula

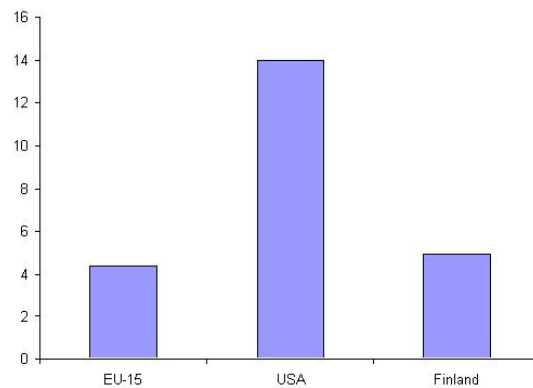


Lähde: ASPO ja EIA

Kimmo Klemola

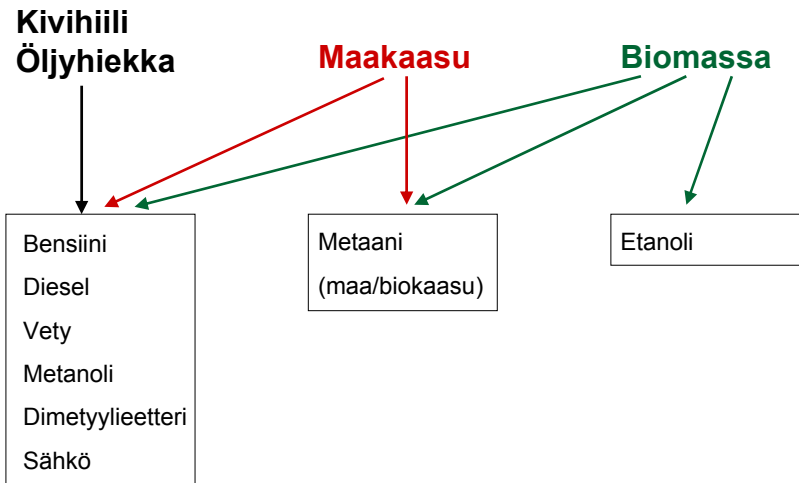
Henkilöautoliikenteen öljynkulutus, tynnyriä/asukas/vuosi

Total annual petroleum (crude) consumption for light-duty vehicles, barrels per capita

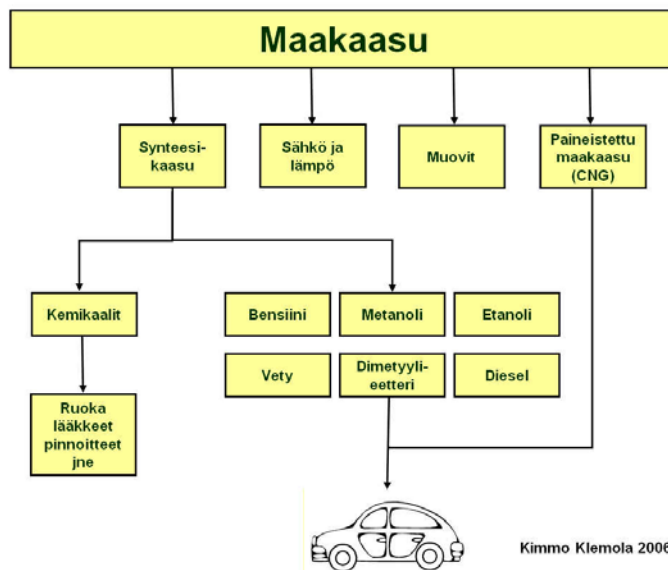


Kimmo Klemola

Eri raaka-aineista voidaan valmistaa samoja liikenteen polttoaineita



Kimmo Klemola



Kimmo Klemola

Biomassan käyttö



Kimmo Klemola

Biopolttoaineiden järkevyyden arviointi

- Teknitaloudellinen järkevyyden arviointi
 - Teknologia kunnossa, kypsä, luotettava
 - Valmistusprosessi
 - Tuotteiden ominaisuudet
 - Etanoli vs. bensiini
 - Biodiesel vs. dinodiesel
 - FAME (kasviöljyjen metanoliesteri)
 - NEXBTL (Neste)
 - BTL (Fischer-Tropsch)
 - Biokaasu
 - Biometanoli
 - Vety jne
 - Infrastrukturi – jakelu ja varastointi
 - Kilpailukykyinen hinta
 - Tukiaiset, verohelpotukset, kansainvälinen kauppapolitiikka ja vapaan kaupan sopimukset

Kimmo Klemola

Biopolttoaineiden järkevyyden arviointi

- **Energiatehokkuus**
 - Energian kokonaishyötysuhde
 - Fossiilienergian käyttö suhteessa tuotettuun energian (EROI)
 - Eksergia (energian laatu)
 - Useita tuotteita, niiden kohdentaminen eli allokointi
 - Viljaetanoli + rehu
 - Biodiesel + valkuaisrehu (soija, rypsi, rapsi) (FAME)
 - Biodiesel + kerosiini + petrokemian raaka-aineet + lämpö ja sähkö (BTL)
 - Selluetanoli + lämpö ja sähkö + kemikaalit

Kimmo Klemola

Biopolttoaineiden järkevyyden arviointi

- **Energiatehokkuus**
 - Elinkaarianalyysi
 - Tasealueen valinta
 - Kaikkia energiainputteja ei ehkä osata ottaa huomioon
 - Eri tuotteiden allokointi
 - Samojen raaka-aineresurssien vaihtoehtoiset käyttötavat
 - Ruoka, kemikaalit, puunjalostusteollisuuden tuotteet...
 - Käyttö tehokkaampaa esimerkiksi yhdistetyssä sähkön ja lämmöntuotannossa.

Kimmo Klemola

Biopolttoaineiden järkevyyden arviointi

- Maatalouspolitiikka
- Työllisyys
- Energhuoltovarmuus ja öljyriippuvuus, bioriippuvuus?
- Kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen
 - Luotettava elinkaarianalyysi
 - Esim. {Biodieselin vähentämä hiilidioksidin määrä} = {Tavallisen dieselin polttamisen päästöt} + {tavallisen dieselin tuottamisen hiilidioksidipäästöt} – {biodieselin viljelyn ja maankäytön päästöt} – {biodieselin valmistamisen ja kuljetusten päästöt} + {sivutuotteiden rehu ja glyseriini tuottamisen vähentämä hiilidioksiditarve}
 - Samojen raaka-aineresurssien vaihtoehtoiset käyttötavat ehkä tehokkaampia kasvihuonepäästöjen vähentäjiä
 - Biomassan käyttö tehokkaampaa esimerkiksi yhdistetyssä sähkön ja lämmöntuotannossa kuin biopolttoaineiden valmistamisessa. Hiilidioksidipäästöt pienenevät enemmän.

Kimmo Klemola

Biopolttoaineiden järkevyyden arviointi

- Vielä vaikeammin arvioitavat
 - Tehoviljely
 - Puhtaita vesivaroja kuluttavaa ja niiden laatua heikentävää
 - Maan köyhtyminen
 - Kestävyys, voiko kestää ”ikuisesti”?
 - Saastuminen, vesi, torjunta-aineet, ilma, runsas fossiilienergian käyttö
 - Eettiset kysymykset
 - Väestönkasvu
 - Ruokaa autoille vai ihmisille
 - Luonnon monimuotoisuus
 - Maa-alueiden ja biomassaresurssien riittävyys
 - Ilmastonmuutos ja satojen pieneneminen

Kimmo Klemola

Biopolttoaineiden järkevyyden arviointi

- Muut vaihtoehtoiset toimenpiteet
 - Energiansäästö
 - Autot
 - Verotus
 - Kulutusnormit
 - Lainsäädäntö
 - Lentoliikenne
 - Polttoainevero
 - Päästökauppa
 - Lämmitys
 - Öljylämmityksestä esimerkiksi puulämmitykseen siirtyminen

Kimmo Klemola

Vaihtoehtoja EU:n 5,75 %:n biopolttoainetavoitteelle Suomessa – sama määrä öljyä korvataan eri tavoin

- Ohraetanoli ja rypsibiodiesel
 - 200 000 hehtaaria ohrapeltoa
 - 210 000 hehtaaria rypseltoa
 - 20 % peltoalasta
- Selluetanoli
 - 1 155 000 hehtaaria metsää (vuosikasvu)
 - 5 % metsäalasta
- Turvebiodiesel (Fischer–Tropsch)
 - 79 410 perävaunullista turverekkaa vuodessa
- Pientalojen muuttaminen puulämmitteiseksi
 - 38 % öljylämmitteisistä 250 000:sta pientalosta eli 95 000 taloa

Kimmo Klemola

Vaihtoehtoja EU:n 5,75 %:n biopolttoainetavoitteelle Suomessa – sama määrä öljyä korvataan eri tavoin

- Autokannan ”dieselöinti”
 - 715 000 bensiiniautoa dieselautoksi
 - Dieselautojen osuus 17,5 %:sta 48 %:iin
- Pienempi autokanta
 - Painon pudotus keskiarvopainosta 1369 kg:sta 1254 kg:aan. EU-15 1288 kg.
- Autojen kulutuksen tiputtaminen
 - Henkilö- ja pakettiautojen yhdistetty keskiarvokulutus 7,8 litrasta sadalla kilometrillä 7,3 litraan. EU-15 7,3 litraa.
- Lentämisen vähentäminen
 - Etelänmatkojen (pakettimatkat) vähentäminen 58 %:lla.

Kimmo Klemola

Vaihtoehtoja EU:n 5,75 %:n biopolttoainetavoitteelle Suomessa – sama määrä öljyä korvataan eri tavoin

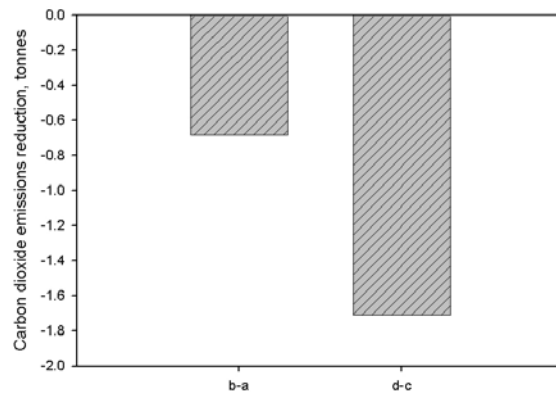
- ”Ruotsin malli”
 - Etanoli Brasiliasta
 - Palmuöljy Malesiasta
 - Tämä on todennäköisin vaihtoehdoista

Kimmo Klemola

Hiilidioksidipäästöjen väheneminen verrattuna fossiilivaihtoehtoon 1000 kg kuivaa puuta – kaksi energiavaihtoehtoa:

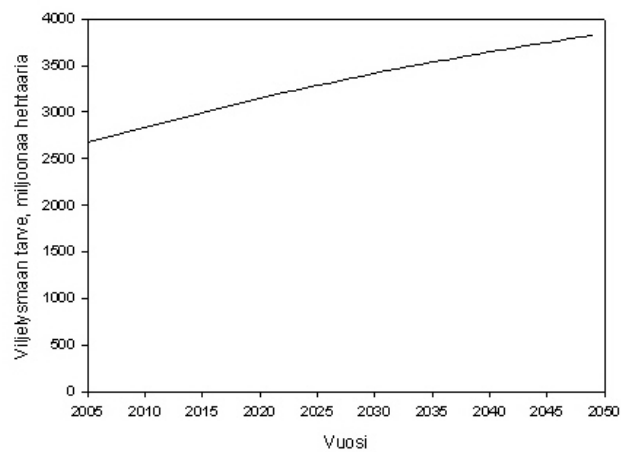
Vasen palkki: selluetanolia + sähköä ja lämpöä

Oikea palkki: sähköä ja lämpöä



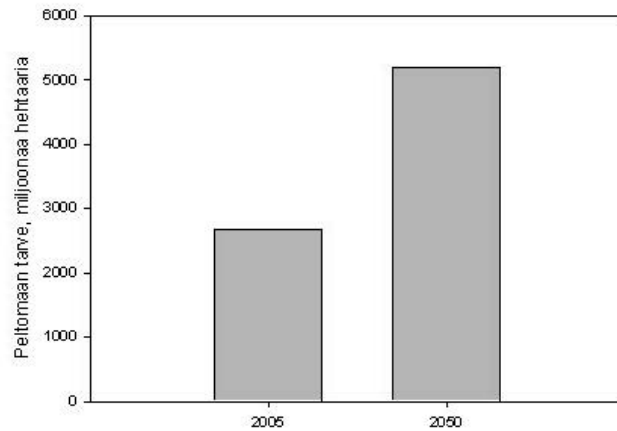
Kimmo Klemola

Viljelysmaan tarve ruoantuotantoon kasvaa maailmassa



Kimmo Klemola

Viljelysmaan tarve ruoantuotantoon + 20% liikenteen polttoaineesta korvattu vehnäetanolilla – maailma

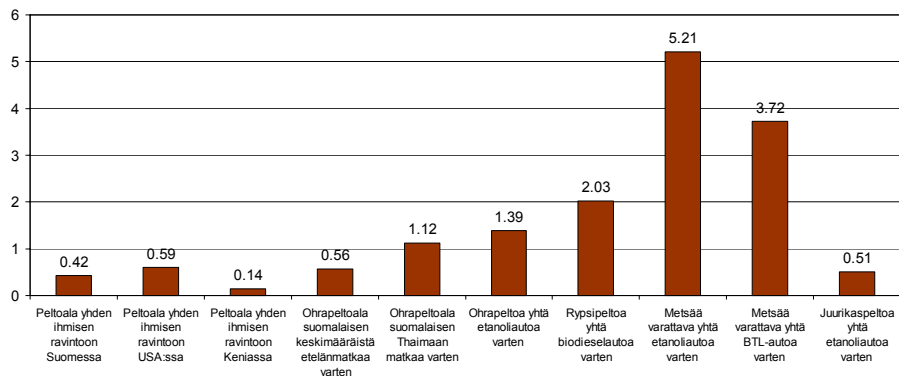


Kimmo Klemola

Onko biopolttoaineista öljyn korvaajaksi

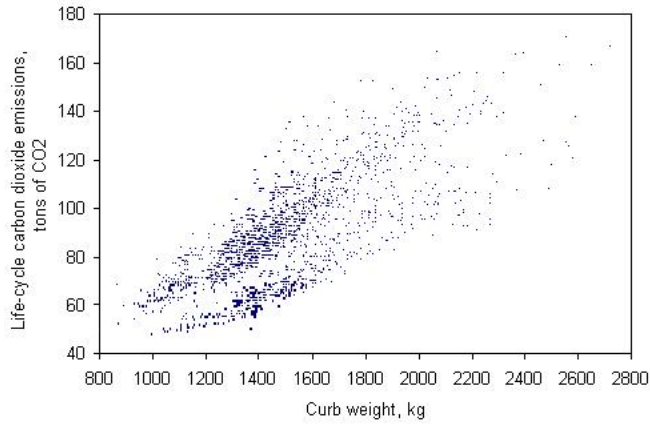
- Biopolttoaineet antavat hyvän mitan omalle energian käytölle

Maan tarve Suomessa, ha



Kimmo Klemola

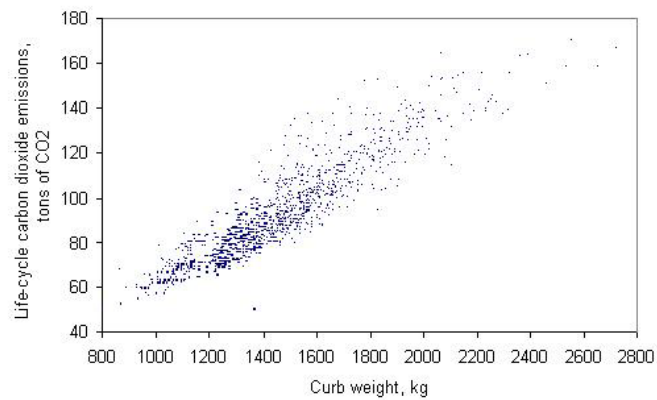
**Life-cycle carbon dioxide emissions of
a car as a function of curb weight - Finland - all cars**



Elinkaarianalyysin CO₂-päästöt sisältävät polttoainekulutuksen, polttoaineen valmistuksen, auton valmistuksen, raaka-aineiden valmistuksen, huollon, varaosat, romutuksen ja kierrätyksen. Data: AKE – Suomessa myytävät autot.

Kimmo Klemola

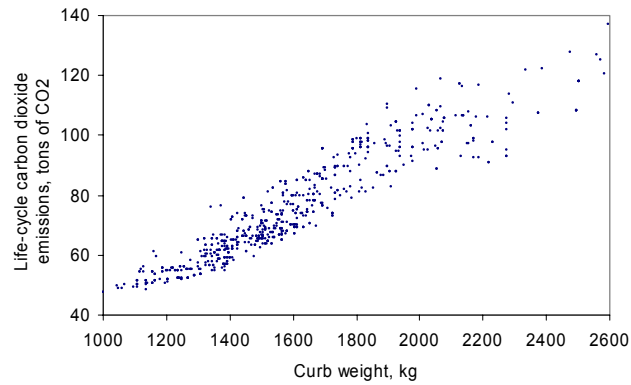
**Life-cycle carbon dioxide emissions of
a car as a function of curb weight - Finland - petrol
cars**



Elinkaarianalyysin CO₂-päästöt sisältävät polttoainekulutuksen, polttoaineen valmistuksen, auton valmistuksen, raaka-aineiden valmistuksen, huollon, varaosat, romutuksen ja kierrätyksen. Data: AKE – Suomessa myytävät autot.

Kimmo Klemola

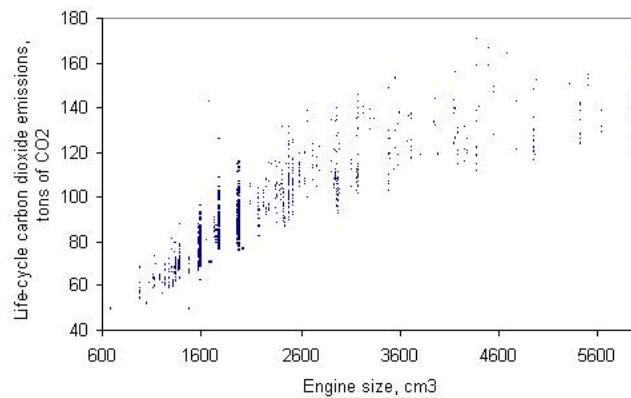
**Life-cycle carbon dioxide emissions of
a car as a function of curb weight - Finland - diesel
cars**



Elinkaarianalyysin CO₂-päästöt sisältävät polttoaineenkulutuksen, polttoaineen valmistuksen, auton valmistuksen, raaka-aineiden valmistuksen, huollon, varaosat, romutuksen ja kierrätyksen. Data: AKE – Suomessa myytävät autot.

Kimmo Klemola

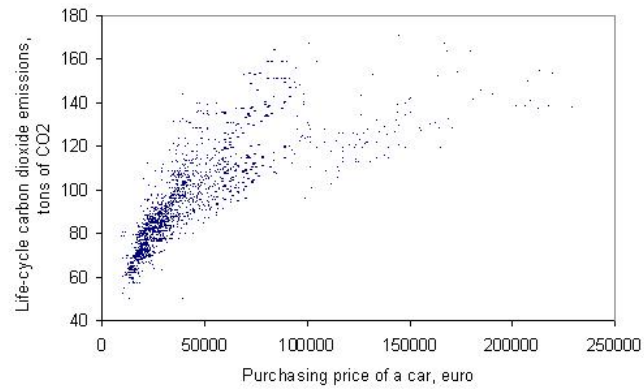
**Life-cycle carbon dioxide emissions of
a car as a function of engine size - Finland - petrol
cars**



Elinkaarianalyysin CO₂-päästöt sisältävät polttoaineenkulutuksen, polttoaineen valmistuksen, auton valmistuksen, raaka-aineiden valmistuksen, huollon, varaosat, romutuksen ja kierrätyksen. Data: AKE – Suomessa myytävät autot.

Kimmo Klemola

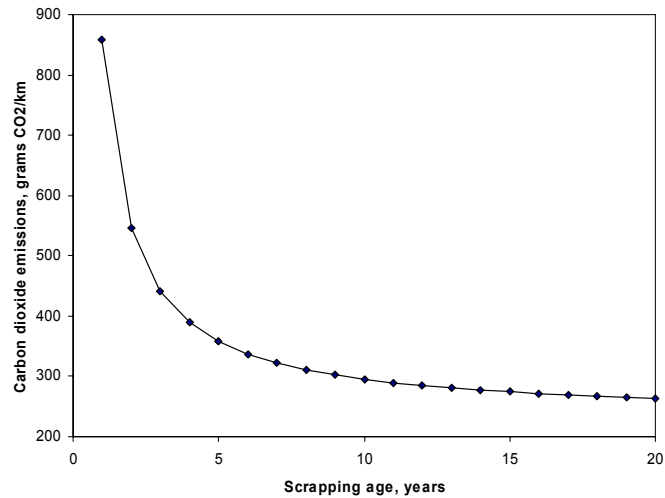
Life-cycle carbon dioxide emissions of a car as a function of purchasing price of a car - Finland - petrol cars



Elinkaarianalyysin CO₂-päästöt sisältävät polttoainekulutuksen, polttoaineen valmistuksen, auton valmistuksen, raaka-aineiden valmistuksen, huollon, varaosat, romutuksen ja kierrätyksen. Data: AKE – Suomessa myytävät autot.

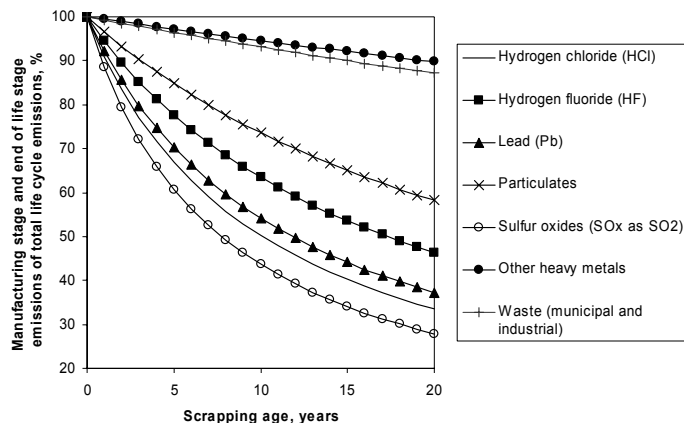
Kimmo Klemola

Keskimääräisen EU-15-auton Hiilidioksidipäästöt gCO₂/km auton romutusiän funktiona



Kimmo Klemola

Keskimääräisen EU-15-auton päästöjä auton romutusiän funktiona



Kimmo Klemola

Lainauksia

- Professori David Pimentel:
 - "Peltojen käyttö tuottamaan raaka-ainetta energiantensiiviselle etanoliprosessille, josta saadaan huonolaatuista autojen polttoainetta, on yhteiskunnan tukemaa kestävän kehityksen vastaista ruoan polttamista."
- Professori Tad Patzek:
 - "Yhdysvalloissa on tehtävä kaksi asiaa kulutuksen vähentämiseksi. Autojen polttoaineenkulutusta on vähennettävä ja kaupungit on suunniteltava uudestaan vähemmän autoilusta riippuvaisiksi."
- Tohtori Gerd Eisenbeiß:
 - "Rajalliset biomassavarat tulisi käyttää lämmön- ja sähköntuotantoon. Energiakasvien viljely on epäeettistä maailmassa, jossa suuri osa väestöstä kärsii aliravitsemuksesta. Viljelysmaan ja vesivarojen tuhoutuminen ja väheneminen ovat kestävän kehityksen avainongelmia. Puun käytön kiihtyvä lisääminen sotii ilmastotavoitteita vastaan. Metsät ovat hiilinieluja."
- George Monbiot:
 - "EU:n biopolttoainetavoitteilla yritetään luoda kysyntää Euroopan kasviöljyille, mutta todellisuudessa se lisää malesialaisen palmuöljyn ja brasilialaisen soijan kysyntää ja sademetsien hakkuita soija- ja palmuplantaasien tieltä."
- Tohtori Ted Trainer:
 - "Nykyisenlaista kulutusta ei voida ylläpitää uusiutuvalla energialla. Kestävän kehityksen mukainen tulevaisuus ei ole mahdollista ilman, että materialistisesta kulutuksesta tingitään. Fossiilienergia tulisi korvata lähes täysin uusiutuvalla energialla, ja mikäli siihen ei kyetä, kestävän yhteiskunnan tulee vähentää energian käyttöönsä dramaattisesti."

Kimmo Klemola

Oma mielipide

- Energian säästö on huomattavasti järkevämpi, tehokkaampi, halvempi, ympäristöystävällisempi ja kestävämpi tapa vähentää öljyriippuvuutta ja kasvihuonekaasupäästöjä kuin biopolttoaineet.
- Esimerkkejä
 - Auton koko elinkaaren aikainen polttoaineenkulutus, jos kulutettu öljymäärä korvataan ohraetanolla. Tarvittava ohrasato:
 - 43 hehtaaria – VOLKSWAGEN Touareg V6 bensiini
 - 14 hehtaaria – CITROEN C2 1.4 HDi 8V diesel
 - Matkustajalentokone Helsingistä Thaimaahan ja takaisin, kuluneen öljymäärän korvaaminen tieliikenteessä vaatii
 - 250 hehtaarin ohrapellon sadon (etanoli)
 - 52 täysperävaunullista turverekkaa (Fischer–Tropsch-biodiesel)
 - Jos USA:n asukas käyttäisi raakaöljyä EU15-asukkaan tavoin autoiluun (henkilöautot)...
 - Ero vastaa 390 miljoonaa ohrapellohehtaaria etanolintuotantoon

Kimmo Klemola

Summa summarum – pähkinänkuori

- Biopolttoaineiden tulee täyttää tietyt kriteerit:
 - Huoltovarmuus, raaka-aineiden saatavuus
 - Taloudellisuus
 - Tuotannon ekologinen kestävyys
 - Biopolttoaineiden tulee vähentää fossiilienergian käyttöä ja kasvihuonepäästöjä kustannustehokkaasti verrattuna vaihtoehtoisin toimenpiteisiin, kuten biomassan käyttö CHP-laitoksilla.
 - Tuotannon eettisyys, biopolttoaineet tehdään nykyään käytännössä kokonaan ruoasta.

Kimmo Klemola