

K. Kupiainen, Z. Klimont, M. Amann,  
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)



## Mustahiilipäästöjen vähentäminen – nopeaa ja tehokasta ilmastonmuutoksen hillintää?

Ilmansuojelupäivät, 23.-24.8.2011  
Kaupungintalo, Lappeenranta

## Sisällys



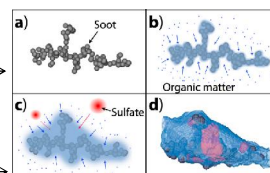
- Mitä on mustahiili?
- Mustahiilen globaalit päästöt
- Päästöjen vähentäminen ja niiden ilmasto vaikutusten arviointi
- Mustahiilipäästöjen vähentämisen ilmasto vaikutukset – UNEP/WMO arviointityö

## Mitä on mustahiili?

- Mustahiili on epätäydellisessä palamisessa muodostuvien hiukkasten (eniten) auringon valoa absorboiva komponentti
- Mustahiili koostuu pääasiassa alkuainehiilestä (grafiitinkaltainen)
- Mustahiilihiukkaset ovat n. 1-5 nm halkaisijaltaan, jotka muodostavat n. 100-1000 nm agglomeraatteja
- Mustahiilihiukkasten kanssa pääsee yleensä aina muitakin hiukkasmaisia aineita
- Ilmakehässä mustahiilihiukkasille muodostuu esim. orgaanisista yhdisteistä ja/tai sulfaattista muodostuva kuori

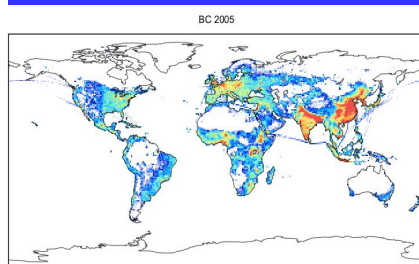


Kuva: Posfai & Buseck 2010. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 38:17-43

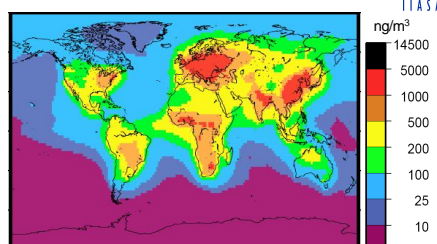


Kuva: Adachi ym 2010. J.Geophys.Res. 115

## Globaalit mustahiilipäästöt 2005 ja pitoisuudet maanpinnalla



Lähde: UNEP/WMO 2011.



Lähde: Koch et al. 2009. Atmos.Chem.Phys. 9

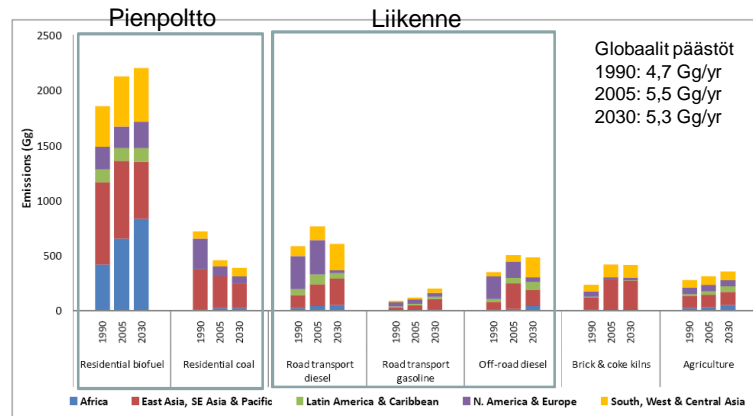
Vasemalla globaalit mustahiilipäästöt 2005, oikealla mallinnettuja alailmakehän pitoisuuksia

Päästötiheys ja hiukkasten lyhytikäisyys ilmakehässä johtavat pitoisuuksien ja vaikutusten voimakkaaseen alueellisuuteen

Huom! Mustahiiltä ei yleensä havaita puhtaana ilmakehässä

## Ihmisperäiset mustahiilipäästöt 1990, 2005 ja 2030

Lähde: UNEP/WMO 2011: Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone

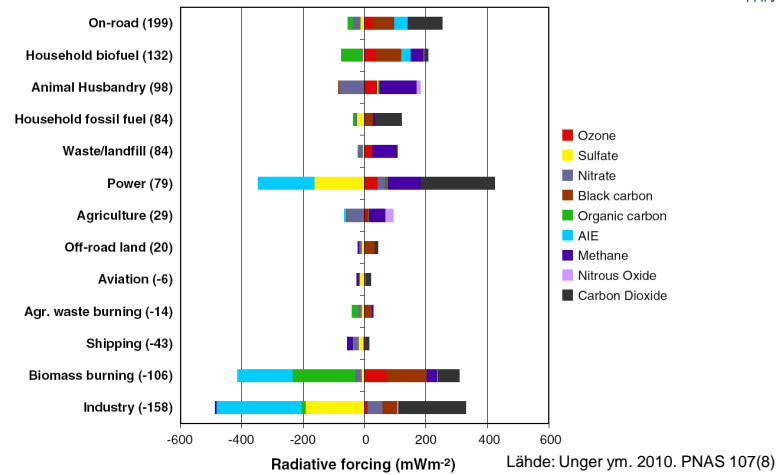


Päästöskenaario: IEA WEO 2009  
referenssi-skenaario, huomioi  
ilmansaasteiden nykyilmsäädännön

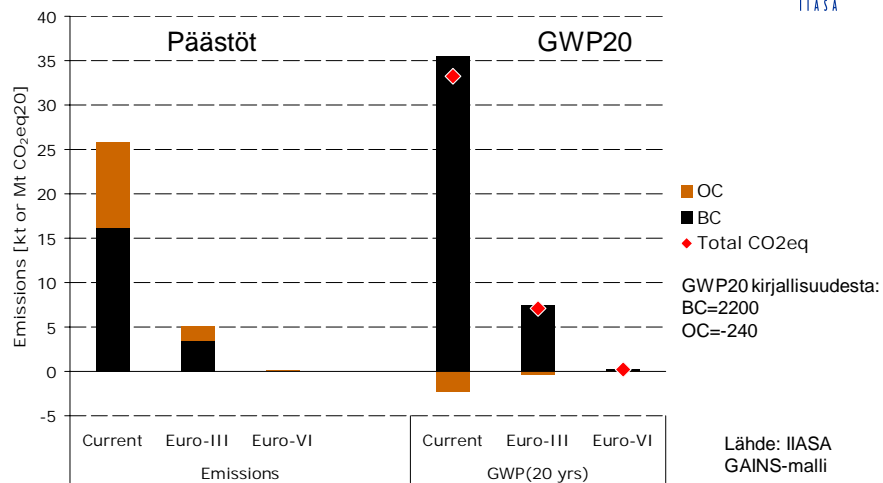
## Mustahiilipäästöt ja niiden vähentäminen

- Tapoja mustahiilipäästöjen yksilöityyn vähentämiseen ei tarkalleen ottaen ole, vaan aina vaikutetaan muihinkin päästökseenentteihin
- Vähennysstrategioita suunniteltaessa ilmastovaikutuksen näkökulmasta, on tarpeen tarkastella päästömuutosten nettovaikutusta teknologiakohtaisesti
- Kattokäsite ilmastovaikutteisille ilmansaasteille = Short-lived Climate Forcers (SLCF)

## Sektorikohtaisten vuoden 2000 päästöjen (netto)vaikutus ilmastopakotteeseen 2020

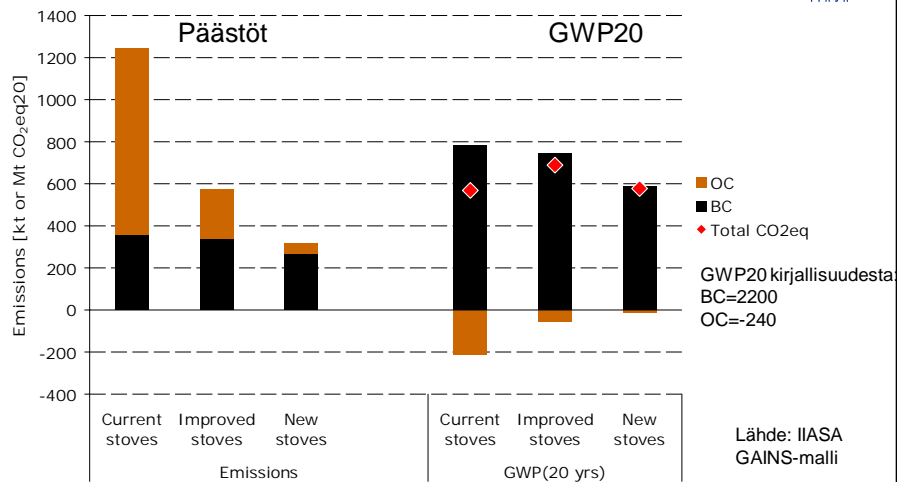


## Päästövähennysteknologioiden ilmastovaikutus Esim 1: diesel, raskas kalusto (Intia 2030)



## Päästövähennysteknologioiden ilmastovaikutus

Esim 2: biomassan poltto ruoanlaitossa (maatalouden jätteet, lanta, puu)  
(Intia 2030)



## Mustahiilipäästöjen vähentämisen ilmastovaikutukset

UNEP/WMO 2011: Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone



- Olemassaolevien ilmansaasteiden vähennysteknologioiden netto-ilmastovaikutukset arvioitiin teknologiakohtaisesti
  - Teknologiat IIASA:n GAINS mallin tietokannasta, GWP:t kirjallisuudesta
  - Skenaariossa mukana vähennysteknologiat, joiden GWP:llä arvioitu ilmastohyöty noin 90% kaikista
- Lisäksi sisällytettiin metaanivähennysten tarkastelu
- Päästövähennysskenaarion vaikuttavuutta verrattiin IEA:n World Energy Outlook 2009 referenssi-skenaarioon, joka huomioi olemassa olevan ja jo päätetyn ilmansaastelainsäädännön
- ECHAM (JRC) ja GISS (NASA) ilmastomalleilla arvioitiin onko ko. teknologioiden avulla teoriassa mahdollista saavuttaa ilmastohyötyjä olettaen niiden täyden implementoinnin 2030 mennessä

**Box 5.1: Key measures to reduce radiative forcing from short-lived substances**

**Group 1: Technical measures for methane emissions:**


- Extended pre-mine degasification and recovery and oxidation of ventilation air methane from coal mines
- Extended recovery and utilization (instead of venting) of associated gas and improved control of unintended fugitive emissions from production of crude oil and natural gas
- Measures to reduce gas leakage from long-distance gas transmission pipelines, including electrical start-up and improved inspection and maintenance to secure compressor seals and valves
- Separation and treatment of biodegradable municipal waste through recycling, composting and anaerobic digestion
- Upgrading primary wastewater treatment to secondary/tertiary treatment with gas recovery and overflow control
- Control of methane emissions from livestock, mainly through farm-scale anaerobic digestion of manure from cattle and pigs with liquid manure management
- Intermittent aeration of continuously flooded rice paddies

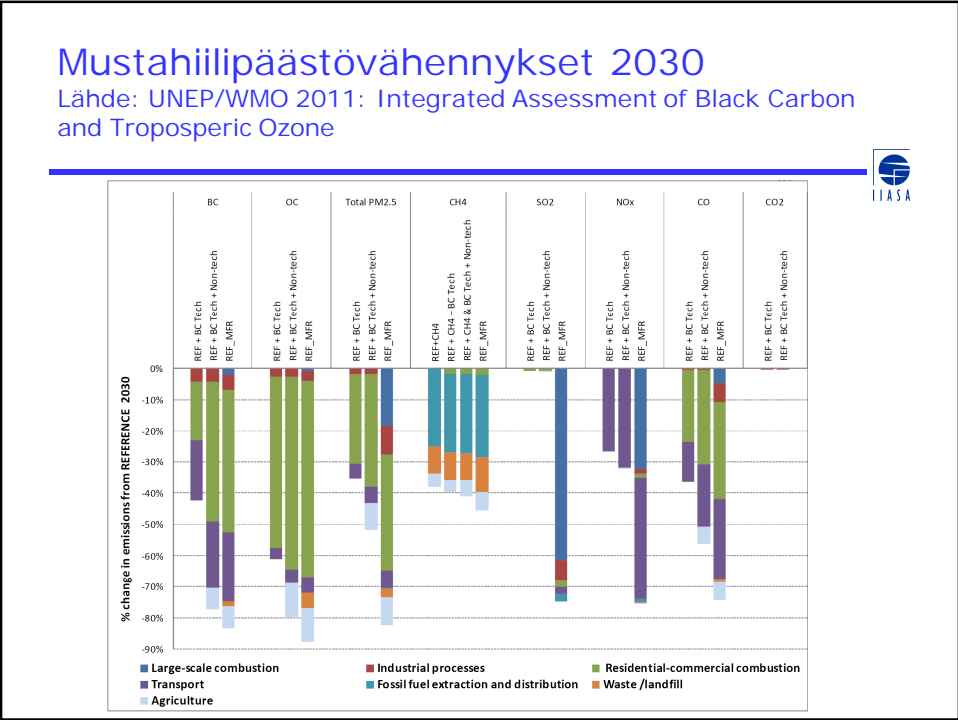
**Group 2: Technical measures for reducing emissions of incomplete combustion:**

- Diesel particle filters for road vehicles and off-road mobile sources (excluding shipping)
- Replacing coal by briquettes in cooking and heating stoves
- Pellet stoves and boilers to replace current wood burning technologies in the residential sector in industrialized countries
- Introduction of improved biomass cook and heating stoves in developing countries
- Replacing traditional brick kilns with vertical shaft kilns and Hoffman kilns where considered feasible (in developing countries)
- Replacing traditional coke ovens with modern recovery ovens, including the improvement of end-of-pipe abatement measures (in developing countries)
- Catalysts for stationary engines

**Group 3: Non-technical measures to eliminate the most polluting activities:**

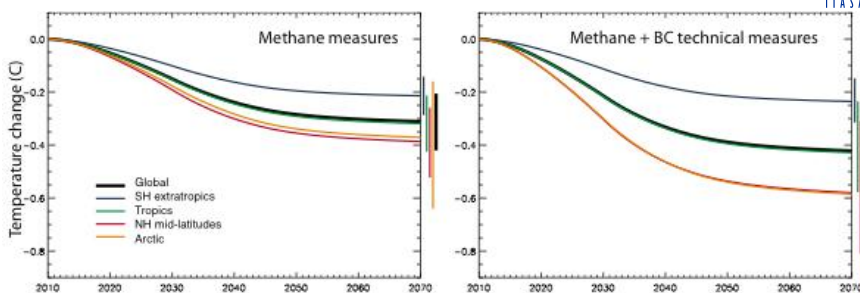
- Elimination of high-emitting vehicles in road and off-road transport (excluding shipping)
- Ban of open burning of agricultural waste
- Elimination of biomass cook stoves in developing countries





## Vähennysskenaarioiden alueellinen lämpötilamuutos vs. referenssi-skenaario

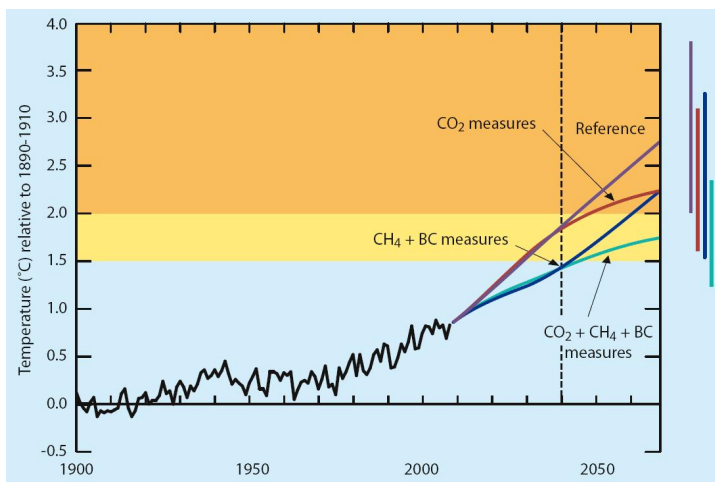
Lähde: UNEP/WMO 2011: Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone



- Lyhytikäisten aineiden päästövähennysten ilmastovaikutukset vaihtelevat alueittain
- Mustahiilen toimenpiteillä suurin vaikutus Arktisella alueella ja Pohjoisen pallonpuoliskon keskileveysasteilla

## Vähennysskenaarioiden globaali lämpötilavaikutus

Lähde: UNEP/WMO 2011: Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone



Skenaariot:

- 1) Reference: IEA WEO2009 reference
- 2) CO<sub>2</sub> measures: IEA WEO2009 450 skenaario
- 3) CH<sub>4</sub> + BC measures: UNEP/WMO työssä kehitetyt vähennyspaketit
- 4) CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + BC measures: 2) ja 3) yhdistettynä

## Päästövähennyksillä positiivisia vaikutuksia myös ihmisten terveyteen ja ravintohuoltoon

Lähde: UNEP/WMO 2011: Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone

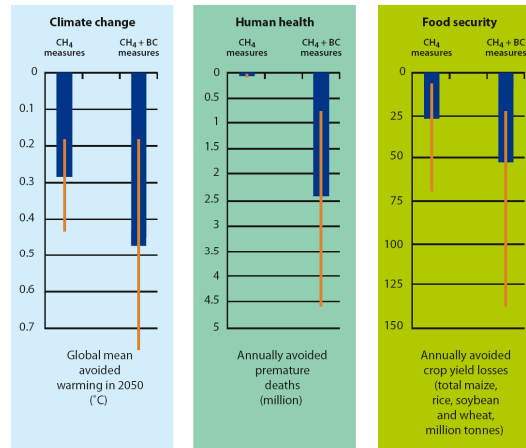


Figure 1. Global benefits from full implementation of the identified measures in 2030 compared to the reference scenario. The climate change benefit is estimated for a given year (2050) and human health and crop benefits are for 2030 and beyond.

## Mustahiilipäästöjen vähentäminen – nopeaa ja tehokasta ilmastonmuutoksen hillintää?



- Mustahiilipäästöjä ei voida vähentää vaikuttamatta muihin hiukkasmaisiin ja kaasumaisiin päästöihin, joten päästöstrategioita suunniteltaessa on siis arvioitava useiden saasteiden yhteisvaikutusta
- UNEP/WMO on arvioinut ilmansaastepäästöjen vähentämisteknologioiden ilmastovaikutuksia ja listannut tehokkaimpia vähennysmahdollisuuksia
- Ottamalla täysimääräisesti käyttöön UNEP/WMO arvioissa listatut vähennystavat vuoteen 2030 mennessä, voitaisiin ilmastonmuutosta teoriassa hillitä merkittävästi; mustahiilirikkaisiin päästölähteisiin kohdistuvilla toimenpiteillä on tässä tärkeä rooli
- Alueellisissa tarkasteluissa mustahiilellä voi olla merkittävämpi rooli kuin globaalissa tarkastelussa (esim. Arktinen alue)
- Huom! Ilmastovaikutteisten ilmansaasteiden vähentäminen ei voi korvata CO<sub>2</sub> vähennyksiä, mutta voisi tuoda lisähyötyjä ilmastonmuutoksen hillintään
- Aerosolien ja ilmansaasteiden ilmastovaikutusten arvioihin liittyy vielä merkittäviä epävarmuuksia (esim. epäsuorat ilmastovaikutukset)

## Mustahiiltä koskevia arviointiryhmien raportteja 2010/2011



- UNEP/WMO – An Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone, and its Precursors  
[http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Black\\_Carbon.pdf](http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Black_Carbon.pdf)
- Arktinen neuvosto
  - Task force on short-lived climate forcers  
<http://arctic-council.npolar.no/en/meetings/2011-nuuk-ministerial/docs/>
  - AMAP expert group on short-lived climate forcers  
 Raportti valmistunut ja vertaisarvioitu, julkaistaan pian:  
<http://amap.no/documents/>
- US EPA Report to Congress  
[http://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/fedrgstr\\_activites/BC%20Report%20to%20Congress?OpenDocument](http://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/fedrgstr_activites/BC%20Report%20to%20Congress?OpenDocument)
- UNECE CLRTAP ad-hoc Expert Group on Black Carbon

## Kiitoksia mielenkiinnosta!



Kaarle Kupiainen, PhD  
 Research scholar, Mitigation of Air Pollution and Greenhouse Gases  
 International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)  
 Schlossplatz 1, A-2361, Laxenburg, Austria  
 Tel: +43 2236 807 343  
[kupiain@iiasa.ac.at](mailto:kupiain@iiasa.ac.at)

