

Suomen Teollisen Ekologian Foorumin seminaari  
Oulu 1.-2.12.2005  
Sessio 4: Resurssien hallinta teollisuudessa

**FIN-MIPS Liikenne**  
– Uusia näkökulmia liikenteen ekotehokkuuteen

Michael Lettenmeier  
Ekotehokkuuskonsultti  
Suomen luonnonsuojeluliitto



[Michael.Lettenmeier@iki.fi](mailto:Michael.Lettenmeier@iki.fi)

- Saksasta Suomeen 1988
- D-mat oy
- Konsultointia, koulutusta, tutkimusta, projekteja
- MIPS ja Ekotehokkuus
- Yrityksiä, viranomaisia, oppilaitoksia, järjestöjä



- Roskapuhetta – jäteneuvonnan käsikirja 1994
- Luonnon uusi laskuoppi 2000
- Factor X - Ekotehokkaasti markkinoille 2000-2002
- Business as Future 2002
- EKOTEHO 2002 -messut
- FIN-MIPS Liikenne 2003-2005
- Der ökologische Rucksack 2004



## FIN-MIPS Liikenne

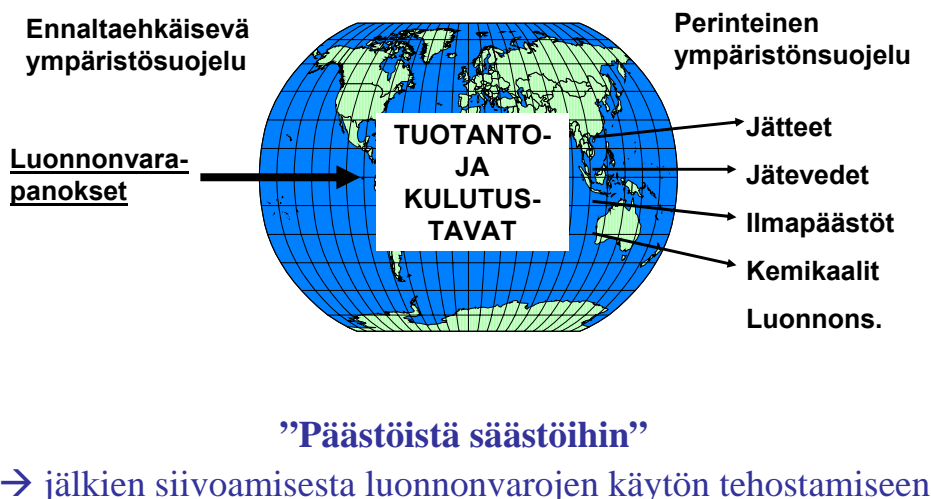
### – uusia näkökulmia liikenteen ekotehokkuuteen

- Luonnonvarojen käyttö ekotehokkuuden mittarina
- FIN-MIPS Liikenne -tutkimushanke
- Huomioita tutkimusmenetelmistä
- Tutkimuksen tuloksia
- Alustavia johtopäätöksiä
- Lisätiedon lähteitä

## Ekotehokkuus: enemmän vähemmästä

- enemmän hyötyä  
vähemmästä  
materiaasta
- enemmän  
hyvinvointia  
vähemmällä  
ympäristö-  
kuormituksella

## Ennakoivaan ympäristönsuojeluun



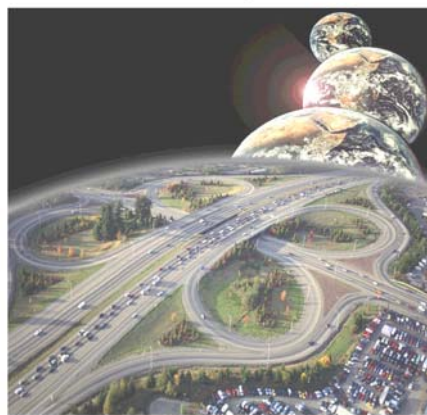
Esitetty tavoitteeksi  
noin vuoteen 2050

- **Factor 4:** maailmanlaajuisesti

puoleen

- **Factor 10:** edellisen toteuttamiseksi teollisuusmaiden materiaalivirrat kymmenesosaan, hyvinvointi vähintään nykytasolla

... as if we had *four* planets



## Ekotehokkuus toimii jo tänään

Yritys	Lähtöratkaisu / vertailukohde	Kehittämis-ratkaisu	Factor -luku
Virke Oy	Naisten pusero polyester/puuvilla	Naisten pusero polyester/viskoosi	1,7
Mitron Oy	Loisteputkinäyttö- taulun käyttövuosi	LED-näyttötaulun käyttövuosi	6
Finton Oy	Betoniparvekkeen käyttövuosi	Teräsparvekkeen käyttövuosi	3
Primalco Oy	Viinin pakkaus- ja kuljetusjärjestelmä kertakäyttöpullo	Viinin pakkaus- ja kuljetusjärjestelmä uudelleentäyttöplo	1,9
Zaza	Tavolo -pöydän käyttövuosi	Uuden Tavolo -pöydän käyttövuosi	2

## MIPS - ekotehokkuuden mittari

**MI**

**S**

**material input per service unit**

**material input,  
materiaalipanos**  
→ hyödykkeen koko  
elinkaarensa aikana  
vaatimat luonnonvarat

**service unit,  
palvelusuorite**  
→ hyödykkeen koko  
elinkaarensa aikana  
tuottama hyöty

## Viisi luonnonvaraluokkaa

Kaikkia hyödykkeen vaatimia luonnonvaroja ei lasketa samaan materiaalipanokseen

→ viisi eri luonnonvaraluokkaa:

**1. Abioottiset eli elottomat luonnonvarat**

- myös rakentamisessa siirretyt maa-ainekset

**2. Bioottiset eli elolliset luonnonvarat**

- lähinnä kasvien biomassa

**3. Vesi**

- myös reitiltään siirretty sadevesi ja vesivoiman säännöstely

**4. Ilma**

- lähinnä poltettu happi (yhteys CO<sub>2</sub>-päästöihin)

**5. Maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä**

- lähinnä eroosio

## MI-kertoimet

- **MI-kerroin** = se luonnonvarojen määrä (kg), joka tarvitaan aikaansaamaan 1 kg materiaalia, 1 kWh sähköä tai 1 tkm tiettyä kuljetusta
- MI-kertoimia lasketaan jatkuvasti lisää tiedemiesten, yritysten, konsulttien, kouluttajien, opiskelijoiden ym. toimesta
- Wuppertal-instituutti julkaisee MI-kertoimia internet-sivuillaan ([www.mips-online.info](http://www.mips-online.info))

## Esimerkkejä materiaalien MI-kertoimista

<b>materiaali</b>	<b>kg abioot. / kg mat.</b>	<b>kg bioot. / kg mat.</b>	<b>kg vettä / kg mat.</b>	<b>kg ilmaa / kg mat.</b>	<b>kg maata / kg mat.</b>
alumiini	37	-	1050	11	-
teräs	9,3	-	82	0,8	-
kupari	350	-	370	1,6	-
kuusi	0,7	4,7	9,4	0,2	-

## Esimerkkejä sähköntuotannon MI-kertoimista

<b>sähkön- tuotanto</b>	<b>kg abioot. / kWh</b>	<b>kg bioot. / kWh</b>	<b>kg vettä / kWh</b>	<b>kg ilmaa / kWh</b>	<b>kg maata / kWh</b>
verkkosähkö (Saksa)	4,7	-	83	0,6	-
verkkosähkö (Suomi)	0,50	-	186	0,21	-
verkkosähkö (Hgin Energia)	0,63	-	31	0,37	-
tuulienergia	0,07	-	0,17	0,001	-

## Esimerkkejä tuotteiden materiaalipanoksista

tuote	kg abioot. /tuote	kg bioot. /tuote	kg vettä /tuote	kg ilmaa /tuote	kg maata / kg mat.
farkut	5,1	1,6	1200	0,15	3
hammasharja	0,12	-	1,5	0,03	-
kahvinkeitin	52	-	240	6,5	-
VW Golf A4	18710	-	332000	3710	-

## Palvelusuorite (S)

- S = hyödykkeestä saatava hyöty
- ilmaistaan määrällisesti (esim. käyttökerrat, käyttövuodet, henkilökilometrit, tonnakilometrit jne.)
- ei ole punnittavissa kuin materiaalipanos, vaan määritellään jokaisessa tapauksessa erikseen

**MI**  

---

**S**

## MIPS liikenteen ekotehokkuuden mittarina

**MI**  
—  
**S**

**material input per service unit**

### materiaalipanos

→ infrastruktuurin,  
ajoneuvojen, polttoaineiden  
jne. vaatimat luonnonvarat  
koko elinkaaresta (kg, t)

### palvelusuorite

→ liikennesuorite eli  
henkilö- ja tonnikilometrit

## FIN-MIPS Liikenne



**HUOM:** Tässä esitellään myös  
joitakin vielä alustavia tuloksia!



## LiikenneMIPS – taustaa

- Kasvava luonnonvarojen kulutus liikennesektorilla
- Yleinen tarve lisätä ekotehokkutta (Factor 4 / 10)
- Kestävän kulutuksen ja tuotannon korostuminen  
(Johannesburg 2002, Kultu 2005)
- Kasvava kiinnostus materiaalitehokkuuteen: suomalaisten MI-kertoimien puute
- Liikenteen julkinen rahoitus pikemmin laskee kuin nousee  
=> tarve lisätä tehokkuutta

## LiikenneMIPS: mitä tehdään

1. Osatutkimukset eri liikennemuodoista
  - TieMIPS, PyöräMIPS, RautatieMIPS, MeriMIPS, LentoMIPS, paikallinen liikenne
  - päähuomio infrastruktuurissa
2. Koko liikennejärjestelmän tarkastelu
  - osatutkimusten yhteenveto ja yleistäminen koko liikenneverkkoon
3. Havainnollistamista ja johtopäätöksiä
  - tulosten käyttö väylien suunnittelussa
  - tulosten käyttö eri tahojen MIPS-laskennassa
  - liikenteen ekotehokkuuden lisääminen  
(investoinnit, rahoitus, lainsäädäntö, liikennöitsijät jne.)

## Tutkimusryhmä



Arto  
Saari  
Tutk.johdaja,  
Dos., Tekn.tri



Michael  
Lettenmeier  
Koordinaattori



Eivlira  
Hakkarainen  
Tutk.apul.  
pyoraMIPS



Heli  
Kortelainen  
Tutk.apul.  
Infrahankkeet



Jani  
Laturi  
Tutk.apul.  
Lask.sovellus



Aino  
Lindqvist  
Tutk.apul.  
meriMIPS



Satu  
Lähteenoja  
Tutk.apul.  
Liikennejärj.



Anni  
Nieminen  
Tutk.apul.  
lentoMIPS



Jussi  
Nikula  
Tutk.apul.  
Vesivoima



Kaisa  
Pusenius  
Tutk.apul.  
tieMIPS



Suvi  
Talja  
Tutk.apul.  
Paikallinen liikenne



Leena  
Vihermaa  
Tutk.apul.  
rautatieMIPS

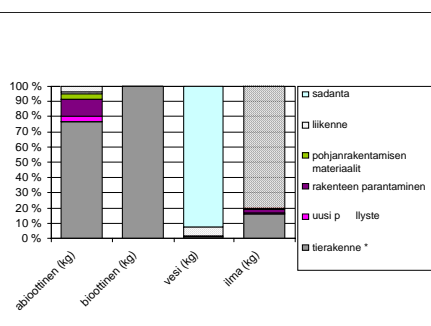
## Menetelmät

- MIPS-laskenta
- Case-esimerkkejä eri liikennemuodoista ja -välineistä
  - 4 maantietä, 2 rautatietä, 2 lentoasemaa, 4 satamaa
  - paikallinen liikenne
- Case-tietojen sovittaminen ja yleistäminen Suomen tilanteeseen
- Esimerkkilaskelmat

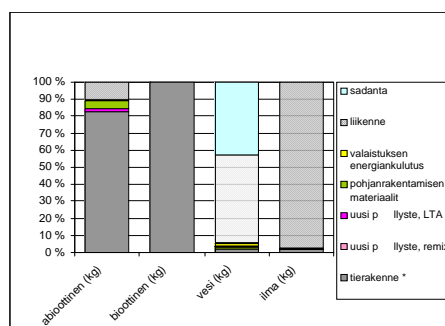
## Tärkeitä menetelmäkysymyksiä

- Infrastruktuurin materiaalipanosten allokointi eri käyttäjille  
Pitkän vuoropuhelun tuloksena:
  - Autoliikenne: “painotettu KVL“
  - Raideliikenne: “vaunuallokointi“
  - Lento- ja meriliikenne: “operaatioallokointi“
  - Pyöräliikenne: 1/3 pyörateistä pyöräilijöille
- Infrastruktuurin käyttöikä
  - 50 v.(satamat), 60 v.(tiet ja kadut) ja 100 v.(rautatiet, lentoasemat)
- Case-tietojen yleistäminen
  - Väylälaitosten ym. asiantuntijoiden kanssa
- Esimerkkilaskelmat
  - Tasapaino tarkkuuden ja karkeuden välissä

## TieMIPS: mihin kuluu luonnonvaroja



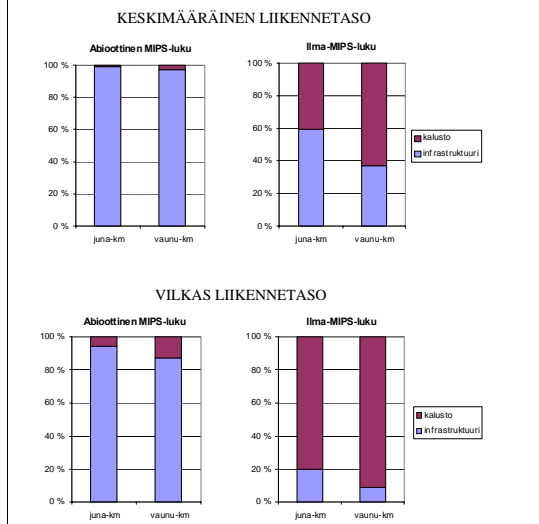
Yhdystie



Moottoritie

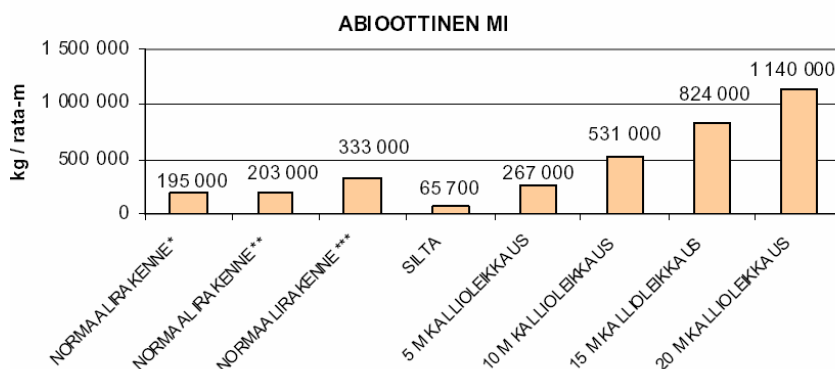
## RautatieMIPS: radan ja kaluston vaikutus

Kaluston ja infrastruktuurin osuudet MIPS-lukujen muodostumisesta

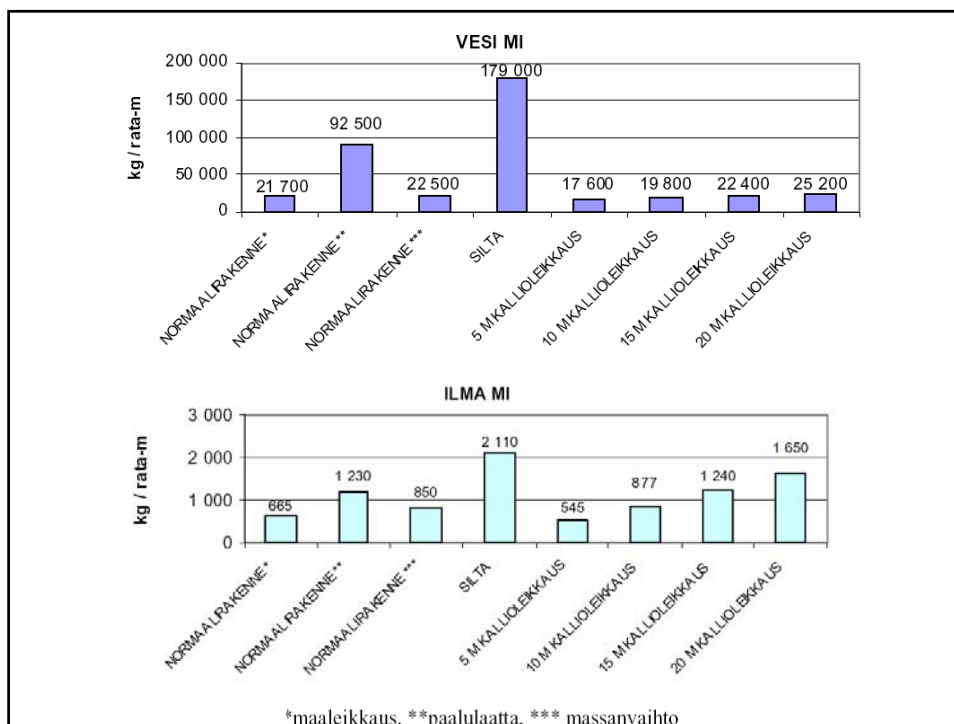


Kuva 16. Kaluston ja infrastruktuurin suhteelliset osuudet henkilöliikenteen abioottisen ja ilma-MIPS-luvun muodostumisessa Kerava-Lahti-oikoradalla keskimääräisellä (500 000 henkilöliikenteen matkaa/v.) ja vilkkaalla (5 milj. henkilöliikenteen matkaa/v.) liikennetasolla. Radan käyttöikä 100 v. ja junan käyttöikä 40 v.

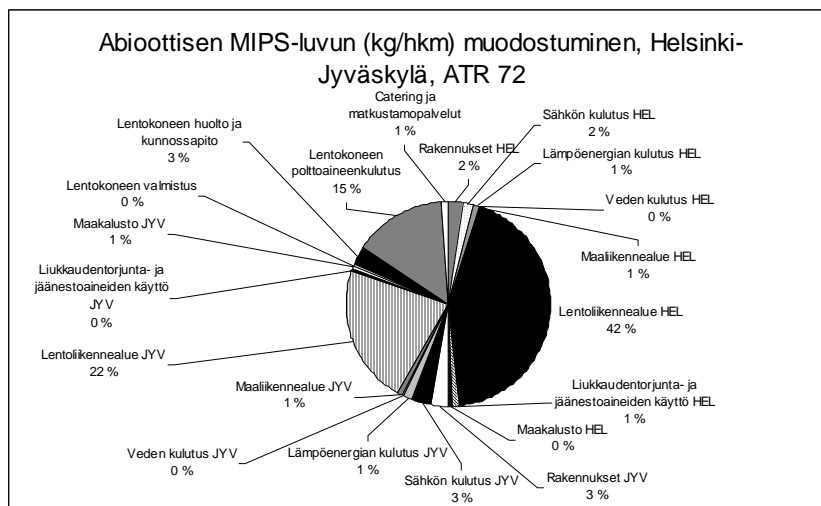
## RautatieMIPS: raskas infrastruktuuri



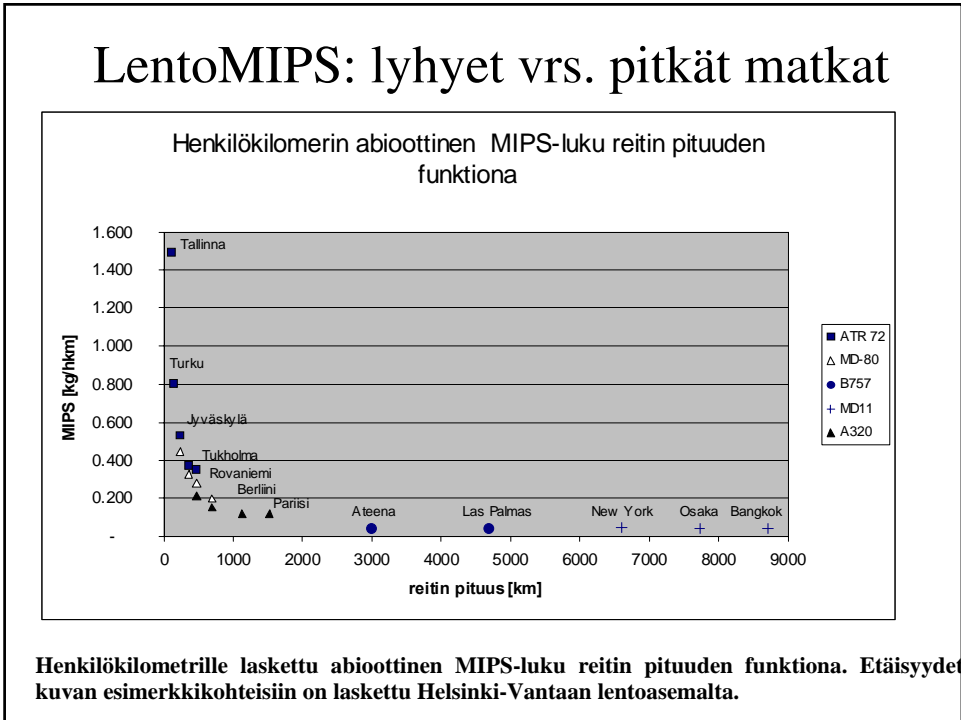
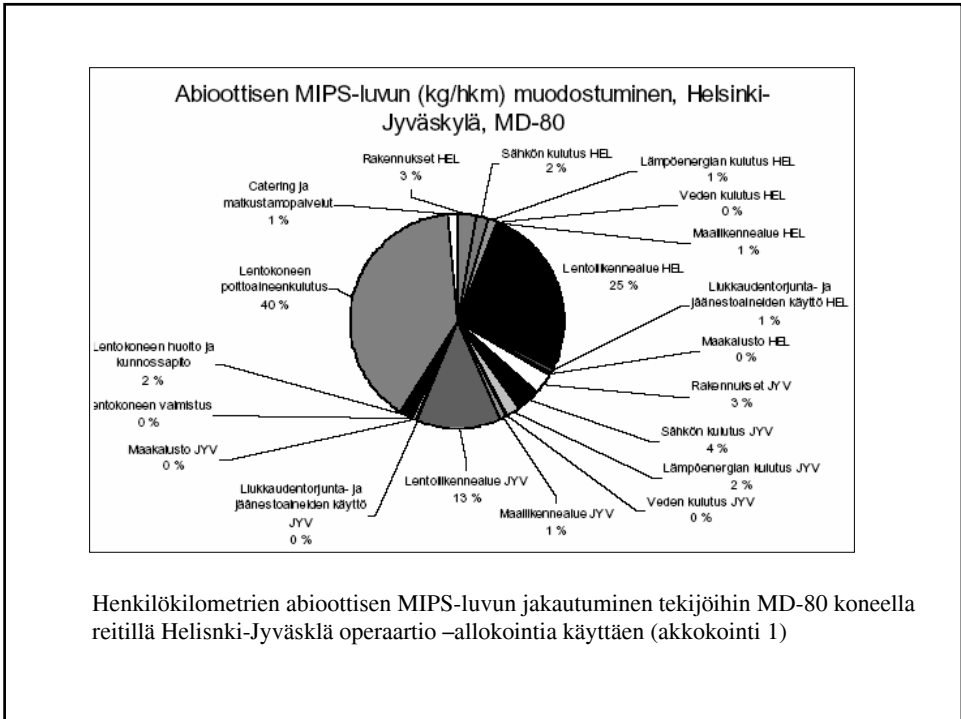
\*maaleikkaus, \*\*paalulaatta, \*\*\*massanvaihto



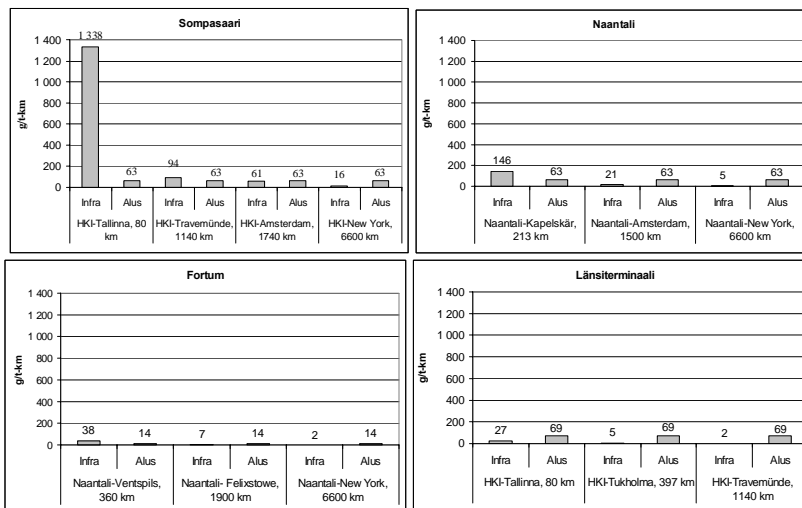
## LentoMIPS: myös polttoainekulutus tärkeä



Henkilökilometrin abioottisen MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin ATR 72 -koneella reitillä Helsinki-Jyväskylä operaatio-allokointia käyttäen (allokointi 1).

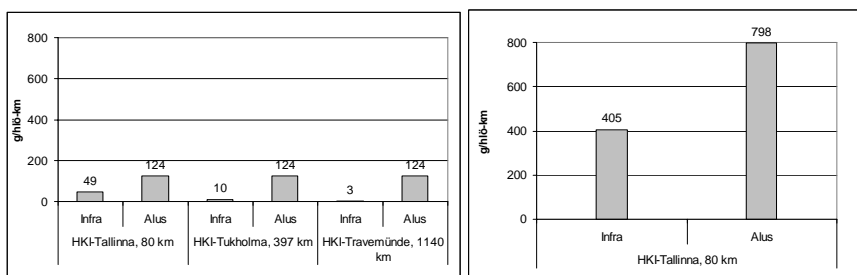


## MeriMIPS: pitkillä matkoilla edullista



**Kuva 36.** Tavaraliikenteen abioottisten luonnonvarojen kulutus (g/t-km) eripituisilla kuljetusmatkoilla. Tavarasatama ja roro-alus (Sompasaari ja Naantali), irtolastisatama ja öljyalus (Fortum) sekä matkustajasatama ja matkustaja-autolautta (Länsiterminaali).

## MeriMIPS: pika-alus kuluttaa

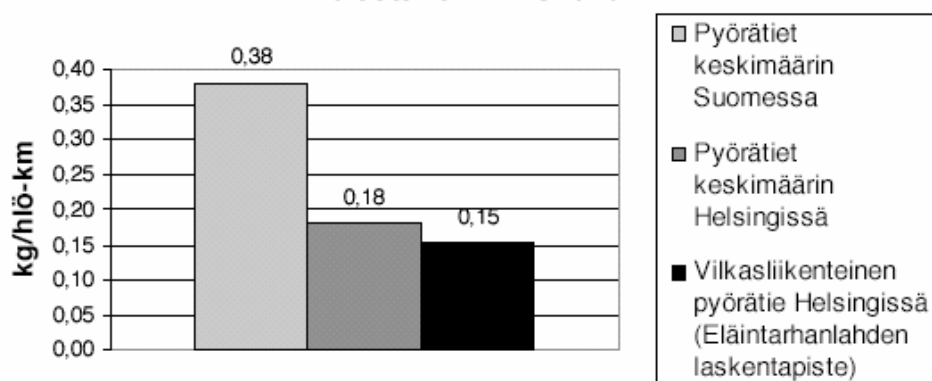


**Kuva 40.** Matkustajaliikenteen abioottisten luonnonvarojen kulutus (g/hlö-km) eripituisilla kuljetusmatkoilla. Matkustajasatama ja matkustaja-autolautta (vasemmalla) sekä matkustajasatama ja pika-alus.

## PyöräMIPS: raskas pyörätie

### Pyörätieliikenteen MIPS-luvut

#### Abioottinen MIPS-luku



## MI-factors for goods transport

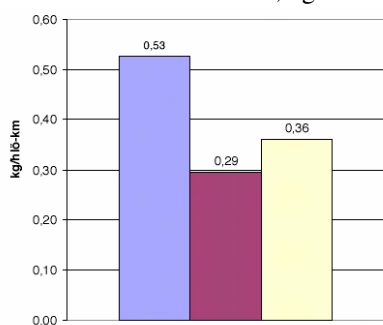
transport (Finland)	kg abiotic / ton km	kg biotic / ton km	kg water / ton km	kg air / tn.km	kg soil / ton km
lorry	0,4	-	3,6	0,06	-
railway	0,5	-	15	0,02	-
air (domestic)	5,6	-	266	2,8	-
sea (short dist.)	0,7	-	3,1	0,13	-



## MI-factors for passenger transport

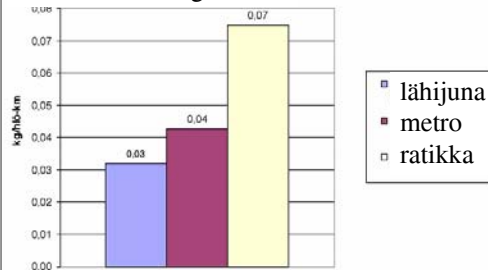
transport (Finland)	kg abiotic / person km	kg biotic / person km	kg water / person km	kg air / pers. km	kg soil / person km
car	1,44	-	12,4	0,14	-
bike	0,38	-	12,1	0,02	-
bus	0,32	-	2,79	0,06	-
train (long dist.)	1,37	-	29,3	0,04	-
air (domestic)	0,56	-	26,6	0,28	-
sea (baltic area)	0,26	-	2,42	0,31	-

Abioottiset luonnonvarat, kg/hlö-km

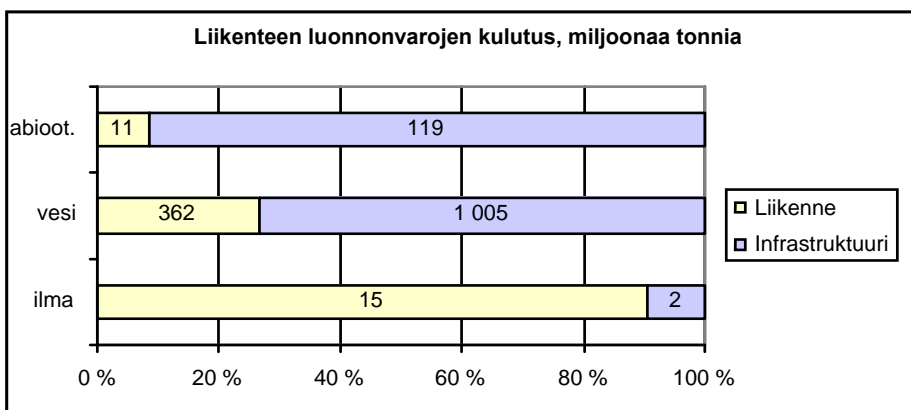


## Raideliikenne Helsingissä

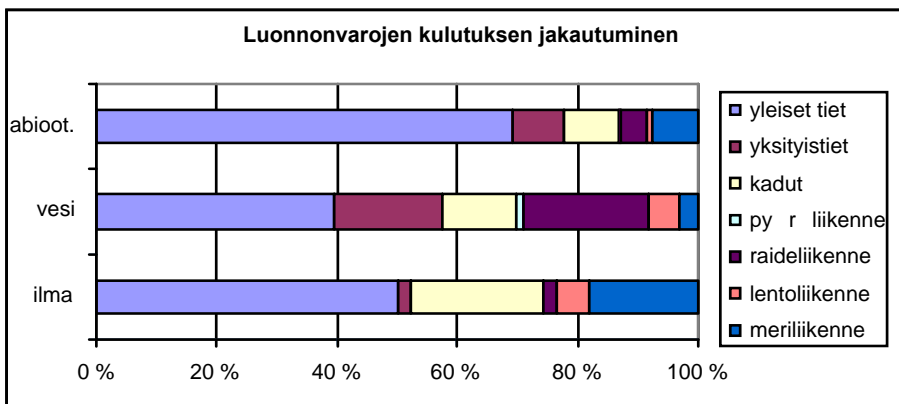
Ilman kulutus, kg/hlö-km



## Suomen liikennejärjestelmä (1)



## Suomen liikennejärjestelmä (2)



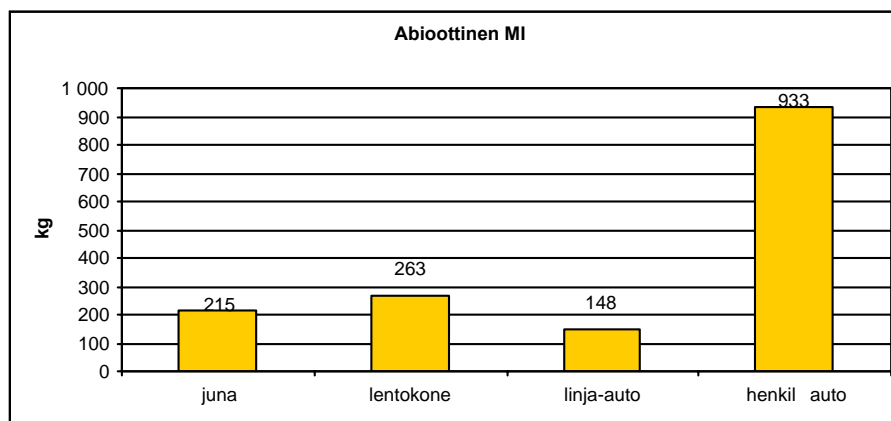
## Suomen liikennejärjestelmä (3)

### Abioottisten luonnon varojen kulutus vuodessa

Ž	yhteens (milj. tonnia)	per asukas (tonnia)	prosenttia	infra (milj. tonnia)	liikenne (milj. tonnia)
maantiet	90,22	17,3	69,2 %	84,52	5,70
yksitystiet	11,09	2,1	8,5 %	10,93	0,16
kadut	11,96	2,3	9,2 %	9,18	2,78
py r liikenne	0,49	0,1	0,4 %	0,43	0,06
raide liikenne	5,29	1,0	4,1 %	4,62	0,67
lentoliikenne	1,24	0,2	1,0 %	0,91	0,34
meriliikenne	10,11	1,9	7,8 %	8,56	1,56
<b>YHTEENS€</b>	<b>130</b>	<b>25,0</b>	<b>100 %</b>	<b>119</b>	<b>11</b>

## Ekotehokas kotimatka?

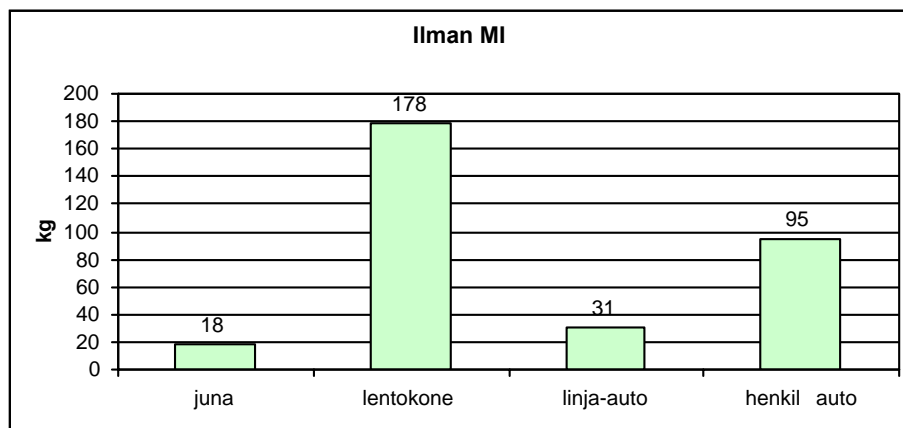
Oulu – Kurhila, ovelta ovelle,  
uusitutumat luonnonvarat



Matkan pituus	693 km	681 km	529 km	499 km
Kotiin klo	21.40?	19.30	21.40	22.30?

## Ekotehokas kotimatka?

Oulu – Kurhila, ovelta ovelle,  
ilman kulutus



Matkan pituus	693 km	681 km	529 km	499 km
Kotiin klo	21.40?	19.30	21.40	22.30?

## Yhteenvetoa

- Suomen tilanne eroaa muista maista
- infrastruktuurin suuri merkitys uusiutumattomissa luonnonvaroissa
- infrastruktuurin kehitys ja käyttö vaikuttavat merkittävästi luonnonvarojen kulutukseen
- MIPS-luku pienenee, kun liikennesuorite kasvaa
- luonnonvarojen kokonaiskulutus pienenee vain suoritetta vähentämällä

## Väylien suunnittelu:

### kulutus pienemmäksi...

- Maaston mukainen linjaus ja sijoitus
- Vahva maapohja (hiekkä ja sora)
- Ylijäämä- ja uusiomassojen käyttö väylän rakenteessa

### ...vai suuremmaksi

- väylän suoraviivainen linjaus leikkauksineen
- tien erottaminen moottoritien tavoin muusta liikenteestä
- heikko maapohja vahvistustoimenpiteineen (esim. massanvaihto)

## Mistä tehokkuutta lisää?

- liikenneverkon käytön lisääminen ilman infrastruktuurin lisäämistä
  - vrt. Britannian hallituksen suunnitelmat
- liikenteen joustava ohjaus käyttötilanteen mukaan
- ruuhkahuippujen tasoittaminen, esim.
  - kimpakyytejä
  - bussien käyttöä lisää
  - tavarakuljetusten käyttöastetta lisää

## Joitakin johtopäätöksiä

- Liikennevälineen valinta on yksi asia...
- ...mutta suorite eli liikkumisen / kuljetusten määrä on ratkaisevampaa
- Nopeus kuluttaa
- Liikenneverkon kasvattaminen ongelmallista
- Liikenne merkittävä tekijä:  
luonnonvarojen käytössä ja ympäristöhaitoissa

## Tulosten käyttö

- Uusia näkökulmia suunnitteluun
- Eri liikennemuotojen vertailu
- Parempi pohja yritysten MIPS-laskelmiin

## Yritysten MIPS-laskenta



50/50 polyesteri/puuvilla pusero (paino 231 g)

Material Input (TMR):

- materiaalit 69,5 % (4,18 kg)
- pakkaukset 6,2 % (0,37 kg)
- energia 7,7 % (0,46 kg)
- sähkö 3,3 % (0,2 kg)
- kuljetukset 13,4 % (0,8 kg)
  
- yhteensä 6,01 kg -> selkäreppu 5,78 kg

## Löytyykö kokeiluhaluja?

- tarjolla tavaraliikenteen esimerkkilaskentaa
- onko kiinnostuneita yrityksiä?
  - vaihtoehtojen vertailu
  - mahdollisuus yhdistää muuhun MIPS-laskentaan tai -vertailuun
  
- Michael.Lettenmeier@iki.fi p. 040 54 12 876
- Satu.Lahtenoja@helsinki.fi p. 044 500 2993

## LiikenneMIPS – lisätietoja

- Osatutkimusten raportit liikenneministeriön sarjassa:  
[www.mintc.fi/julkaisut](http://www.mintc.fi/julkaisut)
- Loppuraportti v. 2006 alussa Suomen ympäristö -sarjassa
- Dos. Arto Saari, arto.saari@hut.fi
- Michael Lettenmeier, michael.lettenmeier@iki.fi
- SLL:n MIPS-sähköpostilista (ilm. m.l@iki.fi)



Kiitos!

Michael.Lettenmeier@iki.fi

Piirretyt kuvat: [www.seppo.net](http://www.seppo.net)