

RASTU

Uusimpien raskaiden ajoneuvojen todellinen suorituskyky

Liikenteen ympäristöhaasteet –seminaari 4.12.2007

Kimmo Erkkilä



Teknologiasta liiketoimintaa

SISÄLTÖ

- Pakokaasumääräysten lainsäädäntö
- Raskaiden ajoneuvojen päästöjen vähennystekniikat
- Kaupunkibussien päästötutkimus VTT:llä
 - RakeBus – Rastu
 - Mittausmenetelmät
 - Mitatut autot
 - Tulokset
- Kuorma-autot
- Yhteenvedo



EU lainsäädäntö

RASKAIDEN AJONEUVOMOOTTORIEN PÄÄSTÖRAJAT

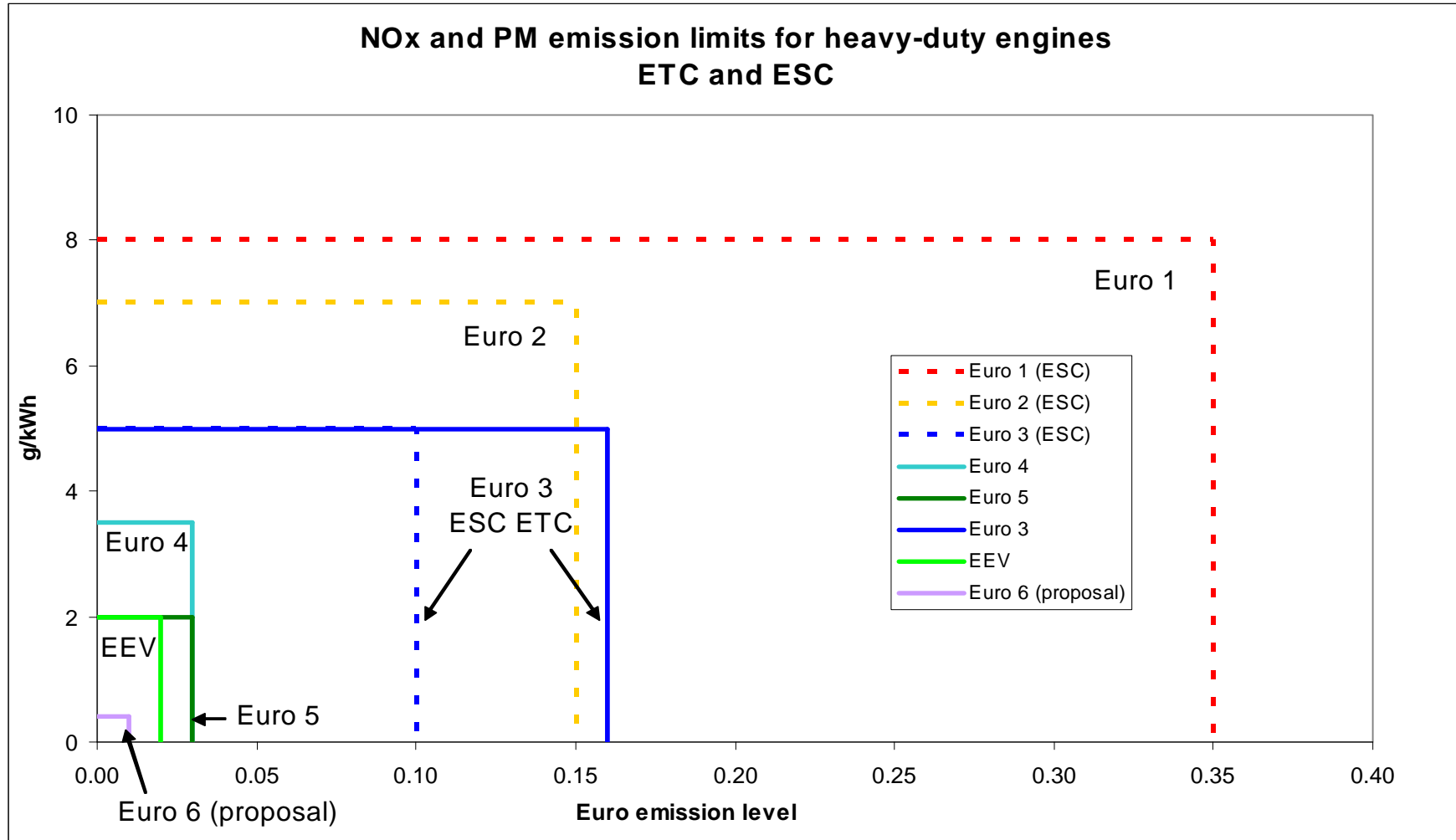
Päästö-taso	Alkaen	Testisykli	CO (g/kWh)	THC (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	Smoke (m ⁻¹)
EURO 0	1988	R49	11.2	2.4		14.4	-	*
EURO 1	1992	R49	4.5	1.10		8.0	0.35	*
EURO 2	1995	R49	4.0	1.10		7.0	0.15	*
EURO 3	2000	ESC+ELR ETC	2.1	0.66	0.78	5.0	0.10	0.8
			5.45			5.0	0.16	
EURO 4	2005	ESC+ELR ETC	1.5	0.46	0.55	3.5	0.02	0.5
			4.0			3.5	0.03	
EURO 5	2008	ESC+ELR ETC	1.5	0.46	0.55	2.0	0.02	0.5
			4.0			2.0	0.03	
EEV		ESC+ELR ETC	1.5	0.25	0.40	2.0	0.02	0.15
			3.0			2.0	0.02	

* Savutuksen määrittäminen eroavalla mittauksella (72/306/EEC / ECER24)

Lisätieto pakokaasusäännöksistä: www.dieselnet.com

Dieselmotoreille typen oksidit (NO_x) ja partikkelit (PM) haastavimpia

PÄÄSTÖRAJOITUSTEN KEHITYS



PÄÄSTÖMÄÄRÄYSTEN TÄYTTÄMINEN

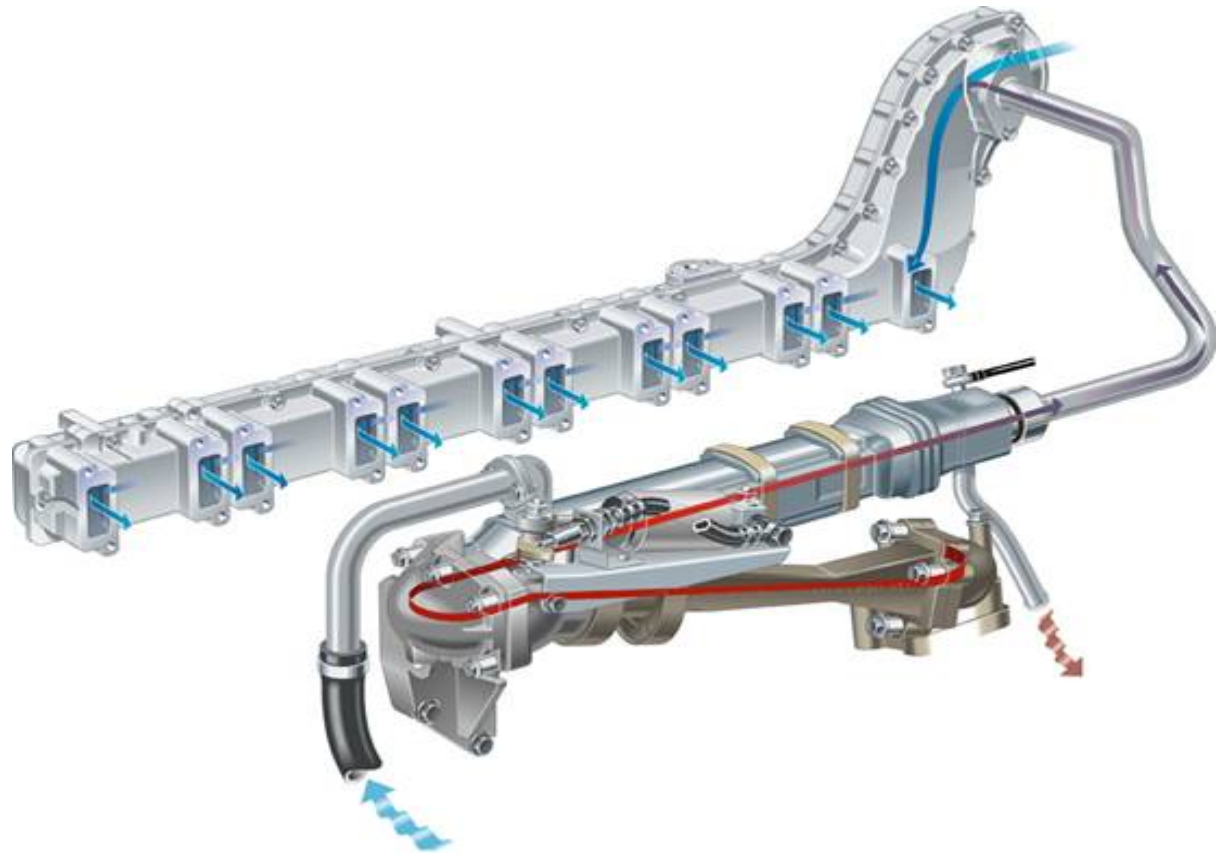
- Euro 4 -määräykset astuivat voimaan kaikille uusina myydyille kuorma- ja linja-autoille 1.10.2006
- Uudet päästömääräykset pakottavat moottorinvalmistajat käyttämään joko tehokasta pakokaasujen takaisinkierrätystä (EGR) tai ureakatalysaattoria (SCR)
- Lisäksi joissain tapauksissa (esim. EEV autoissa) käytetään myös partikkelisuodattimia /katalysaattoreita (DPF, CRT, POC, PDPF..)
- Maakaasuautoissa käytetään kevyen kaluston bensamoottorien tapaan katalysaattoreita (kolmitoimi tai hapettava)

PÄÄSTÖMÄÄRÄYSTEN TÄYTTÄMINEN

- Valmistajien tekniikkavalinnat Euro 4 –päästötasoon mentäessä
 - SCR (Selective Catalytic Reduction)
 - Volvo
 - Mercedes-Benz
 - Iveco
 - muut..
 - EGR (Exhaust Gas Recirculation)
 - Scania
 - MAN (+ PM-KAT)

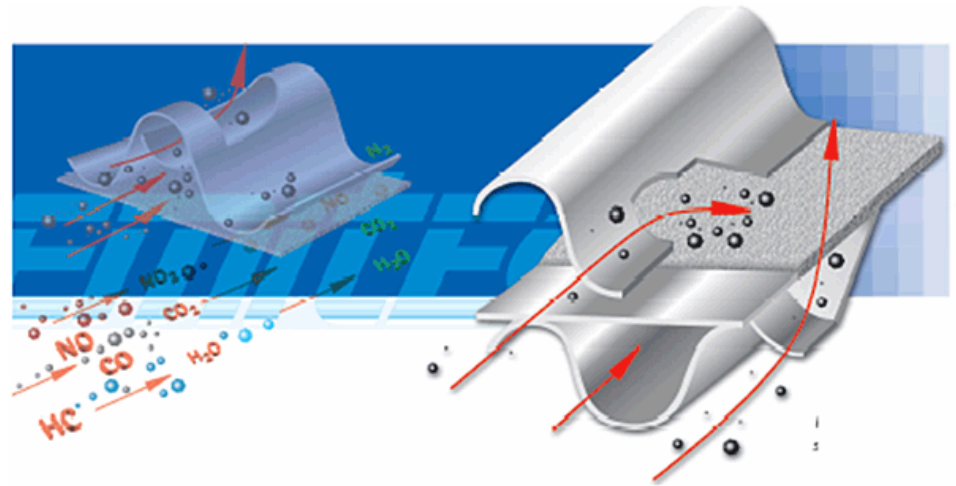
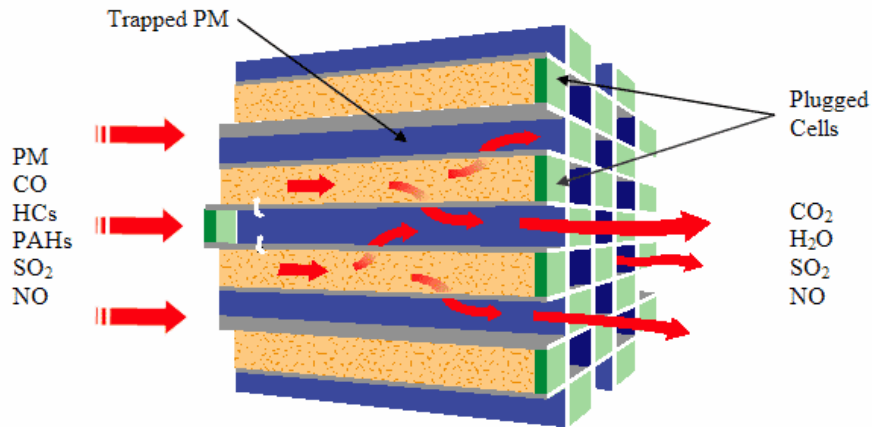
SCANIAN EURO4 -TEKNIikka

- Jäähdytetty EGR
- Korkeapaineinen polttoaineen ruiskutus
SCANIA HPI >> XPI
(2006)
- Turbocompound (joissain malleissa)



PARTIKKELISUODATTIMET JA -KATALYSAATTORIT

Figure 2: Diesel Particulate Filter



- Keraaminen partikkelisuodatin (wall flow filter)

- MAN PM-Kat® partikkelikatalysaattori

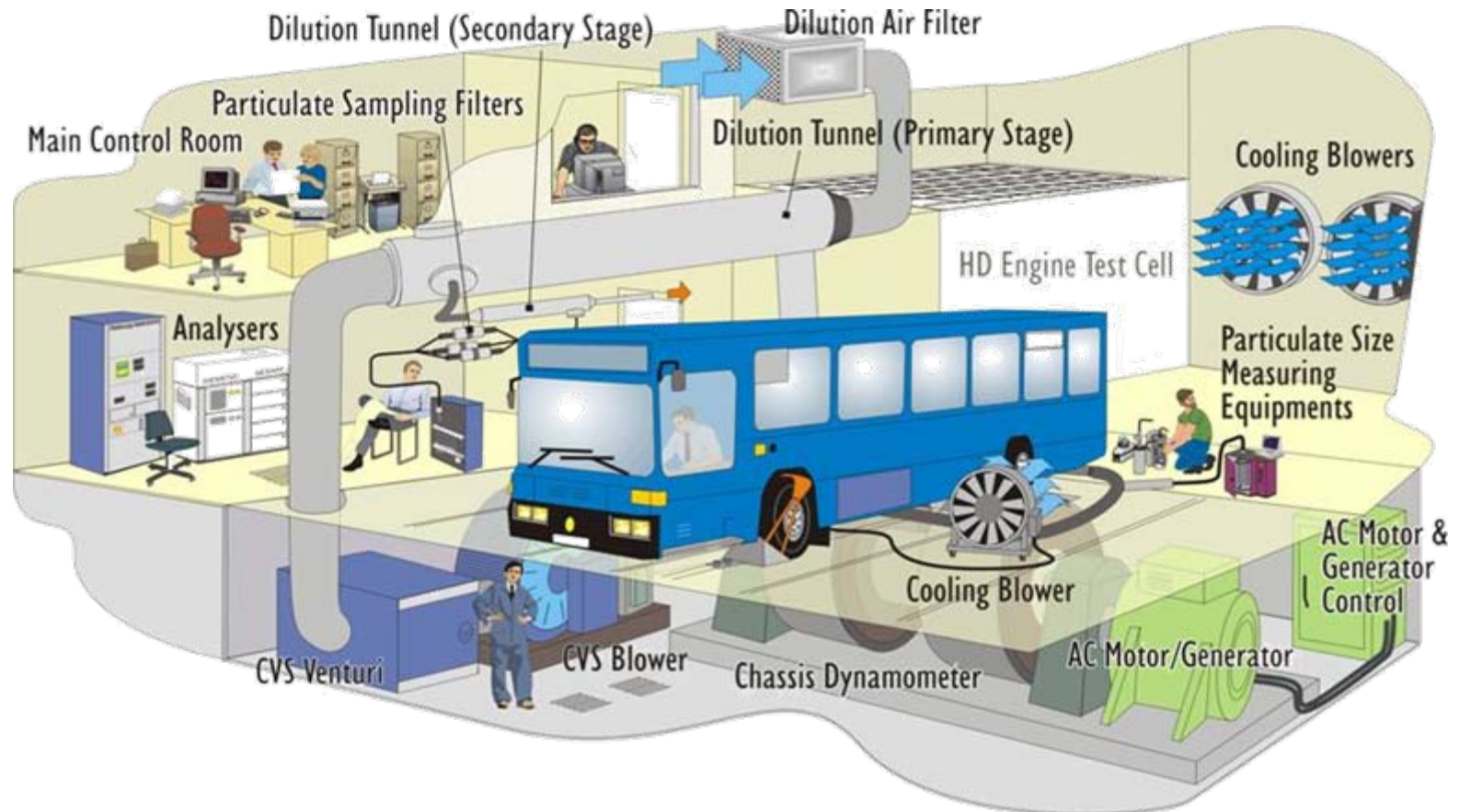
KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖJEN EVALUOINTI – ”RAKEBUS”-TOIMINTA

- Projektin päätilaajat YTV ja HKL
- Tehtäviä mm.:
 - Selvittää kaupunkibussien todelliset päästöt (ajomatkan suhteen)
 - Tekniikoiden vertailu
 - Euro –päästötasojen vertailu
 - Polttoaineen vaikutus (diesel, maakaasu)
 - Päästöjen pysyvyys (seuranta-autot)
- Toiminta aloitettiin raskaan kaluston alustadynamometrin valmistuttua vuonna 2002 (Erillinen RakeBus-projekti)
- Vuonna 2005 RAKEBUS-projekti sulautettiin uuteen RASTU-hankkeeseen
- Tähän mennessä mitattu noin 90 bussia (ml. seurantamittaukset), sisältäen Euro 1 – EEV -autoja

MITTAUSMENETELMÄT - ALUSTADYNAMOMETRI

- Kokonaisien ajoneuvojen mittaamista varten VTT:llä on käytössään raskaiden ajoneuvojen alustadynamometri
- Alustadynamometrilla voidaan jäljitellä ajoneuvon todellista ajoa liikenteessä ottaen huomioon ajoneuvon ajovastukset ja käyttötarkoitusta vastaava ajoprofiili
- Mittauksissa tulee näin ollen huomioitua mm.:
 - ilmanvastus ja rullausvastus (ajovastukset)
 - ajoneuvon massa
 - moottorin todellinen kuormitusprofiili
 - vaihteiston ja akseliston vaikutukset
 - apulaitteiden toiminta
 - jne.

MITTAUSMENETELMÄT - ALUSTADYNAMOMETRI



VTT on mitannut jo yli 100 bussia ja n. 70 kuorma-autoa!

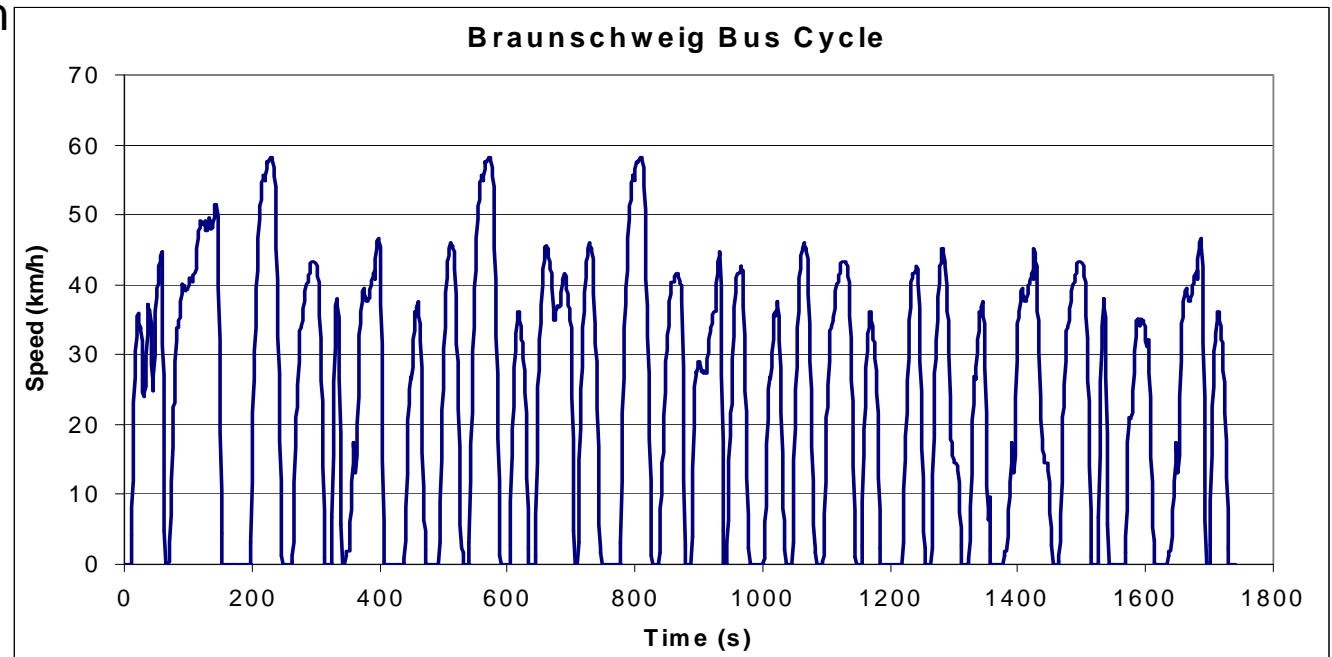
Mittaustarkkuus:

- polttoaineen kulutus ± 1 %
- pakokaasupäästöt ± 15 %

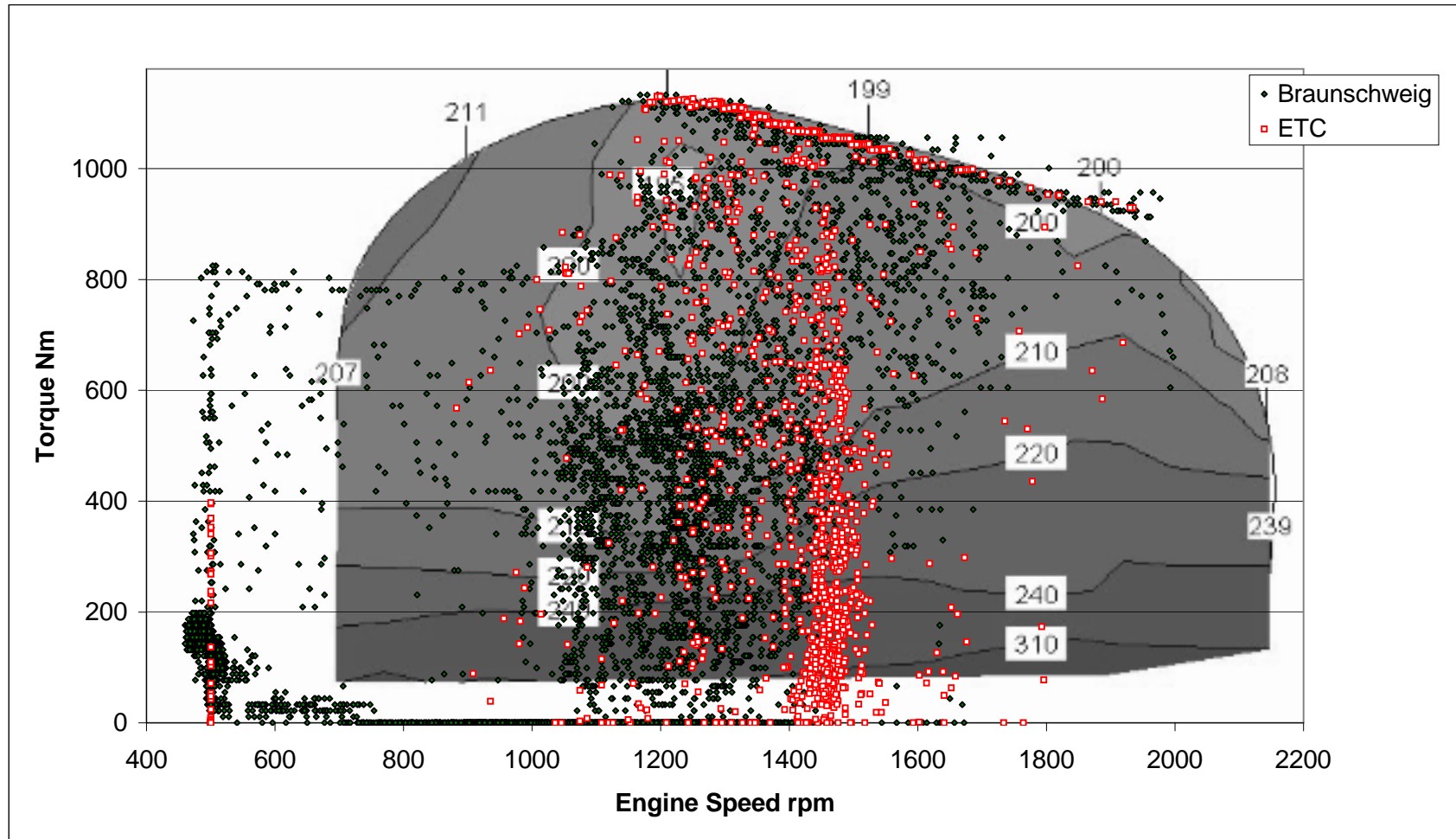


MITTAUSMENETELMÄT - AJOSYKLIT

- Braunschweig kaupunkibussisykli
 - ajoaika 1740 s
 - ajomatka 10.873 km
 - keskinopeus 22.5 km/h
 - maksiminopeus 58.2 km/h
 - tyhjäkäynnin osuus 25 %



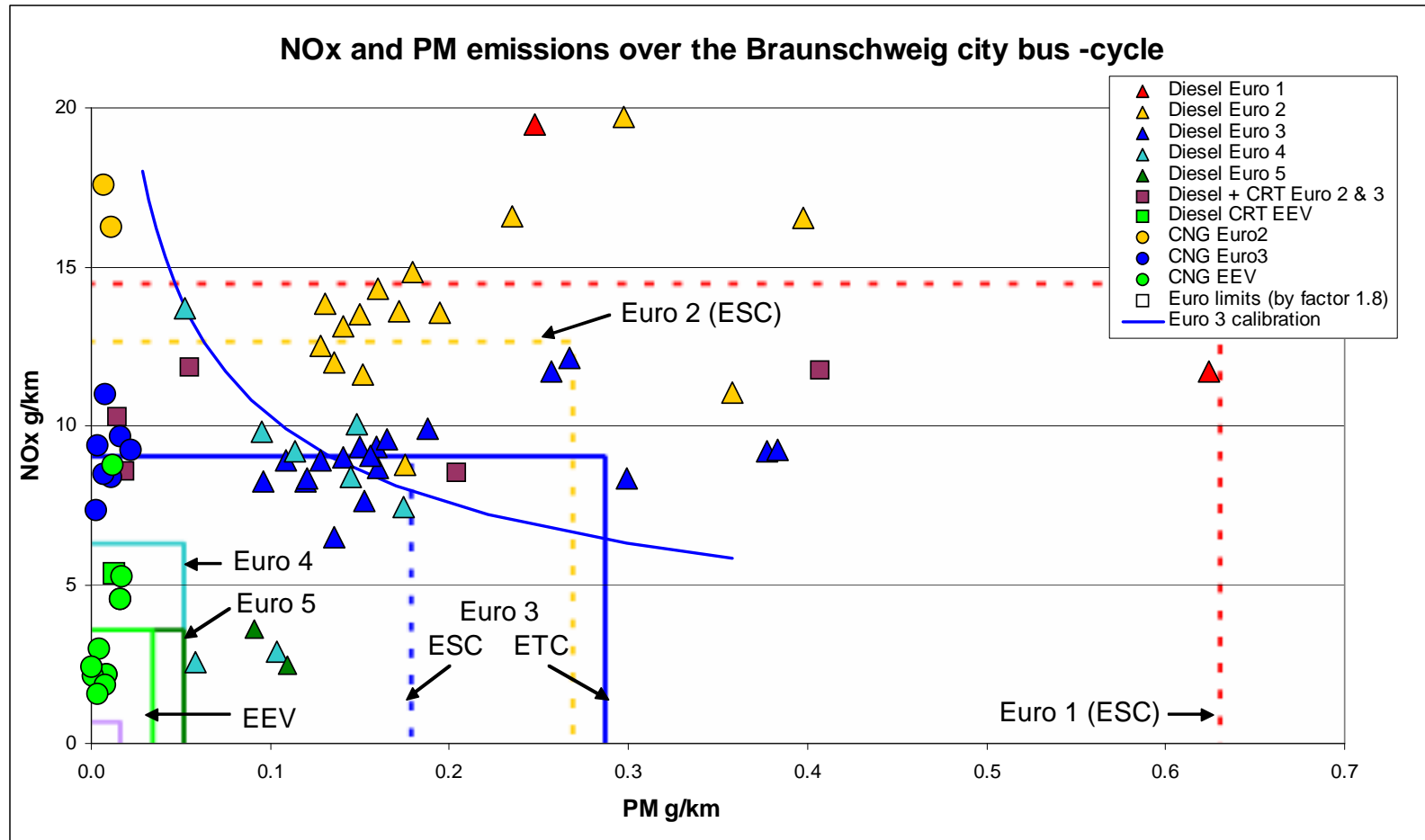
KAUPUNKIBUSSIN MOOTTORIN KUORMITUS VS. TYYPITYSSYKLI -ESIMERKKI



KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – RAKEBUS PÄÄSTÖTIETOKANTA

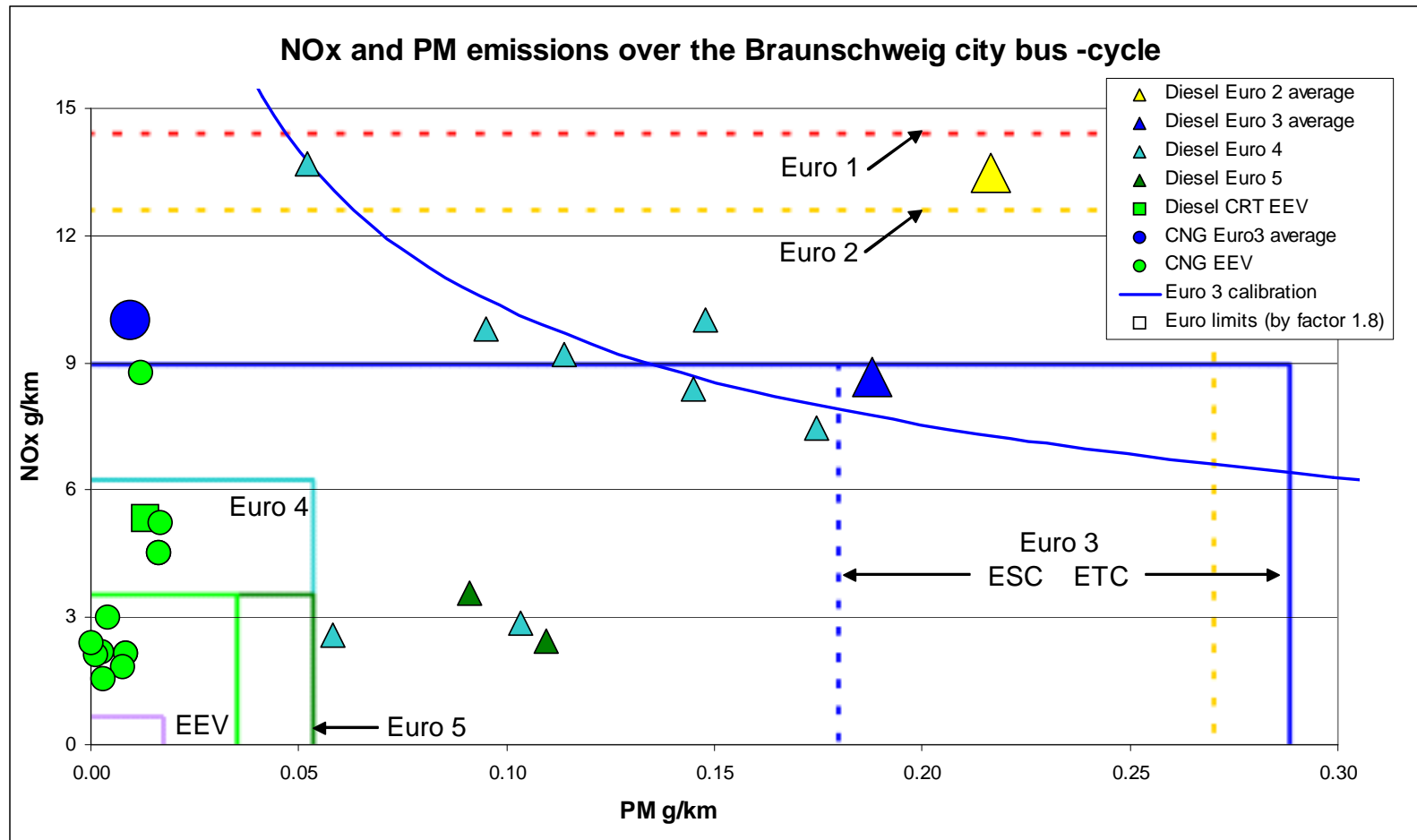
- Mitatut kaupunkibussit 2002 – 2007 (sis. seurantamittaukset)
 - Diesel-autot:
 - Euro 1 – 2 kpl
 - Euro 2 – 26 kpl
 - Euro 3 – 28 kpl
 - Euro 4 – 8 kpl
 - Euro 5 – 2 kpl
 - EEV – 1 kpl
 - Yht. 67 kpl
 - Maakaasuautot:
 - Euro 2 CNG – autot 2 kpl
 - Euro 3 CNG – autot 7 kpl
 - EEV CNG – autot 12 kpl
 - Yht. 21kpl

KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – RAKEBUS PÄÄSTÖTIETOKANTA



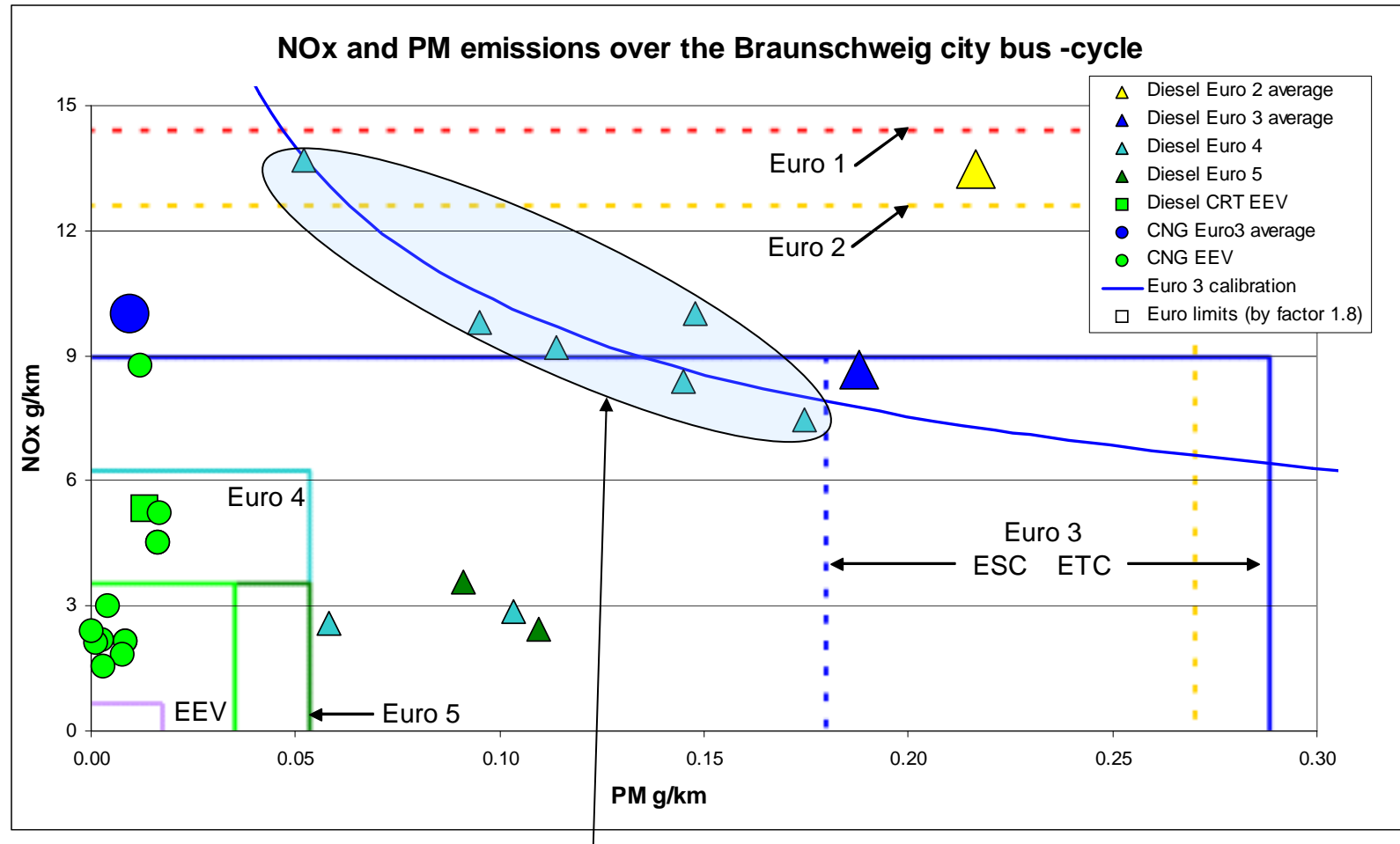
Kattava päästötietokanta antaa refererenssin uusille tuloksille

KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – RAKEBUS PÄÄSTÖTIETOKANTA



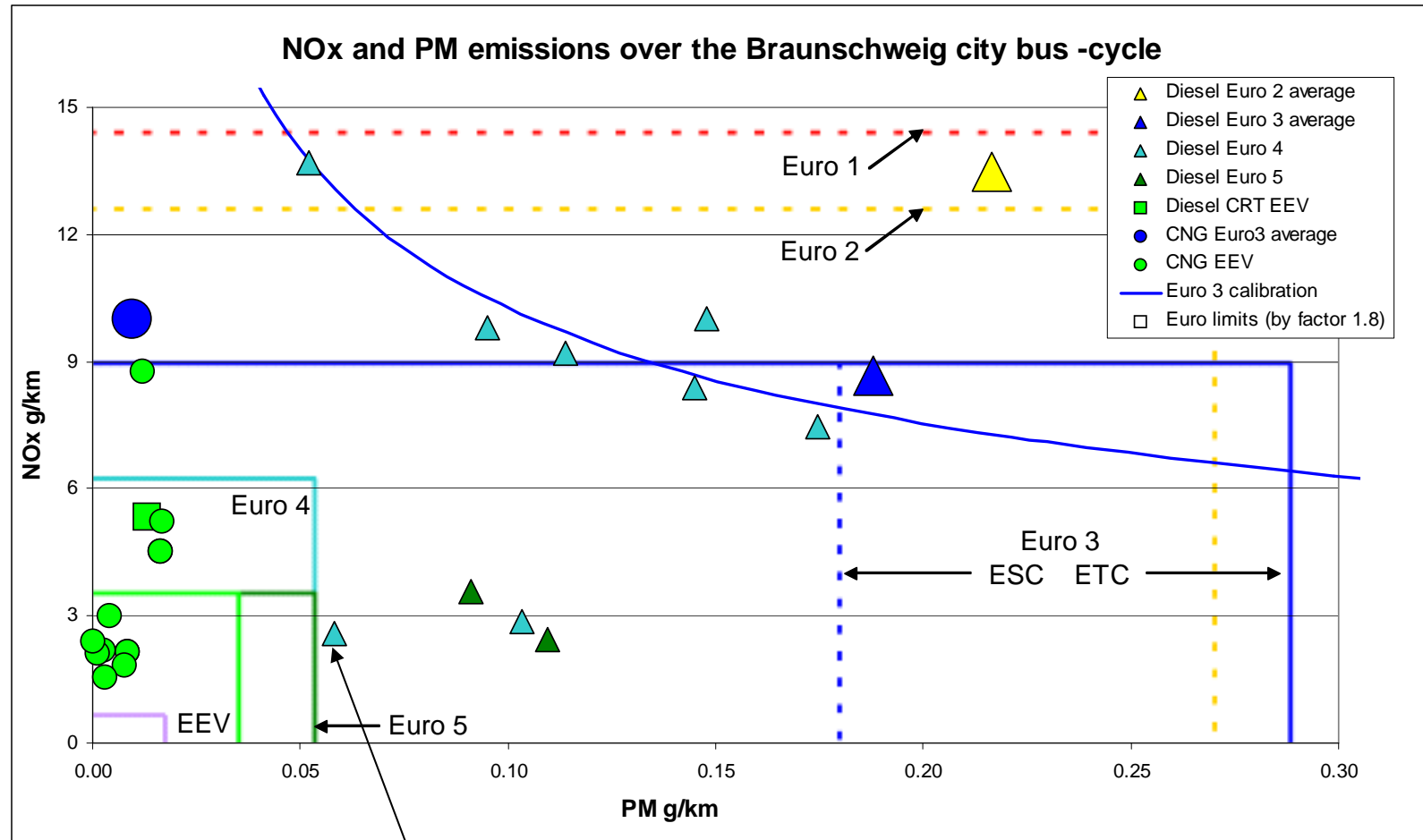
Kuvassa esitetty uusimmat autot yksilöinä ja vanhempi kalusto keskiarvoina

KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – RAKEBUS PÄÄSTÖTIETOKANTA



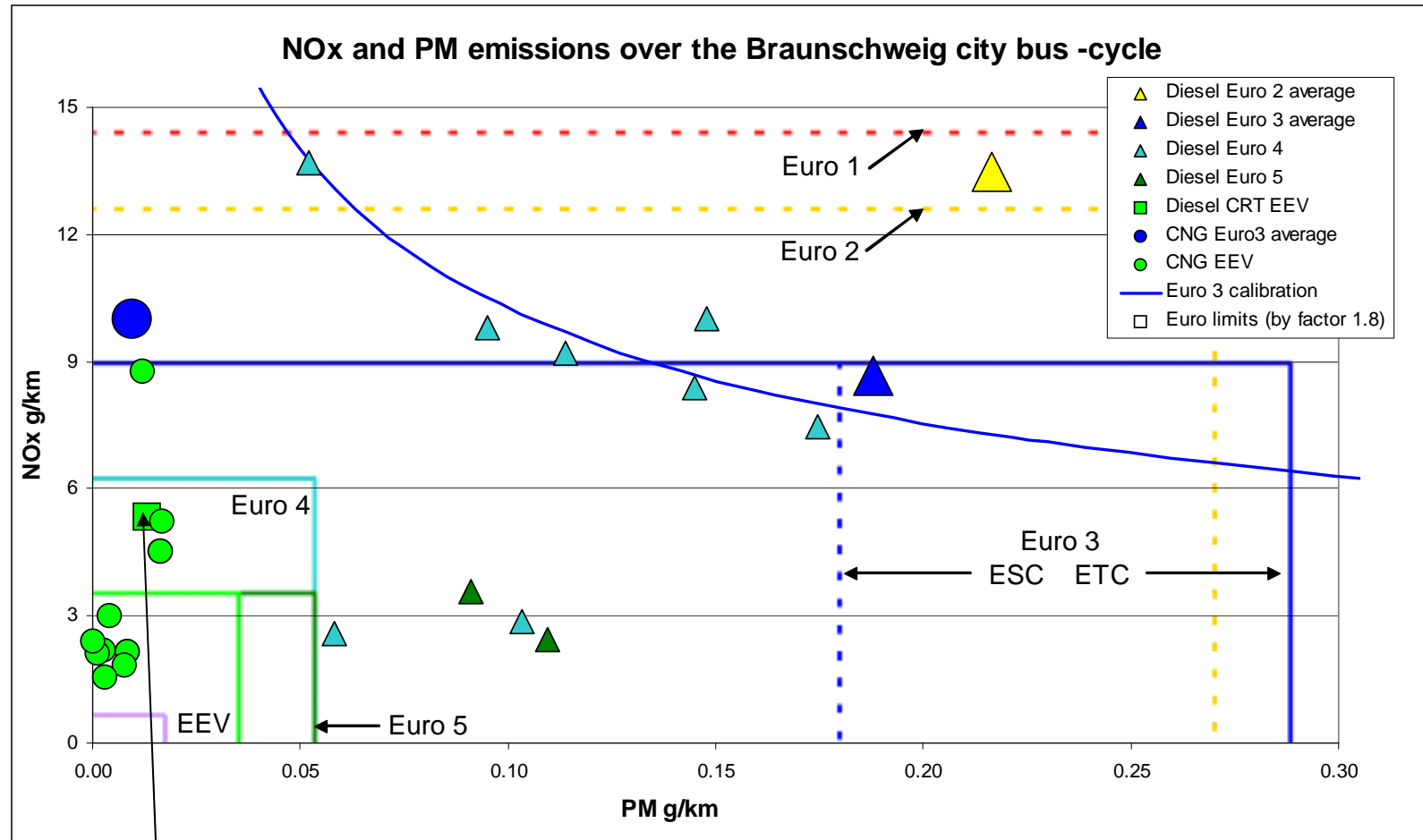
Suurin osa mitatuista Euro 4 busseista (5/8) vastannut todellisilta päästöiltään Euro 3 -tasoa

KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – RAKEBUS PÄÄSTÖTIETOKANTA



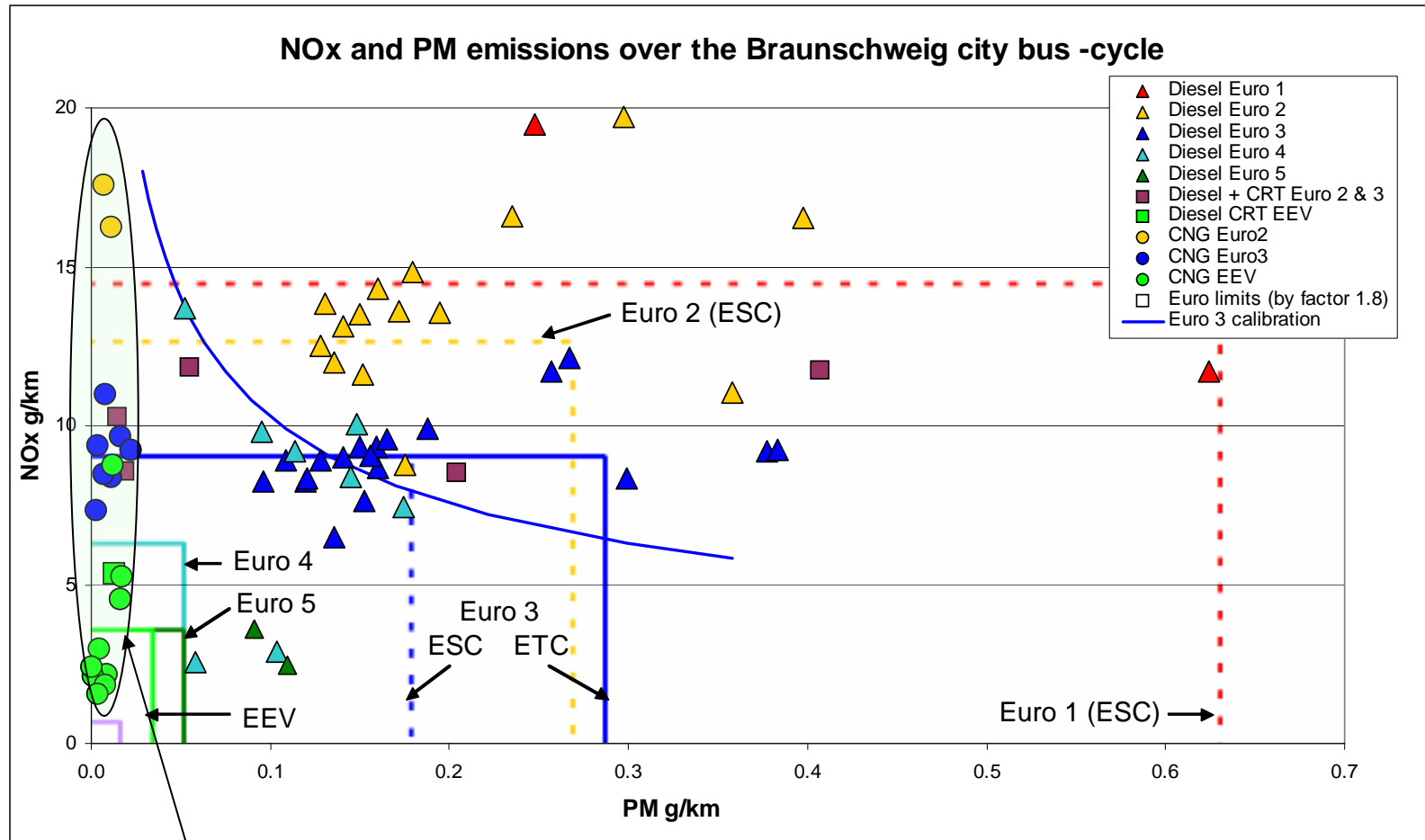
Yksi Euro 4 SCR bussi paljastaa dieseltekniikan potentiaalin myös todellisessa ajosyklissä

KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – RAKEBUS PÄÄSTÖTIETOKANTA



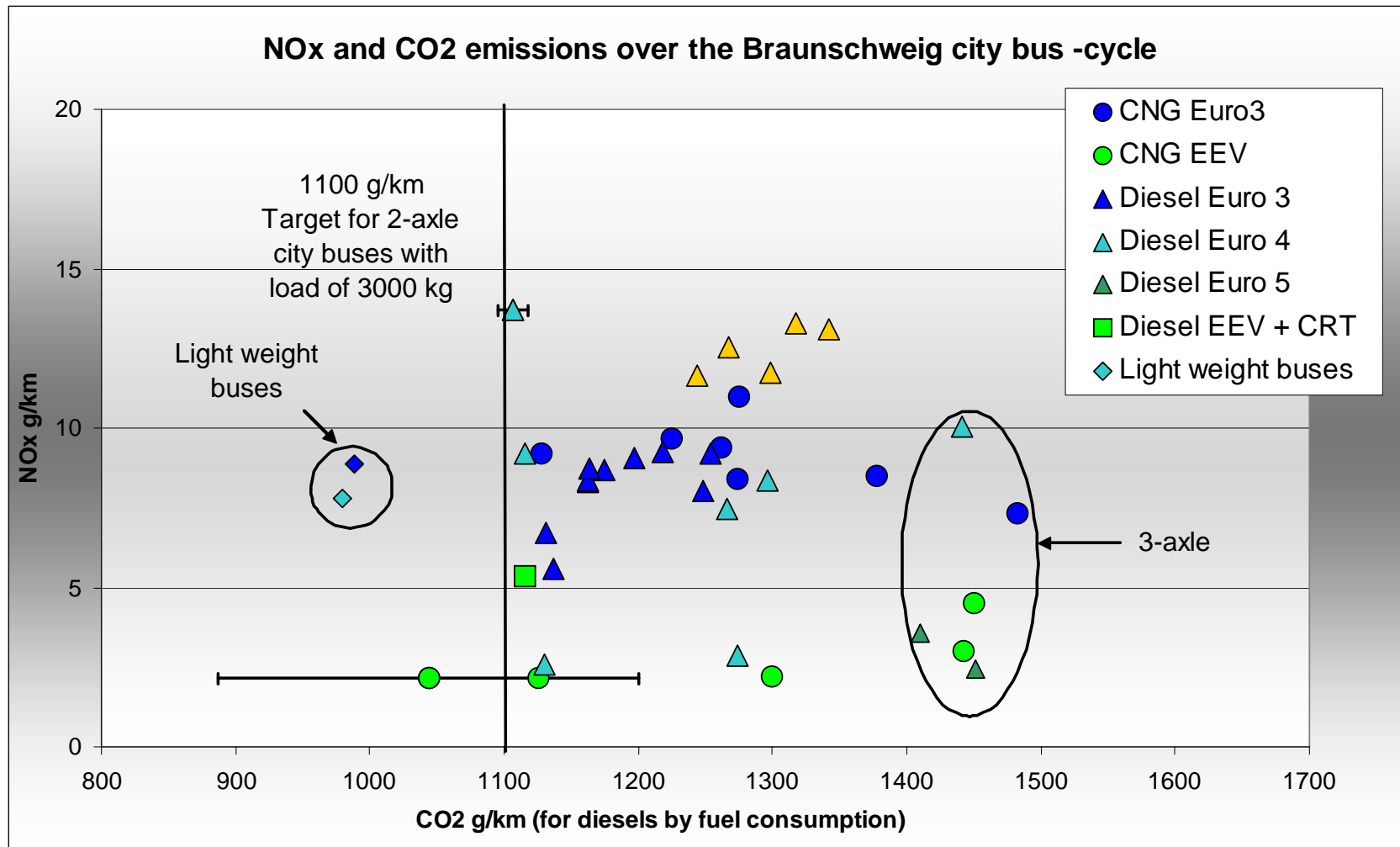
Ensimmäinen tähän mennessä mittattu EEV-dieselbussi (varustettu SCR:llä + CRT:llä) ylsi laihaseosmaakaasuautojen tasolle

KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – RAKEBUS PÄÄSTÖTIETOKANTA



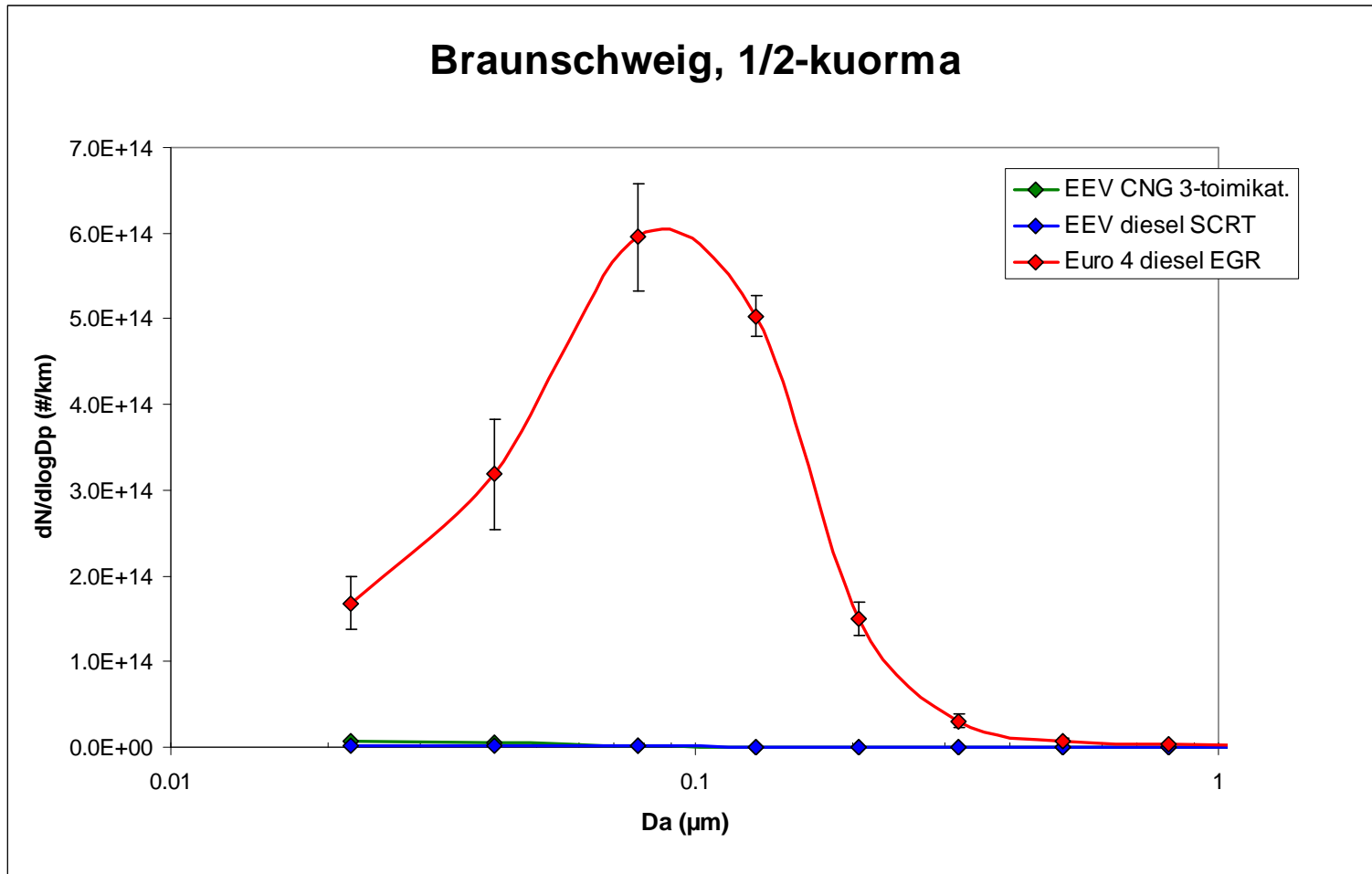
Maakaasuautoilla aina erittäin matalat partikkelipäästöt, typen oksidit tekniikasta riippuen.

KAUPUNKIBUSSIEN PÄÄSTÖT – NO_x vs. CO₂

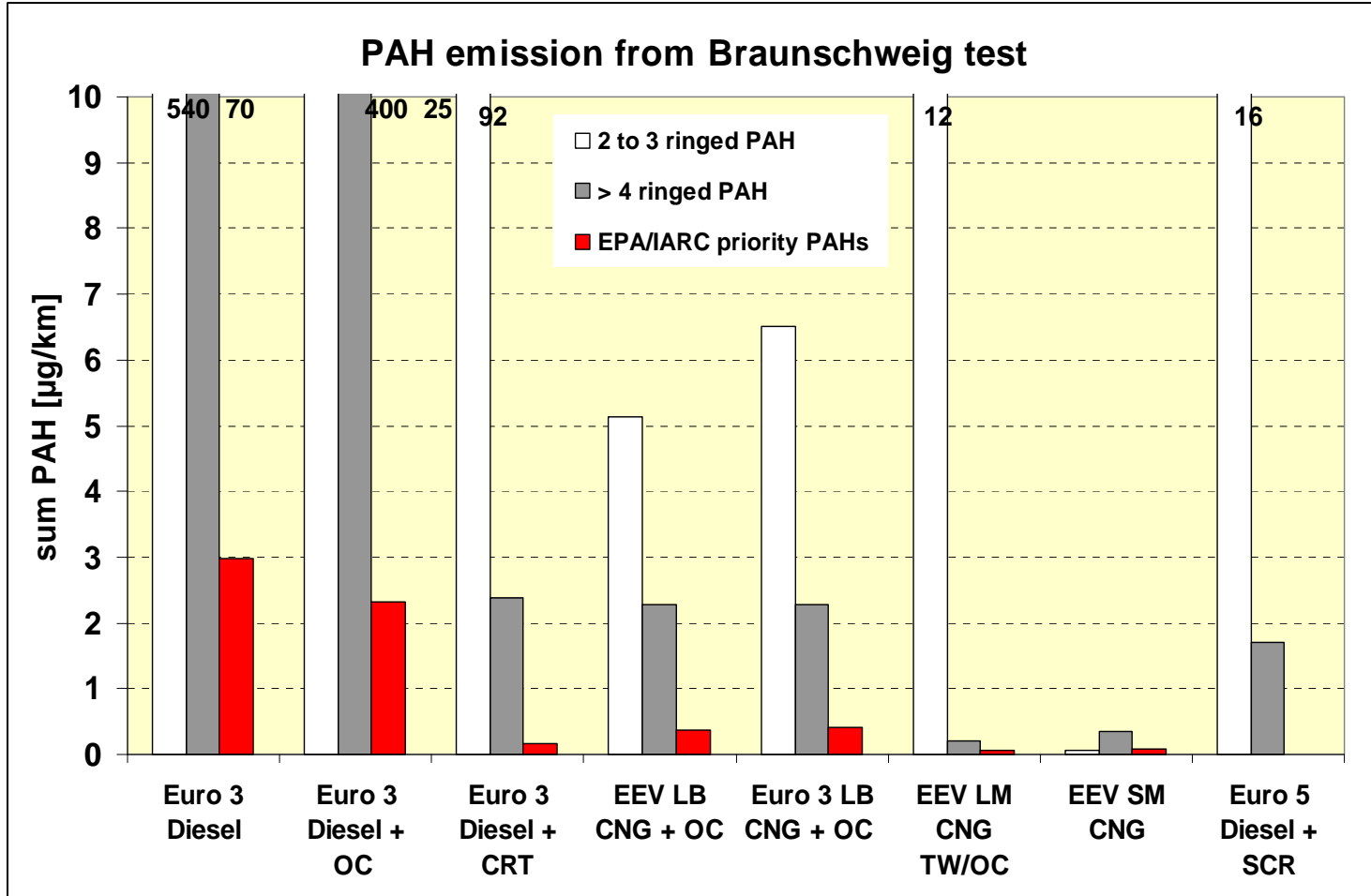


Maakaasuautojen CO₂ määritely pakokaasuista => epävarmuus 15%. Dieselin tulokset tarkempia (epäv. 1%)

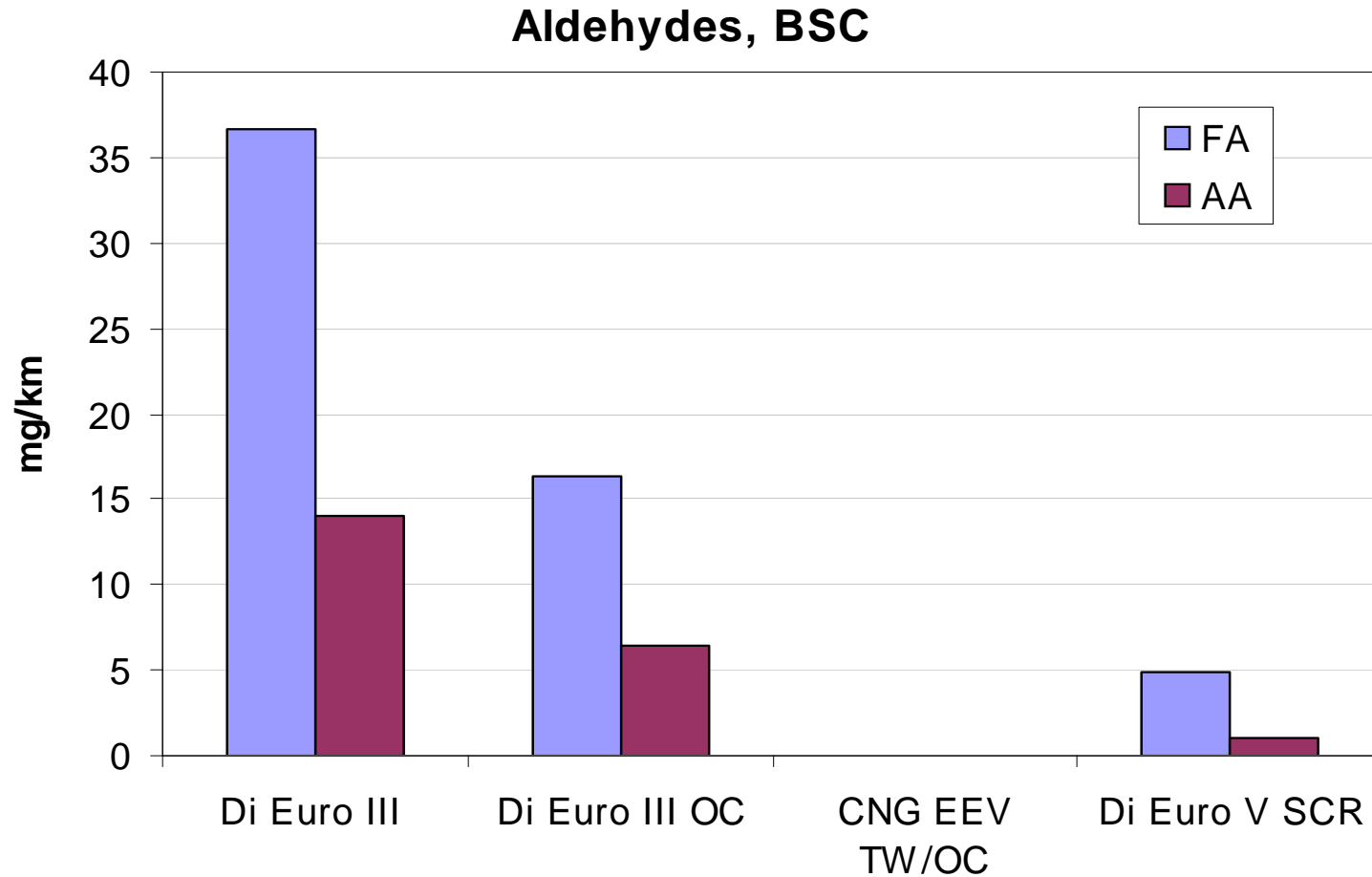
SÄÄNTELEMÄTTÖMÄT PÄÄSTÖT – HIUKKASTEN KOKOJAKAUMAT JA LUKUMÄÄRÄT



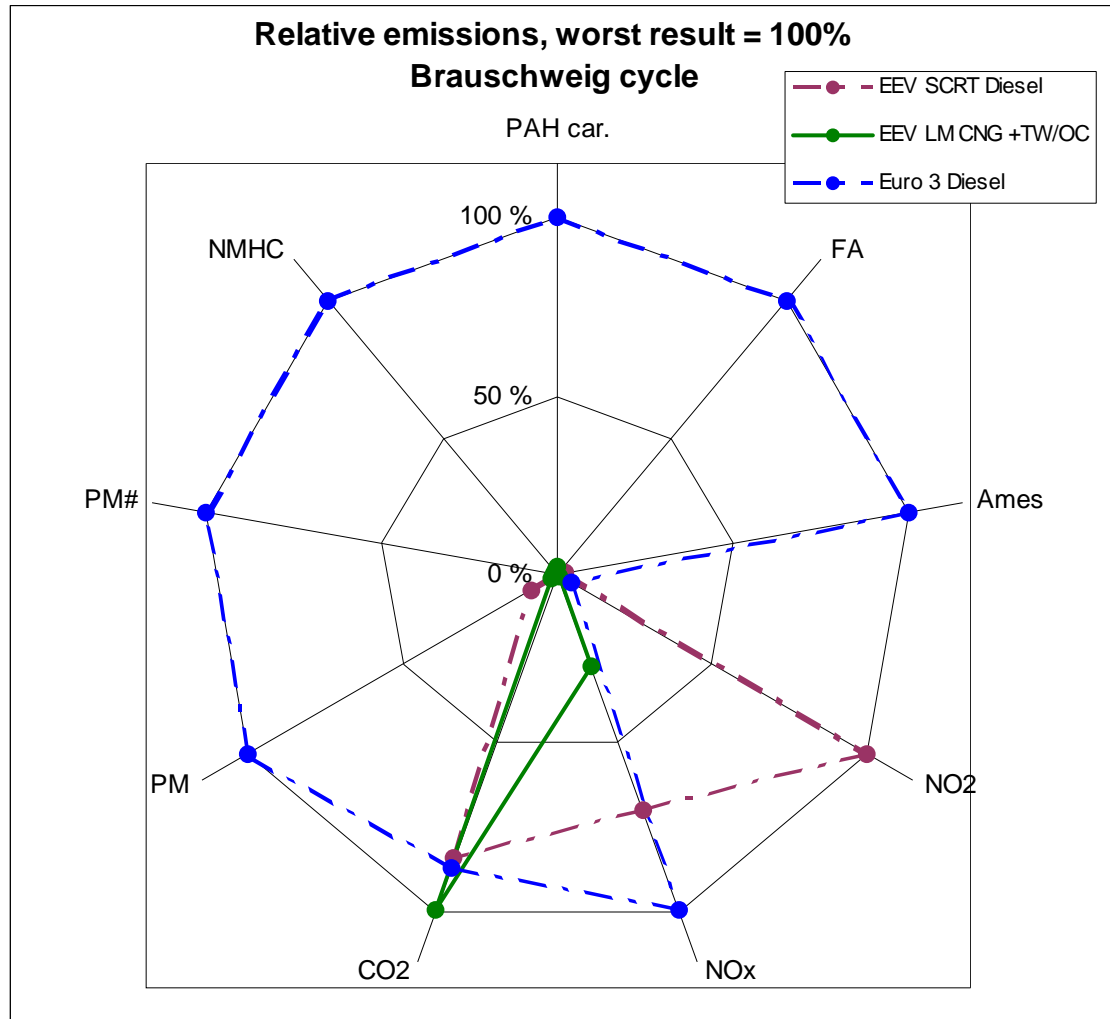
SÄÄNTELEMÄTTÖMÄT PÄÄSTÖT – POLYAROMAATTISET HIILIVEDYT



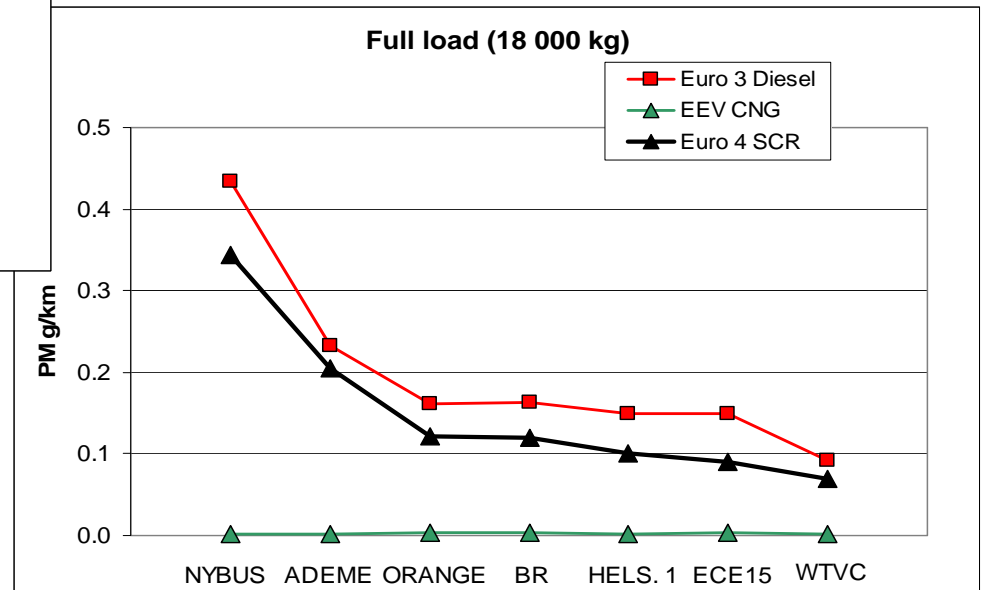
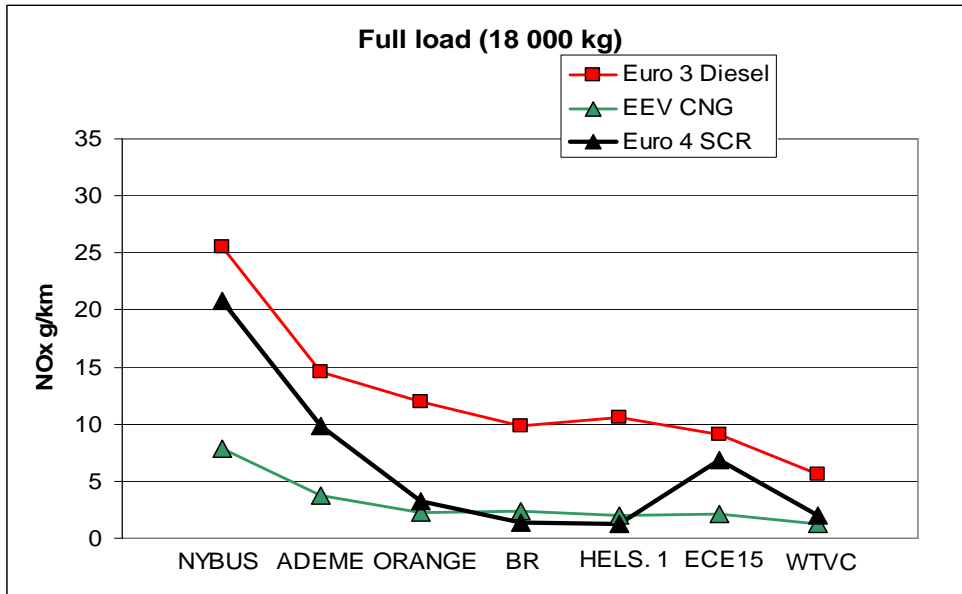
SÄÄNTELEMÄTTÖMÄT PÄÄSTÖT – ALDEHYDIT



KEHITTYNEIMPIEN DIESEL- JA MAAKAASUAUTOJEN PÄÄSTÖJEN YHTEENVETOKUVA



TEKNIKOIDEN TOIMINTA ERILAISISSA KUORMITUSSYKLEISSÄ



Lähde: IEA AMF Annex XXIX
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2396.pdf>

BR = Braunschweig

TUTKIMUSRAPORTTEJA INTERNETISSÄ

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/TransitBusEmission.pdf>

RESEARCH REPORT | PR03P515004 | 15.10.2004



TRANSIT BUS EMISSION STUDY: COMPARISON OF EMISSIONS FROM DIESEL AND NATURAL GAS BUSES

Authors | Nils-Olof Nylund, Kimmo Erkkilä, Maija Lappi & Markku Ikonen

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2007/RakeBus2005.pdf>

TUTKIMUSRAPORTTI | Nro VTT-R-03435-07 | 16.4.2007



BUSSIKALUSTON PAKOKAASUPÄÄSTÖJEN EVALUOINTI: VUOSIRAPORTTI 2005

Kirjoittajat | Kimmo Erkkilä, Maija Lappi, Tuukka Hartikka, Nils-Olof Nylund

Luottamuksellisuus | Julkinen

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2007/RakeBus2006.pdf>

TUTKIMUSRAPORTTI | Nro VTT-R-03446-07 | 11.4.2007



BUSSIKALUSTON PAKOKAASUPÄÄSTÖJEN EVALUOINTI: VUOSIRAPORTTI 2006

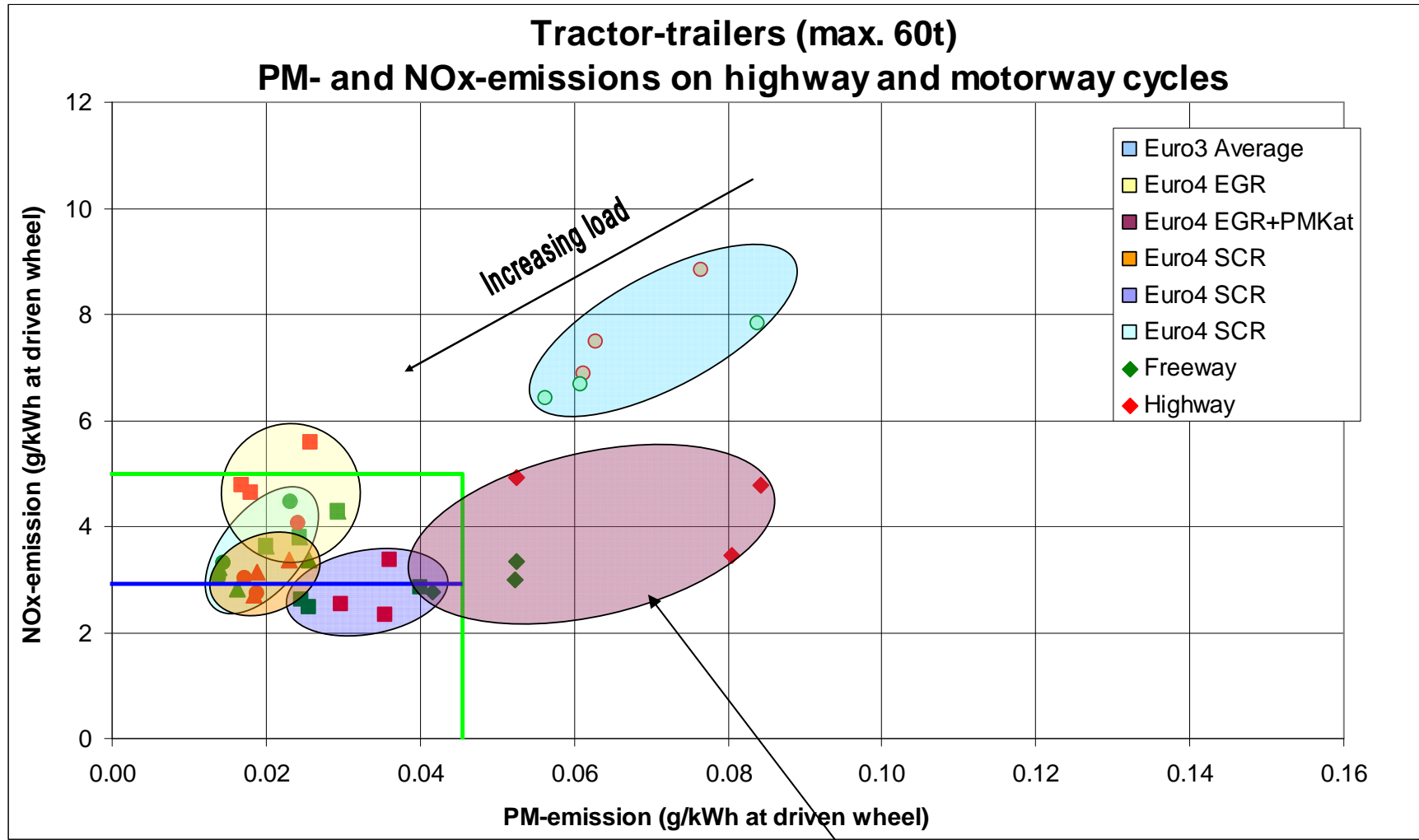
Kirjoittajat | Kimmo Erkkilä, Nils-Olof Nylund

Luottamuksellisuus | Julkinen

KUORMA-AUTOT

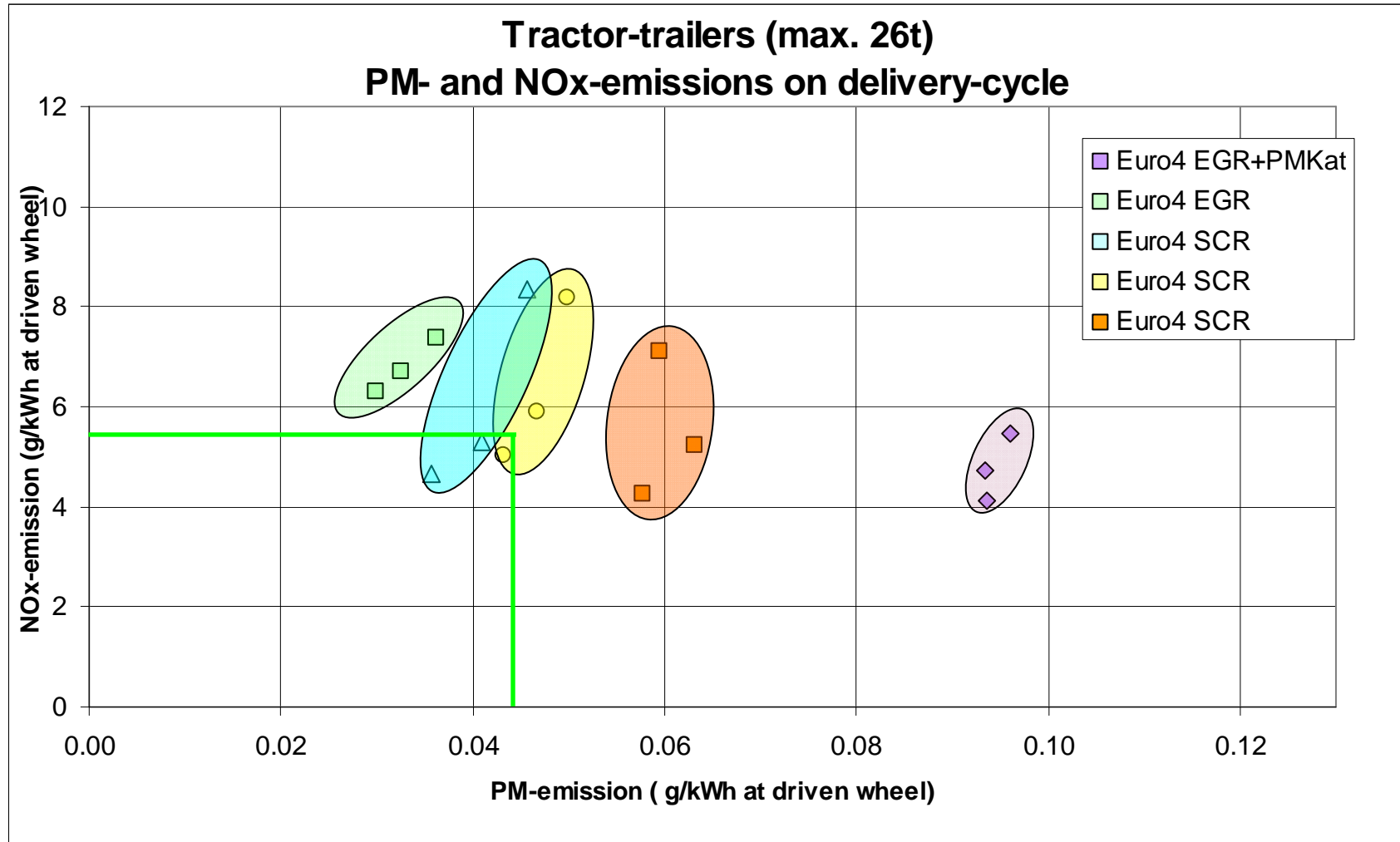
- ETC-sykli kehitetty vastaamaan (sen aikaisten) kuorma-autojen käyttöä => Päästörajoitukset toteutuvat selvästi busseja paremmin
- Myös kuorma-autojen päästötutkimus alustadynamometrilla aloitettiin VTT:n raskaan kaluston laboratorion valmistuttua 2002
- Myös kuorma-autojen mittaukset sulautettiin Rastu-projektiin vuodesta 2005

KUORMA-AUTOT



Mittauksissa käyneen PMKatilla varustetun auton korkeat partikkelipäästöt selittynevät viallisella hiukkaskatalysaattorilla

KUORMA-AUTOT



Keskikuormituksen keventyessä myös kuorma-autojen tulokset heikkenevät

YHTEENVETO

- Uudet Euro 4 ja 5 -päästömääräykset ovat huomattavasti aikaisempaa tiukempia
- Määräykset mahdollista täyttää erilaisilla menetelmillä, kuten EGR- (+DPF) tai SCR-tekniikoilla
- Kaupunkibussien todelliset ajosykliä päästöjen hallinnan kannalta huomattavasti moottorien tyypityssyklejä haastavampia
- Suurin osa uusista Euro 4 -busseista ylsi käytännön ajotilanteissa vain Euro 3 bussien päästötasolle
- Yksi Euro 4 SCR –auto osoitti uuden dieseltekniikan potentiaalin

YHTEENVETO

- Maakaasubussien NOx-päästöt ovat riippuvaisia käytetyn tekniikan tasosta, mutta hiukkaspäästöt erittäin alhaisia päästötasosta riippumatta
- EEV-bussien päästöt alhaisia myös sääntelemättömien päästöjen osalta
- Kuorma-autojen päästöt todellisessa ajossa vastaavat päästöluokituksia kaupunkibusseja paremmin



Kiitos mielenkiinnosta!