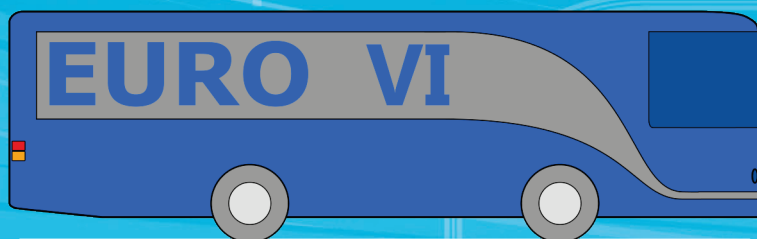
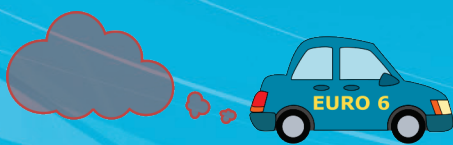


Utslipp fra nye kjøretøy – holder de hva de lover?

Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015



Utslipp fra nye kjøretøy – holder de hva de lover?

Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015

Rolf Hagman
Christian Weber
Astrid H. Amundsen

Forsidebilde: Christian Weber TØI

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0808-1190

ISBN 978-82-480-1628-1 Papirversjon

ISBN 978-82-480-1624-3 Elektronisk versjon

Oslo, mars 2015

Tittel: Utslipp fra nye kjøretøy – holder de hva de lover?
Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015

Forfattere: Rolf Hagman
Christian Weber
Astrid Helene Amundsen

Dato: 03.2015

TØI rapport: 1407/2015

Sider 20

ISBN Papir: 978-82-480-1628-1

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1624-3

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Statens vegvesen Vegdirektoratet

Prosjekt: 4108 - EMIROAD

Kvalitetsansvarlig: Ronny Klæboe

Emneord: Kjøretøy
NO_x
PM
Utslipp

Sammendrag:

Luften i flere store norske byer oppfyller ikke forurensningsforskriftens grenseverdier for luftkvalitet. Norge er av EFTAs overvåkningsorgan ESA anklaget for høye konsentrasjoner av NO₂ og for mangelfulle tiltak eller liten effekt av tiltakene.

TØI har i samarbeid med et sertifisert avgasslaboratorium (VTT, Finland) utført avgasstester som viser entydig at nye tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer ved alle typer kjøring har meget lave utslipp av nitrogenoksider, NO_x og avgasspartikler, PM. Reduksjonene er på over 90 % i forhold til tidligere generasjoner tunge kjøretøy. Nye Euro 6 personbiler med dieselmotor har fortsatt et problem med høye utslipp av NO_x. Ny kunnskap gjør det mulig å velge hensiktsmessige tiltak når det er behov for å redusere utslippene av NO_x og PM fra vegtrafikken.

Title: Emissions from new vehicles – trustworthy? Euro 6/VI vehicle technology – 2015 status

Author(s): Rolf Hagman
Christian Weber
Astrid Helene Amundsen

Date: 03.2015

TØI report: 1407/2015

Pages 20

ISBN Paper: 978-82-480-1628-1

ISBN Electronic: 978-82-480-1624-3

ISSN 0808-1190

Financed by: The Norwegian Public Roads Administration

Project: 4108 - EMIROAD

Quality manager: Ronny Klæboe

Key words: Emissions
NO_x
Vehicle

Summary:

The air quality in several Norwegian cities don't comply with the limit values for NO₂. The EFTA control body, ESA, has criticised Norway for allowing high concentrations of NO₂ and for not doing enough to reduce the problems.

On behalf of TØI, VTT in Finland performed exhaust emission tests in a certified laboratory. The tests show that buses and Heavy Duty Vehicles, HDV with new Euro VI certified engines have very low emissions of Nitrous Oxide, NO_x and exhaust Particulate Matter, PM. The reductions are over 90 % compared with earlier generations of HDVs. New Euro 6 light vehicles with diesel engines still have a problem with high emissions of NO_x. New knowledge make it possible to implement more accurate measures when reducing emissions of NO_x and PM from road traffic is needed.

Language of report: Norwegian

Forord

Nye europeiske krav til typegodkjenning for personbiler (Euro 6) og motorer til tunge kjøretøy (Euro VI) skjerper kravene til utslipp for kjøretøy i salg i 2014-2015. Imidlertid overskrider faktiske utslipp og utslipp som måles i virkelig trafikk og under vinterforhold ofte nominelle verdier oppnådd ved typegodkjenningen av kjøretøyene.

Rapporten *Utslipp fra nye kjøretøy – holder de hva de lover? Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015* presenterer entydige måleresultater for avgassutslipp fra syv lette Euro 6 personbiler med dieselmotor og 12 tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotor. Kjøretøyene er testet med kjøremønster som viser utslipp i virkelig trafikk ved bykjøring og i nordisk kulde. Rapporten er en syntese av de fire TØI rapportene:

NO₂-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer

Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi

Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi – Måleprogrammet fase 2

Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi - EMIROAD

Hensikten med rapporten er å få kunnskap om reelle utslipp under nordiske forhold, og etablere et kunnskapsmessig grunnlag for å anslå i hvilken grad kjøretøyer som tilfredsstill de nye utslippskravene vil bidra til bedre luftkvalitet i norske storbyer. Kunnskap om hvilke typer kjøretøy som bidrar med store utslipp av lokalt helseskadelige avgassutslipp er avgjørende for å kunne sette inn tiltak for å bedre luftkvaliteten i norske byer.

Prosjektet og måleprogrammet er finansiert av Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Prosjektet er en del av etatsprosjektet EMIROAD. TØI har utført prosjektet i samarbeid med VTT. TØI ved forsker Rolf Hagman har vært prosjektleder, hos VTT har Juhani Laurikko vært den ansvarlige for utslippsmålingene av kjøretøyene. Kontaktperson hos oppdragsgiver er Christine Holtan Bøgh. Vegdirektoratet har nedsatt en ekspertgruppe som har gitt for nyttige innspill og verdifulle kommentarer til rapporten.

Rapporten er skrevet av forskerne Rolf Hagman, Christian Weber, og Astrid H. Amundsen. Forskningsleder Ronny Klæboe har vært ansvarlig for kvalitetssikringen av rapporten, mens sekretær Trude Rømning har tilrettelagt rapporten for publisering.

Oslo, mars 2015

Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Ronny Klæboe
forskningsleder

Innhold

Sammendrag Summary

1	Introduksjon	1
1.1	Luftkvalitet	1
1.2	Bakgrunn	2
1.3	Euro-krav, typegodkjenning og avgasstesting.....	3
2	Utslipp - Euro 6/VI	5
2.1	Personbiler	6
2.2	Tunge kjøretøy - generelt	10
2.3	Bybusser.....	11
2.4	Lastebiler	13
3	Tekniske vurderinger	15
4	Kunnskap og mulige tiltak	16
5	Referanser	17
6	Ordliste - motor og miljøteknologi	18

Sammendrag:**Utslipp fra nye kjøretøy – holder de hva de lover?
Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015**

TØI rapport 1407/2015

Forfattere: Rolf Hagman, Christian Weber, Astrid H. Amundsen

Oslo 2015 20 sider

Fra avgassmålingene framkommer at moderne tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer har lave utslipp av nitrogenoksider, NO_x og avgasspartikler, PM ved alle typer kjøring. Reduksjonene er over 90 % i forhold til utslippene fra tidligere Euro V generasjoner. Nye Euro 6 personbiler med dieselmotor har derimot fortsatt høye utslipp av NO_x .

Siden 2011 har TØI i samarbeid med finske VTT utført avgassmålinger av 12 tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer, og syv Euro 6 godkjente dieselmotorer. I tillegg er flere bensinbiler (Euro 5 og 6) og dieselmotorer (Euro 5) målt. Oppdragsgiver har vært Vegdirektoratet og måleprogrammet videreføres i Vegdirektoratets etatsprogrammet «EMIROAD». Alle kjøretøyene er testet i avgasslaboratorium under forhold som i størst mulig grad skal tilsvare faktisk bruk av kjøretøyet.

Stor reduksjon i NO_x fra tunge kjøretøy – fortsatt høye utslipp fra lette dieselmotorer

Vi kan fra våre målinger trekke de klare konklusjonene at i virkelig trafikk og i kulde slipper også nye lette kjøretøy med Euro 6¹ dieselmotorer ut store mengder NO_x (nitrogenoksider). Tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer inklusive bybusser har effektiv rensing av NO_x og slipper ut små mengder av alle typer lokalt forurensende og helseskadelige avgasskomponenter, se Figur S1.

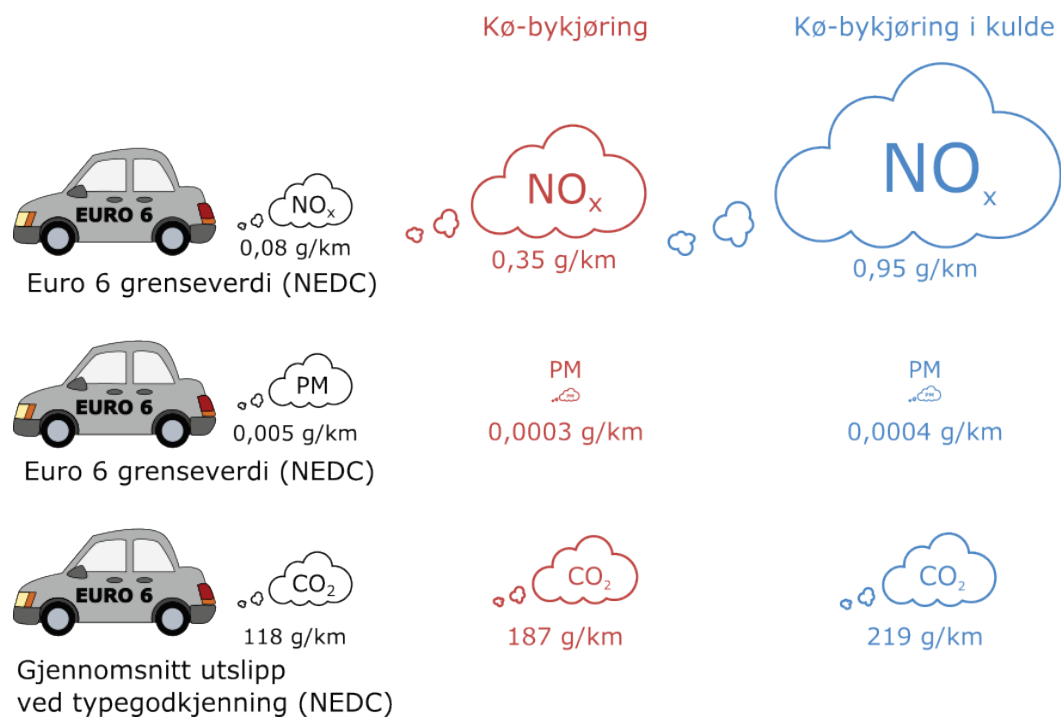


Figur S1: Nye tunge kjøretøy med Euro VI godkjente dieselmotorer har meget lave utslipp av alle lokalt forurensende avgasskomponenter. Høye utslipp av NO_x fra nye personbiler med Euro 6 dieselmotorer er fortsatt en utfordring under krevende bykjøring. De viste avgassutslippene er typiske for krevende bykjøring med personbiler og tilsvarende for bybusser.

¹ I forbindelse med EU-typegodkjenningen av nye kjøretøy, skal nye personbiler tilfredsstille Euro 6 kravene, mens motorene til tunge kjøretøy skal tilfredsstille Euro VI kravene.

Det er med bakgrunn i målinger av 12 tunge kjøretøy med nye Euro VI godkjente dieselmotorer og syv Euro 6 godkjente personbiler med dieselmotorer mulig å trekke to entydige konklusjoner når det gjelder lokalt forurensede avgassutslipp:

- **Alle målte nye tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer har i virkelig trafikk meget lave målte utslipp av NO_x og PM (partikler). Alle typer lokalt forurensende avgassutslipp er med forskjellige typer av kjøremønster mindre enn 1/10 av hva de var fra tidligere generasjoner av bybusser og andre tunge kjøretøy.**
- **Euro 6 godkjente personbiler med dieselmotorer har 4-20 ganger høyere utslipp av NO_x i bytrafikk og kulde enn de verdier som kreves fra typegodkjenningen (0,08 g/km), se Figur S2. Gjennomsnittlig utslipp av NO_x fra de testede nye Euro 6 godkjente personbilene med dieselmotor var i sammenlignbart bruk ca. fire ganger høyere enn gjennomsnittet fra busser og tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer.**



Figur S2: Sammenligning mellom grenseverdier og avgassutslipp fra typegodkjenning av Euro 6 dieselmotorer (med den standardiserte NEDC kjøresyklusen) og gjennomsnittlige avgassutslipp fra syv Euro 6 personbiler med dieselmotor ved kjøring (23 °C) og ved kjøring i kulde (-7 °C). Størrelsen av gasskyene tilsvarer utslippenes størrelse i forhold til typegodkjenningen.

Foreløpig har ikke tunge kjøretøy vært testet i kulde. Vår vurdering er at tunge kjøretøy med Euro VI motor også i kulde vil gi lave utslipp av NO_x, men dette vil bli testet ut vinteren 2015/2016 da det vil bli utført avgasstesting ombord i tre busser med Euro VI motorer.

I virkelig trafikk har de her testede syv Euro 6 personbilene med dieselmotor høye utslipp av NO_x. I likhet med andre nyere dieselmotorer (Euro 4-5) er utslippene spesielt høye i forhold til hva som blir oppgitt som typegodkjenningsverdier.

Typegodkjenningen av lette kjøretøy blir gjennomført ved kjøring av NEDC kjøresyklusen (New European Driving Cycle). NEDC kjøresyklusen har lave akselerasjonsnivåer og gir utslippsverdier for NO_x og NO_2 som er lavere enn utslippene i ved kjøring i virkelig bytrafikk, og ofte betydelig lavere enn utslippene ved start og kjøring i kulde (-7°C).

I virkelig trafikk har Euro 5 dieserbiler og de syv her testede Euro 6 personbilene med dieselmotorer gjennomgående lave utslipp av PM. Grenseverdien for Euro 6 typegodkjenning er betydelig høyere enn det vi måler fra nye Euro 6- godkjente dieserbiler under alle kjøreforhold, se Figur S2. Nye dieserbiler har med andre ord effektive og godt fungerende partikkelfiltre.

For drivstofforbruket og avgassutslippene av CO_2 er verdiene fra alle typer av nye lette kjøretøy høyere enn hva som blir målt ved kjøring av typegodkjenningssyklusen NEDC. Typegodkjenningstallene for utslipp av CO_2 fra biler står, til tross for at de er lave, i proporsjon til størrelsen til CO_2 -utslippene i virkelig trafikk. En bil som har lave utslipp av CO_2 ved typegodkjenningen får som regel en del høyere utslipp (20-95 %) i virkelig trafikk. En bil som i utgangspunktet har høye utslipp av CO_2 ved typegodkjenningen får på den andre siden enda høyere utslipp i virkelig trafikk. De lave tallverdiene fra typegodkjenningen kan gi inntrykk av at personbiler er mer klimavennlige enn det de faktisk er.

Teknisk mulig å redusere utslippet fra lette dieserbiler

TØI har sammen med VTT fått utført avgassmålinger ved VTTs avgasslaboratorium i Helsinki. Avgassmålingene har gjort det mulig å måle lokalt forurensende avgassutslipp fra nye Euro 6 biler og kjøretøy med motorer som oppfyller Euro VI kravene, under krevende men realistiske kjøreforhold.

Diesel-personbiler generelt og tunge kjøretøy med Euro V dieselmotorer har i virkelig trafikk høye utslipp av NO_x , men for øvrig flere gode egenskaper. Fra og med innfasingen av oksiderende katalysatorer og partikkelfiltre i rensesystemene for dieserbilenes avgasser kan vi også registrere en markant økning i andelen NO_2 av de samlede utslippene av NO_x . Noe som har medført økt utslipp av NO_2 i byer og tettsteder, samt brudd på grenseverdiene for NO_2 i flere byer.

Diesel (spesifikasjon EN590) og bensin (spesifikasjon EN228) gir ved forbrenning i motorer utslipp av diverse helseskadelige avgasser. I 2015 er det for kjøretøy med forbrenningsmotorer i stor grad avgassrensesystemene som er avgjørende for hvor store utslipp av NO_x og PM vi får.

Fra bensinbiler har utslippene av lokalt helseskadelige avgasskomponenter blitt gradvis redusert til meget lave nivåer siden innføringen av treveiskatalysatorer i 1990.

Fra tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer er det SCR-teknologien (Selective Catalytic Reduction), reduksjonsmidlet urea og avanserte styrings- og reguleringssystemer i 2015 som er grunnen til de lave utslippene av NO_x i virkelig trafikk.

På samme måte som det er vist at det er mulig med effektiv fjerning av NO_x fra avgassene til tunge kjøretøy med Euro VI motorer vil det være teknisk mulig med effektiv rensing av NO_x fra nye generasjoner av personbiler med dieselmotorer.

Viktig å basere tiltak på ny kunnskap om utslipp

Problemer med helseskadelige lokale avgassutslipp handler om mer enn diskusjonen om drivstoff, bensin eller diesel. Utfordringen er i dag primært relatert til utslippet av PM og NO_x fra eldre kjøretøy, samt at NO_x og NO₂ utslippet fra nye Euro 6 dieselbiler i virkelig trafikk og kulde fortsatt er en utfordring.

Ved problemer med overskridelser av forurensningsforskriftens grenseverdier for luftkvalitet og ønsker om å redusere utslipp av NO_x og PM fra kjøretøy i store norske byer kan vi med bakgrunn i egne måleresultater og annen publisert informasjon konkludere med at:

- Eldre tunge kjøretøy og busser med dieselmotorer (eldre enn Euro VI, 2014) gir vesentlige bidrag til høye utslipp av NO_x, NO₂ og i flere tilfeller også PM.
- Lette kjøretøy med dieselmotor (foreløpig inklusive Euro 6 biler) gir i køkjøring vesentlige bidrag til høye utslipp av NO_x, NO₂ og for eldre biler også PM.
- Bensinbiler som er eldre enn ca. 15 år (Euro 2) vil bidra til relativt høye utslipp av NO_x og PM.
- Vanlige bensinbiler som er yngre enn ca. 15 år (Euro 3) vil i meget liten grad bidra til høye utslipp av NO_x, NO₂ og PM.
- Nye tunge kjøretøy og busser med dieselmotorer (yngre enn Euro VI, 2014) vil gi lave utslipp av alle typer lokalt forurensende avgassutslipp.

Diesel (EN590) som drivstoff er i seg selv ingen hindring for rene avgasser fra personbiler. Hvis bilprodusentene kan vise at nye bilmodeller med Euro 6 dieselmotor ved kjøring i virkelig bytrafikk og i kulde har lave utslipp av helseskadelige avgasser vil det ikke uten videre være grunnlag for restriktive tiltak mot disse bilmodellene. At en bilmodell har lave utslipp av NO_x i virkelig trafikk kan verifiseres ved tester i et uavhengig avgasslaboratorium.

Bruk av alternative drivstoffer som etanol, metan, biodiesel med mer er et middel for å redusere klimapåvirkningen fra forbrenning av karbonholdige drivstoffer i et livsløpsperspektiv. Reduserte utslipp av NO_x og PM har også vært et argument for å ta i bruk alternative drivstoffer i stedet for diesel og bensin. Med de nye effektive rensesystemene for lokalt helseskadelige avgasskomponentene er det tvilsomt om redusert lokal forurensing vil være et argument for alternative drivstoffer. Foreløpig ser vi i 2015 en større interesse for elektrifisering og hybridisering av kjøretøy enn for bruk av alternative drivstoffer fra produsentene og distributørene av kjøretøy.

Ved innføring av tiltak for å bedre luftkvaliteten i norske byer, er det viktig å ta hensyn til resultater fra testing i virkelig trafikk. Om tiltak iverksettes kun basert på kjøretøyenes resultater i typegodkjenningstestene vil tiltakene bli mindre treffsikre, og ønsket utslippsreduksjon ved innføring av nye biler i kjøretøyparken vil utebli.

Summary:

Emissions from new vehicles - trustworthy? Euro 6/VI – status 2015

TØI Report 1407/2015

Authors: Rolf Hagman, Christian Weber and Astrid H. Amundsen
Oslo 2015, 20 pages Norwegian language

Our measurements show that modern heavy vehicles with Euro VI engines have low emissions of nitrogen oxides (NO_x) and exhaust particles (PM) for all types of test cycles. The reductions are more than 90% compared to the emissions from previous Euro V generations. New Euro 6 cars with diesel engines, however, are still struggling with high NO_x emissions.

Since 2011, TØI in collaboration with VTT in Finland have conducted emission measurements of 12 heavy vehicles with Euro VI engines, and seven Euro 6 diesel cars. In addition, several petrol vehicles (Euro 5 and 6) and diesel vehicles (Euro 5) are measured. The study is funded by the Norwegian Public Roads Administration, as part of the "EMIROAD" program. All vehicles are tested in laboratory under conditions that as far as possible should correspond to the actual use of the vehicles.

Big reduction in NO_x emissions from heavy vehicles – still high emissions from light diesel vehicles

Based on our testing of vehicles in 2013-14 the main conclusion is that the NO_x emission in real traffic and in cold weather (-7 °C) from new light vehicles with Euro 6 diesel is still high. Heavy vehicles with Euro VI engines including city buses now have effective technology for purification of NO_x, and emit only small amounts of all types of exhaust components, see Figure S1.



Figure S1: New heavy vehicles with Euro VI approved diesel engines have very low emission of all types of local emissions. NO_x emission from new passenger cars with Euro 6 diesel engines under demanding city-driving conditions is still a challenge for urban air quality. The emissions shown are typical for demanding city-driving for passenger cars and city-buses, respectively.

Emissions from new vehicles – trustworthy?

Based on measurements of 12 heavy vehicles with new Euro VI approved engines and seven Euro 6 approved cars with diesel engines, it is possible to draw two clear conclusions when it comes to exhaust emissions:

- All the tested heavy vehicles with Euro VI engines have very low emissions of NO_x and PM in real traffic. The tested NO_x and PM emissions were less than 1/10 of that from previous generations of city buses and other heavy vehicles with Euro VI engines, more or less regardless of the driving cycle used when testing.
- Euro 6 type approved private cars with diesel engines have 4-20 times higher emission of NO_x in city traffic and during cold weather than the type approval limit value (0,08 g/km), see Figure S2. The average emission of NO_x from the tested Euro 6 private cars with diesel engines was also about four times higher than the average emission from the tested city buses and heavy vehicles with Euro VI engines.

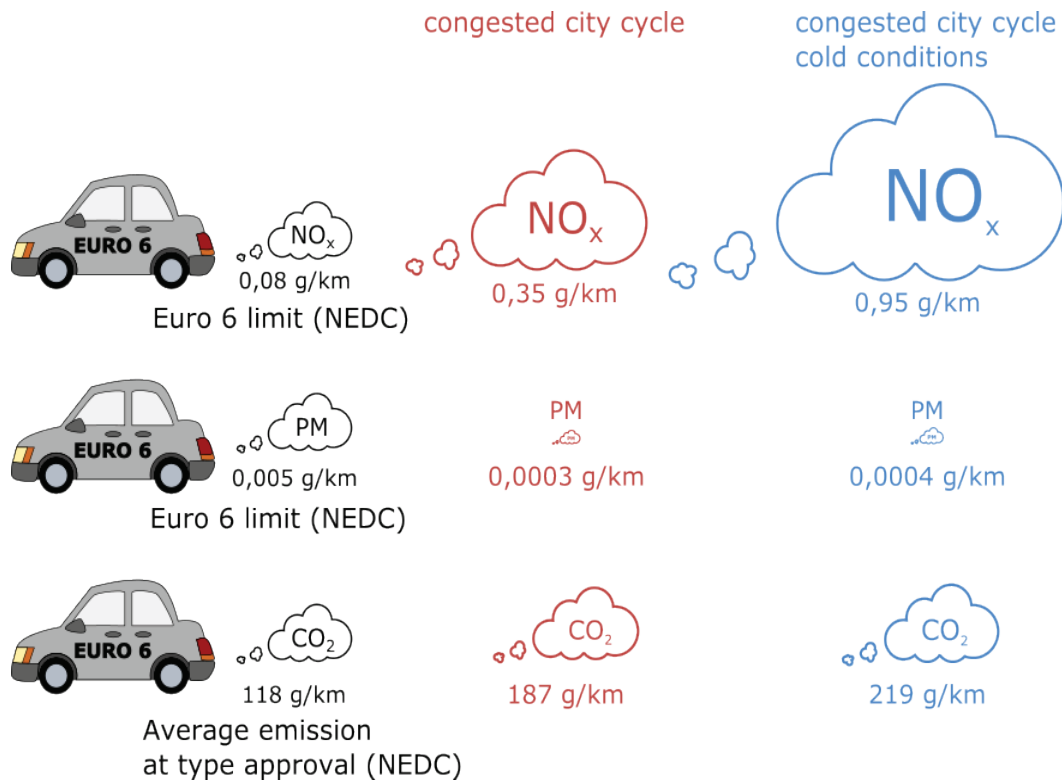


Figure S2: Comparison between limit values from EU's type approval regulations (black clouds) to emissions in "real life" city traffic from the average Euro 6 diesel passenger car. NO_x , PM and CO_2 emission when using the Helsinki city cycle. Measured at +23 °C (red clouds) and -7 °C (blue clouds). The size of the red and blue clouds indicate the difference in emission from the emission in the type approval test (NEDC).

Currently, no heavy vehicles have been tested in cold weather conditions. Our assessment is that heavy vehicles with Euro VI engine will have low emissions of NO_x even in cold test conditions, but this will be tested during the winter 2015/2016. We will then perform emission tests aboard three buses with Euro VI engines.

We notice that new private cars with diesel engines generally have trouble complying with the limit values for NO_x from the type approval, when used in real life city

traffic. The type approval of light vehicles is conducted by driving the NEDC driving cycle (New European Driving Cycle). The NEDC driving cycle has low acceleration levels and provide emission values of NO_x and NO₂ which is lower than emissions when driving in real city traffic, and often significantly lower than emissions when starting and driving in cold weather conditions (-7 °C).

In real traffic, Euro 5 diesel cars and the seven tested Euro 6 passenger cars with diesel engines generally have low emissions of PM. The limit value for Euro 6 approval is significantly higher than what we measure from new Euro 6- approved diesel vehicles under all driving conditions. New diesel cars have, in other words efficient and well-functioning particle filters.

For fuel consumption and exhaust emissions of CO₂, the values from all kinds of new light vehicles are higher than what is measured in the type approval cycle NEDC. Type approval values for CO₂ emissions from cars are, despite the fact that they are low, in proportion to the size of CO₂ emissions in real traffic. A car that has low CO₂ emissions in type approval have as a rule somewhat higher emissions (20-95 %) in real traffic. A car that has high CO₂ emissions in type approval will have even higher emissions in real traffic. The low emission values from the type approval may give the impression that the cars are more environmentally friendly than they actually are.

Technically possible to reduce the emission from light duty diesel vehicles

TØI and VTT have initiated emission measurements at VVT's laboratory in Helsinki. These measurements have made it possible to quantify local pollutant emissions from new Euro 6 cars and heavy vehicles with engines that meet the Euro VI requirements. The vehicles are tested in demanding, but realistic driving cycles.

Diesel cars in general, and heavy vehicles with Euro V diesel engine have high emissions of NO_x in real traffic. Starting with the implementation of oxidizing catalysts and particulate filters for diesel cars we can register a significant increase in the proportion of NO₂ in the total emissions of NO_x. This has resulted in increased emissions of NO₂ in cities, as well as violations of the limit value for NO₂ emission in several Norwegian cities.

Diesel (specification EN590) and petrol (specification EN228) produce emissions of various harmful gases, by combustion in engines. In 2015, it is, mainly the type and tuning of the exhaust treatment systems in vehicles with combustion engines that are crucial for the emissions of NO_x and PM.

For petrol cars the emissions of locally harmful exhaust gases has been gradually reduced to a very low level since the introduction of three-way catalysts in 1990.

For heavy vehicles with Euro VI diesel engine, it is the SCR technology (Selective Catalytic Reduction) with the reducing agent urea and advanced management and control systems, which is the main reason for the low NO_x emissions in real traffic.

Test results have shown that it is possible with effective removal of NO_x from the exhaust gases of the heavy vehicles with Euro VI engines. This means that it is technically possible to achieve the same positive results for new generations of cars with diesel engines.

Important to base measures on new knowledge on emissions from different types of vehicles

The problem of harmful local emissions has more aspects than the discussion about fuel consumption, and petrol versus diesel. The real challenge is the emission of PM and NO_x from older vehicles, as well as NO_x and NO₂ emissions from new Euro 6 diesel cars in real traffic and during cold weather conditions.

If emission levels in the city exceed limit values, and if government wants to reduce the emission of NO_x and PM from vehicles in major Norwegian cities, our test results and other published information support the following conclusions:

- Older heavy vehicles and buses with diesel engines (older than Euro VI, 2014) provide a significant contribution to high emissions of NO_x, NO₂ and partly also PM.
- Light vehicles with diesel engines (currently including Euro 6 cars) provide in congested city driving conditions, a significant contribution to high emissions of NO_x, NO₂ and for older cars also PM.
- Petrol cars older than approximately 15 years (Euro 2) will contribute to relatively high emissions of NO_x and PM.
- Common petrol cars that are younger than approximately 15 years (Euro 3) will to a very small extent contribute to high emissions of NO_x, NO₂ and PM.
- New heavy vehicles and buses with diesel engines (Euro VI, 2014) will give low emissions of all types locally polluting emissions.

Diesel (EN590) as a fuel is in itself no obstacle to clean exhaust gases from cars. If a manufacturer is able to prove that a new car model with Euro 6 diesel engine, when driving in city traffic and in cold weather, has low emissions of harmful gases, there is no reason to introduce restrictive measures against that car model. To prove that the current model of a vehicle has low emissions of NO_x in real traffic, the car can be tested in an independent exhaust laboratory if the car manufacturer is willing to do so.

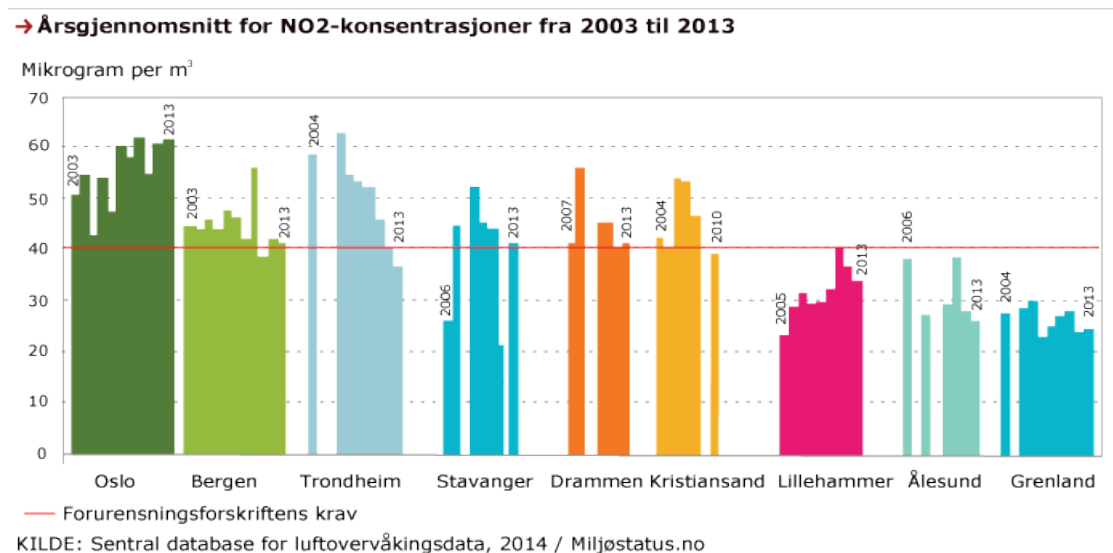
Use of alternative fuels such as ethanol, methane, biodiesel or others is a method to reduce the climate impact from the combustion of carbonaceous fuels in a lifecycle perspective. Reduced emissions of NO_x and PM has also been an argument for implementation of alternative fuels to diesel and petrol. With the new and efficient cleaning systems for the locally harmful exhaust components, it is doubtful whether reduced local pollution will be an argument for alternative fuels in the future. In 2015, we see currently a greater interest in electrification and hybridization of vehicles, than in using alternative fuels from the manufacturers and distributors of vehicles.

When introducing new measures to improve air quality in Norwegian cities, it is important to take into account the results of vehicle testing in real traffic. If measures are implemented based only on the vehicle's performance in the type approval tests, the measures will be less accurate and planned/expected emission reductions by introducing new vehicles in the vehicle fleet will be absent or less than expected.

1 Introduksjon

1.1 Luftkvalitet

I flere byområder er det vinterstid et problem at forurensningsforskriftens grenseverdier for NO₂ og dels også for PM₁₀, partikler overskrides. Mens piggedekk ofte er en viktig årsak til at grenseverdiene for PM₁₀ overskrides, er det eksos fra vegtrafikken som er den største kilden til NO₂-utslipp. Spesielt i de største byene Oslo, Bergen, Trondheim og til dels Stavanger (årsmiddel) er utslippene av NO₂ et betydelig problem med overskridelser forurensningsforskriftens krav, se Figur 1.



Figur 1: Årsgjennomsnitt for NO₂ i norske byer i perioden 2003-2013. Kravet i Forurensningsforskriften markert med rød linje i figuren. Kilde: Miljøstatus.no

EFTAs (European Free Trade Association) overvåkningsorgan ESA (EFTA Surveillance Authority) har anklaget Norge¹ og flere andre europeiske land for brudd på EUs direktiv for luftkvalitet (2008/50/EC). Norge er anklaget hovedsakelig på grunn av de høye årsmiddelkonsentrasjonene av NO₂ i flere byer, og at i den grad det har vært innført tiltak, har disse hatt liten effekt. For å sørge for tilfredsstillende gjeldende føringer, og for å bedre luftkvaliteten i norske byer er det viktig å snarest mulig iverksette virkningsfulle tiltak. For at tiltakene skal bli så virkningsfulle og målrettede som mulig er god kunnskap om utslippet fra dagens og fremtidige kjøretøyers utslipp i virkelig trafikk viktig for norske myndigheter.

Særlig i forbindelse med innføringen av Euro 5/V, og dels også Euro 4/IV, opplevde flere storbyer at utslippet av NO₂ ikke ble redusert i den størrelsesordenen en hadde forventet, men heller syntes å øke (Hagman, Gjerstad, & Amundsen, 2011). Det har i ettertid vist seg at dette dels skyldes den økende andelen av dieselkjøretøy i storbyene.

¹ Miljødirektoratet 2014. Dårlig luftkvalitet i større norske byer. Brev av 14/3 2014. Ref. 2014/906.

For å tilfredsstille Euro-kravene til partikler (PM) må dieselskjøretøyene ha partikkelfiltre og oksiderende katalysatorer. Denne teknologien førte imidlertid til at NO₂-utslippet fra kjøretøyene økte med en faktor av 5-10 i forhold til kjøretøy uten PM-rensing (Hagman & Amundsen, 2013a, 2013b). NO_x er en samlebetegnelse for nitrogenforbindelsene NO og NO₂. NO omdannes i oksiderende miljøer (oksiderende katalysatorer og partikkelfiltre) og i luften (før eller senere) til NO₂ (Hagman & Amundsen, 2013a, 2013b). I kjemisk reduserende miljøer og i bensinbilenes treveiskatalysatorer kan NO_x omdannes til nitrogengass (N₂) og oksygen (O₂).

Problemer med overskridelse av grenser for luftkvalitet og høyere utslipp enn forventet fra nye kjøretøy i virkelig trafikk, har avdekket et behov for bedre kunnskap om avgasser fra kjøretøy som oppfyller Euro 6/VI-krav. De strengere utslippskravene, Euro 6 for personbiler og Euro VI for motorer for tunge kjøretøy (over 3,5 tonn) blir (ble) introdusert i 2014/15². Dersom det viser seg at nye renseteknologier for dieselsavgasser ikke fungerer som ønsket, vil problemene med dårlig luftkvalitet vedvare.

1.2 Bakgrunn

Siden 2011 har Transportøkonomisk institutt (TØI) på oppdrag av Statens vegvesen, Vegdirektoratet undersøkt i hvilken grad og hva som er grunnen til at vegtrafikken bidrar til høye utslipp av avgasser med lokale forurensningseffekter. I tillegg ønsker Vegdirektoratet å se nærmere på utslipp av klimagasser fra kjøretøyparken. En ting er å forstå årsakene, men enda viktigere er å se hvor store utslippene er fra dagens og fremtidens nye kjøretøy. Nye lette kjøretøymodeller må klare de nye Euro 6 utslippskravene og nye tunge kjøretøy må klare kravene til Euro VI motorer. Spørsmålet er om de nye utslippskravene medfører at lette- og tunge kjøretøy i virkelige trafikk situasjoner vil slippe ut så små mengder av lokalt helseskadelige avgasskomponenter at vi unngår problemer med dårlig luftkvalitet.

Er det eventuelt nødvendig med restriksjoner for hvilke kjøretøy som kan få lov til å kjøre i store byer når det er risiko for overskridelser av forurensningsforskriftens grenseverdier for luftkvalitet?

I hvilken grad bør myndighetene legge til grunn utslippsverdiene fra typegodkjenningen av biler og motorer (Euro 6 og Euro VI) når satsene for bompenger/vegprising, avgifter og eventuell begrenset adkomst til byer skal besluttes? Det er sentralt for oppnåelsen av dagens og fremtidens samfunns mål at det foreligger aktuell og relevant kunnskap som bidrar til å dimensjonere tiltak riktig. Samtidig må myndighetene sørge for høyest mulig grad av presis og rettferdig fordeling av ulike tiltak.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet ønsker nå i 2015 en TØI-rapport som sammenfatter ny kunnskap om virkelige avgassutslipp fra nye tunge kjøretøy med Euro VI motorer og Euro 6 personbiler.

² Euro VI kravene for motorene til tunge ble obligatoriske fra 2014 og Euro 6 kravene for nye lette biler blir obligatoriske fra 2015.

Denne rapporten bygger på tidligere og pågående arbeider for Vegdirektoratet og spesielt på de fire TØI-rapportene:

- *NO₂-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer* (Hagman, Gjerstad & Amundsen, 2011)
- *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi* (Hagman & Amundsen, 2013a)
- *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI Måleprogrammet fase 2* (Hagman & Amundsen, 2013b)
- *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi - EMIROAD 2014* (Weber, Hagman & Amundsen, 2015).

Annen viktig og kompletterende informasjon er hentet fra:

HBEFA "Handbook of emission factors" (HBEFA 3.1)

ICCT White paper October 2014 - Real-world exhaust emissions from modern diesel cars

(Franco, Sánchez, German, & Mock, 2014)

1.3 Euro-krav, typegodkjenning og avgasstesting

Utslipp fra den norske bilparken reguleres i hovedsak gjennom europeiske krav til typegodkjenning. For å kunne selges i EU og i Norge må alle nye modeller av personbiler og alle nye motorer til tunge kjøretøy typegodkjennes. Ved typegodkjenningen er det de til enhver tid gjeldende EU-kravene for lokalt forurensende avgassutslipp som må tilfredstilles. I tillegg til måling av lokalt helseskadelige avgasser hvor det finnes grenseverdier, registreres også avgassutslippene av klimagassen CO₂³.

For at det skulle være mulig å klare de stadig strengere euro-kravene var det nødvendig å stille minstekrav til drivstoffene i forbrenningsmotorer. Kravene til drivstoff ble spesifisert og fulgt opp i det europeiske AutoOil-programmet. AutoOil-programmet startet i 1992 og setter krav til den kvaliteten på drivstoffer som er nødvendig for at avgassutslippene fra nye biler og nye motorer skal kunne klare kravene ved typegodkjenningen. Avgasskravene kalles euro-krav. Kravene har gjennom årene blitt skjerper og fra 2014–2015 gjelder Euro VI for godkjenning av motorer til nye tunge kjøretøy og Euro 6 for typegodkjenning av nye lette kjøretøy.

For tunge kjøretøy (over 3,5 tonn) er det motorene og ikke selve kjøretøyet som skal klare de til enhver tid gjeldende euro-kravene. Euro-kravene for motorer til tunge kjøretøy blir oppgitt som utslipp gram av NO_x, PM, HC, CO og CH₄ per levert energienhet fra motoren (målt per kWh).

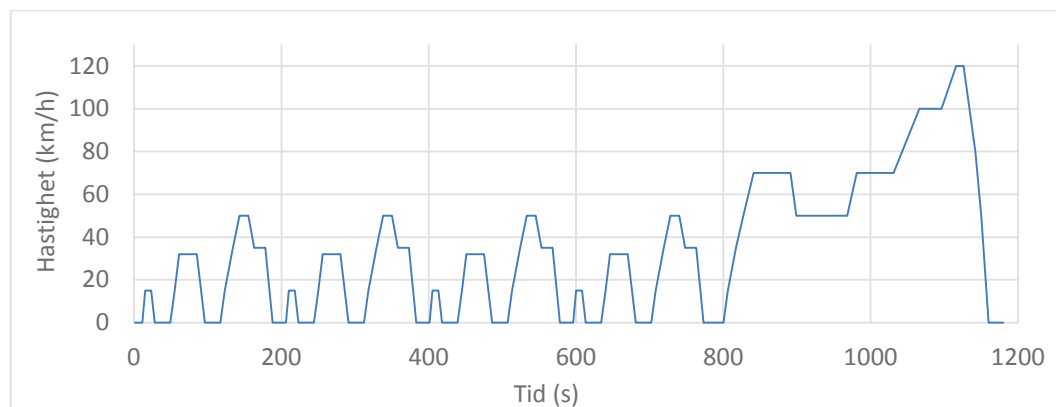
For lette kjøretøy er det selve bilene som blir testet ved kjøring av en standardisert kjøresyklus (som for tiden er NEDC, *New European Driving Cycle*, se Figur 2) og tillatte utslipp er oppgitt i gram NO_x, PM, HC, CO per km.

Testregimene for Euro-godkjenning av motorer til tunge kjøretøy og for godkjenning av lette kjøretøy har blitt kritisert for å vise altfor gode resultater i forhold til de utslipp av avgasser som blir registrert i virkelig trafikk (Franco et al., 2014). Testprosedyrene for typegodkjenning av motorer og lette kjøretøy er under revidering og nye testsykluser og krav som i større grad gjenspeiler virkelige trafikk forventes å bli tatt i bruk i løpet av noen år.

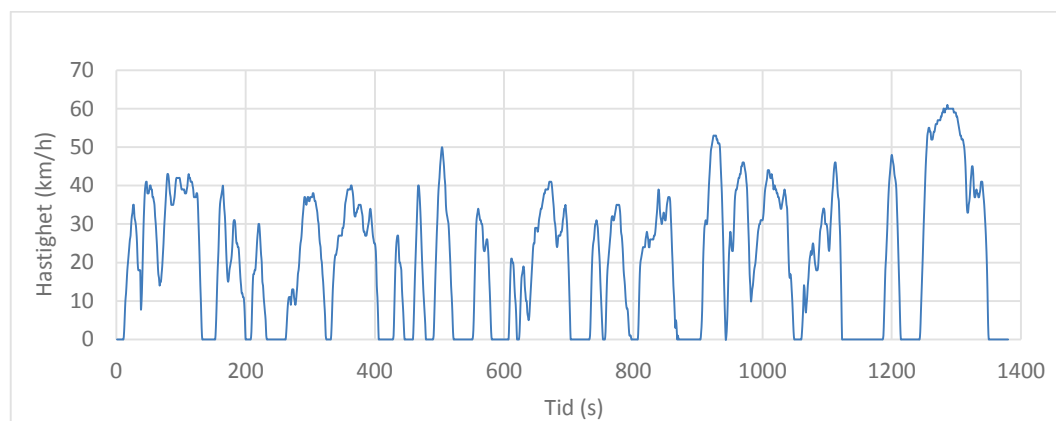
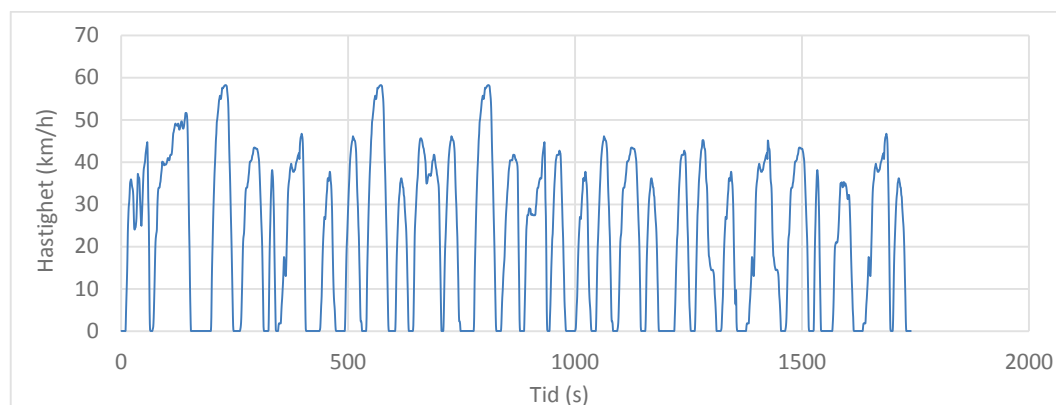
I de avgasstestene som er utført av TØI og vår samarbeidspartner VTT har vi brukt betingelser og kjøresykluser som langt på veg er typiske for bruksområdene og gir

³ Det finnes ingen grenseverdier for CO₂ ved typegodkjenningen, men utslippet blir registrert.

representative verdier for helseskadelig avgassutslipp og utslipp av klimagasser, se Figur 3. Det vil si at vi har utført testene under betingelser som er ment å skulle fange opp kjøremønsteret i store norske byer, med kø- og bykjøring, samt i kulde. I tillegg bruker vi NEDC og andre kjøresykluser som kan gi ny informasjon om uregulerte utslipp og avsløre eventuelle ukjente egenskaper hos de nye motorene og avgassrensningssystemene. I forbindelse med utslippsmålingene fra Euro 6/VI har vi fokus på kuldeegenskaper, bykjøring og utslipp av nitrogenoksider (NO_x), partikler (PM) og CO_2 .



Figur 2: Hastighetsprofil for New European Driving Cycle, NEDC. NEDC er kjøresyklusen som brukes ved typegodkjenning og avgasstesting av nye lette kjøretøy.



Figur 3: Over - Braunschweig kjøresyklus, som er brukt av TØI/VTT for avgasstesting av bybussar. Under - Helsinki kø-bykjøring som er brukt av TØI/VTT for avgasstesting av lette kjøretøy. Kjøring og måling av avgassene foregår på en rullende landeveg i et avgasslaboratorium. Kjøremotstanden reguleres i forhold til hastighet og akselerasjoner. De tunge kjøretøyene blir testet ved normal laboratorietemperatur ca. 23 °C. De lette kjøretøyene blir testet i kuldekkammer ved -7 °C og ved ca. 23 °C. Testen utføres for lette kjøretøy med kaldstart og varmstart.

2 Utslipp - Euro 6/VI

Fra avgassmålingene kan vi trekke de klare konklusjonene at i virkelig trafikk og i kulde slipper nye lette kjøretøy med Euro 6 dieselmotorer ut relativt store mengder NO_x (nitrogenoksider). Tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer inklusive bybusser har effektiv rensing av NO_x og slipper ut små mengder av alle typer lokalt forurensende og helseskadelige avgasskomponenter, se Figur 4.



Figur 4: Nye tunge kjøretøy med Euro VI godkjente dieselmotorer har meget lave utslipp av alle lokalt forurensende avgasskomponenter. Nye personbiler med Euro 6 dieselmotorer er en utfordring med høye utslipp av NO_x. De viste avgassutslippene er typiske for krevende bykjøring med personbiler og tilsvarende for bybusser.

Det er med bakgrunn i målinger av 12 tunge kjøretøy med nye Euro VI godkjente dieselmotorer og syv Euro 6 godkjente personbiler med dieselmotorer mulig å trekke to entydige konklusjoner når det gjelder lokalt forurensede avgassutslipp:

- **Alle de målte nye tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer har i virkelig trafikk og ved normal temperatur (23 °C) meget lave målte utslipp av NO_x og PM (partikler). Alle typer lokalt forurensende avgassutslipp er med forskjellige typer av kjøremønster mindre enn 1/10 av hva som var tilfelle for tidligere generasjoner av bybusser og andre tunge kjøretøy.**
- **Euro 6 godkjente personbiler med dieselmotorer har 4-20 ganger høyere utslipp av NO_x i bytrafikk og kulde enn kravet ved typegodkjenningen (0,08 g/km), se Figur 5. Gjennomsnittlig utslipp av NO_x fra de testede nye Euro 6 godkjente personbilene med dieselmotor var i normal temperatur (23 °C) og ved sammenlignbar kjøring i bytrafikk ca. fire ganger høyere enn gjennomsnittet for busser og tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer.**

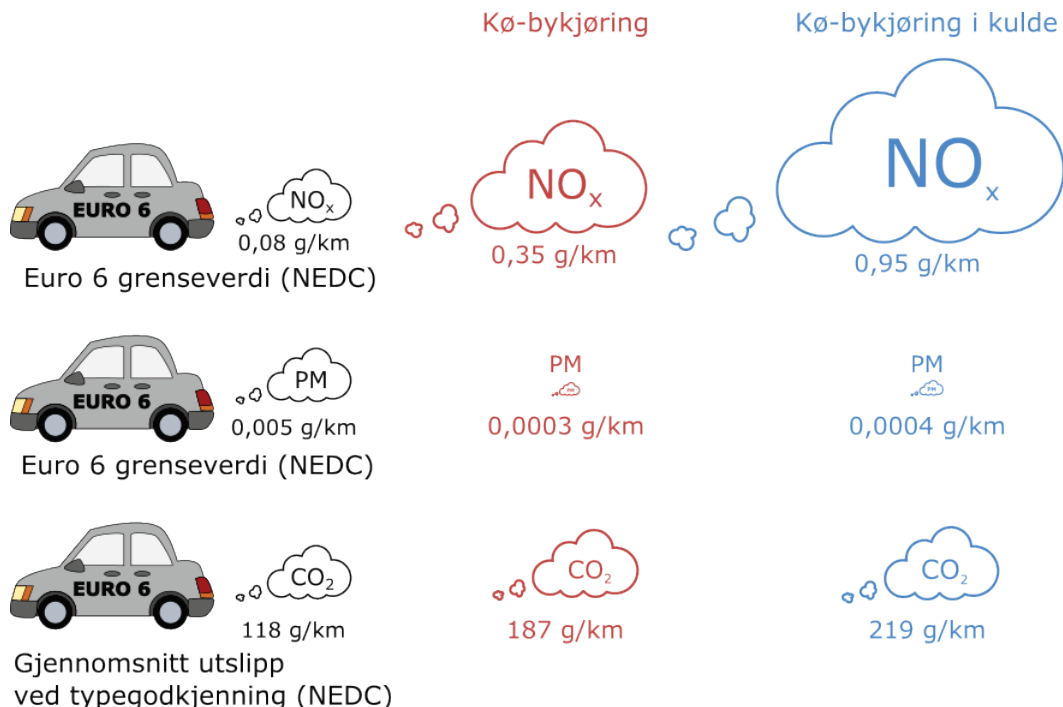
Foreløpig har ikke tunge kjøretøy vært testet i kulde. Vår vurdering er at tunge kjøretøy med Euro VI motor også i kulde vil gi lave utslipp av NO_x (se kapittel 2.2).

2.1 Personbiler

I VTI's avgasslaboratorium har vi siden 2011 til sammen testet 15 forskjellige modeller av nye personbiler. De testede bilene har vært Euro 5 og Euro 6 sertifiserte biler med ny og fremtidsrettet teknologi, men utslippene fra disse nye bilmodellene i virkelig trafikk har i liten grad vært kjent. Utslippene fra Euro 1-4 og i noen grad Euro 5 sertifiserte biler er godt dokumentert i virkelig trafikk takket være HBEFAs utslippsmodell (Eichsleder, Hausberger, Rexeis, Zallinger, & Luz, 2009).

Hovedfokusert vårt har vært Euro 6 godkjente personbiler med dieselmotor, da vi fra tidligere målinger har sett at personbiler med dieselmotorer har høye utslipp av avgasspartikler PM eller høye utslipp av NO_x og NO_2 . Fra HBEFA (Eichsleder et al., 2009) ser vi at dieslbiler fra og med Euro 5 (2009) har meget lave utslipp av avgasspartikler PM. Utslippene av NO_x har i by- og køkjøring vært høye siden begynnelsen av 1990-tallet. Fra begynnelsen av 2000-tallet begynte andelen NO_2 av de samlede NO_x -utslippene å øke som følge av begynnende bruk av effektive partikkelfiltre. Partikkelfiltrene er i realiteten små brenn-kamre som brenner uforbrente karbonpartikler og danner NO_2 som uønsket bireaksjon.

Av de nyeste generasjonene kjøretøy konstaterer vi at personbiler med dieselmotorer gjennomgående har problemer med høye verdier av NO_x i virkelig trafikk i forhold til typegodkjenningsverdiene. NEDC som ligger til grunn for typegodkjenning av nye Euro 6 personbiler med dieselmotorer gir utslippsverdier for NO_x , som er betydelig lavere enn utslippene vi måler i virkelig bytrafikk og spesielt lavere enn utslippene ved kjøring i kulde -7°C .



Figur 5: Sammenligning av avgasskravet (grenseverdi)/gjennomsnitt CO_2 ved typegodkjenning av Euro 6 dieslbiler (med den standardiserte NEDC kjøresyklusen) (sort sky) og gjennomsnittlige avgassutslipp fra syv Euro 6 personbiler med dieselmotor ved bykjøring, 23°C (rød sky) og ved bykjøring i kulde, -7°C (blå sky). Størrelsen av gassskyene tilsvarer utslippenes størrelse i forhold til typegodkjenningskravet.

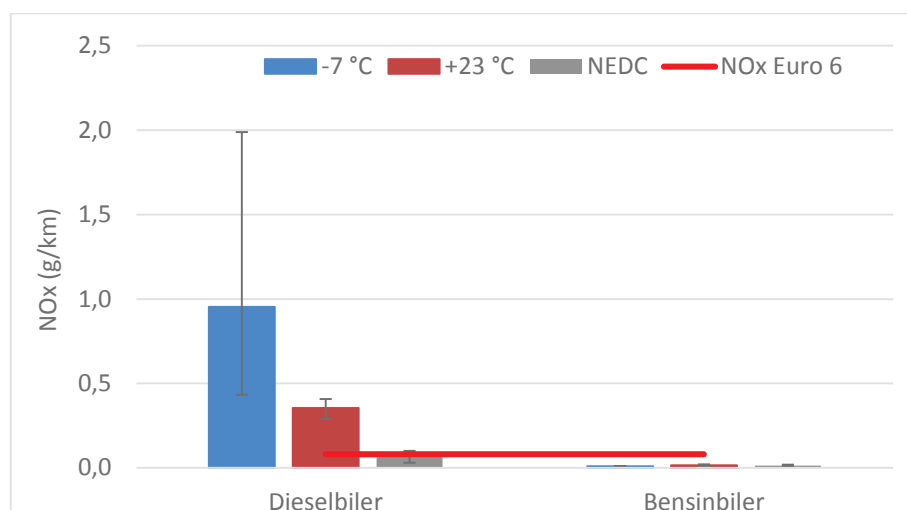
For avgassutslippene av PM fra de syv målte personbiler med dieselmotorer er de gjennomsnittlig målte utslippene av avgasspartikler i virkelig trafikk betydelig lavere enn grenseverdien for typegodkjenningen, se Figur 5. Det vil si at nye Euro 6 godkjente dieselbiler har effektive og godt fungerende partikkelfilter, som tilfredsstillende kravene også under vanskelige kjørebetingelser.

For drivstofforbruket og avgassutslippene av CO₂ er verdiene fra kjøring av typegodkjenningssyklusen NEDC for alle typer biler lavere enn hva bilistene opplever i virkelig trafikk. Typegodkjenningstallene for utslipp av CO₂ fra biler står, i rimelig, men ikke direkte relasjon til størrelsen på det CO₂-utslipp som blir målt ved kjøring av kjøresykluser som bedre etterligner virkelig trafikk. De lave tallverdiene fra typegodkjenningen kan i utgangspunktet gi inntrykk av at personbiler er mer klimavennlige enn hva som i virkeligheten er tilfelle (Franco et al., 2014).

Vanlige bensinbiler med effektive treveiskatalysatorer har fra og med Euro 3 (2000) lave utslipp av alle typer lokalt forurensende avgasser (Eichsleder et al., 2009). Utfordringen med bensinbiler og bensinmotorer er at bensinmotoren foreløpig er mindre energieffektiv enn en tilsvarende dieselmotor. Bensinbiler har utfordringer med relativt sett høye utslipp av CO₂. Utfordringene med høye utslipp av CO₂ kan bli kompensert med ladbar hybrid og hybrid fremdrift som er spesielt gunstig i bykjøring (Hagman & Assum, 2012).

De Euro 6 bilene som er testet, er de bilene som det har vært mulig å få tak i Norge og i Finland i perioden 2012 til 2014. Produsentene og importørene har i flere tilfeller ventet med å produsere og ta inn nye Euro 6 biler til fristene for typegodkjenningen i henhold til de nye kravene nærmer seg slutten. Selv om testene ikke fullstendig speiler alle bilmodellene på de norske markedet, er resultatene så klare at vi kan trekke entydige konklusjoner om de foreløpige avgassutslippene i virkelig trafikk

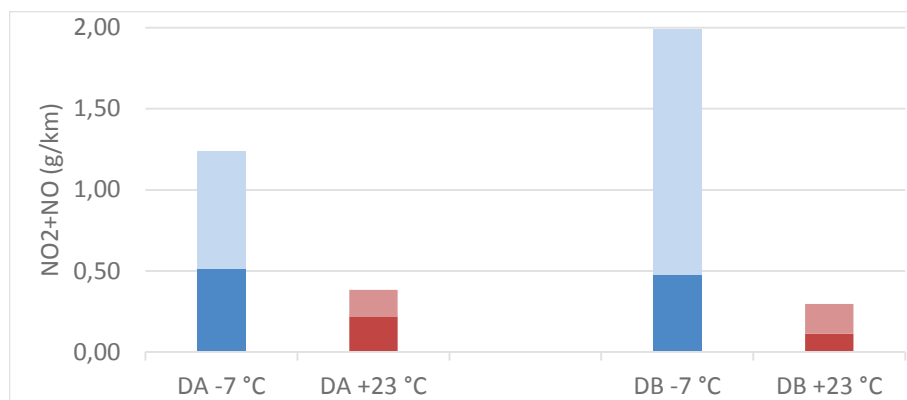
Figur 6 viser gjennomsnittlig NO_x-utslipp, målt ved -7 og 23 °C. Figuren viser gjennomsnittsverdier for de syv testede Euro 6 dieselbilene ved kjøring av Helsinki bykjøringsyklus og tilsvarende gjennomsnitt for de tre testede Euro 6 bensinbilene.



Figur 6: Gjennomsnitt NO_x-utslipp i g/km, målt ved -7 og +23 °C for syv Euro 6 dieselbiler og tre Euro 6 bensinbiler ved kjøring av Helsinki bykjøringsyklus. Den grå søylen viser gjennomsnittet av typegodkjenningssyklusverdiene som oppgitt av leverandørene. I figuren vises også spredningen av målte verdier mellom de forskjellige bilene. Den røde linjen viser typegodkjenningskravet for Euro 6 diesel- og bensinbiler (0,08 g/km resp. 0,06 g/km).

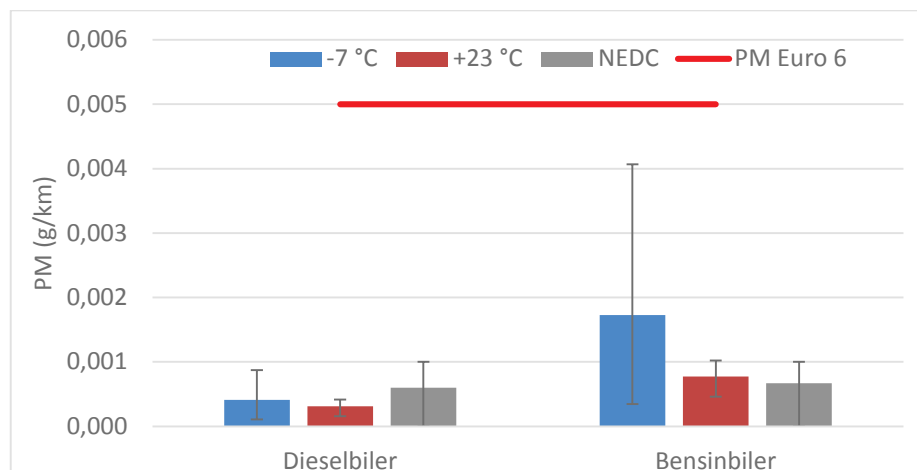
I Norge bruke sertifiseringstallene for utslipp av NO_x for fastsetting av engangsavgiften. Figur 6 viser at disse tallene (grå søyle) på ingen måte gjenspeiler utslippene i virkelig trafikk.

Figur 7 viser NO_x-utslipp og andelene NO og NO₂ fra de sist testede (Weber, Hagman & Amundsen, 2015) og relativt store Euro 6 dieselbilene med kodebenevnelsene DA og DB. Personbilene DA og DB hadde høye utslipp av NO_x og NO₂.



Figur 7: Andel av NO₂ (mørk farge) og NO (lys farge) av NO_x-utslippet i g/km, målt ved +23°C (rødt) og -7 °C (blå) fra de to senest testede dieselbilene DA og DB ved kjøring av Helsinki bykjøresyklus.

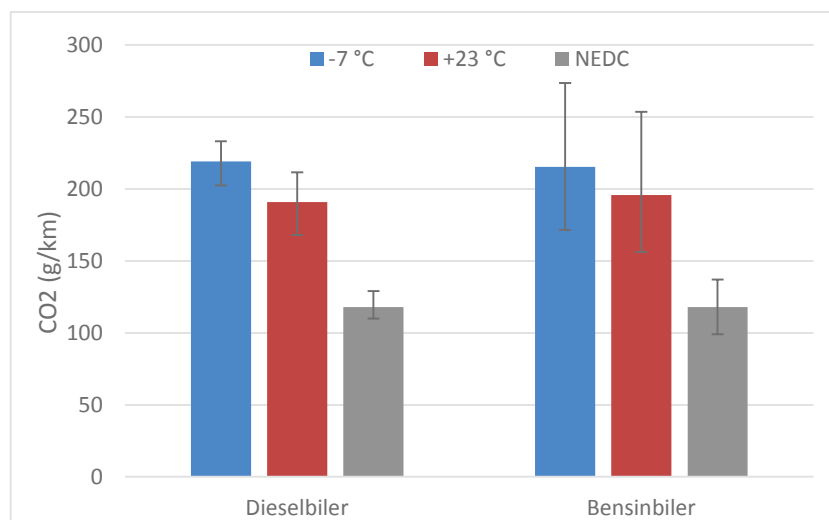
Figur 8 viser gjennomsnitt PM-utslipp, målt ved -7 og +23 °C for syv Euro 6 dieselbiler ved kjøring av Helsinki bykjøringssyklus og tilsvarende snitt for tre Euro 6 bensinbiler. Målingene viser at nye partikkelfiltere for dieselbiler fjerner partikler på en effektiv måte. Tellingene av antallet partikler viser at også meget små partikler blir fjernet på en effektiv måte (Hagman & Amundsen, 2013b).



Figur 8: Gjennomsnitt PM-utslipp i g/km, målt ved -7 og 23 °C for syv Euro 6 dieselbiler respektive tre Euro 6 bensinbiler ved kjøring av Helsinki bykjøringssyklus. Den grå søylen viser gjennomsnittet av typegodkjenningensverdiene som oppgitt av leverandørene. I figuren vises også målerverdiens spredningen mellom de forskjellige bilmodellene. Den røde linjen viser typegodkjenningenskravet for Euro 6 diesel- og bensinbiler (0,005 g/km).

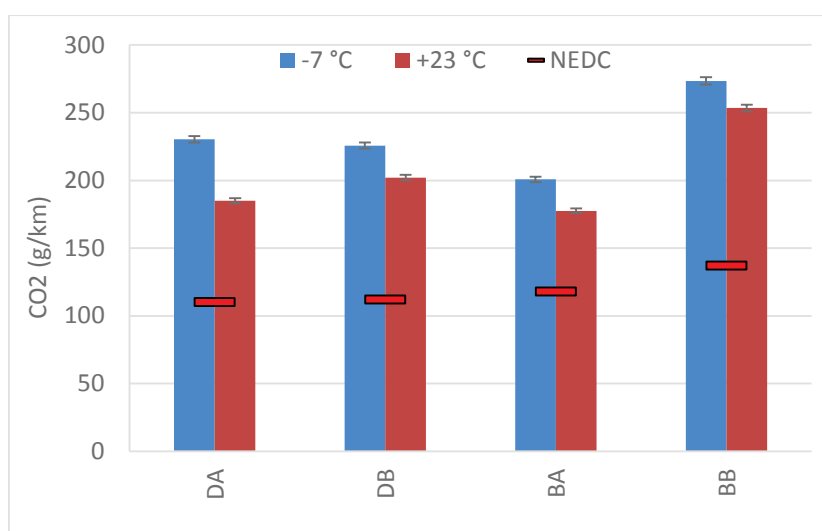
Figur 9 viser gjennomsnittlig CO₂-utslipp, målt ved -7 og 23 °C for syv Euro 6 dieselbiler og tre Euro 6 bensinbiler ved kjøring av Helsinki bykjøringssyklus. CO₂-utslippstallene fra typegodkjenningen er i Norge et av underlagene for beregning av engangsavgift til staten. EU har et mål for utslipp av CO₂ fra de

forskjellige bilprodusentene på gjennomsnittlig 95 g/km i 2020. Norge har et mer ambisiøst mål med et gjennomsnittlig CO₂-utslipp på 85 g/km for de nye bilene.



Figur 9: Gjennomsnitt CO₂-utslipp i g/km, målt ved -7 og 23 °C for syv Euro 6 dieselbiler respektive tre Euro 6 bensinbiler ved kjøring av Helsinki bykjøringsyklus. Den grå søylen viser gjennomsnittet av typegodkjenningensverdier for de testede bilmodellene som oppgitt av leverandørene. I figuren vises også målerverdiene spredning mellom de forskjellige bilene og bilmodellene.

Figur 10 viser noen av utfordringene ved at sertifiseringstallene for utslipp av CO₂ i Norge er et viktig grunnlag for fastsettelse av engangsavgift til staten. Utslippene i virkelig trafikk gjenspeiler i noe varierende grad typegodkjenningensverdier.



Figur 10: CO₂-utslipp i g/km for to senest testede Euro 6 diesel-personbiler (DA og DB) og for to tilsvarende bilmodeller med bensinmotor (BA og BB). Den røde markeringen viser typegodkjenningensverdier som oppgitt av produsentene.

For de målte personbilene med vanlig Euro 6 bensinmotor (uten direkte innsprøytningsteknologi) er det ikke registrert noen avgassutslipp som krever ekstra oppmerksomhet. Direkte innsprøytning av bensin i bensinmotorer er en ny metode for å forsøke å forbedre energieffektiviteten hos bensinmotorer. Fra bensinbiler med direkte innsprøytning av bensin, ser vi en tendens til høyere utslipp av avgasspartikler

enn fra vanlige bensinbiler. Spesielt kan start av en nedkjølt bil med direkte bensininnspøyting i bensinmotorer bli en utfordring.

2.2 Tunge kjøretøy - generelt

I VTTs avgasslaboratorium har vi siden 2012 til sammen testet 14 nye tunge kjøretøy, 12 med Euro VI sertifiserte dieselmotorer, et med en Euro VI sertifiserte gassmotor og en buss med Euro V motor (Nylund & Koponen, 2012).

De testede tunge kjøretøyene med Euro VI motorer har vært seks busser med dieselmotorer, seks lastebiler med dieselmotorer (9-13 liter) og en lastebil med en ny Euro VI metangassmotor. Utslippene fra tunge kjøretøy med Euro I-V i sertifiserte motorer er dokumentert i virkelig trafikk takket være HBEFAs utslippsmodell (Eichsleder et al., 2009) og Fuel and Technology Alternatives for Buses (Nylund & Koponen, 2012).

Vi kan konstatere at alle de 13 tunge kjøretøyene med Euro VI motorer i virkelig trafikk har meget lave utslipp av NO_x og PM. Alle typer lokalt forurensende avgassutslipp er med forskjellige typer av kjøremønster mindre enn 1/10 av det som var tilfelle for tidligere generasjoner av bybusser og andre tunge kjøretøy.

Alle typer utslipp av lokalt helseskadelige avgasser og uregulerte avgasser er langt lavere for kjøretøy med Euro VI motorer enn hva de er for kjøretøy med Euro V motorer. Det er SCR-teknologien (Selectiv Catalytic Reduction), reduksjonsmidlet urea og avanserte styrings- og reguleringssystemer som for Euro VI kjøretøy er grunnen til de lave utslippene av NO_x i virkelig trafikk. Vi kan også registrere at utslippene av avgasspartikler PM har blitt betydelig lavere enn de var for de tunge kjøretøyene med Euro V motorer.

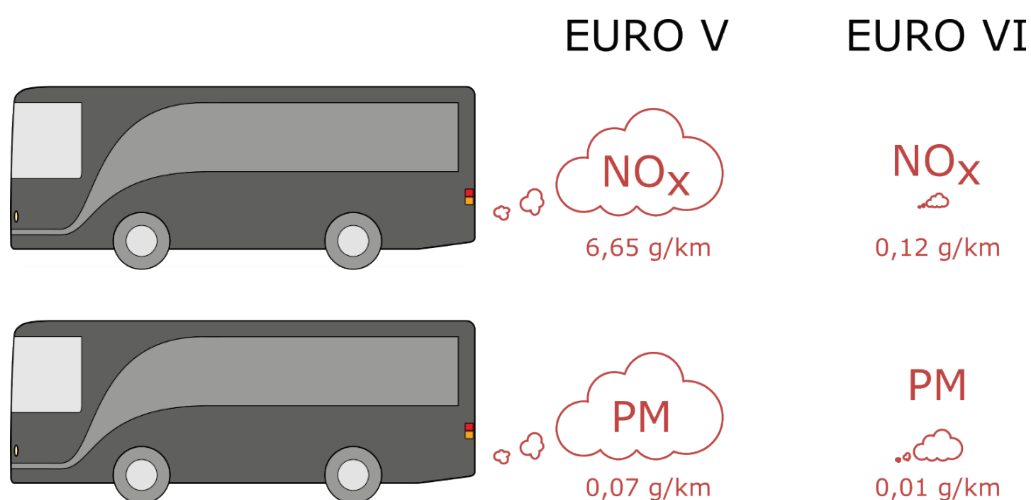
Testcellen for tunge kjøretøy ved VTTs avgasslaboratorium kan ikke kjøles ned og vi har foreløpig ingen testresultater som viser hvordan SCR og avgassrensingen starter og utvikles ved kaldstart og i nordisk kulde. Busser og lastebiler i byer parkeres og oppvarmes på forskjellige måter i løpet av natten. Motoren til tunge kjøretøy kan ofte være i gang hele dagen og antallet starter med kald motor er begrenset.

For å sikre kunnskap og verifisere hvordan SCR fungerer ved start og i kjøring i kulde er TØI deltaker i et prosjekt som sammen med VTT vinteren 2015/2016 skal gjennomføre avgassmålinger ombord på tre busser med Euro VI motorer. Partnere i prosjektet er i tillegg til TØI og VTT, Vegdirektoratet (EMIROAD), Svenska Trafikverket og Helsinki stadstrafikk.

2.3 Bybuss

Figur 11 viser gjennomsnittlige NO_x - og PM-utslipp for seks bybuss med Euro VI dieselmotorer og ved kjøring av Braunschweig kjøresyklus. Utslippene er sammenlignet med tilsvarende utslipp fra en typisk bybuss med Euro V motor.

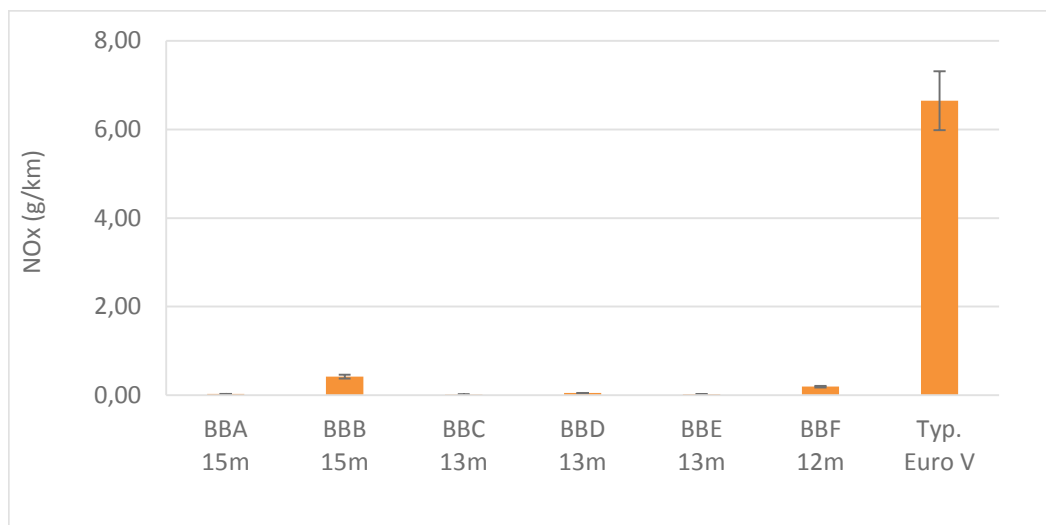
Vi har hatt mulighet til å teste busser fra alle de store leverandørene i Europa. Alle de nye bussene med Euro VI motorer har meget lave utslipp av NO_x og NO_2 . Utslippene av PM er også lave og kraftig redusert i forhold til utslippene fra busser med Euro V teknologi (Nylund & Koponen, 2012).



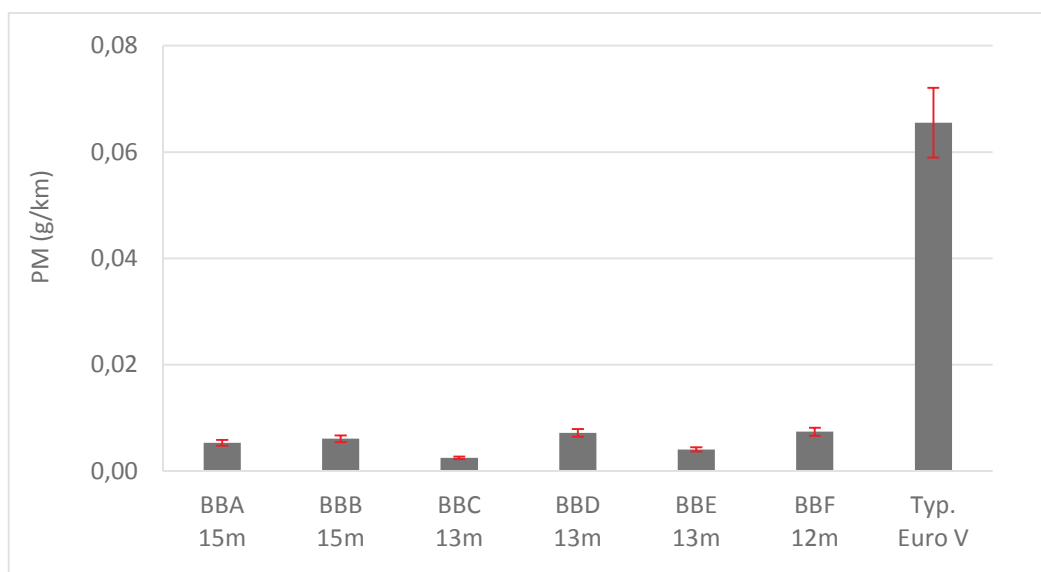
Figur 11: Gjennomsnitt NO_x -utslipp og avgasspartikler PM i g/km, målt ved ca. +23 °C for seks busser med Euro VI dieselmotorer ved kjøring av Braunschweig bykjøringsyklus sammenlignet med en typisk buss med Euro V motor.

Vi har valgt å presentere avgassutslippene fra de testede bussene med Euro VI motorer i en anonym form. Bussene i denne rapporten har de kodede benevnelsene BBA (Bybuss A), BBB (Bybuss B) og så videre.

Figurene 12 og 13 viser de virkelige utslippene av NO_x og PM fra de seks testede bybussene med Euro VI motorer og utslippene fra en typisk bybuss med Euro V motor (Nylund & Koponen, 2012).

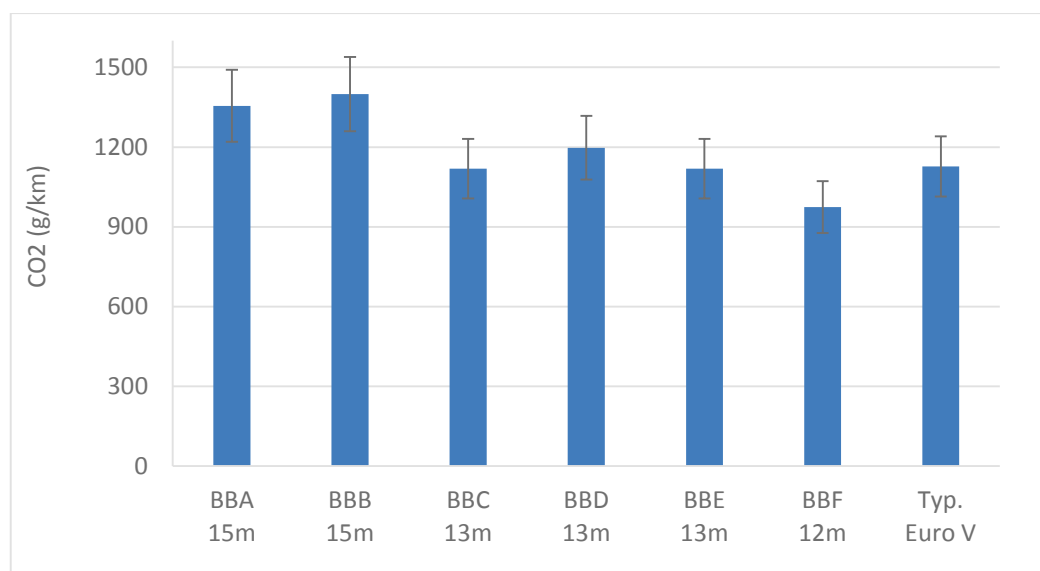


Figur 12: NO_x-utslipp i g/km for seks bybusser med Euro VI motor. Utslippsverdiene er meget lave sammenlignet med utslippet fra en typisk 12 m buss med Euro V motor.



Figur 13: PM-utslipp i g/km for seks bybusser med Euro VI motor. Utslippsverdiene er meget lave sammenlignet med utslippet fra en typisk 12 m buss med Euro V motor.

Figur 14 viser de faktiske utslippene av CO₂ fra de seks testede bybussene med Euro VI motorer og utslippene fra en typisk bybuss med Euro V motor (Nylund & Koponen, 2012). Utslippene av CO₂ er sterkt relaterte til bussenes vekt, og som det fremgår av Figur 14, indirekte relatert til bussenes lengde. Forklaringen på det lave utslippet av CO₂ fra Buss BBF er at denne bussen har en spesiell lettvekt konstruksjon.



Figur 14: CO₂-utslipp i g/km for seks bybusser med Euro VI motor ved kjøring av Braunschweig kjøresyklus. Utslippsverdiene er på samme nivå som en buss med Euro V motor.

Leverandørene av de forskjellige bussene oppgir som regel at deres busser med Euro VI motorer har det samme dieselforbruket og utslipp av CO₂ som bussene med Euro V motorer. SCR prosessen med kjemisk reduksjon av NO_x krever en del energi så det er sannsynlig at det har blitt mulig å gjøre motorene noe mer energieffektive når det samtidig går an å fjerne NO_x fra avgassene. Våre målinger av CO₂-utslippene viser at det er mulig med SCR og effektiv rensing av NO_x uten at drivstofforbruket øker og uten at utslippene av CO₂ blir høyere enn fra Euro V motorer.

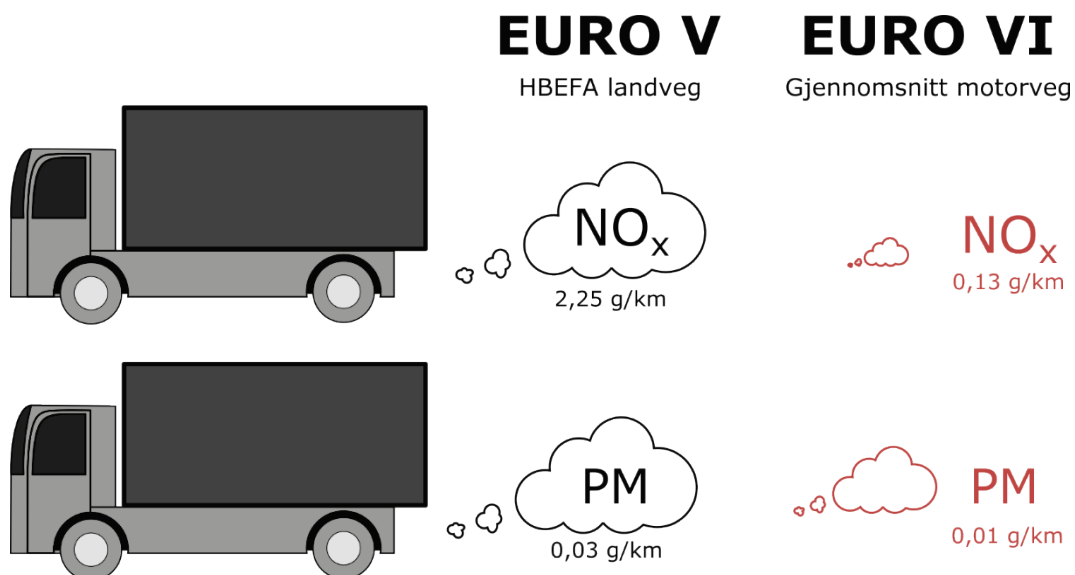
2.4 Lastebiler

Lastebiler har de samme Euro VI motorene som busser. Kjøremønstrene for lastebiler har færre stopp og akselerasjoner enn bybusser. Lastebiler har gjerne hatt lavere utslipp av helseskadelige avgasser hvis de har hatt den samme motor og renseteknologien som busser. Forskjellene mellom lastebiler med Euro VI motorer og lastebiler med Euro V motorer tilsvarer forskjellene for bussene. Avgassutslippene av NO_x og PM er fra alle typer nye lastebiler med Euro VI teknologi kun en brøkdel av hva de tidligere var.

Figur 15 viser utslippene av NO_x og PM fra våre tester i VTT's utslippslaboratorium for tunge kjøretøy. Hvordan avgassreduksjonen med SCR og Euro VI motorer fungerer i virkelig trafikk ved start og kjøring i kulde vil vi få dokumentert vinteren 2015/2016. Det er som tidligere nevnt innenfor Vegdirektoratets etatsprogram EMIROAD sammen med VTT og Svenska Trafikverket igangsatt et prosjekt med

avgassmålinger om bord på tre busser. Dette vil også være dekkende for tilsvarende egenskaper i lastebiler.

Forbruk av drivstoff og utslipp av CO₂ er for lastebiler så avhengig av vekt og størrelse at vi vurderer det slik at vi ikke her presenterer noen sammenligninger mellom forskjellige kjøretøy.



Figur 15: Gjennomsnitt NO_x-utslipp og utslipp av avgasspartikler PM i g/km, målt ved ca. +23 °C fra fem lastebiler med Euro VI dieselmotorer ved kjøring av kjøresykluser som er typiske for de bruksområder de skal brukes i. Utslippene er sammenlignet med utslipp fra en typisk lastebil med Euro V motorer.

3 Tekniske vurderinger

Avgassmålinger nylig utført av TØI på vegne av Vegdirektoratets etatsprogram EMIROAD ved VTTs avgasslaboratorium i Helsinki har gjort det mulig å måle lokalt forurensende avgassutslipp fra nye Euro 6 biler og kjøretøy med motorer som oppfyller Euro VI kravene under krevende kjøreforhold.

Personbiler med dieselmotor generelt og eldre tunge kjøretøy med Euro V dieselmotorer har i virkelig trafikk høye utslipp av NO_x , men for øvrig mange gode egenskaper, som energieffektivitet og pålitelighet. Fra og med innfasingen av oksiderende katalysatorer og partikkelfiltre i rensesystemene for diesebilenes avgasser kan vi registrere en markant økning i andelen NO_2 av de samlede utslippene av NO_x .

Diesel (spesifikasjon EN590) og bensin (spesifikasjon EN228) gir ved forbrenning i motorer utslipp av diverse helseskadelige avgasser. I 2015 er det for kjøretøy med forbrenningsmotorer i stor grad avgassrensesystemene som er avgjørende for hvor store utslipp av NO_x og PM vi får. Fra bensinbiler har utslippene av lokalt helseskadelige avgasskomponenter gradvis blitt redusert til meget lave nivåer siden innføringen av treveiskatalysatorer i 1990.

Fra tunge kjøretøy med Euro VI dieselmotorer er det SCR-teknologien, reduksjonsmidlet urea og avanserte styrings- og reguleringsystemer som er grunnen til de lave utslippene av NO_x i virkelig trafikk. Ny avansert SCR-teknologi medfører etter hva vi kan forstå en ekstra kostnad i størrelsen 60 000.- (NOK) per kjøretøy. I tillegg kommer forbruk av urea.

Bruk av urea for å redusere lokal forurensning kan gi økt klimapåvirkning fra selve tilsetningsstoffet. Urea i SCR-prosessen bidrar til CO_2 -utslippet med ca. 1 % av det samlede CO_2 -utslippet fra et tungt kjøretøy (Hagman & Assum, 2012). En livsløpsvurdering (Well-To-Wheel for urea) brukt i busser viser et bidrag i størrelsen 25 g/km CO_2 -ekvivalenter. Med diesel (fra mineralolje) utgjør dette en økning av klimapåvirkningen med ca. 2 % av det samlede utslippet av CO_2 .

På samme måte som det har vist seg mulig med effektiv fjerning av NO_x fra avgassene til tunge kjøretøy med Euro VI motorer, vil det være teknisk mulig med mer effektiv rensing av NO_x fra nye generasjoner av personbiler med dieselmotorer.

Bruk av alternative drivstoffer som etanol, metan, biodiesel med mer er mulige middel for å redusere klimapåvirkningen fra forbrenning av karbonholdige drivstoffer i et livsløpsperspektiv. Reduserte utslipp av NO_x og PM har også vært et argument for å ta i bruk alternative drivstoffer i stedet for diesel og bensin. Med de nye effektive rensesystemene for lokalt helseskadelige avgasskomponentene er det tvilsomt om redusert lokal forurensing vil være et argument for alternative drivstoffer. Foreløpig ser vi i 2015 at produsentene og distributørene av kjøretøy er fokusert på elektrifisering og hybridisering, muligens også i større grad enn på alternative drivstoffer.

4 Kunnskap og mulige tiltak

Det er viktig å basere tiltak mot lokal luftforurensing på ny kunnskap om utslipp fra de ulike kjøretøyene. Problemer med lokalt helseskadelige avgassutslipp handler om mer enn diskusjonen om drivstoff, bensin eller diesel. utfordringen er utslippet av PM og NO_x fra eldre kjøretøy, samt at NO_x og NO₂ utslippet fra nye Euro 6 diesel personbiler i virkelig trafikk og kulde fortsatt er for høyt.

Ved problemer med overskridelser av forurensningsforskriftens grenseverdier for luftkvalitet kan det være aktuelt med tiltak for å redusere utslippene av helseskadelige avgassutslipp. Ved behov for å redusere utslipp av fra kjøretøy i store norske byer kan vi med bakgrunn i egne måleresultater, HBEFA (Eichsleder et al., 2009) og ICCT White paper (Franco et al., 2014) konkludere med at:

Følgende kjøretøy vil bidra med høye utslipp av NO_x og PM:

- Eldre tunge kjøretøy og busser med dieselmotorer (eldre enn Euro VI, 2014) gir vesentlige bidrag til høye utslipp av NO_x, NO₂ og i flere tilfeller også PM.
- Lette kjøretøy med dieselmotor (foreløpig inklusive Euro 6) gir i køkjøring og i kulde høye utslipp av NO_x og NO₂. Eldre dieselmotorer bidrar også med høye utslipp av PM.
- Bensinbiler som er eldre enn ca. 15 år (Euro 2) vil bidra til relativt høye utslipp av NO_x og PM.

Følgende kjøretøy vil i liten grad bidra til lokal luftforurensing:

- Vanlige bensinbiler som er yngre enn ca. 15 år (Euro 3) vil i meget liten grad bidra til høye utslipp av NO_x, NO₂ og PM.
- Nye tunge kjøretøy og busser med dieselmotorer (yngre enn Euro VI, 2014) vil gi lave utslipp av alle typer lokalt forurensende avgassutslipp.

Diesel (EN590) som drivstoff er i seg selv ingen hindring for rene avgasser fra personbiler. Det har vist seg teknisk mulig å redusere NO_x utslippet fra dieselmotorer ned til et meget lavt nivå, hvis denne teknologien også i større grad overføres til personbiler med dieselmotor kan mye av problemet være løst. Hvis en produsent kan vise at en ny bilmodell med Euro 6 dieselmotor eller annen teknologi ved kjøring i virkelig bytrafikk og i kulde har lave utslipp av helseskadelige avgasser er det ingen grunn til å innføre restriktive tiltak mot den bilmodellen. At en bilmodell har lave utslipp av NO_x i virkelig trafikk kan som bilene i denne rapporten verifiseres eller avkrefte ved testing i et uavhengig avgasslaboratorium.

Ved innføring av tiltak for å bedre luftkvaliteten i norske byer, er det viktig å ta hensyn til resultater fra testing i virkelig trafikk. Om tiltak iverksettes kun basert på kjøretøyenes resultater i typegodkjenningsstestene vil tiltakene bli mindre treffsikre, og ønskede utslippsreduksjoner kan utebli. EMIROAD og avgasstester i virkelig trafikk vil sikre at myndighetene til enhver tid har aktuell kunnskap om utslipp fra kjøretøyparken.

5 Referanser

- Eichsleder, H., Hausberger, S., Rexeis, M., Zallinger, M., & Luz, R. (2009). *Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3*.
- Franco, V., Sánchez, F. P., German, J., & Mock, P. (2014). *REAL-WORLD EXHAUST EMISSIONS FROM MODERN DIESEL CARS Part 1*. International Council on Clean Transportation Europe.
- Hagman, R., & Amundsen, A. H. (2013a). *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi*. TØI rapport 1259/2013, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Hagman, R., & Amundsen, A. H. (2013b). *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi - Måleprogrammet fase 2*. TØI rapport 1291/2013, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Hagman, R., & Assum, T. (2012). *Plug-in Hybrid Vehicles - Exhaust emissions and user barriers for a Plug-in Toyota Prius*. TØI rapport 1226/2012, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Hagman, R., Gjerstad, K. I., & Amundsen, A. H. (2011). *NO₂-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer*. TØI rapport 1168/2012, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Nylund, N.-O., & Koponen, K. (2012). *Fuel and Technology Alternatives for Buses; Overall Energy Efficiency and Emission Performance*. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Weber, C., Hagman, R., & Amundsen, A. H. (2015). *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI-teknologi - EMIROAD 2015*. TØI rapport 1405/2015, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

6 Ordliste - motor og miljøteknologi

AdBlue	Handelsnavn for urea som er et kjemisk reduksjonsmiddel for rensing av avgasser fra NO _x , se SCR.
Biodiesel	Biodiesel er et felles navn på en mengde forskjellige drivstoffer som er produsert av biomasse og som kan brukes i CI-motorer, se ICE. Rapsmetylester, RME blandes i lave konsentrasjoner inn i all autodiesel i Norge.
Biogass	Gass fra anaerob (oksygenfri) nedbryting av organiske materialer, som f.eks. matavfall, kloakk eller planter. Gassen må for å kunne brukes som drivstoff (biometan) renses fra CO ₂ , vann og forurensende stoffer.
CI	se ICE.
CNG	<i>Compressed Natural Gas</i> (hovedsakelig metan). Komprimert naturgass som kan brukes som drivstoff. Gassen blir komprimert til høyt trykk (200 bar). Energitettheten per volum er mindre enn for LNG, dvs. samme kjørelengde må en tank med CNG være større enn en med LNG.
DPF	Dieselpartikkelfilter. Filteret brenner karbonholdig partikler i eksosgassen og slipper kun gass gjennom veggene i filtret. Bruk av katalytiske materialer i filteret senker temperaturen som trengs for å brenne partiklene. Noen partikler består av materialer som ikke lar seg forbrenne og kan bli kvar i filtret.
EN228	En spesifisering for hvilke egenskaper et drivstoff skal ha for å kunne bli godkjent til bruk i bensinmotorer, SI-motor, se ICE. Viktige egenskaper er blant annet tetthet og Oktantall.
EN590	En spesifisering for hvilke egenskaper et drivstoff skal ha for å kunne bli godkjent til bruk i dieselmotorer, CI-motor, se ICE. Viktige egenskaper er blant annet tetthet og Cetantall.
Etanol	De fleste alkoholer kan brukes som drivstoff. ED95 er et drivstoff som brukes i CI-motorer fra Scania, se ICE. Forskjellige innblandinger av etanol i bensin fungerer i SI-motorer til personbiler, se ICE. Uttrykket Bioetanol brukes for å poengtere at den aktuelle etanolen er produsert av biomasse.
ICE	<i>Internal Combustion Engine</i> , forbrenningsmotor som i Norge i praksis enten er bensinmotor eller dieselmotor. I engelsk litteratur brukes de mer generelle beskrivende benevnelsene <i>SI ICE</i> , <i>Spark Ignition Internal Combustion Engine</i> og <i>CI ICE</i> , <i>Compression Ignition Internal Combustion Engine</i> .
LBG	<i>Liquefied Biogas</i> , flytende rensed biogass (biometan), se Biogass, CNG og LNG.

LCA	<i>Life Cycle Assessment</i> , livsløpsanalyse. I en livsløpsanalyse vurderes miljøpåvirkningen av ett produkt eller aktivitet i ett livsløpsperspektiv. For et bil med spesifisert drivstoff vurderes klimapåvirkningen fra utvinning av råmaterialer, produksjon av produktet, distribusjon, bruk og deponering. Siden det er nesten umulig å ta med absolutt alle faktorer som påvirker miljøet på grunn av ett produkt, er det viktig å definere hvilke faktorer som blir inkludert i livsløpsanalysen og hva som ikke blir tatt med, se WIW.
LNG	<i>Liquefied Natural Gas</i> , flytende naturgass, kan brukes som drivstoff i ICE motorer. Metan blir flytende ved temperaturer under $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ og blir lagret i varmeisolererte tanker. Nedkjøling krever energi, men energitettheten for LNG er større enn for CNG, se CNG.
LNT	<i>Lean Nitrogen Trap</i> , NO_x katalysator. LNT er et NO_x -rensingsystem som ikke trenger tilsatt reduksjonsmiddel. Under mager forbrenning blir NO_x adsorbent (lagret) på overflaten av katalytisk materialer. Regenerering av katalysatoren (tømming av lagret NO_x) foregår under støkiometriske forhold og NO_x kan da bli kjemisk redusert til nitrogengass N_2 .
LPG	<i>Liquefied Petroleum Gas</i> , flytende petroleum gass som kan brukes som drivstoff. LPG er en blanding av Propan og Butan. LPG går over til flytende form ved moderat trykk (5-10 bar) i romtemperatur. LPG kan oppbevares i rimelige trykktanker men er tyngre enn luft og krever derfor spesielle sikkerhetstiltak.
N_2O	<i>Dinitrogenoksyd</i> , Lystgass. N_2O regnes ikke som lokalt forurensende, men vurderes å ha ca. 300 ganger sterkere klimapåvirkning enn CO_2 .
Naturgass	Gass fra fossile kilder som i hovedsak består av metan. I motsetning til bensin, diesel eller biogass krever naturgass lite raffinering. Høy metanandel medfører mulighet til forbrenning med lave utslipp av lokalt forurensende avgasser, se CNG og LNG.
NGV	<i>Natural Gas Vehicle</i> , kjøretøy som bruker gass (metan og biometan) som drivstoff.
NMHC	<i>Non-Methane Hydro Carbons</i> . Omfatter alle hydrokarboner i eksosgass, unntatt metan (CH_4).
NO	Nitrogenoksid, en gass som dannes sammen med NO_2 ved høy temperatur i forbrenningsprosesser ved at luftens nitrogen reagerer med luftens oksygen. NO omdannes ved reaksjoner med ozon, O_3 til NO_2 .
NO_2	Nitrogendioksid, en gass som dannes sammen med NO i forbrenningsprosesser ved høy temperatur og ved oksidering av NO. NO_2 har en skarp lukt og kan skape astma og helseproblemer.
NO_x	Samlebegrep for nitrogenoksider, NO og NO_2 .
PM	<i>Particulate Matter</i> . PM er samlebegrepet for vekten av partikler og eventuell annen forurensning som samles opp på et filter ved målinger av partikkelforurensning. Ufullstendig forbrenning fører til dannelse av karbonpartikler og partikler av adsorberte hydrokarboner. Avgasspartikler og vegstøv kan skape helseproblemer. Fra kjøretøy er ikke bare forbrenning av drivstoff en kilde til partikler, men i stor grad også slitasje av bremses, dekk og asfalt.

SCR	<i>Selective Catalytic Reduction</i> , selektiv katalytisk reduksjon. I et SCR rensesystemer, blir nitrogenoksider (NO og NO ₂) kjemisk redusert til nitrogen (N ₂) ved hjelp av katalysatorer og et reduksjonsmiddel (urea, AdBlue). Reduksjonsmidlet i SCR er ammoniakk, som blir tilført i form av urea (løsning av ammoniakk i vann).
SI	se ICE.
THC	<i>Total Hydro Carbons</i> . Den samlede mengden av hydrokarboner i eksos, inkludert metan (CH ₄). Ved bruk av gass som drivstoff spesifiseres HC og utslipper av CH ₄ separat da signifikante mengder uforbrent metan i avgassene i sterk grad bidrar til klimapåvirkning.
TTW	<i>Tank To Wheel</i> , se WTW.
TWC	<i>Three Way Catalyst</i> , treveiskatalysator. I moderne bensinbiler er det mulig å styre motoren på en slik måte at det blir akkurat passende mengde luft og drivstoff (støkiometrisk forbrenning). Ved hjelp av katalytiske materialer er det da mulig å fjerne (kjemisk reduksjon samtidig med kjemisk oksidasjon) NO _x , CO og uforbrent drivstoff (HC og PM) fra eksosgassen på en effektiv måte.
WTT	<i>Well To Tank</i> , se WTW og LCA.
WTW	<i>Well To Wheel</i> , kilde til hjul. En WTW miljøvurdering av et drivstoff kan deles opp i en del som omfatter WTT, Well to Tank, kilde til tank og en del som omfatter TTW, tank to Wheel, tank til hjul. WTT delen for bensin tar med miljøbelastningen for å pumpe opp olje, raffinering og transport til bensinstasjon. TTW delen omfatter utslipp og klimapåvirkningen fra forbrenning av drivstoffet i kjøretøyet.