

Miljøprojekt Nr. 888 2004

## Chiptuning af køretøjer - miljømæssig effekt

Torben Nørgaard og Ken Friis Hansen  
Teknologisk Institut

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>11</b>
<b>1 TUNINGSPRINCIPPER</b>	<b>13</b>
1.1 TRADITIONEL TUNING	13
1.2 ELEKTRONISK TUNING (CHIPTUNING)	13
1.3 KONKLUSION PÅ TUNINGSPRINCIPPER	15
<b>2 OMFANG OG UDBREDELSE</b>	<b>17</b>
2.1 IMPORTØRER/PRODUCENTER OG FORHANDLERE I DANMARK	17
2.2 CHIPTUNINGSUDSTYR PÅ INTERNETTET	18
2.3 FORESPØRGSEL TIL IMPORTØRER, PRODUCENTER OG FORHANDLERE	18
2.4 KONKLUSION PÅ OMFANG OG UDBREDELSE	19
<b>3 MÅLINGER PÅ CHIPTUNEDE KØRETØJER</b>	<b>21</b>
3.1 PERSONBILER	21
3.1.1 <i>Måling på VW Passat 1,9 TDI</i>	21
3.1.2 <i>Konklusion</i>	24
3.1.3 <i>Måling på Skoda Octavia 1,9 TDI</i>	25
3.1.4 <i>Konklusion</i>	28
3.2 VAREBILER	28
3.2.1 <i>Måling på VW Transporter</i>	28
3.2.2 <i>Konklusion</i>	30
3.2.3 <i>VW Transporter (TV SYD)</i>	30
3.3 KONKLUSION PÅ MÅLING PÅ PERSON- OG VAREBILER	31
3.4 LASTBILER	32
3.4.1 <i>Scania 124L TI</i>	32
3.4.2 <i>Konklusion</i>	34
<b>4 SAMLEDE MILJØMÆSSIGE EFFEKTER</b>	<b>35</b>
<b>5 ØVRIGE EFFEKTER</b>	<b>36</b>
<b>6 LOVGIVNING</b>	<b>37</b>
6.1 EU-DIREKTIVER	37
6.1.1 <i>Manipulationsanordning</i>	37
6.1.2 <i>Irrationel emissionskontrolstrategi</i>	38
6.1.3 <i>Egendiagnosesystem (OBD)</i>	38
6.1.4 <i>Sikring af forureningskontrol i motorstyringer</i>	38
6.1.5 <i>Anvendelsesområder</i>	39
6.2 DANSK LOVGIVNING	39
6.3 HÅNDHÆVELSE AF REGLERNE	40
6.4 SVERIGE OG TYSKLAND	41
6.5 KONKLUSION	41

<b>7</b>	<b>DISKUSSION AF LØSNINGSMODELLER</b>	<b>43</b>
7.1	SKÆRPEDE KRAV TIL BILPRODUCENTER I EU-LOVGIVNINGEN	43
7.2	STRAMNING AF DEN DANSKE LOVGIVNING	43
7.3	INDFØRELSE AF YDERLIGERE KONTROLFORANSTALTNINGER	43
7.4	OPFORDRING TIL BILIMPORTØRER/FORHANDLERE	44
7.5	GENEREL OPLYSNING	44
7.6	KONKLUSION	44
	<b>REFERENCELISTE</b>	<b>47</b>
	<b>APPENDIKS A: GRÆNSEVÆRDIER FOR EMISSION I EU</b>	<b>49</b>
	<b>APPENDIKS B: TESTCYKLER</b>	<b>50</b>
	<b>UDC/FTP 75</b>	<b>50</b>
	<b>US06</b>	<b>51</b>
	<b>FRI ACCELERATION (EU-DIREKTIV 72/306/EEC)</b>	<b>52</b>
	<b>FULDLASTTEST (EU-DIREKTIV 80/1269/EØF)</b>	<b>52</b>
	<b>ACCELERATION VED FULD BELASTNING</b>	<b>52</b>
	<b>NEDC (NEW EUROPEAN DRIVING CYCLE) IHT. 91/441</b>	<b>53</b>
	<b>ETC (EUROPEAN TRANSIENT CYCLE)</b>	<b>55</b>

# Forord

Når man færdes i trafikken i dag, må man konstatere, at der fortsat er problemer med røgudledning fra visse biler. Ofte er det endda helt nye biler, som er synderne. Det kan umiddelbart undre, idet der i de seneste år er gjort et stort arbejde dels fra lovgivernes side, dels fra bilproducenterne side for at begrænse emissionen fra biler.

Det er da heller ikke hverken lovgiverne eller bilproducenterne, der svigter. Når nye biler ruller ud fra fabrikkerne, er de langt mere miljøvenlige end for blot få år siden. Problemet opstår, når der manipuleres med de fabriksmonterede motorstyringer. Med andre ord når bilerne tunes.

Tuning har aldrig været mere udbredt end i dag. Tuning er blevet lettere at udføre, idet de mest udbredte former for tuning i dag er elektronisk tuning (chiptuning) enten ved modifikation eller udskiftning af motorens styreboks eller ved tilføjelse af en elektronisk komponent, som "snyder" styreboksen. Desuden er der på de fleste køretøjer større gevinster at opnå end tidligere, i form af øget motoreffekt og/eller reduceret brændstofforbrug, blandt andet fordi køretøjer/motorer skal overholde strenge emissionskrav.

Chiptuning udføres både på dieseldrevne person- og varebiler og på benzindrevne personbiler, hvor højere motoreffekt er det væsentligste resultat. Men også fra lastbiler kendes fænomenet. Her er ønsket dog oftest både højere ydelse og lavere brændstofforbrug. Endelig sker der i et vist omfang tuning af traktorer.

Miljøstyrelsen har bedt Teknologisk Institut gennemføre en undersøgelse af omfanget af chiptuning i Danmark og af de miljømæssige effekter.



# Sammenfatning og konklusioner

Nærværende rapport er et resultat af projektet "Chiptuning af køretøjer - miljømæssig effekt", som Teknologisk Institut har udført for Miljøstyrelsen. Rapportens formål er at give et samlet skøn over omfanget af chiptuning af køretøjer i Danmark og af de miljømæssige effekter.

Opgaven er løst ved at undersøge omfanget og udbredelsen af tuning ved hjælp af kilder i branchen og ved at gennemføre en undersøgelse af de miljømæssige effekter af tuning. Sidste del er løst ved at inddrage måleresultater fra tidligere gennemførte forsøg med chiptunede køretøjer.

I tillæg til undersøgelsen af de miljømæssige effekter er den gældende lovgivning belyst.

Undersøgelsen er afgrænset til diesel- og benzindrevne personbiler, varebiler, lastbiler og busser. Opgaven er koncentreret specielt om chiptunede turboladede dieseldrevne person- og varebiler, da samtlige gennemførte undersøgelser med chiptunede person- og varebiler er udført med denne type køretøjer. Da det samtidig vurderes, at langt hovedparten af chiptunede biler i dag netop er turboladede dieselperson- og varebiler, anses det ikke for at være et betydeligt problem for rapportens gyldighed.

Det er samtidig fra denne type køretøjer, der kan forventes den største negative miljøpåvirkning i form af øget partikelemission. Partikelemission er i de seneste år blevet vurderet som den største trafikskabte sundhedsrisiko, særligt i byerne.

Ud over måleresultater fra forsøg med person- og varebiler indeholder rapporten måleresultater fra et enkelt forsøg med en chiptunet lastbil.

Rapporten har visse begrænsninger, idet den kun indeholder måleresultater fra relativt få forsøg med chiptunede biler. Rapporten skal derfor kun betragtes som retningsvisende. Hvis andre konfigurationer af bilmodeller og tuningsæt blev testet, kunne resultatet blive et andet. Et mere præcist billede af problematikken vil derfor kræve en mere dybtgående undersøgelse.

## *Omfang*

Det har vist sig at være særdeles svært at opgøre antallet af chiptunede køretøjer. Der findes ikke en separat toldkode for den type udstyr, og samtidig er importører og forhandlere meget tilbageholdende med at give oplysninger om salget. Sikkert er det imidlertid, at omfanget er betragteligt. Det anslås af kilder i branchen, at der er op mod 500 forhandlere af chiptuningsudstyr i Danmark.

Hertil er der formentlig mange private, som anskaffer chiptuningsæt i udlandet og selv monterer det. Ofte fås chiptuningsudstyr som "ready-to-use" og med multistik, som passer til den enkelte motorstyring. En søgning på Internettet har vist, at der findes et stort udbud af tuningsæt fra danske, men også udenlandske forhandlere, som henvender sig til det danske marked.

Det har ikke været muligt at komme med et præcist skøn over antallet af chiptunede biler i Danmark. Teknologisk Institut har tidligere anslået, at hver anden nyere diesebil chiptunes, mens FDM har anslået, at det drejer sig om hver tredje. Det anses fortsat for realistisk, at omfanget ligger i denne størrelsesorden, men det kan ikke præciseres yderligere på baggrund af undersøgelsen.

#### *Miljømæssige effekter*

Undersøgelserne af emissionen fra chiptunede dieselmotorer er gennemført dels ved at anvende de testcykler, der bruges i forbindelse med typegodkendelse af motorer, dels ved forsøg med fri acceleration, som blandt andet udføres i forbindelse med syn, og endelig ved forsøg med fuld belastning.

Det viser sig, at forsøgsresultaterne afhænger meget af, hvilken test der udføres. Resultaterne viser generelt, at der ved moderat belastning, som typegodkendelsestestcyklerne repræsenterer, ikke fås betydelige ændringer i emissionerne. Måleresultaterne varierer dog en del mellem de forskellige tuningsæt.

Der ses eksempler på tuningsæt, som uanset testprocedure giver særdeles dårlige resultater. Med disse tuningsæt er effektførelsen begrænset og emissionerne generelt høje. Der ses andre eksempler på tuningsæt, som kan overholde emissionsgrænseværdierne for typegodkendelse, og ligeledes kan godkendes i forbindelse med syn. Dette er et problem, da også disse tuningsæt giver høje emissioner, specielt i form af partikler, når de gennemkøres forsøg med fuldlast.

I flere af disse forsøg ses der stigninger på flere hundrede procent.

Sammenfattende må det konkluderes, at chiptuning af turboladede dieselmotorer vil give en markant stigning, specielt med hensyn til partikelemissionen. Omfanget vil afhænge af bilmodel og type, tuningsættets kvalitet, og især hvordan bilen anvendes.

Hvis en chiptunet dieselmotor udelukkende udsættes for moderate accelerationer og hastigheder, og der er monteret et af de bedre tuningsæt, vil meremissionen være begrænset. Hvis de flere hestekræfter derimod udnyttes til kraftigere accelerationer og højere hastigheder, vil emissionen stige betydeligt - også med de bedre tuningsæt.

Da det imidlertid ikke er muligt at forudsige det præcise kørselsmønster, som vil variere fra person til person, er det præcise omfang af meremissionen ikke muligt at bestemme. Man må dog formode, at de køretøjsere, som tuner deres motorer, også udnytter den forøgede motoreffekt - ellers ville tuningen jo være formålsløs - og dermed også har et kørselsmønster, som resulterer i forøgede emissioner af partikler.

Da både antallet af chiptunede biler og meremission pr. bil således er usikkert opgjort, er det ikke muligt at give et præcist skøn over den samlede miljømæssige effekt af tuning i Danmark. Det må imidlertid tages for givet, at chiptuning vil give en betragtelig meremission, specielt af partikler.



## *Lovgivning og muligheder for håndhævelse*

Krav til luftforurening fra biler er underlagt totalharmonisering inden for EU. For nyere køretøjer indeholder reglerne både grænseværdier for emission og krav til at motorstyringer udformes, så de bedst muligt sikres mod indgreb fra uvedkommende.

Konkret sker det i form af forbud mod anvendelse af manipulationsanordninger og irrationel kontrolstrategi og regler vedrørende det elektroniske systems sikkerhed. Forbudet mod anvendelse af manipulationsanordninger gælder for almindelige personbiler registreret første gang efter 1. januar 2001 og for almindelige varebiler registreret første gang efter 1. januar 2002. Samme anvendelsesterminer gælder for bestemmelserne vedrørende det elektroniske systems sikkerhed.

Samtidig stilles der krav om, at der i motorstyringerne er et egendiagnosesystem (OBD) som skal kontrollere, at emissionskontrollsystemet fungerer korrekt, og fejlmelde, hvis der registreres afvigelser. Reglerne om egendiagnosesystem (OBD) gælder for benzinbiler fra 1. januar 2001, for dieslbiler fra 1. januar 2004 og for dieselvarebiler fra 1. januar 2007.

For lastbiler og busser gælder forbudet mod anvendelse af manipulationsanordninger og irrationel kontrolstrategi for motorer, der registreres første gang efter 1. oktober 2001. Reglerne om egendiagnosesystem (OBD) indføres 1. oktober 2006.

EU-reglerne gælder i forbindelse med typegodkendelse af nye køretøjer men er ikke direkte rettet mod køretøjer i brug. Indgreb over for disse køretøjer forudsætter national lovgivning.

I de danske regler stilles der krav om, at de *emissionsgrænser*, der var gældende ved bilens første registreringsdato, dokumenteres overholdt, når der udføres konstruktive ændringer på ibrugtagne biler.

Hvis effektførøgelsen overstiger 20%, skal det samtidig dokumenteres, at støjkrav er overholdt, og at bilen kan holde til effektførøgelsen (sikkerhed). Endelig skal bilen synes og godkendes med ændringerne.

Chiptuning, som det kendes i dag, falder efter Teknologisk Instituts vurdering klart ind under definitionen på manipulationsanordninger og kan derfor forhindres - også for ibrugtagne biler - ved at henvise til, at *direktivet* om luftforurening og ikke kun de *emissionsgrænser*, der var gældende ved bilens første registreringsdato, skal overholdes efter konstruktive ændringer.

På Statens Bilinspektion, som forestår kontrol og inspektion af biler i Danmark, er man godt klar over, at især chiptuning er meget udbredt, men man har kun ringe mulighed for at sikre at reglerne følges. Den nødvendige dokumentation foreligger sjældent, og samtidig er det næsten umuligt at afsløre et chiptunet køretøj, som forholdene er i dag. De kontrolmålinger, der udføres, er kun i stand til at afsløre et fåtal af chiptuningssættene, og samtidig er mange chiptuningssæt indrettet, så det er muligt at frakoble dem enten med fjernbetjening eller med en kontakt placeret i førerkabinen.

### *Forslag til løsningsmodeller*

På baggrund af det gennemførte projekt er det Teknologisk Instituts opfattelse, at det vil være vanskeligt at finde tekniske løsninger til at undgå chiptuning.

Uanset hvilke sikkerhedssystemer, der implementeres i motorstyringen, kan de sandsynligvis manipuleres, og samtidig er chiptuning næsten umulig at afsløre, uanset hvilken kontrolordning der måtte indføres.

Det bedste bud på et tiltag, som kan forventes at have den ønskede effekt, vil derfor efter Teknologisk Instituts opfattelse være at stramme lovgivningen, således at *direktivet* om luftforurening og ikke kun *emissionsgrænserne*, skal overholdes efter konstruktive ændringer.

En anden model kunne være at indføre et generelt forbud mod chiptuning på nyere biler for at undgå utilsigtede effekter. Det vil imidlertid forudsætte, at der udarbejdes en klar definition af, hvad der forstås ved chiptuning. Forbudet kunne følges op med indførelse af sanktionsmuligheder i forhold til leverandører af chiptuningsudstyr og bilejere, hvis loven brydes.

En tredje mulighed er at ændre loven efter svensk model. I Sverige kræves det, at *bilproducenten* har godkendt et chiptuningssæt, for at det er lovligt. Denne løsning synes umiddelbart at være i både miljøets, bilproducenternes, importørernes og bilejernes interesse. Det vil fortsat være muligt at chiptune, men risikoen for problemer med garantiforpligtelser vil begrænses, og samtidig vil udstyret være konstrueret, så EU-reglerne følges.

Teknologisk Institut anbefaler, at der gennemføres en oplysningskampagne, så forholdene bliver almindeligt kendt. Blandt andet har søgning på Internettet vist et behov for oplysning, da der hersker stor tvivl om, hvordan forholdene er. Oplysningskampagnen kunne eventuelt gennemføres i samarbejde med bilimportører og forhandlere, som også bør have interesse i, at problemet med tuning af biler minimeres.

# Summary and conclusions

This report describes a project with the objective to investigate the environmental effect caused by electronic tampering of the engine control systems in new vehicles. The Danish Technological Institute was responsible for the investigation, and the project was financed by the Danish Environmental Protection Agency.

The objective of the project was to determine the extent of electronically tampered vehicles in Denmark and to evaluate the environmental effect caused by this kind of tampering. In addition, legislation regarding the issue was examined.

The investigation was limited to diesel-powered passenger cars, light-duty vehicles and heavy-duty vehicles. No measurements were carried out in this project, but test results from previous investigations are included.

Unfortunately, it has not been possible to determine the number of electronically tampered vehicles in Denmark. The investigation shows that the companies and individuals selling tampering devices are very reluctant to pass on information about their sales figures. The investigation also shows that there is a large supply of tampering devices from both Danish and foreign suppliers on the Internet. It is not possible to determine the number of devices bought in that way.

An earlier estimate of the numbers of tampered diesel-powered vehicles in Denmark indicates that somewhere between every third and every second new diesel-powered passenger car is tampered. This estimate is still considered to be realistic, but it cannot be verified by this investigation.

The emission test results from tampered diesel-powered vehicles show that the emissions depend strongly on how the vehicle is used. If the engine is exposed to moderate loads, the emissions do not increase considerably. If, on the other hand, the engine is exposed to high loads, the emissions increase drastically. In some cases the emissions of particulates increase by several hundred per cent.

The test cycle used for type approval of passenger cars does not include very high loads, as the vehicle speed is moderate during most of the cycle, and does not exceed 120 km/h. Similarly, the periodical inspections only include a no-load free acceleration. However, some of the best tampering devices can be approved in these tests, despite the fact that they show some very poor environmental behaviour when they are exposed to higher loads.

Since the investigation shows that the most important parameter is the individual driving profile - which is unknown - and that the number of tampered cars is uncertain, it is not possible to determine the absolute environmental effect caused by electronic tampering of diesel vehicles.

However, it must be expected that tampering will have a considerable impact on the environment, since the investigation shows that at high loads a tampered car causes a considerable emission.

# 1 Tuningsprincipper

Tuning er langt mere udbredt i dag end tidligere, idet det er blevet lettere at udføre. De mest udbredte former for tuning i dag er elektronisk tuning (chiptuning) som foregår enten ved modifikation eller udskiftning af motorens styreboks eller ved tilføjelse af en elektronisk komponent, som "snyder" styreboksen.

Desuden er der på de fleste køretøjer større gevinster at opnå end tidligere i form af øget effekt eller reduceret brændstofforbrug, blandt andet fordi køretøjer/motorer skal overholde strenge emissionskrav. Det er særligt turboladede dieselmotorer, som chiptunes, da gevinsten her er særlig stor, og da det nødvendige indgreb ofte er meget enkelt at udføre.

Problemet er, at uanset hvilket mål indgrebet har, er der en betydelig risiko for at det vil forringe motorens miljømæssige egenskaber, og at man samtidig risikerer at udsætte motoren for belastninger, den ikke er designet til at kunne modstå.

Der findes adskillige metoder, som kan anvendes med henblik på tuning. Overordnet kan metoderne inddeles i henholdsvis traditionel tuning og chiptuning.

## 1.1 Traditionel tuning

Fælles for metoderne, som hører under betegnelsen traditionel (mekanisk) tuning, er, at der ofte kræves en betydelig ændring/udbygning af motorens konstruktion for at opnå den ønskede effekt.

Det kræver derfor enten en betydelig indsigt i motorers virkemåde eller omfattende assistance af sagkyndige både til fremskaffelse og montering af det aktuelle tuningsæt. En sådan operation vil derfor ofte være dyr, og samtidig vil effekten ofte være relativt begrænset.

Denne form for tuning er således ikke særlig udbredt, slet ikke sammenlignet med elektronisk tuning, og behandles derfor ikke yderligere i denne rapport.

## 1.2 Elektronisk tuning (chiptuning)

I modsætning til traditionel tuning er elektronisk tuning let at udføre, og effekterne er ofte meget markante. Der kan ofte hentes både 20 og 30% i hestekræfter.

Det er desuden nemt at skaffe det nødvendige tuningsæt. Adskillige magasiner og blade indeholder annoncer, hvor tuningsudstyr udbydes til private. Visse engrosfirmaer tilbyder tuningsudstyr, ligesom Internettet er fyldt med leverandører af forskellige former for udstyr.

Elektronisk tuning udføres både på dieseldrevne person- og varebiler og på benzindrevne personbiler, hvor højere motorydelse er den væsentligste effekt. Men også fra lastbiler kendes fænomenet. Her er ønsket dog oftest både højere ydelse og lavere brændstofforbrug.

Langt den største del af de chiptunede biler udgøres dog af dieseldrevne person- og varebiler, og rapporten koncentrerer sig derfor primært om den type køretøjer.

#### *Elektronisk motorstyring*

Elektronisk tuning er et relativt nyt begreb. Det er opstået i forbindelse med, at bilerne i de senere år i langt højere grad end tidligere er udstyret med elektroniske styresystemer, og at myndighederne stiller skrappe emissionskrav til nye biler. Disse krav har gjort det nødvendigt for bilproducenterne at fokusere meget på udvikling af motorstyresystemer, så motorerne forurener mindst muligt. Det har betydet, at emissionerne fra moderne biler er langt mindre end fra ældre biler.

Motorstyringerne konstrueres, så de sikrer en præcis afstemning af brændstoffodosing, ladetryk og andre parametre i forhold til motorens belastning og omdrejningstal. Resultatet er, at der opnås det bedst mulige kompromis mellem blandt andet ønsket motorydelse, brændstofforbrug, støj, holdbarhed og emissioner.

Når bilproducenter udvikler motorstyringen, justeres de forskellige parametre, indtil det ønskede resultat, blandt andet med hensyn til forureningsbegrænsning, er opnået. Parametrene lagres derefter i hukommelsen (chippen) i motorens elektroniske styreboks (ECU - **E**ngine **C**ontrol **U**nit).

#### *Manipulation med motorstyringen - elektronisk tuning*

Princippet for elektronisk tuning er, at der manipuleres med forskellige parametre, typisk med henblik på højere motorydelse, brændstoffbesparelse eller begge dele. Bagsiden er, at det sker på bekostning af andre egenskaber, typisk holdbarhed og emissioner.

Der findes et stort udbud af metoder til at opnå de ønskede resultater ved hjælp af elektronisk tuning. Overordnet kan de imidlertid inddeles i tre grupper, som beskrives i det følgende.

#### *Software-manipulation af ECU (omprogrammering)*

I nogle bilmodeller er det muligt at omprogrammere den originale chip i ECU'en. Som regel er chippen beskyttet mod indgreb, både i form af hardware og software, for at forhindre uvedkommende i lave ændringer i softwaren.

Det er imidlertid sjældent, at chippen er beskyttet så godt, at den ikke kan hackes med det rette udstyr. Opnås der adgang til chippen, er det med denne metode ofte muligt at justere de samme parametre, som bilproducenten kan justere. Med det rette udstyr er et sådant indgreb endvidere forholdsvist hurtigt og nemt at udføre.

Det er imidlertid den mest sjældne form for chiptuning, da det er de færreste motorstyringer, der har denne mulighed. Samtidig kræver metoden en betydelig indsigt i systemets virkemåde.

#### *Hardware-manipulation af ECU (udskiftning af chip)*

En anden og mere udbredt metode er at udskifte den originale chip i ECU'en med en tilsvarende chip, som er programmeret anderledes. Som det er tilfældet med førnævnte metode, er det ligeledes med denne metode typisk muligt at justere samtlige parametre, som producenten har adgang til. Metoden er mere udbredt end førnævnte, men kræver fortsat et betydeligt kendskab til systemet samt det rette udstyr.

#### *Montering af tuningsboks (power-boks/snydeboks)*

En tredje metode er at montere en chiptuningsboks - en snydeboks eller power-boks, som den populært kaldes. Boksen monteres i forbindelse med den originale motorstyring som ikke berøres af indgrebet. Power-boksen modificerer enten de signaler, som chippen i ECU'en modtager fra de forskellige sensorer, eller de signaler, som chippen sender, eksempelvis til brændstofpumpen. Visse bokse modificerer både indgangs- og udgangssignalerne. Denne metode er den langt mest udbredte og er let at udføre, også for ikke sagkyndige.

Boksen kan normalt monteres med multistik i de originale stik i styreboksen, og ofte fås den "ready to use", hvor der i forvejen er indlagt et program tilpasset den aktuelle motor. På nogle typer power-bokse er det desuden muligt at justere den ønskede ydelse med et simpelt potentiometer på siden af boksen.

#### *Opsamling på elektroniske tuningsprincipper*

Der er stor forskel på, hvor avanceret de forskellige typer tuningsudstyr virker. Visse typer er meget simpelt konstrueret og er derfor kun begrænset effektive og har samtidig udpræget uheldige miljømæssige egenskaber, hvorimod andre er mere avancerede og forholder sig til og manipulerer med adskillige parametre.

De mest simple modeller doserer blot ekstra brændstof uden speciel hensyntagen til belastning, omdrejningstal eller andre forhold. Andre modeller forholder sig til omdrejningstal, ladetryk, luftmængde mv. og manipulerer samtidig med flere af disse signaler.

Ofte er tuningsudstyret konstrueret således, at det kun ændrer parametrene, når motoren når et vist omdrejningstal samt en vis belastning.

Endvidere er tuningsudstyr i nogle tilfælde udstyret med fjernbetjening eller med en kontakt, som kan placeres i førerkabinen med det formål, at udstyret kan slås fra.

### 1.3 Konklusion på tuningsprincipper

Chiptuning, specielt af turboladede dieselmotorer, er et hurtigt, let og effektivt indgreb og kræver i visse tilfælde kun meget begrænset faglig indsigt at udføre.

Der findes både simple og avancerede udgaver. Effekterne af chiptuning, både de ønskede og uønskede, afhænger derfor meget af udstyrets kvalitet.

Fælles for metoderne, som anvendes til chiptuning, er, at de normalt kun påvirker motorstyringen, når motoren når et vist omdrejningstal eller belastning. Det betyder blandt andet, at flere af dem umiddelbart ville kunne overholde emissionsgrænseværdierne for typegodkendelse, da de testcyklusser, der anvendes i forbindelse med typegodkendelse er konstrueret således, at de reflekterer gennemsnitlige kørselsforhold. De omfatter derfor ikke kørsel med fuldlast.

Samtidig er flere typer udstyret med fjernbetjening eller kontakter beregnet til at slå dem fra, hvis det måtte ønskes. Det betyder blandt andet, at de er stort set umulige at afsløre i forbindelse med vejsyn og periodisk syn.

Uanset hvilken metode man vælger til at chiptune en motor, ændres den kalibrering af motor og styring, som bilproducenterne har brugt mange ressourcer på at opnå. Producenternes kalibrering er et kompromis mellem blandt andet ønsket motorydelse, brændstofforbrug, støj, holdbarhed og emissioner. Ved tuning forskubbes kalibreringen typisk mod højere motorydelse på bekostning af én eller flere af de øvrige parametre. Typisk vil ændringen være på bekostning af emission og holdbarhed.



## 2 Omfang og udbredelse

For at afgøre, om elektronisk tuning (chiptuning) udgør et miljøproblem i Danmark, skal man kende tuningens omfang og udbredelse.

Dette har vist sig at være svært at bestemme. Der findes ingen samlet oversigt over omfanget af chiptuning i Danmark. Der findes f.eks. ingen separat toldkode for den type udstyr, som kunne afsløre, hvor mange enheder der importeres. Der findes heller ingen samlet brancheforening for leverandører af chiptuning, som kan give en vurdering af omfanget.

Desuden er de enkelte importører og forhandlere meget tilbageholdende med at give oplysninger om salget, formentlig af konkurrencehensyn, men måske også fordi der i branchen er en vis erkendelse af, at ikke alle produkterne er fuldt lovlige. Den ret betydelige medieinteresse, som chiptuning tiltrak samtidig med nærværende projekt, gjorde det ikke nemmere at indhente oplysninger.<sup>1</sup>

Teknologisk Institut har derfor måtte tage ret utraditionelle metoder i brug for at forsøge at skabe et overblik over omfanget af chiptuning i Danmark. Der er derfor indledningsvis taget uformel kontakt til en række importører og forhandlere, som er blevet bedt om at give oplysninger om salget af deres produkter.

Derudover har Teknologisk Institut foretaget søgninger på Internettet. Dels for at få et indtryk af udbuddet af chiptuningsudstyr, dels for at få et indtryk af "tonen" i branchen. Hvad er den almindelige holdning til chiptuning hos henholdsvis importører, forhandlere og bilejere, og hvordan er videnniveauet vedrørende lovgivning, effekter af tuning, garantiforhold osv. Adskillige importører og forhandlers hjemmesider og forskellige debatfora er således blevet besøgt.

Endelig har Teknologisk Institut, umiddelbart inden afslutningen af projektet, skrevet til et antal større importører og producenter, og officielt forespurgt om deres salg og vurdering af omfanget af chiptuning.

### 2.1 Importører/producenter og forhandlere i Danmark

Det er indledningsvis undersøgt, hvor mange importører, producenter og forhandlere af tuningsudstyr der findes i Danmark. Denne undersøgelse har vist, at der findes mindst 16 større importører og producenter af chiptuningsudstyr. Herudover findes der meget sandsynligt et antal mindre forhandlere.

Med hensyn til forhandlere har flere kilder antydnet, at der findes op mod 500, som forhandler chiptuningsudstyr i et eller andet omfang. Adskillige af disse sælger dog kun få enheder.

---

<sup>1</sup> Chiptuning blev omtalt i en række medier i sommeren 2003. Omtalen kulminerede med et indslag i TV-avisen på DR og blev efterfulgt af en række artikler i dagspressen og ugebladet Ingeniøren.

Adskillige mindre værksteder udfører chiptuning i begrænset omfang. De annoncerer ikke og søger ikke denne type opgaver aktivt, men udfører det kun på opfordring.

## 2.2 Chiptuningsudstyr på Internettet

Tendensen i dag er, at flere og flere mennesker orienterer sig og handler på Internettet i søgning efter et konkret produkt. Derfor må det også antages, at Internettet er en vigtig faktor, når det drejer sig om chiptuning.

Der blev derfor gennemført en søgning på Internettet. Der blev ved hjælp af søgemaskinen "Google" søgt på ordet "chiptuning" og udelukkende sider på dansk. Denne søgning resulterede i, at der blev fundet 37 danske forhandlere, som præsenterer og sælger chiptuningsudstyr via nettet.

Herudover blev der fundet adskillige udenlandske forhandlere, som også henvender sig til det danske marked.

Blandt forhandlerne er der enkelte, som tilbyder omprogrammering af eksisterende chip eller ombytningschip, men langt de fleste tilbyder chiptuningsboks i forskellige afskygninger.

Chiptuningsbokse er ofte færdige pakkeløsninger, som bilejere med sagkyndig indsigt selv kan montere. Der forekommer derfor med stor sandsynlighed en betydelig import af chiptuningsudstyr netop via handel på Internettet, som det ikke er muligt at registrere.

### *Forhandlerhjemmesider*

Flere af forhandlerhjemmesiderne blev gennemgået for at få et indtryk af, hvad besøgende præsenteres for af facts og løfter, når de besøger hjemmesiderne. Det gennemgående billede er, at der ifølge forhandlerne nærmest ikke er grænser for de ting, man vinder ved at chiptune. Optimering, øgning af virkningsgrad, brændstoffbesparelse og miljøvenlig er ord, der ofte anvendes.

For ikke-fagfolk kan det være svært at gennemskue, at der også kan være ulemper, og at det måske ikke er fuldt lovligt, hvilket de færreste nævner.

### *Debatfora*

I forbindelse med søgningen på Internettet dukkede der også adskillige debatfora op, hvor chiptuning diskuteres. Det viste sig, at der foregår en udbredt diskussion om emnet.

Et gennemgående indtryk af diskussionen er, at der er stor usikkerhed om blandt andet, hvorvidt chiptuning er lovligt og hvilke krav, der er fra myndighederne, om garantien fra bilforhandlerne bortfalder ved tuning, og hvilke effekter - både ønskede og uønskede - der reelt kan forventes af chiptuning.

## 2.3 Forespørgsel til importører, producenter og forhandlere

Der er i første omgang taget uformel kontakt til flere forhandlere for at få deres bud på udbredelsen af chiptuning i Danmark. Efterfølgende er der

skrevet til de 16 største danske importører og producenter af chiptuningsudstyr og officielt forespurgt om deres salg og deres vurdering af omfanget.

Denne undersøgelse har - som forventet - vist, at det er svært at få seriøse bud på omfanget ud af importører og forhandlerne. De forhandlere, vi har kontaktet, ville ikke komme med bud på omfanget, og den skriftlige forespørgsel til importører og producenter resulterede kun i to tilbagemeldinger.

De to leverandører, der svarede, oplyste, at de udelukkende sælger chiptuning til dieseldrevne person- og varebiler. Samlet sælger de to leverandører ifølge deres egne oplysninger ca. 500 enheder på årsbasis.

Den lave svarprocent taget i betragtning er det desværre ikke muligt at drage meningsfulde konklusioner på baggrund af undersøgelsen.

Årsagerne til, at importører og producenter er meget tilbageholdende med at afgive oplysninger, er formentlig konkurrencehensyn samt en erkendelse af, at ikke alle produkterne er fuldt lovlige. Samtidig har der under projektets løbetid været stor fokus på chiptuning i medierne, og reaktionerne herpå er fra flere sider er, at det er et problem, som skal tages alvorligt.

Importører, producenter og forhandlere frygter formentlig dermed - og sandsynligvis også med rette - at det, hvis de reelle tal kommer frem, vil det være nødvendigt fra myndighedernes side at skride ind med yderligere restriktioner.

#### 2.4 Konklusion på omfang og udbredelse

Undersøgelsen har vist, at der findes et meget stort udbud af chiptuningsudstyr i Danmark. Der findes 16 større og et ukendt antal mindre importører og producenter og op mod 500 forhandlere.

Derudover findes der et stort udbud af produkter, som kan købes direkte af udenlandske forhandlere via Internettet.

Der findes ingen separat toldkode for chiptuningsudstyr, som vil kunne afsløre, hvor mange enheder der importeres. Samtidig har det vist sig, at importører og forhandlere er meget tilbageholdende med at afgive oplysninger om salget.

På den baggrund må det konkluderes, at der ikke kan gives et præcist skøn over antallet af chiptunede biler i Danmark.

Teknologisk Institut har tidligere anslået, at hver anden nyere dieselbil chiptunes. FDM har anslået, at det drejer sig om hver tredje. Disse tal anses fortsat for realistiske, men de kan ikke præciseres yderligere på baggrund af undersøgelsen.

Med hensyn til chiptunede benzinbiler vurderer Teknologisk Institut, at antallet er meget begrænset.

Hvis der ønskes et mere præcist skøn over omfanget, kunne der iværksættes en undersøgelse blandt et repræsentativt udsnit af bilejere, hvor disse spørges, om de har chiptunet deres bil. Der findes analysemetoder, som kan anvendes til denne type opgave, og som korrigerer for den usikkerhed, der forekommer, når folk skal svare på spørgsmål inden for et område, hvor ikke alle svarene

kan forventes at være helt sandfærdige. En sådan undersøgelse har der imidlertid ikke været ressourcer til i nærværende projekt.

Søgningen på Internettet har vist et behov for et omfattende oplysningsarbejde, hvis det skal blive almindeligt kendt, hvad der er gældende lov, og hvad tuning reelt betyder for miljøet, holdbarhed, garanti mm. Rigtig mange er i tvivl, og ligeså mange kommer med forkerte oplysninger.

## 3 Målinger på chiptunede køretøjer

Undersøgelsen af de miljømæssige effekter af chiptuning er baseret på tidligere gennemførte forsøg med chiptunede køretøjer. I en systematisk gennemgang af faglitteraturen er der fundet måleresultater fra at antal forsøg foretaget med chiptunede køretøjer.

Måleresultaterne stammer fra forsøg foretaget af MTC<sup>2</sup> i Sverige, FH Joanneum<sup>3</sup> i Østrig samt enkelte forsøg udført på Teknologisk Institut i Århus. Forsøgene er udført med en række chiptunede, turboladede, dieseldrevne person- og varebiler samt en chiptunet lastbil.

Samtlige forsøg med person- og varebiler er udført på biler af fabrikatet VW, hvilket formentlig skyldes, at det er et af de mærker, der oftest tunes. Dette anses i øvrigt ikke for et problem for undersøgelsens repræsentative værdi, da effekterne af chiptuning i langt højere grad afhænger af chiptuningsudstyret end bilfabrikatet.

De testede chiptuningsenheder er ikke angivet med fabrikatnavn, men kun beskrevet med hensyn til virkemåde, da formålet med undersøgelsen udelukkende er at få et overordnet indtryk af virkningen af forskellige typer af tuningsenheder og principper og ikke at fremhæve visse fabrikater frem for andre.

### 3.1 Personbiler

#### 3.1.1 Måling på VW Passat 1,9 TDI

Undersøgelsen er foretaget af MTC i Sverige, og resultaterne er rapporteret i MTC 6022 [1].

I det følgende er der vist uddrag af beskrivelser og resultater fra undersøgelsen. For uddybende oplysninger henvises til ovennævnte rapport.

Undersøgelsens formål var at sammenligne miljøegenskaberne for en motor med henholdsvis originalt motorstyresystem og modificeret (chiptunet) styresystem.

Bilen, som blev anvendt, var en VW Passat Variant 1,9 TDI, årgang 2000. Den var forsynet med en femtrins manuel gearkasse og havde kørt 34.000 km. Motoren var firecylindret med direkte indsprøjtning, turbolader og luft/luft intercooler. Maksimal ydelse for motoren var ifølge fabrikanten 85 kW (115 hk) ved 4.000 omdr./min. og maksimalt drejningsmoment var 285 Nm ved 1.900 omdr./min.

Den første enhed, der blev brugt til at tune motoren, var en tuningsboks (power-boks), hvis formål er at modificere signalerne mellem motorens kontrolenhed (ECU) og indsprøjtningspumpen med det ene formål at øge

---

<sup>2</sup> MTC er et anerkendt prøvningslaboratorium i Sverige, som i dag ejes af AVL.

<sup>3</sup> FH Joanneum er et teknisk universitet i Østrig.

brændstofmængden, som tilføres cylindrene. Boksen øger således kun indsprøjtningstiden, mens indsprøjtningstidspunktet ikke ændres.

Ifølge leverandøren skulle boksen resultere i en effektførogelse fra 115 til 145 hk og en forøgelse af drejningsmoment fra 285 til 340 Nm.

Den næste enhed, der blev testet, var en chip, som blev monteret i stedet for den originale VW-chip.

Det er uvist, om den aktuelle chip kun forlænger indsprøjtningstiden, eller om den også justerer indsprøjtningstidspunktet. Resultaterne fra testen tydede umiddelbart på, at indsprøjtningstidspunktet forblev nogenlunde uændret.

Der blev testet tre konfigurationer:

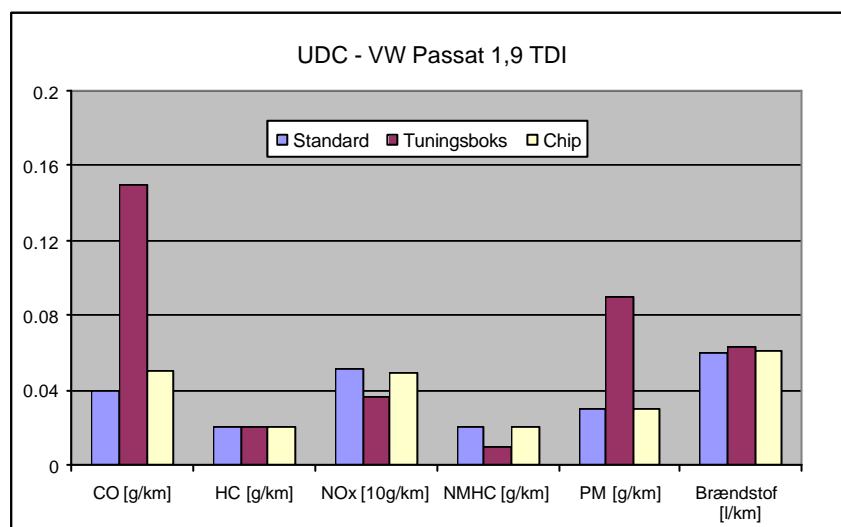
1. Standardkonfiguration med original styring
2. Konfiguration med tuningsboks
3. Konfiguration med ombytningschip

Der blev udført tests i henhold til "Urban Driving Cycle" (UDC/FTP 75) og US06 samt ved fri acceleration (testcyklerne er beskrevet i Appendiks B). Endelig blev bilen prøvekørt på landevej.

### 3.1.1.1 Måleresultater

#### UDC/FTP 75 - testresultater

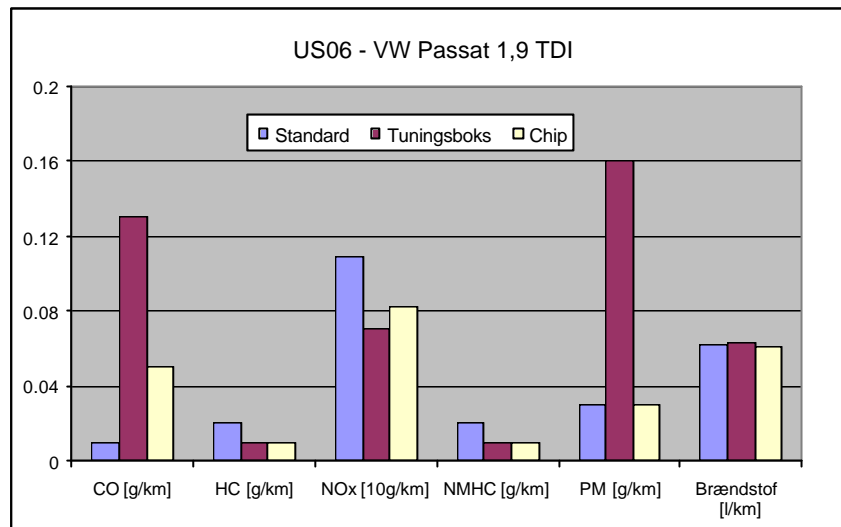
Resultaterne fra testen i henhold til UDC/FTP 75 viste stort set uændrede emissioner med ombytningschippet i forhold til den originale styring. Dog steg CO-emissionen lidt. For konfigurationen med tuningsboksen steg PM (partikelemissionen) og CO-emissionen drastisk, mens NO<sub>x</sub>-emissionen faldt. Brændstofforbruget steg for konfigurationen med tuningsboksen med ca. 5%, mens det med ombytningschippet steg 1-2%.



Figur 3-1. Emission og brændstofforbrug under UDC-test.

### US06 - testresultater

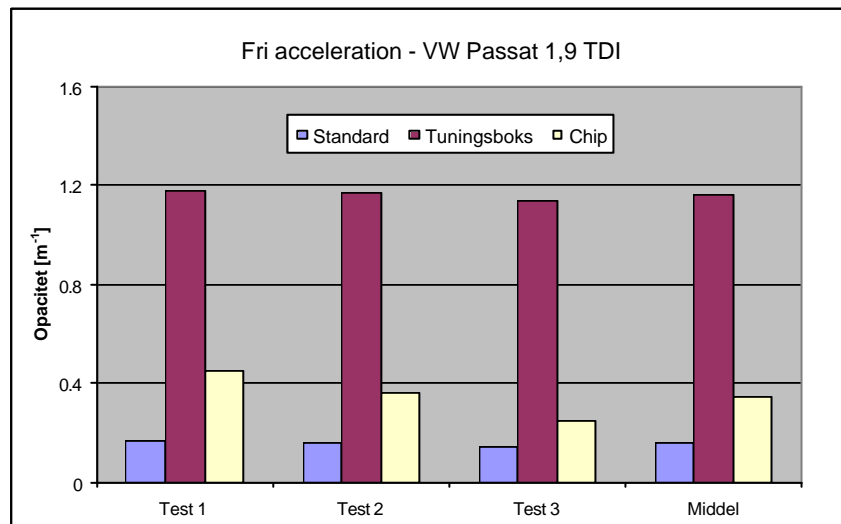
Testen i henhold til US06 viste nogenlunde samme tendenser som UDC-testen. Dog var ændringerne mere udprægede. Eksempelvis steg CO-emissionen langt mere med ombytningschippen, og  $\text{NO}_x$ -emissionen faldt mere markant. For konfigurationen med tuningsboksen steg PM- og CO-emissionen ligeledes langt mere, end det var tilfældet under UDC-testen.



Figur 3-2. Emission og brændstofforbrug under US06-test.

### Fri acceleration - testresultater

Opaciteten i røggassen steg voldsomt med begge tunede konfigurationer. Specielt konfigurationen med tuningsboksen gav meget stor stigning.



Figur 3-3. Sammenligning af opacitet i røggasen ved test ved fri acceleration. Den generelle grænseværdi for opacitet er for turboladede dieslbiler  $3,0 \text{ m}^{-1}$ , mens den typespecifikke grænseværdi for det pågældende køretøj er  $0,70 \text{ m}^{-1}$ .

### *Testkørsel på landevej*

Endelig blev bilen med de tre konfigurationer testet på landevejen. Der blev kørt bykørsel, blandet landevejskørsel og motorvejskørsel. Testens formål var at give indtryk af, hvordan de forskellige konfigurationer virker på motoreffekt og moment.

Med begge konfigurationer med tunet styresystem var bilen mere kraftfuld end standardudgaven, men med visse forskelle.

For konfigurationen med tuningsboksen var karakteristikken nogenlunde den samme som ved standardudgaven. Både effekt- og momentkurven lå dog højere end for standardudgaven over hele motorens arbejdsområde. Ved lav hastighed kørte motoren meget ujævnt.

For konfigurationen med ombytningschippet var karakteristikken lidt anderledes end ved standardudgaven. Ved 2.000 omdr./min. hvor maksimum moment indtræffer, var motoren mere kraftfuld end standardudgaven, men ikke så udpræget, som det var tilfældet for konfigurationen med tuningsboksen.

Ved højere motoromdrejninger var konfiguration med ombytningschippet mere kraftfuld end både konfigurationen med tuningsboksen og standardudgaven.

#### 3.1.2 Konklusion

Testresultaterne, herunder specielt resultaterne fra testen med fri acceleration, viser, at partikelemissionen procentuelt stiger markant med begge konfigurationer af chiptuning. Specielt konfigurationen med tuningsboks giver en meget markant stigning.

Opaciteten stiger med en faktor 7 i testen ved fri acceleration med denne konfiguration. På trods af dette er værdierne fortsat relativt lave. Eksempelvis er opaciteten med tuningsboksen under halvdelen af den generelle grænseværdi, som gælder i forbindelse med syn. Dog overskrides den typespecifikke grænseværdi<sup>4</sup>.

CO-emissionen stiger ligeledes voldsomt regnet i procent, men holder sig fortsat på meget lave værdier. NO<sub>x</sub>-emissionen falder, mens de øvrige emissioner forbliver nogenlunde uændrede.

Sammenfattende kan det konstateres, at konfigurationen med tuningsboksen vil overskride både EU-emissionsgrænseværdierne for partikler og den typespecifikke grænseværdi i forbindelse med syn, mens konfigurationen med ombytningschippet vil kunne godkendes på trods af, at den forårsager betydelig større partikelemission end standardudgaven.

---

<sup>4</sup> Der er pr. 1. juli 2003 indført typespecifik grænseværdi for opacitet. Grænseværdien er tilpasset den enkelte bilmodel og er således skærpet betragteligt i forhold til tidligere.



### 3.1.3 Måling på Skoda Octavia 1,9 TDI

Undersøgelsen er foretaget på FH Joanneum i Østrig, og resultaterne er præsenteret i MTZ 11/2002 [2].

I det følgende er der vist et uddrag af beskrivelser og resultater fra undersøgelsen. For uddybende oplysninger henvises til ovennævnte.

Undersøgelsens primære formål var at sammenligne emissionerne for en motor med henholdsvis originalt motorstyresystem og modificeret (chiptunet) styresystem. I tillæg blev også effekt og drejningsmoment samt temperatur og tryk i forbrændingskammer målt.

Det blev indledningsvis undersøgt, hvilken motor der oftest udsættes for chiptuning. Denne undersøgelse viste, at den oftest tunede motor er en 1,9 TDI fra VW, hvorfor en sådan blev valgt.

Undersøgelsen blev udført ved tests henholdsvis af motor i prøvebænk (steady-state) og med køretøj på rullefelt.

Den testede motor var en 1,9 TDI fra en Skoda Octavia. Den var gennemkørt et indkøringsprogram på godt 50 timer svarende til ca. 5.000 km.

Bilen var ligeledes en Skoda Octavia 1,9 TDI, årgang 2000, med ca. samme kilometertal som motoren.

Både motor og bil blev testet med fem forskellige konfigurationer af chiptuning samt den originale styring. Det fremgår ikke af testresultaterne, hvilke typer chiptuningsudstyr der blev anvendt.

Bilen blev gennemkørt efter NEDC (New European Driving Cycle), som defineret i direktiv 91/441, samt fuldlast acceleration, mens motoren blev gennemkørt steady-state fuldlasttest i henhold til direktiv 80/1269/EØF (måling af nettoeffekt).

#### 3.1.3.1 Måleresultater

##### *NEDC (91/441)*

Med undtagelse af forsøget med én af konfigurationerne viste forsøgene ikke betydelige forskelle i CO, HC, NO<sub>x</sub> eller partikelemission mellem de tunede versioner og standardudgaven. Det blev vurderet, at det skyldtes, at testcyklen ikke inderholder fuldlast eller fuld acceleration, men kun moderate accelerationer og hastigheder.

Konfigurationen, som afveg, viste i stort set samtlige forsøg meget større udslip af de forurenende stoffer end de øvrige konfigurationer. Det blev vurderet, at dette skyldtes, at denne version var betydeligt simplere konstrueret end de øvrige. Denne betegnes i det følgende som atypisk.

Måling af brændstofforbrug viste kun små forskelle mellem de forskellige konfigurationer og varierede mellem lidt højere og lidt lavere forbrug end standardudgaven.

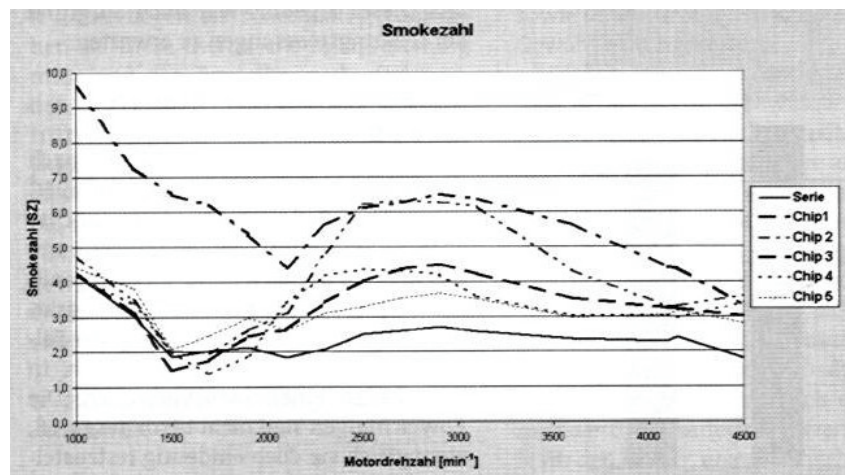
### Tests ved steady-state (motor i prøvebænk)

Effektmålingerne viste - med undtagelse af den atypiske konfiguration - ingen betydelig forskel mellem de tunede versioner og standardversionen op til ca. 1.700 omdr./min. I området fra 1.700 - 4.200 omdr./min. var der imidlertid betydelige forskelle. Maksimumsydelsen var for de forskellige konfigurationer 8-10% højere end standardversionen, hvilket dog var betydeligt mindre, end leverandørerne havde lovet. Samtlige leverandører havde lovet en effektforøgelse på 20-30%.

Brændstofforbruget varierede en del mellem de forskellige konfigurationer. Bortset fra den atypiske konfiguration, som lå langt over de øvrige, varierede merforbruget mellem 5-10% afhængigt af omdrejningstal. Ved lave omdrejninger var forbruget i de fleste tilfælde stort set som ved standardversionen, mens merforbruget var størst ved ca. 3.000 omdr./min.

Sodtallet, også kaldet "Bosch røgtallet", som ligesom opaciteten er et simpelt udtryk for partikelemission, viste voldsomme forøgelser i flere af forsøgene med de tunede konfigurationer.

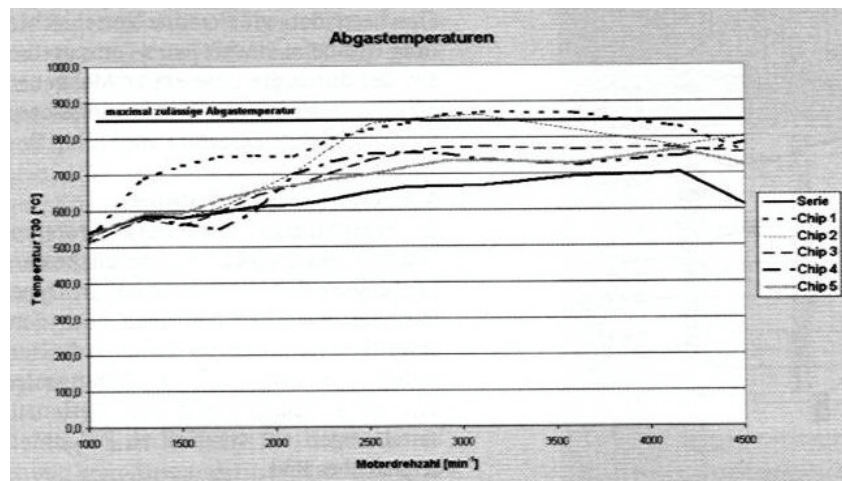
Som det fremgår af nedenstående figur, varierer det imidlertid meget mellem de forskellige konfigurationer, men det generelle billede er, at sodtallet øges betragteligt.



Figur 3-4. Sammenligning af sodtal (Bosch røgtal) ved fuldlast. Bosch røgtal er en ældre måleenhed I dag bruges røggastætheden (opacitet) oftest.

Røggastemperaturen er blandt andet et udtryk for belastning på systemet. Figuren nedenfor viser røggastemperaturen ved forskellige omdrejningstal.

På figuren er også indtegnet den maksimalt tilladelige temperatur, som turboladeren kan tåle. Hvis denne temperatur overstiges, bortfalder garantien. Temperaturen overstiges i to tilfælde, og i de øvrige tilfælde ses der ligeledes væsentlige temperaturstigninger for de chiptunede versioner i forhold til standardudgaven.

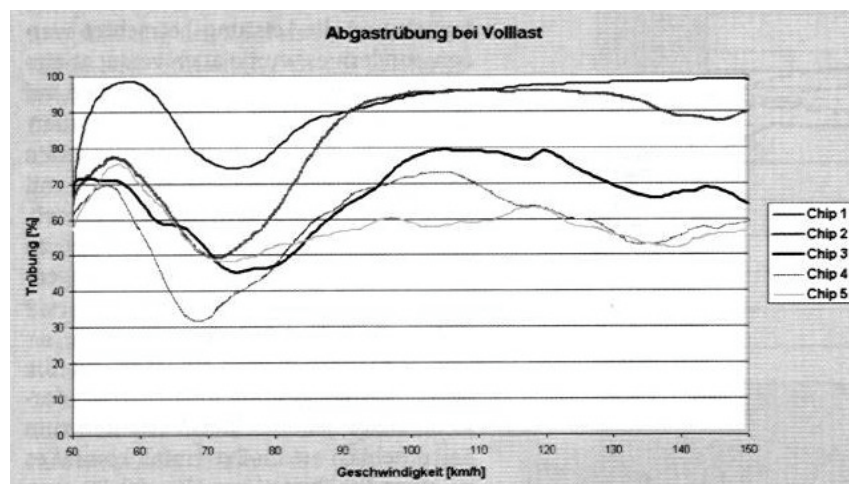


Figur 3-5. Røggastemperaturer.

Trykket i forbrændingskammeret er et udtryk for belastning på motorens vitale dele. Målingerne viste, at trykket steg ved alle tunede versioner og i visse tilfælde sås der ret markante stigninger. I ekstreme tilfælde var trykstigningen op til 20%.

#### *Fuldlast acceleration*

Måling af røggasopaciteten, som blev foretaget ved fuld acceleration i 4. gear op til ca. 150 km/h, viste stor forskel mellem de chiptunede konfigurationer og standardversionen. Mens der med standardversionen stort set ikke var synlig røg, var der med samtlige tunede konfigurationer voldsom røgdudvikling. Figuren nedenfor viser opaciteten ved de tunede udgaver. Skalaen går fra 0 til 100%. Ved 100% er røggassen så massiv, at der ikke kan trænge lys igennem.



Figur 3-6. Røggasopacitet ved forskellige hastigheder.

### 3.1.4 Konklusion

Undersøgelsen har vist, at der nok er gevinst ved at chiptune, men også at gevinsten i alle tilfælde har vist sig betydeligt mindre, end der på forhånd var lovet. I gennemsnit var effektforøgelsen 8-10%, mens der var lovet 20-30%.

Forsøgene viste, at der ved moderat kørsel, som testcyklen repræsenterer, generelt ikke er tegn på, at emissionerne øges betydeligt.

Dog viste et af tuningsættene i alle forsøgene særdeles dårlige resultater. Modellen blev vurderet til at være meget simpelt konstrueret og forholder sig tilsyneladende ikke til belastning eller andet, men tilfører blot ukritisk ekstra brændstof over hele motorens arbejdsområde.

Samtlige forsøg, som blev gennemført ved henholdsvis fuldlast og fuldlast acceleration, viste drastiske stigninger i røggassens opacitet for samtlige modificerede konfigurationer.

Sammenfattende må det konkluderes, at testresultaterne viser, at partikel-emissionen vil øges i forbindelse med tuning, men samtidig at meremissionen afhænger meget af driftsprofilen (køremåden) og chiptuningsudstyrets kvalitet.

Motorens levetid må forventes at blive reduceret, når der køres med højere tryk i forbrændingskammeret, og der er langt højere temperaturer i udstødningsgassen. Sidstnævnte kan blandt andet foranledige ødelagte ventiler og sammenbrud af turbolader.

## 3.2 Varebiler

### 3.2.1 Måling på VW Transporter

Nedenstående undersøgelse er foretaget på Teknologisk Institut i Århus. Formålet med testen var at sammenligne miljøegenskaberne for en motor med henholdsvis originalt motorstyresystem og modificeret (chiptunet) styresystem.

Der foreligger ingen officiel rapport over måleresultaterne.

Den testede bil var en VW Transporter årgang 1997. Bilen var forsynet med en femtrins manuel gearkasse.

Motoren var en firecylindret, firetaktsmotor type ACV med direkte indsprøjtning, turbolader og luft/luft intercooler.

Den enhed, der blev brugt til tuning, var en tuningsboks, som modificerer signalerne mellem motorens kontrolenhed (ECU) og indsprøjtningssumpen. Resultatet er en øgning af den brændstofmængde, som tilføres cylindrene. Boksen var forsynet med et potentiometer, hvormed brændstoffodseringen kunne justeres. Den blev indstillet ca. midt i justeringsområdet.

Der blev testet to konfigurationer:

1. Standardkonfiguration med original styring
2. Konfiguration med tuningsboks

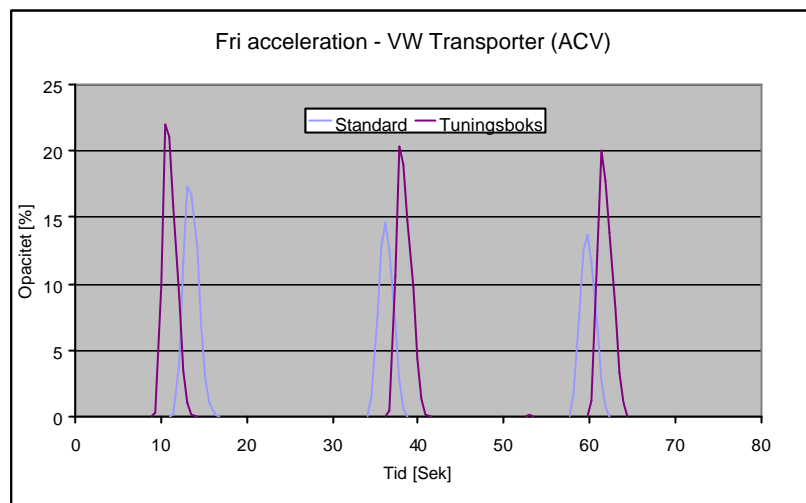
Der blev udført test med fri acceleration (synstest) og fuldlast acceleration.

### 3.2.1.1 Måleresultater

#### *Fri acceleration - testresultater*

Forsøget viser en stigning i opaciteten med tuningsboksen monteret, men værdierne er fortsat lave.

Med den originale styring er opaciteten  $0,28 \text{ m}^{-1}$ , og ved konfigurationen med tuningsboksen er den  $0,52 \text{ m}^{-1}$ . Den typespecifikke grænseværdi for det pågældende køretøj er  $0,70 \text{ m}^{-1}$ .

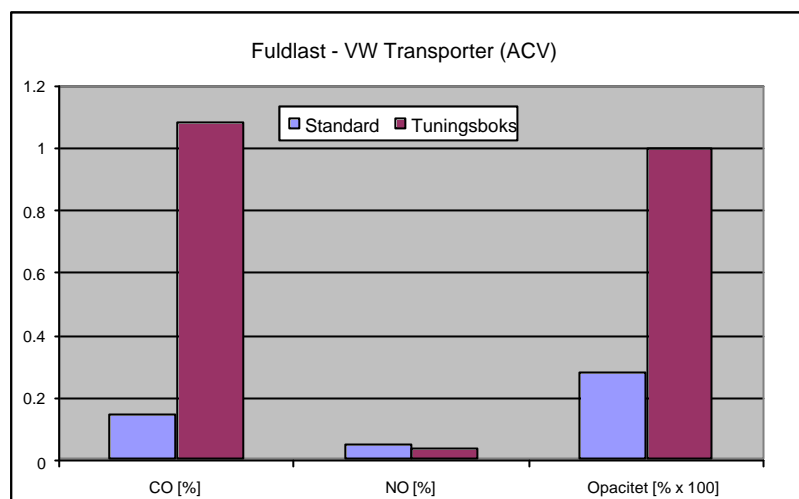


Figur 3-7. Sammenligning af opacitet ved fri acceleration (angivet i procent).

#### *Fuldlast acceleration - testresultater*

Målingen blev udført på rullefelt med fuldlast acceleration i 3. gear fra 1.000 omdr./min. til maksimum omdrejninger.

CO-emissionen og opaciteten i røggassen stiger voldsomt med tuningsboksen monteret, mens NO-emissionen falder.



Figur 3-8. Emissioner under fuldlasttesten (ved maksimumomdrejninger).

### 3.2.2 Konklusion

Testen ved fri acceleration viser en vis stigning i opaciteten med tuningsboksen monteret, men værdierne er fortsat lave. Boksen ville ikke have problemer med at blive godkendt i forbindelse med syn.

Derimod viser testen med fuldlast acceleration helt andre resultater. Her ses der en meget markant forskel i opaciteten mellem de to konfigurationer. Med tuningsboksen monteret når opaciteten op på 100% ved fulde omdrejninger. Det betyder, at røggasen er så massiv, at der ikke trænger lys igennem. Det er mere end en tredobling af opaciteten med den originale styring.

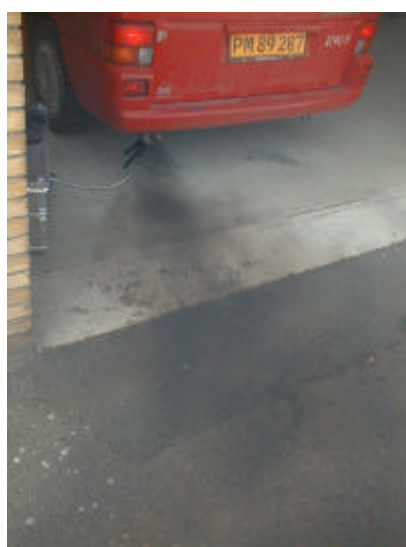
Det fremgår derfor, at synstesten (fri acceleration) i denne sammenhæng har visse uheldige begrænsninger, da den ville godkende tuningsboksen på trods af dens meget uheldige egenskaber, specielt ved fuldlast.

### 3.2.3 VW Transporter (TV SYD)

Nedenstående test blev foretaget for TV SYD i forbindelse med, at stationen havde sat fokus på chiptuning, og er medtaget i rapporten for at vise, hvordan resultatet af chiptuning kan se ud praksis. Motorstyringen er under testen forsynet med en tuningsboks. Måledata og diverse specifikationer er udeladt.



Bil l ede 3-1 og 3-2. Røgdviking under fuld lasttesten med tuningsboksen monteret.



Bil l ede 3-3 og 3-4. Nærbil l ede af røgfanen under fuld last. På bil l edet til højre ses tuningsboksen monteret i motorrummet.

Forsøget viser tydeligt en voldsom røgdledning fra bilen, når den belastes maksimalt. Med den originale styring var der ingen synlig røg.

### 3.3 Konklusion på måling på person- og varebiler

Måleresultaterne viser, at der er en betydelig risiko for meremission - specielt i form af partikler - ved chiptuning, men at omfanget afhænger af flere forhold. Forsøgene har vist, at driftsprofilen (køremåden) har den største betydning. Derefter er det tuningssættets kvalitet, som har betydning for resultaterne.

Måleresultaterne viser generelt, at der ved moderat kørsel med moderate accelerationer og hastigheder ikke er tegn på, at emissionerne øges betydeligt ved chiptuning. CO- og partikelemmissionen stiger i flere tilfælde markant regnet i procent, men holder sig fortsat på lave værdier.

Forsøgsresultaterne spænder imidlertid vidt. Der er eksempler på tuningsæt, som uanset testprocedure klarer sig dårligt. Effektførøgelsen er begrænset samtidig med, at emissionerne er høje. Samtidig er der også eksempler på bedre tuningsæt, som kan overholde emissionsgrænseværdierne, når de gennemkøres de testcykler, der anvendes i forbindelse med typegodkendelse og syn.

I forsøgene med fuldlast tegner der sig imidlertid et helt entydigt billede af, at der er tale om et betydeligt problem. I samtlige af disse forsøg øges partikel-emissionen markant, når der chiptunes. I flere tilfælde øges den med flere hundrede procent. CO-emissionen kan ligeledes stige markant under fuldlast.

Det skal understreges, at måleresultaterne kun gælder de specifikke konfigurationer af bil og motortyper og tuningsæt, og at der kunne fremkomme andre resultater og konklusioner, hvis andre konfigurationer blev testet.

### 3.4 Lastbiler

#### 3.4.1 Scania 124L TI

Testen er foretaget af MTC i Sverige, og resultaterne er rapporteret i rapport nr. MTC 6021 [3].

Der er i det følgende vist et udpluk af beskrivelse og resultater fra testen. For uddybende oplysninger henvises til ovennævnte rapport.

Formålet med testen var at sammenligne miljøegenskaberne for en motor med fabriksmonteret styresystem med miljøegenskaberne for en motor med et modificeret styresystem.

Den testede bil var en Scania 124L cab-over-motor, 96-model. Modellen var en 6x2\*4 (seks hjul, to hjulstræk, drejer på fire hjul). Bilen havde kørt 83.000 km. Lastbilen var forsynet med en Scania DSC1201 sekscylindres firetakts vandkølet motor med direkte indsprøjtning, turbolader og luft/luft intercooler. Maksimum ydelse for motoren var ifølge fabrikanten 294 kW ved 1.800 - 1.900 omdr./min. og maksimum moment var 1.810 Nm ved 1.900 omdr./min.

Den enhed, som blev anvendt til tuning, var en tuningsboks (plug-in-box), hvis formål er at modificere signalerne mellem motorens kontrolenhed (ECU) og indsprøjtningsspumpen. Resultatet er, at brændselsmængden, som tilføres cylindrene, øges. Da indsprøjtningstidspunktet på den pågældende motor ikke kan ændres, er det sikkert, at det eneste, boksen gør, er at øge indsprøjtningstiden for dieselpumpen.

Ifølge leverandøren skulle boksen resultere i en effektførøgelse på mellem 60-80 hk og en forøgelse af drejningsmoment på 400-600 Nm og et fald i brændstofforbruget på 5-10% (afhængigt af motortype). Boksen leveres klar til anvendelse, men er forsynet med justeringsskrue for små justeringer af indsprøjtningstiden (hhv. længere/kortere indsprøjtningstid).

Der blev gennemført tests på bilen med henholdsvis standardstyring, power-boks standard, power-boks increased (justeret til øget brændstoffmængde) og power-boks decreased (justeret til mindre brændstoffmængde). Der er gen-

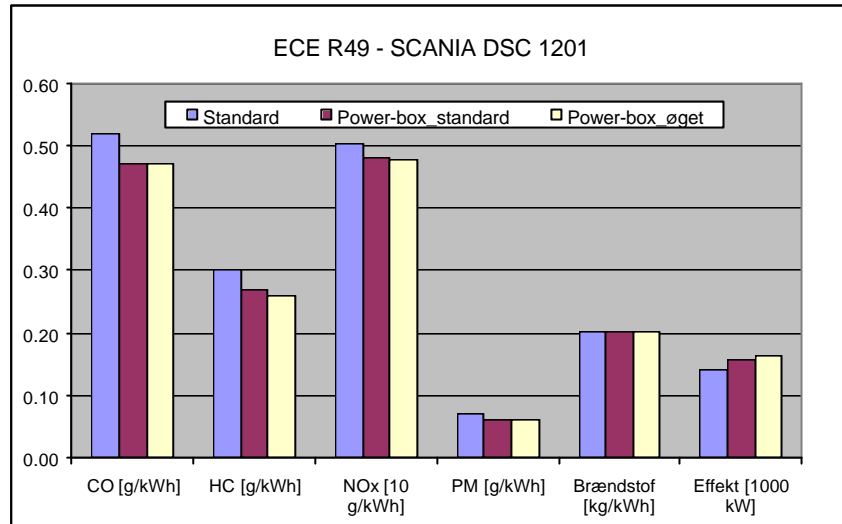


nemkørt test ved fuldlast, ECE R49 (stationær), ETC (transient) og fri acceleration.

Under testen ved fuldlast blev der ikke målt emission, men udelukkende effekt og moment. Måleresultaterne fra testen er derfor ikke medtaget i nærværende rapport, idet formålet primært er at sammenligne miljødata.

#### *ECE R49 - testresultater*

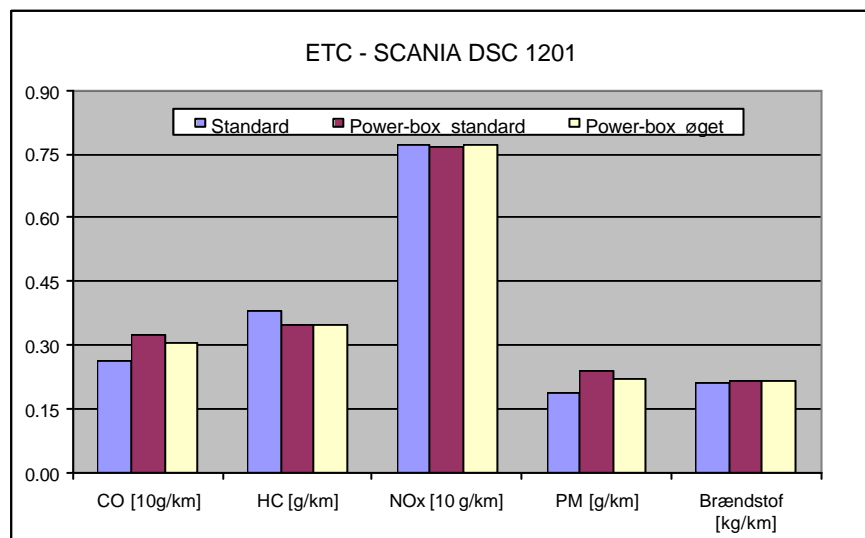
Resultaterne fra ECE R49-testen viser, at alle vægtede emissioner [g/kWh], CO, HC, NO<sub>x</sub> og PM, falder, når tuningsboksen er monteret. Det specifikke brændstofforbrug falder ligeledes, men dog begrænset.



Figur 3-9. Emission og brændstofforbrug under ECE R49-test.

#### *ETC - testresultater*

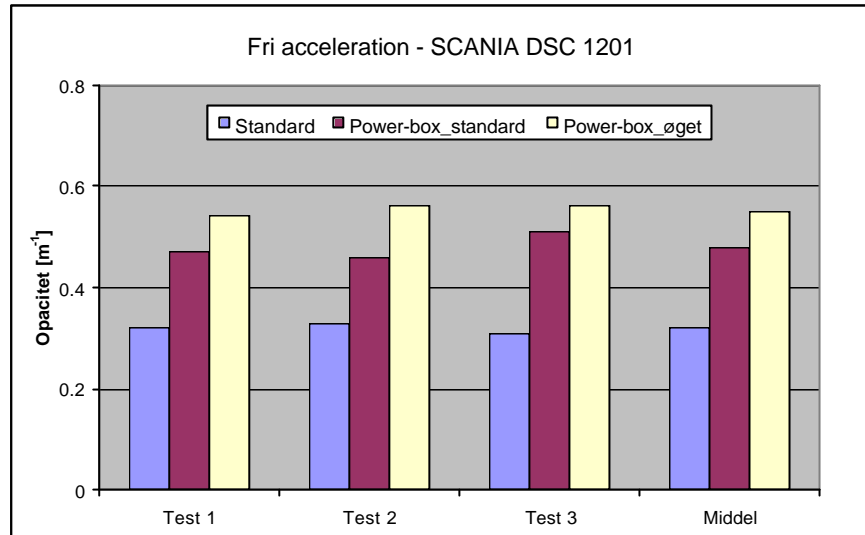
Resultaterne fra den transiente ETC-test viser, at CO- og PM-emissionerne samt brændstofforbruget stiger, HC-emissionen falder og NO<sub>x</sub>-emissionen forbliver nogenlunde uændret med tuningsboksen monteret.



Figur 3-10. Emission og brændstofforbrug under ETC-test.

### Fri acceleration - testresultater

Testen ved fri acceleration viser en stigning i røggassens opacitet på ca. 50% med standardindstilling for tuningsboksen. Med boksen indstillet til maksimalt brændstof stiger opaciteten med ca. 70%.



Figur 3-11. Sammenligning af opacitet i røggassen ved fri accelerationstesten. Den typespecifikke grænseværdi for det pågældende køretøj er 0,75 m<sup>-1</sup>.

#### 3.4.2 Konklusion

Med de standardiserede typegodkendelsestests (ECE R 49 og ETC) ændres emissioner og brændstofforbrug kun begrænset med tuningsboksen monteret uanset indstilling af boksen. Under testen i henhold til ECE R49 ses der små reduktioner i de vægtede emissioner [g/kWh].

Testen ved fri acceleration viser en betragtelig procentvis stigning i røggassens opacitet, med tuningsboksen monteret, men værdierne er dog fortsat lave.

Den aktuelle tuningsboks vil kunne overholde både EU-emissionsgrænseværdierne og kunne godkendes til syn på trods af at den, særligt under fri acceleration, forårsager betydelig større partikelemission end standardudgaven.

Det skal understreges, at måleresultaterne kun gælder den specifikke konfiguration af bil- og motortype samt tuningsæt.

## 4 Samlede miljømæssige effekter

Undersøgelsen viser, at det ikke umiddelbart er muligt at komme med et præcist skøn over de samlede miljømæssige effekter af tuning. Dette skyldes flere faktorer, men overordnet skyldes det, at antallet af chiptunede biler ikke har kunnet opgøres nøjagtigt, og samtidig at det er usikkert, hvor meget den enkelte chiptunede personbil, varebil eller lastbil forurener.

Hovedårsagen til, at det ikke kan opgøres, hvor meget den enkelte chiptunede bil vil forurene, er, at den vigtigste faktor, nemlig driftsprofilen (køremåden), som kan forventes af brugere af tunede biler, ikke er klarlagt.

Forsøgsresultaterne viser klart, at det er af afgørende betydning, hvorledes køretøjet anvendes.

Forsøgene har vist, at flere chiptuningsenheder kan overholde de gældende emissionsgrænseværdier, men samtidig at dette kun skyldes, at de testcykler, der anvendes i forbindelse med typogodkendelse, ikke i tilstrækkelig grad indeholder den type kørsel, som man må forvente, at folk, der mener, de har behov for flere hestekræfter, vil praktisere.

Samtlige forsøg med fuldlast viser, at partikelemissionen øges betragteligt. I flere tilfælde ses stigninger på flere hundrede procent. Da det samtidig netop er partikelemissionen, der anses som særlig sundhedsskadelig, og da denne vil stige betragteligt, når dieslbiler chiptunes, anses problemet for at være betydeligt, selvom det præcise omfang ikke kan opgøres.

De gasformige emissioner vil ikke øges betydeligt i forbindelse med chiptuning. I flere af de gennemførte forsøg ses der derimod små reduktioner i både  $\text{NO}_x$ -emissionen og brændstofforbruget.

Hvis der ønskes et mere præcist skøn over de samlede miljømæssige effekter af tuning, kunne det indhentes ved følgende tiltag:

- Der kunne udvikles testcykler, som indeholder mere realistisk kørsel end de nuværende cykler og dermed i højere grad indeholder kraftige accelerationer og høje hastigheder.
- Der kunne iværksættes en undersøgelse af omfanget af chiptunede biler og chiptuningsudstyr (mærke, model, type) ved at gennemføre en systematisk undersøgelse blandt bilejere.
- Endelig kunne der gennemføres forsøg med de ovennævnte testcykler med et repræsentativt udsnit af de chiptunede biler.

Dette ville medvirke til, at der kunne gives et mere præcist skøn over den samlede miljøbelastning fra chiptunede personbiler, varebiler og lastbiler.

## 5 Øvrige effekter

Ud over den betydelige risiko for øget emission er der risiko for andre negative effekter af chiptuning.

Eksempelvis må motorernes levetid forventes at blive reduceret, når der tunes. Tuning resulterer blandt andet i højere tryk i forbrændingskammer og højere temperaturer i udstødningsgassen. Det udsætter uvilkårligt nogle af motorens vitale dele for større belastning og kan i værste fald føre til motorhavari. Samtidig vil resten af bilens transmissionssystem, såsom gearkasse, differentiale og drivakslar ligeledes blive udsat for større belastning.

For bilejerne er der således flere risici ved at chiptune. Ud over risikoen for at mekanikken ikke kan holde til den øgede belastning, risikerer de desuden, at garantien ikke dækker, hvis de skulle få brug for det. Flere danske bilimportører annullerer samtlige garantiforpligtelser, hvis de opdager, at en bil er tunet. For visse bilmærker er det ikke kun garantien for motoren, der bortfalder, men for hele bilen.

Bilproducenterne risikerer, at deres omdømme ødelægges, hvis deres motorer ikke kan holde til de ekstra belastninger, de udsættes for, især hvis det ikke kan påvises, at et eventuelt motorhavari skyldes tuning. Derudover er det dårlig reklame, hvis et bilmærke ofte observeres med en røgsky ud af udstødningsrøret.

Endelig kan chiptuning have en negativ effekt på det ellers forbedrede image, som dieslbiler efterhånden har opnået ved hjælp af skrappe lovkrav og omfattende produktudvikling hos fabrikkerne. Dette image bliver ødelagt, hvis der ofte ses sorte skyer fra udstødningsrøret på nye dieslbiler.

# 6 Lovgivning

Lovgivning findes dels i form af EU-direktiver, dels i form af danske lovkrav. Nedenfor vises uddrag af relevante lovtekster og direktiver. Efterfølgende ses der på de muligheder, der i dag er for at sikre, at lovgivningen overholdes, og endelig inddrages erfaringer fra Sverige og Tyskland.

## 6.1 EU-direktiver

Krav til luftforurening fra motorkøretøjer er underlagt totalharmonisering inden for EU, og der er i de sidste årtier gennemført en betydelig skærpelse af kravene. For nyere køretøjer indeholder reglerne både grænseværdier for emission og krav til bilproducenterne, når de konstruerer elektroniske motorstyringer.

Det fremgår af direktiverne, at fabrikantens tekniske forholdsregler skal sikre, at emissionerne fra køretøjerne (person- og varebiler) eller motorerne (tunge køretøjer) reelt begrænses i overensstemmelse med direktivernes bestemmelser i køretøjernes normale liv og ved normal brug.

I ældre direktiver er dokumentationsforpligtelsen alene et spørgsmål om at vise overensstemmelse med gældende grænseværdier. I forbindelse med den stigende anvendelse af elektronisk motorstyring er der i nyere direktiver indført mere detaljerede regler for gøre det sværere at "snyde" testen. Det sker i form af forbud mod anvendelse af manipulationsanordninger og irrationel kontrolstrategi, krav om egendiagnosesystem og i form af bestemmelser om det elektroniske udstyrs sikkerhed. I det følgende er gengivet relevante lovtekster.

### 6.1.1 Manipulationsanordning

En manipulationsanordning er enhver anordning, som måler, registrerer eller reagerer på driftsvariable (f.eks. køretøjets hastighed, motorens omdrejningstal, det gear, der køres i, temperaturen, vakuum i indsugningsmanifolden eller enhver anden parameter) med henblik på at aktivere, modulere, forsinke eller deaktivere driften af en del af emissionskontrollsystemet, og som derved reducerer dets effektivitet under betingelser, som man med rimelighed kan forvente at komme ud for under køretøjets normale drifts- og brugsforhold, medmindre anvendelsen af en sådan anordning i stort omfang er medtaget i den anvendte prøvecyklus med henblik på emissionscertificering. Et sådant konstruktionselement betragtes ikke som en manipulationsanordning, såfremt

- anordningen er nødvendig for midlertidigt at beskytte motoren mod intermitterende driftsbetingelser, der kan føre til skade eller fejl, og der ikke kan anvendes andre foranstaltninger med samme formål, der ikke reducerer emissionskontrollsystemets effektivitet

- anordningen kun fungerer, når det er nødvendigt under start og/eller opvarmning af motoren, og der ikke kan anvendes andre foranstaltninger med samme formål, der ikke reducerer emissionskontrollsystemets effektivitet.

#### 6.1.2 Irrationel emissionskontrolstrategi

Irrationel emissionskontrolstrategi er enhver strategi eller foranstaltning, som resulterer i en nedsættelse af effektiviteten af emissionskontrollsystemet under normal kørsel til under det niveau, der er forventet ved den anvendte emissionsprøve.

#### 6.1.3 Egendiagnosesystem (OBD)

Egendiagnosesystem er et fejlfindingssystem med henblik på emissionskontrol, som er monteret i køretøjet, og som er i stand til at finde det sandsynlige fejlsted ved hjælp af fejlkoder i en computers hukommelse.

Systemet skal, ved overskridelse af forudindlagte grænseværdier i forureningskontrollsystemet, reagere med fejlmelding.

#### 6.1.4 Sikring af forureningskontrol i motorstyringer

Køretøjer med computerstyret forureningskontrol skal være indrettet således, at de hindrer ændringer bortset fra de af producenten tilladte. Producenten skal tillade ændringer, hvis de er nødvendige af hensyn til diagnosticering, eftersyn, vedligehold eller reparation af køretøjet. Der må ikke kunne ændres i omprogrammerbar edb-kode eller driftsparametre, som skal være mindst lige så godt beskyttet som anført i ISO DIS 15031-7 af oktober 1998 (SAE J2186 af oktober 1996). Det forudsættes, at dataudvekslingen finder sted ved hjælp af de protokoller og datastik, der er foreskrevet i punkt 6.5 i bilag XI, tillæg 1. Udtagelige kalibreringslagerchips skal være indkapslede, anbragt i lukket beholder eller beskyttet ved elektroniske algoritmer og må ikke kunne udskiftes uden brug af specialværktøj og -procedurer.

Edb-kodede driftsparametre for motoren må ikke kunne ændres uden brug af specialværktøj og -procedurer (f.eks. loddede eller indkapslede computerkomponenter eller forseglede (eller loddede) computerindslutninger).

For mekaniske brændstofindsprøjtningpumper på motorer med kompressionstænding skal producenten træffe tilstrækkelige forholdsregler til beskyttelse mod ændring af indstillingen af den maksimale brændstofafgivelse under driften.

Producenten kan anmode den godkendende myndighed om undtagelse fra et af disse krav for køretøjer, for hvilke sikring kan formodes ikke at være nødvendig. For indrømmelse af en sådan undtagelse tages følgende og eventuelt andre kriterier i betragtning af den godkendende myndighed: om der er højt-ydende chips til rådighed, om køretøjet har en høj største ydelse samt det sandsynlige salgstal for køretøjet.

Producenter, der anvender systemer med programmerbare edb-koder (f.eks. til sletbart, programmerbart læselager, EEPROM) skal forhindre uvedkommende i at ændre programmeringen. Producenterne skal benytte strategier til ekstra sikring og skrivebeskyttelse, som kræver elektronisk adgang til en eks-

tern computer, der drives af producenten. Metoder, der giver en passende beskyttelse mod indgreb fra uvedkommende, godkendes af myndigheden.

#### 6.1.5 Anvendelsesområder

Forbudet mod anvendelse af manipulationsanordninger blev indført i direktiv 98/69 og gælder for almindelige personbiler registreret første gang efter 1. januar 2001 og for almindelige varebiler registreret første gang efter 1. januar 2002. Samme anvendelsesterminer gælder for bestemmelserne vedrørende det elektroniske systems sikkerhed.

For lastbiler og busser blev forbudet mod anvendelse af manipulationsanordninger og irrationel kontrolstrategi indført i direktiv 2001/27 og gælder for motorer, der er registreret første gang efter 1. oktober 2001.

Reglerne om egendiagnosesystem (OBD) gælder for benzinbiler fra 1. januar 2001, for dieslbiler fra 1. januar 2004 og for dieselvarebiler fra 1. januar 2007. For lastbiler indføres reglerne 1. oktober 2006.

De detaljerede regler vil blive indbygget i andre direktiver i forbindelse med fremtidige justeringer, f.eks. i direktiverne om luftforurening fra mobile ikke-vejgående maskiner og traktorer.

EU-reglerne skal demonstreres opfyldt i forbindelse med typegodkendelse af køretøjer, før produktionen af den pågældende type kan igangsættes. EU-reglerne er således ikke direkte rettet mod køretøjer i brug. Indgreb over for disse køretøjer forudsætter national lovgivning.

## 6.2 Dansk lovgivning

Regler om køretøjer, herunder køretøjers miljøegenskaber, hører under trafikministerens område. Trafikministeren har henlagt beføjelser til at udstede regler om køretøjer til Færdselsstyrelsen. Regler om køretøjers indretning fremgår af bekendtgørelsen "Detailforskrifter for køretøjer" [4].

Regler om luftforurening fra biler er indført i dansk lovgivning fra midten af 80'erne og bygger på international regulering og er nu helt reguleret gennem EU, hvor der stilles krav til bilfabrikanterne om typegodkendelse af nye biler, for så vidt angår luftforurening.

For at sikre, at biler vedbliver at have et lavt forureningsniveau, er der indført krav om, at også ibrugtagne biler skal overholde de emissionsgrænser, der var gældende, da bilen blev registreret første gang, hvis der er foretaget konstruktive ændringer af motoren.

Den teknologiske udvikling har naturligvis påvirket bilmotorers konstruktion. Nye bilers motorer er styret elektronisk, og det forureningsbegrænsende udstyr er en integreret del af motorstyringen.

Ændring af den elektroniske motorstyring anses for at være en konstruktiv ændring af motoren og vil ifølge gældende regler betyde, at ejeren af en bil med ændret motorstyring er forpligtet til at fremstille bilen til syn, hvor der skal medbringes dokumentation for, at bilen overholder gældende emissionsgrænser.

I "Vejledning for Statens Bilinspektion" er der fastsat administrative retningslinier, hvoraf bl.a. følgende fremgår:

Ændringer, som foretages i forbindelse med tuning, hører ind under begrebet konstruktive ændringer. Når der foretages konstruktive ændringer, er hovedkravene som følger:

Bilen må ikke forurene og støje mere, end det var tilladt ved bilens 1. registreringsdato.

Det skal dokumenteres, at bilen efter ændringerne fortsat overholder emissionsgrænseværdierne. Dette kan gøres ved at få bilen målt i et godkendt prøvningslaboratorium (findes bl.a. i Sverige og Tyskland). Det kan også gøres ved at bygge bilen om, så den bliver identisk med en anden seriefremstillet model.

Bilen skal kunne holde til effektførogelsen (sikkerhed). Effektførogelse anses for at være sikkerhedsmæssigt forsvarlig, såfremt der kun sker op til 20% førogelse af effekten. Hvis der sker større effektførogelse, kræves dokumentation for bilens egnethed herfor. Dokumentationen kan bestå af en erklæring fra fabrikanten om bilens egnethed for effektførogelse eller evt. en beskrivelse af, hvilke ændringer der er påkrævet for, at bilen fortsat vil være sikkerhedsmæssigt forsvarlig. Andre former for dokumentation kan være TÜV-godkendelse i henhold til Merkblatt 751 eller dokumentation for, at bilen er teknisk identisk med en anden variant, der har højere effekt. Ved effektførogelse over 20% skal det tillige dokumenteres, at bilen ikke støjer mere end tilladt.

Bilen skal synes og godkendes med ændringerne. Når der er foretaget konstruktive ændringer, skal bilen altid fremstilles til syn, og der skal oplyses om ændringerne. Efterfølgende vil det fremgå af registreringsattesten, at der er foretaget konstruktive ændringer.

### 6.3 Håndhævelse af reglerne

På Statens Bilinspektion (SBI), som forestår kontrol og inspektion af biler i Danmark, er man godt klar over, at især chiptuning er meget udbredt, men SBI har kun ringe mulighed for gøre noget ved problemet, da det næsten er umuligt at afsløre et tunet køretøj, som forholdene er i dag.

Ved periodisk syn måles ikke effekt, og der er i dag ikke mulighed for at afprøve bilerne ved fuldlast, hvor chiptuning primært har sin virkning. Derimod måles der ved dieslbiler opacitet ved fri acceleration.

Denne måling vil kun i få tilfælde afsløre chiptuning, da der, som forsøgene har vist, nok ses en betragtelig procentvis stigning i partikelemissionen ved chiptuning, men måleværdierne holder sig ved gode tuningssæt fortsat under de generelle grænseværdier.

Selvom der pr. 1. juli 2003 er indført typespecifikke grænseværdier for opacitet, kan disse overholdes af gode tuningssæt, da grænseværdierne, selvom de er sænket betydeligt, er nødt til at give plads til måleusikkerhed/variation, samt at emissionen kan stige med slid på motoren. Omvendt vil nogle chiptunede biler have større røgdviking, og ved periodisk syn vil disse chiptunede biler formodentligt ikke kunne godkendes.



I tillæg til, at ikke alle tuningssættene vil kunne afsløres i synstesten, kommer, at det ofte er meget enkelt at slå chiptuningen fra, mens man er til syn. Nogle fabrikater har kontakter i kabinen eller tilmed fjernbetjening, men ellers skal man blot fjerne strømmen til boksen for at slå den fra.

Den eneste mulighed den synsansvarlige har for at afsløre et eventuelt tuningssæt er, hvis han ser en eventuel tuningsboks.

SBI har da også erkendt, at man kun har ringe mulighed for at afsløre chip-tunede køretøjer, sådan som forholdene er i dag.

#### 6.4 Sverige og Tyskland

I forbindelse med arbejdet med nærværende rapport har Teknologisk Institut kontaktet kilder i Sverige og Tyskland for at høre, hvordan problemet håndteres der.

I Sverige har man taget stilling til problemet, og man har også gjort tiltag for at løse det. I henhold til "Kungörelser med föreskrifter om bilavgaskontroll" [5], kræves det, at *bilproducenten* skal godkende et tuningssæt, for at det er lovligt. Generelt gælder det i Sverige, at alle ændringer, som foretages på en bil, og som hører under et direktiv eller lovkrav, skal godkendes af bilfabrikanten.

I Tyskland er man også opmærksom på problemet, og man er netop nu i færd med at afdække problemets omfang. Man har dog, ifølge de kilder Teknologisk Institut har haft kontakt til, ikke endnu gjort noget for at løse problemet.

#### 6.5 Konklusion

Krav til luftforurening fra biler er underlagt totalharmonisering inden for EU, og der er i de sidste årtier gennemført en betydelig skærpelse af kravene. For nyere køretøjer indeholder reglerne både grænseværdier for emission og krav til bilproducenterne, når de konstruerer elektroniske motorstyringer. Bilproducenterne er i dag pålagt at udforme motorstyringer, så de bedst muligt sikres mod indgreb fra uvedkommende.

Konkret sker det i form af forbud i EU-reglerne mod anvendelse af manipulationsanordninger og irrationel kontrolstrategi og regler vedrørende det elektroniske systems sikkerhed. Forbudet i EU-reglerne mod anvendelse af manipulationsanordninger gælder for almindelige personbiler registreret første gang efter 1. januar 2001 og for almindelige varebiler registreret første gang efter 1. januar 2002. Samme anvendelsesterminer gælder for bestemmelserne vedrørende det elektroniske systems sikkerhed.

Samtidig stilles der krav om, at der i motorstyringerne er et egendiagnosesystem (OBD), som skal kontrollere, at emissionskontrollsystemet fungerer korrekt, og fejlmelde hvis der registreres afvigelser. Reglerne om egendiagnosesystem (OBD) gælder for benzinbiler fra 1. januar 2001, for dieslbiler fra 1. januar 2004 og for dieselvarebiler fra 1. januar 2007.

For lastbiler og busser gælder forbudet i EU-reglerne mod anvendelse af manipulationsanordninger og irrationel kontrolstrategi for motorer, der registreres første gang efter 1. oktober 2001. Reglerne om egendiagnosesystem (OBD) indføres 1. oktober 2006.

EU-reglerne skal demonstreres opfyldt i forbindelse med typegodkendelse af køretøjer før produktionen af den pågældende type kan igangsættes. EU-reglerne er således ikke direkte rettet mod køretøjer i brug. Indgreb over for disse køretøjer forudsætter national lovgivning.

I de danske regler stilles der krav om, at de *emissionsgrænser*, som var gældende ved bilens første registreringsdato, dokumenteres overholdt, når der udføres konstruktive ændringer på ibrugtagne biler.

Hvis effektforøgelsen overstiger 20%, skal det samtidig dokumenteres, at støjkrav er overholdt, og at bilen kan holde til effektforøgelsen (sikkerhed). Endelig skal bilen synes og godkendes med ændringerne.

Chiptuning, som det kendes i dag, falder efter Teknologisk Instituts vurdering klart ind under definitionen på manipulationsanordninger og kan derfor forhindres - også for ibrugtagne biler - ved at henvise til, at *direktivet* om luftforurening og ikke kun de *emissionsgrænser*, der var gældende ved bilens første registreringsdato, skal overholdes efter konstruktive ændringer.

På Statens Bilinspektion, som forestår kontrol og inspektion af biler i Danmark, er man godt klar over, at især chiptuning er meget udbredt, men man har kun ringe mulighed for at sikre, at reglerne følges. Den nødvendige dokumentation foreligger sjældent, og samtidig er det næsten umuligt at afsløre et chiptunet køretøj, som forholdene er i dag. De kontrolmålinger, der udføres, er kun i stand til at afsløre et fåtal af chiptuningssættene, og samtidig er mange chiptuningssæt indrettet, så det er muligt at frakoble dem enten med fjernbetjening eller med en kontakt placeret i førerkabinen.

# 7 Diskussion af løsningsmodeller

I forbindelse med afslutning af projektet er det blevet diskuteret, hvilke tiltag der kan gøres for at begrænse problemet med chiptuning.

## 7.1 Skærpede krav til bilproducenter i EU-lovgivningen

Kravene til bilproducenterne kan skærpes yderligere med henblik på at sikre, at motorstyresystemerne i endnu højere grad udformes, så de ikke kan manipuleres. En sådan skærpelse af reglerne skulle have til formål at gøre det sværere at chiptune nye biler. Det kunne i første omgang også overvejes at rejse sagen i EU for at få afklaret, om de nuværende regler er gode nok, men blot ikke efterleves i tilstrækkelig grad.

Problemet er, at det vil være en langsommelig proces, da det skal gennem hele EU-systemet. Samtidig er kravene til producenterne i forvejen meget skrappe, og endelig er det næppe muligt at implementere sikkerhedssystemer i motorstyringer, som er 100% sikre.

## 7.2 Stramning af den danske lovgivning

Det bedste bud på et tiltag, som kan forventes at have den ønskede effekt, vil efter Teknologisk Instituts opfattelse være at stramme lovgivningen således at *direktivet* om luftforurening og ikke kun *emissionsgrænserne*, skal overholdes efter konstruktive ændringer.

Dette kan eventuelt kombineres med et forbud mod salg af chiptuningsudstyr. Samtidig kan der indføres restriktioner for både leverandører og bilejere, hvis loven brydes.

En anden mulighed er at ændre den danske lovgivning efter den svenske model, hvor det kræves, at *bilfabrikanten* har godkendt et tunings sæt, for at det er lovligt. Dette vil indebære, at alle ændringer vil være i overensstemmelse med EU-lovgivningen.

Løsningen synes umiddelbart at være i alles interesse. Det ville fortsat være muligt at chiptune, men både miljøet, bilproducenter, importører og bilejerne ville være sikret, at det ville foregå under kontrollerede og lovlige forhold.

## 7.3 Indførelse af yderligere kontrolforanstaltninger

Der kan indføres nye kontrolordninger eller tests. Der kan for eksempel indføres en fuldlasttest i forbindelse med periodisk syn eller i forbindelse med, at politiet observerer en bil der ryger og dermed får mistanke om, at den er tunet. Forsøgene har vist, at en sådan test med stor sandsynlighed vil kunne afsløre, at en bil er chiptunet.

Problemet med denne løsning er imidlertid for det første, at det vil være en særdeles omfattende og bekostelig affære at indføre en sådan test, og for det andet at tuningsudstyret ofte kan slås fra. Testen ville således fejlagtigt kunne bestås, selvom bilen er chiptunet.

Man kunne også overveje at bede SBI om at indføre en skærpet visuel kontrol med specielt turboladede dieselmotorer ved periodisk syn for - om muligt - at afsløre en større andel chiptunede biler ved periodisk syn.

#### 7.4 Opfordring til bilimportører/forhandlere

Bilimportørerne og bilforhandlerne kan opfordres til at melde klart ud, at de ikke tolererer chiptuning, og at garantiforpligtelser ved chiptuning bortfalder. Denne løsning vil formentlig have en afskrækkende effekt på nogle potentielle købere og vil således have en dæmpende effekt på salget af chiptuningsudstyr.

#### 7.5 Generel oplysning

Søgningen på Internettet har blandt andet vist et behov for oplysning for at gøre det almindeligt kendt, hvad der er gældende lov, og hvad tuning reelt betyder for holdbarhed, garanti mm. Situationen i dag er, at mange er i tvivl, og ligeså mange kommer med forkerte oplysninger.

Hvis folk blev opmærksomme på de reelle forhold, kunne det medvirke til at begrænse lysten til at chiptune.

En oplysningskampagne kunne evt. kombineres med et eller flere af ovennævnte tiltag.

#### 7.6 Konklusion

Diskussionen har ført til den vurdering, at der ikke umiddelbart er tekniske løsningsmodeller, som kan sikre, at chiptuning begrænses. Med tekniske løsningsmodeller menes eksempelvis krav til konstruktion af motorstyringer eller kontrolordninger i form af fysiske tests.

Det vurderes, at de fleste systemer, som kan implementeres i motorstyringen med henblik på at sikre mod indgreb, kan omgås. Samtidig er der i forvejen skrappe krav til, at bilproducenterne gør alt for at sikre motorstyringer mod indgreb fra uvedkommende.

Med hensyn til mulige kontrolforanstaltninger vurderes det ligeledes, at disse kun vil have ringe effekt, da chiptuning er næsten umulig at afsløre, uanset hvilken test der måtte indføres.

Det vurderes derfor, at det bedste bud på tiltag, som kan forventes at have den ønskede effekt, er at stramme lovgivningen.

Det kan forbydes at sælge chiptuningsudstyr. Samtidig kan der indføres sanktionsmuligheder for både leverandører af tuningsæt og bilejere, hvis loven brydes.

Alternativt kan loven ændres efter svensk model. I Sverige kræves det, at *bilfabrikanten* har godkendt et tuningssæt, for at det er lovligt.

Endelig anbefales det, at der gennemføres en målrettet oplysningskampagne, så det bliver almindeligt kendt, hvorledes forholdene er. Denne kampagne kunne eventuelt gennemføres i samarbejde med bilimportører og forhandlere, som også må forventes at have en interesse i, at problemet løses.



# Referenceliste

- [1] "Emissions from electrically tampered passenger car diesel engine",  
MTC 6022, MTC AB 2001/04
- [2] "Chip-Tuning, Ein aktuelles Phänomen und seine Folgen",  
MTZ 11/2002
- [3] "Emissions from electrically tampered heavy duty diesel engine",  
MTC 6021, MTC AB 2001/04
- [4] "Detailforskrifter for køretøjer", 2003
- [5] "Kungörelser med föreskrifter om bilavgaskontroll"; SNFS (1992:12)





# Appendiks A: Grænseværdier for emission i EU

Tabellerne nedenfor angiver grænseværdier for emission fra lette køretøjer. (kilde: www.dieselnet.com)

**Table 1**  
EU Emission Standards for Passenger Cars, g/km

Tier	Year	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Diesel</b>						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
<b>Petrol (Gasoline)</b>						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-

† Values in brackets are conformity of production (COP) limits.  
a - until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits)

**Table 2**  
EU Emission Standards for Light Commercial Vehicles, g/km

Class <sup>*</sup>	Tier	Year	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Diesel</b>							
N1, Class I <1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14
	Euro 2	1998.01	1.0	-	0.60	-	0.10
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
N1, Class II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19
	Euro 2	1998.01	1.2	-	1.1	-	0.15
	Euro 3	2002.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04
N1, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25
	Euro 2	1998.01	1.35	-	1.3	-	0.20
	Euro 3	2002.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06
<b>Petrol (Gasoline)</b>							
N1, Class I <1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-
	Euro 2	1998.01	2.2	-	0.50	-	-
	Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-
	Euro 4	2005.01	1.0	0.1	-	0.08	-
N1, Class II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-
	Euro 2	1998.01	4.0	-	0.65	-	-
	Euro 3	2002.01	4.17	0.25	-	0.18	-
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.10	-
N1, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-
	Euro 2	1998.01	5.0	-	0.80	-	-
	Euro 3	2002.01	5.22	0.29	-	0.21	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-

\* For Euro 1/2 the weight classes were Class I < 1250 kg, Class II 1250-1700 kg, Class III > 1700 kg.

Figur 0-1. Grænseværdier for emission i EU.

# Appendiks B: Testcykler

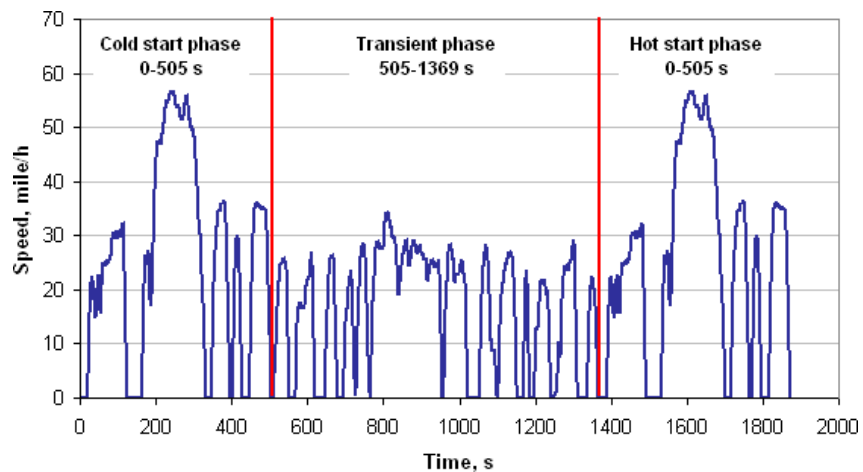
## UDC/FTP 75

Testcyklen anvendes i USA til miljøcertificering af personbiler i henhold til "Tier 1 light-duty standards".

Testvarigheden er i alt 1.874 sek. og inkluderer 10 minutters stop af motoren. Testen er inddelt i tre faser, og den samlede kørselslængde er 17,77 km. Gennemsnitshastigheden er 34,1 km/h.

Testforløbet er som følger:

- Første del er en koldstartsfase, hvor motoren før start er afkølet i mindst 6 timer.
- Anden del, som starter umiddelbart i forlængelse af første, simulerer bykørsel med moderate accelerationer og hastigheder.
- Tredje del er identisk med første, men starter med varm motor. Motoren er stoppet i 10 min., før testen begynder.

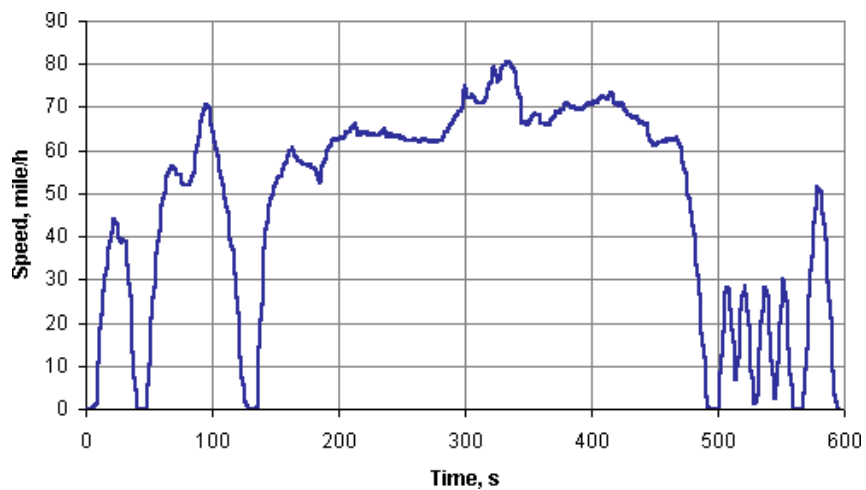


Figur 0-1. Testcykel iht. UDC/FTP 75. (kilde [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com)). Bemærk, at hastigheder er angivet i mile/hour.

## US06

Testcyklen er udviklet som et supplement til FTP 75. Den repræsenterer højere hastigheder og kraftigere accelerationer efter opstart. Testen udføres med fuldt opvarmet motor.

Den samlede kørselslængde er 12,8 km, og gennemsnitshastigheden er 77,9 km/h. Maksimumshastighed er 129,2 km/h, og den samlede varighed er 596 sek.



Figur 0-2. Testcykel iht. US06. (kilde [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com))

### **Fri acceleration (EU-direktiv 72/306/EEC)**

Testens udføres ved, at motoren accelereres op til maksimale omdrejninger uden udefrakommende belastning. Belastningen kommer udelukkende fra inertien i motorens bevægelige dele.

I testen måles opacitet i røggassen. Opaciteten er et udtryk for "røgtæthed" i udstødningsgassen og måles ved, at udstødningsgassen gennemlyses. Jo mindre lys, der trænger gennem røggassen, jo højere er opaciteten. Det er således en enkel måde at få et indtryk af mængden af partikler i røggassen.

Testen anvendes blandt andet i forbindelse med periodisk syn af dieslbiler.

### **Fuldlasttest (EU-direktiv 80/1269/EØF)**

Testen foretages med motor i prøvebænk (steady state). Testen påbegyndes ved lavt omdrejningstal og forløber langs motorens maksimale effektkurve hele vejen til motorens afreguleringsomdrejningstal.

### **Fuldlastacceleration**

Testen er en rullefeltstest, hvor motoren kører med fuld belastning. Testen køres i et af bilens højeste gear, og operatøren holder speederen i bund under hele testen, som påbegyndes ved lavt omdrejningstal og forløber langs motorens maksimale effektkurve hele vejen til motorens afreguleringsomdrejningstal.

## NEDC (New European Driving Cycle) iht. 91/441

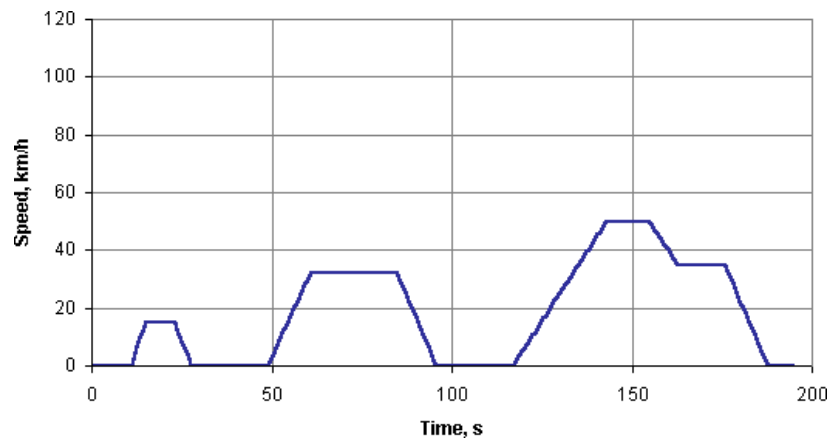
Testcyklen anvendes i forbindelse med typegodkendelse af personbiler i EU.

Den samlede testcyklus inkluderer fire segmenter af ECE-cyklen (bykørsel) umiddelbart i forlængelse af hinanden efterfulgt af et EUDC-segment (landevejskørsel). Før testen indledes, er motoren afkølet i mindst 6 timer.

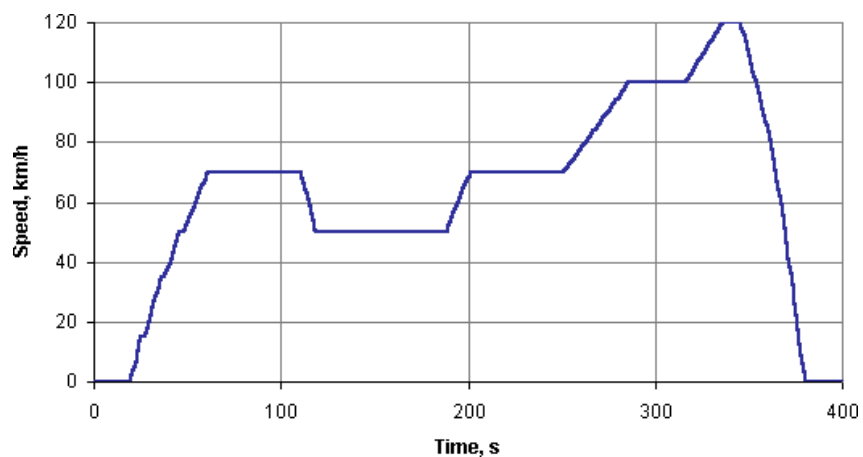
Motoren er efterfølgende startet og opvarmet i 40 sekunder, før testen indledes.

I direktiv 98/69 (Euro 3 og Euro 4) er perioden med opvarmning af motoren fjernet, og testen starter således med kold motor.

Figurerne nedenfor viser de to segmenter af testcyklen.



Figur 0-3. NEDC (by). (kilde [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com))



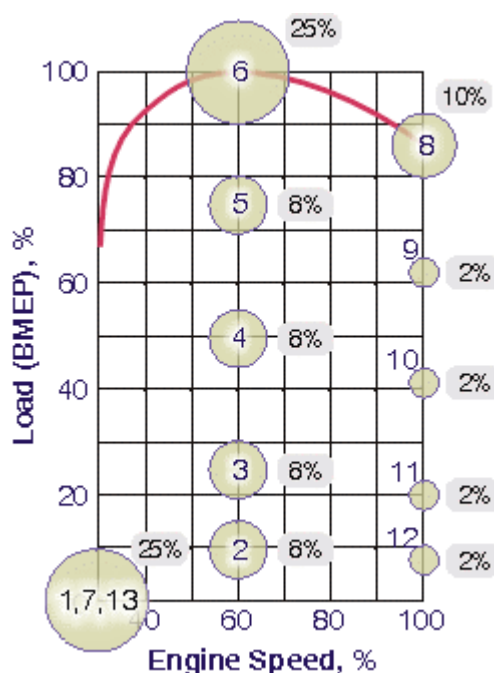
Figur 0-4. NEDC (landevej). (kilde [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com))

## ECE R 49

ECE R 49-testcyklen er en 13-punkts steady-state dieselmotor testcyklus. Testen har været anvendt ved typegodkendelser af tunge køretøjer indtil vedtagelsen af direktiv 1999/96 (Euro 3 og Euro 4). Her blev testen modificeret en smule og omtales nu som ESC (European Stationary Cycle)-testen.

Testen udføres ved, at der gennemkøres en sekvens med 13 forskellige kombinationer af motoromdrejninger og belastning. For hvert punkt måles udstødningsemissioner i g/kWh.

Det samlede resultat er en vægtet middelværdi af måleværdier fra de 13 punkter. Testkonditionerne og vægtningsfaktorerne fremgår af figuren nedenfor. Størrelsen af cirklerne i figuren er proportional med vægtningen af de forskellige punkter.



Figur 0-5. ECE R49 testcyklus (kilde: [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com))

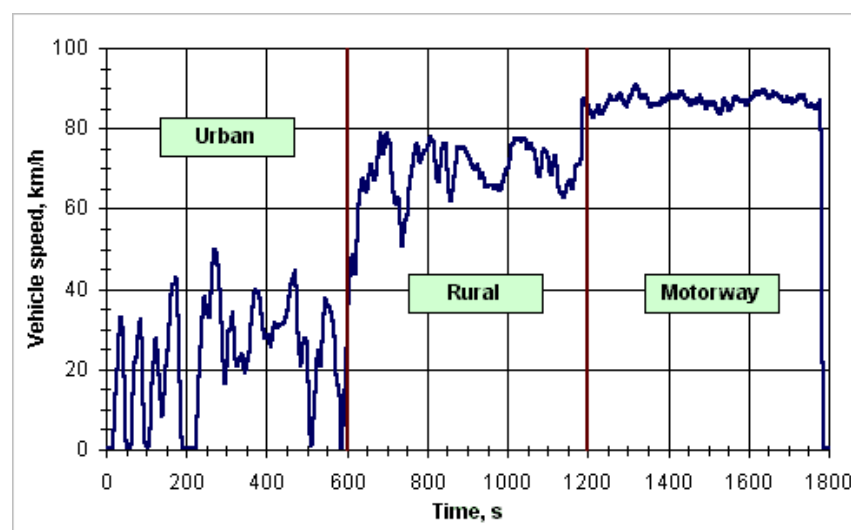
## ETC (European Transient Cycle)

ETC-testcyklen blev introduceret sammen med ESC-cyklen, og har siden 2000 været anvendt i EU ved typegodkendelse af tunge køretøjer forsynet med efterbehandlingsudstyr.

Testcyklen simulerer forskellige kørselssituationer og indeholder bykørsel, landevejskørsel og motorvejskørsel. Den samlede varighed er 1.800 sekunder, og cyklen er inddelt i tre lige store dele af 600 sekunder. Den samlede køreafstand er 29,492 km.

- Første del simulerer bykørsel, hvor den maksimale hastighed er 50 km/h og med jævnlige start/stop og tomgang. Den samlede køreafstand er 3,825 km.
- Anden del simulerer landevejskørsel og starter med kraftig acceleration. Gennemsnitshastigheden er ca. 72 km/h. Køreafstand er 11,245 km.
- Tredje del simulerer motorvejskørsel med en gennemsnitshastighed på omkring 88 km/h. Køreafstand er 14,422 km.

Figuren nedenfor illustrer testcyklen.



Figur 0-6. ETC-testcykel (kilde: [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com)).