

Analyse af Danmarks muligheder for at reducere emissionerne af NO_x i 2010

Hovedrapport

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	15
1 INDLEDNING	23
1.1. BAGGRUND	23
1.2 REDEGØRELSENS FORMÅL	24
1.3 REDEGØRELSENS OMFANG OG INDHOLD	25
1.4 SITUATIONEN FOR EU15.	25
2 NATIONALE KILDER	27
2.1 OPGØRELSESMETODE FOR STATIONÆRE FORBRÆNDINGSANLÆG	29
2.1.1 <i>Energiproducenttællingen</i>	30
2.2 OPGØRELSESMETODE FOR MOBILE ANLÆG	31
3 REGULERING MED BETYDNING FOR NO_x-EMISSIONEN	32
3.1 EU REGULERING	32
3.1.1 <i>EU Direktiver for stationære kilder</i>	32
3.1.2 <i>EU direktiver for mobile kilder</i>	33
3.2 REGULERING I DANSK LOV AF STATIONÆRE ANLÆG	33
3.2.1 <i>Godkendelsesbekendtgørelsen</i>	34
3.2.2 <i>Bekendtgørelse om NO_x, SO₂ og støv fra store fyringsanlæg</i>	34
3.2.3 <i>Bekendtgørelse om gasmotorer og gasturbiner</i>	35
3.2.4 <i>Bekendtgørelse om anlæg, der forbrænder affald</i>	36
3.2.5 <i>Kvotebekendtgørelsen</i>	36
3.2.6 <i>CO₂-kvoteloven</i>	37
3.2.7 <i>Regulering af offshoreindustrien</i>	38
3.2.8 <i>Energiafgifter</i>	38
3.3 REGULERING I DANSK LOV AF MOBILE KILDER	39
3.3.1 <i>Vejgående køretøjer</i>	40
3.3.2 <i>Ikke-vejpgående kilder</i>	41
4 FREMSKRIVNING AF NO_x-EMISSIONER	43
4.1 INDLEDNING	43
4.2 STATIONÆRE KILDER	43
4.2.1 <i>Brændselsforbrug</i>	44
4.2.2 <i>Emissionsfaktorer</i>	45
4.2.3 <i>Emissioner</i>	45
4.3 TRANSPORTSEKTOREN	47
4.3.1 <i>Vejtrafikken</i>	47
4.3.2 <i>Andre mobile kilder</i>	48
4.3.3 <i>Sammenfatning mobile kilder</i>	50
4.4 FREMSKRIVNING FOR SAMTLIGE KILDER	50
5 UNDERSØGTE REDUKTIONSTILTAG	52
FORMÅL MED KAPITLET	52
5.1 INDLEDNING	52

5.2	SAMMENFATNING	53
5.3	REDUKTIONSMULIGHEDER	54
5.4	TILTAG EFTER SEKTOR	57
5.5	OMKOSTNINGSEFFEKTIV OPFYLDELSE AF NOX-MÅLSÆTNING	60
5.6	FØLSOMHEDSANALYSER	63
5.6.1	<i>Ændrede priser på miljøeffekter</i>	64
5.6.2	<i>Ændrede investeringsbeløb</i>	65
5.6.3	<i>Ændret velfærdsøkonomisk kalkulationsrente</i>	65
5.6.4	<i>Ændrede priser på brændsler, el og CO₂</i>	66
5.6.5	<i>Ændret fordeling af elfortrængning</i>	66
5.6.6	<i>Ændret afsætning af el ved boosting</i>	66
5.6.7	<i>Worst case og best case</i>	67
5.6.8	<i>Konklusion for følsomhedsanalyserne</i>	68
6	REFERENCER	69
	BILAG A KOMMISSORIUM	73
	BILAG B GRÆNSEVÆRDIER OG EMISSIONSNORMER	79
	GRÆNSEVÆRDIER FOR ANLÆG FRA 120 kW OG OPEFTER	80
	GRÆNSEVÆRDIER FOR AFFALDSFORBRÆNDINGSANLÆG OG ANLÆG DER MEDFORBRÆNDER AFFALD	82
	UDSTØDNINGSNORMER FOR MOBILE KILDER	83
	BILAG C ORGANISATIONER MV. DER HAR DELTAGET I ARBEJDSGRUPPEN	85
	DELTAGERLISTE FOR ARBEJDSGRUPPEN PR. MARTS 2006 FOR	86

Forord

Ifølge EU's direktiv om nationale emissionslofter, 2001/81/EF, må emissionen af kvælstofoxider, NO_x, fra samtlige danske kilde fra og med 2010 ikke overskride 127.000 tons NO_x. Samme målsætning indeholdt i Gøteborg-protokollen fra 1999 under FN's konvention om langtransporteret grænseoverskridende luftforurening. De hidtidige fremskrivninger fra 2002 indikerede at emissionerne kunne forventes at ligge væsentligt over loftet. Miljøstyrelsen nedsatte derfor i 2003 en arbejdsgruppe med repræsentation fra alle relevante myndigheder og organisationer med den opgave at redegøre for tekniske muligheder for at reducere NO_x-emissionerne og deres samfundsøkonomiske konsekvenser. Nærværende rapport er resultatet af dette arbejde, der afsluttedes i maj 2006.

Sammenfatning og konklusioner

Siden FN's Geneve-konvention blev vedtaget i 1979, har man samarbejdet internationalt om at begrænse den grænseoverskridende luftforurening. Gennem en række protokoller, senest Gøteborg-protokollen fra 1999, er der opstillet lofter for, hvor meget landene må slippe ud af forskellige luftforurenende stoffer fra og med 2010.

Et tilsvarende arbejde har fundet sted indenfor EU, og i 2001 vedtog EU's miljøministre, NEC-direktivet 2001/81/EF, som indeholder emissionslofter for EU-landene.

Ifølge de foreliggende beregninger af emissionerne i 2010 for Danmark forventes emissionerne af svovldioxid (SO₂), organiske kulbrinter (VOC) og ammoniak at ligge under loftet fra og med 2010. For kvælstofoxider (NO_x) har fremskrivningerne derimod hidtil vist en overskridelse af loftet.

Det danske emissionsloft for NO_x er 127.000 tons ifølge såvel Gøteborg-protokollen som NEC-direktivet. NEC-direktivet kræver, at medlemsstaterne senest i 2006 udarbejder nationale programmer for reduktion af emissionen af stofferne, så lofterne kan overholdes.

Formålet med denne redegørelse er at udgøre et teknisk og økonomisk grundlag for beslutninger om, hvordan Danmark kan opfylde loftet på 127.000 tons NO_x i 2010. Rapporten er udarbejdet af en arbejdsgruppe med deltagelse fra en række ministerier organisationer, jf. deltagerlisten i bilag C. Arbejdsgruppen er ansvarlig for rapportens indhold.

Tæt på at overholde loftet

Fra 1985 til 2004 blev Danmarks samlede NO_x emissioner reduceret med ca. 112.000 tons fra 293.000 tons til 181.000 tons. Fra 2004 til 2010 viser fremskrivningen foretaget i forbindelse med denne redegørelse, at vi kan forvente en reduktion på yderligere ca. 47.000 tons NO_x.

Det forventede emissioner af NO_x i 2010 vil dermed være på omkring 134.000 tons, svarende til en overskridelse af loftet med omkring 7.000 tons. I 2015 forventes det samlede emissioner at være ca. 3.000 tons lavere end emissionsloftet.

Dette er en markant forbedring siden 2004, hvor fremskrivningerne viste en overskridelse af loftet på 40.000 tons. Vi er altså kommet meget tættere på at kunne overholde loftet. Dette skyldes blandt andet Regeringens Energistrategi og Energispareplan og ændringen af energiafgifterne, der blev vedtaget med Finansloven for 2006. Hertil kommer, at elværkerne har fremskyndet installeringen af NO_x-reducerende udstyr.

Undersøgte reduktionstiltag

Rapporten har undersøgt, hvordan NO_x-loftet kan overholdes billigst muligt for samfundet. Der er store usikkerheder forbundet med beregningerne. De bygger på fremskrivninger, der rækker op til 25 år frem i tiden, og som naturligvis er forbundet med usikkerhed både teknisk, politisk og økonomisk. De foretagne beregninger er derfor alene baseret på den bedst mulige viden på nuværende tidspunkt.

Arbejdsgruppen har, med enkelte undtagelser, kun set på teknologiske muligheder for at reducere emissionen. Adfærdsregulerende tiltag, f.eks. økonomiske styringsmidler, har ikke været inddraget. Den mest omkostningseffektive måde at fjerne mankoen i 2010 på koster velfærdsøkonomisk (dvs. for hele samfundet) 26 mill.kr. om året. Dette kræver:

- eftermontering af katalysatorer (SCR) på større fiskefartøjer,
- udskiftning til lav-NO_x brændere på kedler i industrien med hhv. gas og gasolie samt
- bedre styring på gasmotorer i kraftvarmesektoren.

De velfærdsøkonomiske omkostninger belaster forskellige sektorer i samfundet. Erhvervslivet får omkostninger på 32 mill.kr. om året, som især påhviler energisektoren, men også industrien og fiskeriet får omkostninger. Staten får en gevinst på 6 mill.kr. pr. år fra øgede afgiftsindtægter.

De billigste tiltag skal ikke opfattes som en anbefaling til hvilke tiltag, der bør vælges af beslutningstagerne. Formålet med rapporten er alene at vise, hvorledes Danmarks forpligtigelse ifølge NEC-direktivet og Gøteborg-protokollen kan overholdes mest omkostningseffektivt. Der tages ikke stilling til tiltagens gennemførlighed og deres effekter på fordeling eller andre hensyn. Retsbeskyttelsesperioden på 8 år for virksomheders miljøgodkendelser vil f.eks. i praksis kunne forsinke virkningen evt. nye emissionskrav.

Der er undersøgt NO_x-reduktion og økonomi for en lang række af tiltag i forskellige sektorer. Figur 0.1 viser alle de tiltag, der er foretaget beregninger for. Tiltagene er ordnet efter tiltagets velfærdsøkonomiske omkostning pr kg. fjernet NO_x (skyggepris). Skyggeprisen fremgår af kurven. Kurven viser dermed, hvordan Danmark mest omkostningseffektivt kan opfylde NEC-direktivets og Gøteborg-protokollens NO_x-målsætning. Dette er hovedsigtet med denne rapport.

overfor ændringer i investeringer, el-, CO₂- og brændselspriser, fordeling af elfortrængning mellem ind- og udland samt elafsætning. En stor gruppe af tiltag må betegnes som meget stabile, heriblandt dem med de lavere skyggepriser. Men der er omvendt en stor gruppe, som er meget følsomme: De to tiltag for boosting på kraftværker, reburning/advanced reburning i kraftvarmesektoren, EGR på tunge køretøjer, havvindmøller, fremrykning af EURO6 for tungekøretøjer. Disse er enten blandt de dyreste eller har et beskedent reduktionspotentiale og er derfor ikke blandt de mest relevante tiltag.

Rapporten beskriver grundlaget for ovenstående konklusioner i tre kapitler: Nationale kilder, Regulering med betydning for NO_x-emissionen, og Fremskrivning af NO_x-emissioner. I det følgende indikeres hovedindholdet i de kapitler. De økonomiske beregninger er dokumenteret i en baggrundsrapport udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Nationale kilder

NO_x stammer primært fra forbrænding af brændsler. De to største kilder er transport og el- og varmegværker.

Transport står for 57 % af den samlede emission i 2004. Dermed er transportområdet langt den største kilde, og vejtrafikken alene står for 33 % af den samlede NO_x-emission.

Stationære forbrændingsanlæg står for 41 % af de samlede danske kilder. El- og varmegværkerne står alene for 24 % og er dermed den næststørste kilde.

Tabel 0.1 NO_x-emission i 1000 ton, 1985 – 2004.

	1985	1990	1995	2000	2004
Stationære kilder					
El og varme	126,58	95,69	88,20	47,64	49,09
Offshore	2,73	3,68	5,09	9,35	10,00
Fremstillingsvirksomhed og byggeri	23,03	20,94	21,16	19,88	18,21
- heraf cementproduktion	6,92	6,48	9,10	9,95	9,44
Andre stationære anlæg	2,53	1,40	1,39	1,10	1,09
Transport					
Vejtrafik	89,62	102,09	94,69	72,52	59,09
- heraf personbiler	54,22	59,65	51,70	35,11	25,31
Ikke-vejpgående køretøjer	20,56	20,02	24,51	24,47	23,38
Nationalt fiskeri	11,76	13,87	10,18	11,16	8,53
Indenrigs fly, tog, søfart	15,38	15,36	17,03	12,00	12,02
Markafbrænding	0,99	-	-	-	-
Total	293,18	273,04	262,23	198,08	181,36

Kilde: DMU's indberetning til UNECE, februar 2006

Udslippet fra fremstilling af el og varme er reduceret med 61 % fra 1985-2004. Det skyldes bl.a. kvotebekendtgørelsen for elværkerne og Luftvejledningens regulering af industriens anlæg. Alene udslippet fra kraftværkerne blev i perioden 1995 – 2004 reduceret med 56 % fra 71.000

tons til 31.000 tons. Hertil kommer øget brug af naturgas og vindkraft og en forbedret energieffektivitet, som bl.a. er opnået ved at udbygge den decentrale kraftvarme.

Fremstillingsvirksomhed og byggeri har samlet set reduceret emissionerne med ca. 20 %, idet der i perioden er sket en stigning i emissionen fra cementindustrien på ca. 36 %. De samlede emissioner fra offshore er - trods anvendelsen af mere energieffektive gasturbiner på nyere anlæg - mere end tredoblet på grund af stærkt stigende produktion af olie og gas i Nordsøen. Det skal bemærkes, at NO_x-emissionen fra offshore sektoren i tabel 0.1 er overvurderet, idet den er beregnet med en emissionsfaktor for flaring, der efterfølgende er nedjusteret.

Vejtrafikkens NO_x-emissioner er faldet med 38 % i perioden 1995 – 2004 på trods af en kraftig stigning i antallet af benzinbiler. Langt det største bidrag til faldet kommer fra benzinbilerne, fordi de siden 1990 fra nye har været udstyret med katalysatorer for at overholde emissionsnormerne.

Selv for de kilder hvor udslippet er steget mest, har der i perioden 1985-2004 været tale om, at der i forhold til produktionen er sket et fald i udslippet af NO_x. I 2004 var udslippet af NO_x pr. produceret enhed f.eks. for de tre områder El og varme, Personbiler samt Offshore reduceret til hhv. 41 %, 31 % og 52 % af den tilsvarende værdi for 1985.

Regulering med betydning for NO_x emissionen

Emissioner af NO_x er reguleret af en række EU-direktiver, der dækker både stationære og mobile kilder.

To EU-direktiver regulerer udledningen fra stationære kilder, nemlig direktivet om integreret miljøbeskyttelse og forebyggelse (IPPC) og direktivet store fyringsanlæg (LCP). De to direktiver er minimumsdirektiver dvs. at medlemslandene kan gå videre end direktivernes bestemmelser.

IPPC-direktivet kræver miljøgodkendelse af virksomheder over en vis kapacitet inden for energiproduktion, affaldsforbrænding og en række industrielle brancher. I godkendelsen fastsættes grænseværdier for udledning af forurenende stoffer til luften. Emissionsgrænserne er fastsat i række bekendtgørelser, der retter sig mod forskellige anlæg, f.eks. kraftværker, fyringsanlæg, motorer og affaldsforbrændingsanlæg.

Udover den direkte regulering af enkeltkilder fastlægges der årlige kvoter for den samlede emission af NO_x fra store el-produktionsanlæg.

Offshoreindustrien er ikke omfattet af Miljøbeskyttelsesloven, og der er derfor i øjeblikket ingen regulering af NO_x-emissionerne herfra.

CO₂-kvotereguleringen kan få betydning for NO_x-emissionen, selvom den ikke indebærer en direkte regulering. Også omlægning af energiafgifterne for kraftvarmeværkerne har betydning for NO_x-emissionen og forbedrer rammerne for en langsigtet udbygning med vindmøller.

EU-reguleringen af mobile kilder består af en række direktiver om udstødningsnormer, de såkaldte EURO-normer. Reguleringen af mobile

kilder er totalharmoniseret. Medlemslandene kan derfor ikke gå videre end direktivernes bestemmelser, men kun fremrykke deres ikrafttræden.

EURO-normerne er blevet skærpet flere gange siden introduktionen for personbiler i begyndelsen af 1970'erne. Der er nu også vedtaget EURO-normer for motorcykler, knallerter, ikke-vejgående køretøjer og maskiner, fritidsfartøjer og senest for lokomotiver og fartøjer på indre vandveje.

For skibe reguleres emissionerne inden for den internationale søfartsorganisation IMO, og for fly inden for den internationale civile luftfartsorganisation ICAO. En ny regulering af den internationale skibsfart og luftfart er dog undervejs indenfor EU. Emissionen af NO_x fra den internationale skibs- eller flytrafik medregnes dog ikke i den nationale emissionsopgørelse.

Fremskrivning af NO_x-emissioner

Resultatet af beregningerne af de forventede emissioner af NO_x for perioden 2005 – 2030 fremgår af tabel 0.2.

NO_x-emissionerne fra kraftværkerne viser generelt en faldende tendens. Konkret forventes et fald frem til 2010 på grund af installeret de-NO_x-udstyr, derefter en mindre stigning frem til 2015, hvorefter emissionerne igen falder, fordi gas forventes at erstatte kul som brændsel i et vist omfang. Omfanget af import og eksport af el har stor betydning for emissionen. Det er forudsat, at efter 2010 vil emissionen fra el-eksport blive stadig mindre på grund af større selvforsyningsgrad i Sverige og Finland.

NO_x-emissionerne fra offshore industrien forventes trods anvendelsen af mere energieffektive gasturbiner på nyere anlæg at stige markant og vil mere end fordobles fra 2005 til 2015. En relativ høj emissionsfaktor for offshore turbiner og et stigende energiforbrug gør, at offshore industrien kommer til at bidrage med op til 30 % af de totale emissioner fra stationære anlæg frem til 2030.

På grund af de generelt lave emissionsfaktorer for naturgas, er NO_x-emissionerne fra industrielle anlæg næsten konstante i fremskrivningsperioden selv om der forventes en lille stigning i energiforbruget.

Der forventes et stort fald i emissionerne fra de mobile kilder. Langt den største reduktion sker inden for vejtrafikken – på trods af et øget energiforbrug - og for ikke-vejgående køretøjer og skyldes de stadigt skærpede emissionskrav.

Fiskerisektoren er tillagt et uændret energiforbrug og dermed NO_x-emission i hele perioden 2005 – 2030, idet der ikke ud fra de foreliggende oplysninger har været grundlag for andet.

Tabel 0.2. Fremskrivning af NO_x emissionerne for 2005 – 2030 i 1000 tons for udvalgte kildekategorier

<i>Kildekategori</i>	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Stationære kilder						
El og fjernvarme	33,3	27,1	28,4	24,6	23,8	22,6
Industri, incl. cementprod.	13,0	11,6	11,7	11,5	11,5	11,5
Offshore	7,1	11,3	18,2	20,4	17,2	17,2
Beboelse	4,8	4,7	4,7	4,7	4,9	5,0
Raffinaderier	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Erhverv, institutioner	1,8	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3
Landbrug	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Mobile kilder						
Vejtrafik	56,8	38,2	24,5	17,4	14,5	13,7
Ikke-vejpgående køretøjer	22,6	16,7	12,3	8,8	7,0	5,9
Fiskeri	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
Fly, tog og søfart	11,3	9,4	9,5	9,4	9,5	9,5
Total	164,9	134,4	124,5	112,2	103,6	100,8

Som det fremgår af tabel 0.2 er forskellen mellem emissionsloftet i NEC-direktivet og Gøteborg-protokollen på 127.000 tons i 2010 og den forventede emission af NO_x efter de foreliggende beregninger og indregnet den yderligere reduktion af bidraget fra cementproduktionen ca. 7.000 tons NO_x.

Summary and conclusions

Since the UN Geneva Convention was adopted in 1979, there has been international cooperation to limit transboundary atmospheric pollution. Through a number of protocols, the most recent one being the 1999 Gothenburg Protocol, ceilings have been set for countries' emissions of various atmospheric pollutants from 2010 onwards.

Similar work has been done within the EU, and in 2001, the EU Environment Ministers adopted the NEC Directive 2001/81/EC, which contains emission ceilings for the EU Member States.

According to the available calculations of emissions for Denmark in 2010, emissions of sulphur dioxide (SO₂), organic hydrocarbons (VOC) and ammonia are expected to be below the ceiling from 2010 onwards. For nitrogen oxides (NO_x) however, projections have so far shown that the emission exceeds the ceiling.

The Danish ceiling for NO_x emissions in 2010 is 127,000 tonnes according to the Gothenburg Protocol and the NEC Directive. The NEC Directive requires Member States to prepare national programmes for reduction of emissions of the atmospheric pollutants by 2006, so that Denmark can comply with our obligations.

The objective of this report is to form a technical and economic basis for decisions as to how Denmark can fulfil the target of 127,000 tonnes NO_x in 2010. This report was prepared by a working group with participants from a number of ministries and organisations, cf. the list of participants in Annex C. The working group is responsible for the content of the report.

Close to fulfilling the target

From 1985 to 2004, Denmark's total NO_x emissions were reduced by approx. 112,000 tonnes, down from 293,000 tonnes to 181,000 tonnes. From 2004 to 2010, the projection made in connection with this report shows that we can expect a reduction of a further approx. 47,000 tonnes NO_x.

The expected NO_x emissions in 2010 will thus be around 134,000 tonnes, corresponding to a transgression of the ceiling of about 7,000 tonnes. In 2015, total emissions are expected to be approx. 3,000 tonnes lower than the emission ceiling.

This is a significant improvement since 2004, where projections showed a transgression of the ceiling of 40,000 tonnes. This means that we have come a lot closer to being able to stay below the ceiling. Among other things, this is due to the Government's Energy Strategy 2025 and its plan for new energy-saving measures as well as the change in energy taxes adopted in the 2006 Finance Act. In addition, power plants have advanced the installation of NO_x-reducing equipment.

Reduction measures

This report studied how we can stay below the NO_x-ceiling at the lowest cost possible for society. The calculations are associated with great uncertainties. They build on projections up to 25 years into the future, and these projections are naturally affected by technical, political as well as economic uncertainty. The calculations are thus only based on the best available knowledge at present.

With a few exceptions, the working group has only dealt with technological possibilities of reducing emissions. Behaviour-regulating measures such as economic instruments have not been included.

The most cost-effective way to remove the shortfall in 2010 will, at a welfare-economic level (i.e. for society in general), cost DKK 26 million per year.

This will require:

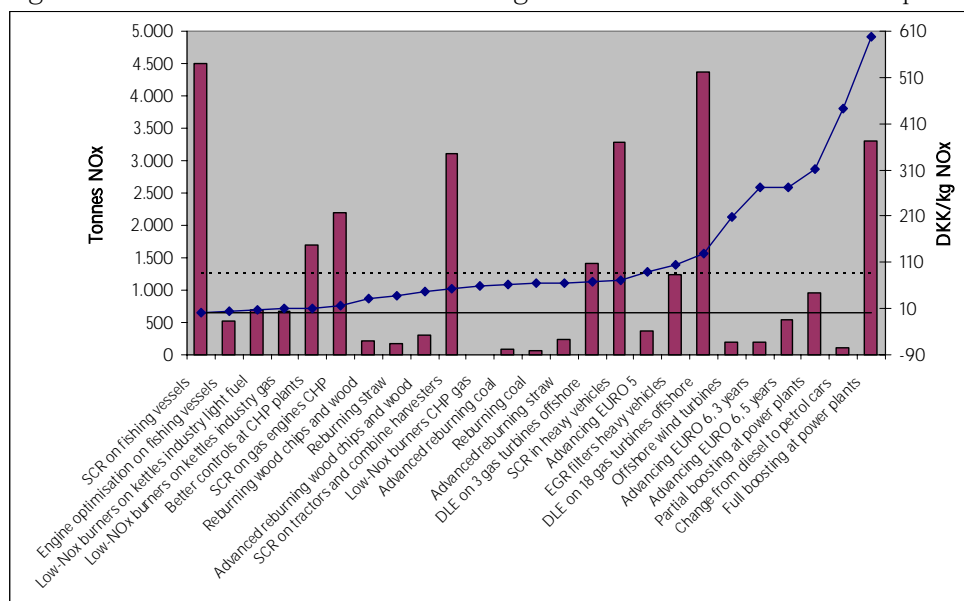
- retrofitting of catalysts (SCR) on large fishing vessels,
- replacement to low-NO_x burners at gas and light fuel kettles in industry, and
- better controls for gas engines at combined heat and power plants (CHP).

The welfare-economic costs will place a strain on different sectors in society. The business sector will have costs of DKK 32 million per year, which will mainly be borne by the energy sector, but also by industry and fisheries. The government will have a benefit of DKK 6 million per year from increased tax revenue.

The cheapest measures should not be seen as a recommendation for measures to be chosen by decision-makers. The purpose of the report is merely to show how Denmark can meet its obligations under the NEC Directive and the Gothenburg Protocol in the most cost-effective manner. The feasibility of the measures, financial considerations, the distribution of the initiatives among sectors or other considerations are not reviewed. For example, the legal protection period of eight years for enterprises' environmental approvals could in practice delay the effects of possible new emission requirements.

The expected NO_x reduction and economic aspects of a long range of measures in various sectors have been studied. Figure 0-1 shows all the measures for which calculations have been made. The measures have been ranked according to their welfare-economic cost per kg removed NO_x (shadow price). The shadow price can be seen from the curve. Thus, the curve shows how Denmark can meet the NO_x objectives of the NEC Directive and the Gothenburg Protocol in the most cost-effective manner. This is the main focus of this report.

Figure 0-1 All measures ranked according to welfare-economic shadow price



Note 1: The columns show NOx reduction and their values can be read off the left axis. The curve shows the welfare-economic cost per kg removed NOx (shadow price) and can be read off the right vertical axis.

Note 2: The price of DKK 85 per kg NOx only covers the health-related damage costs, and thus depends on amongst other things where emissions occur and on the population density at the place of exposure. Therefore, this price is particularly uncertain for the measures implemented at sea, i.e. in the fisheries and offshore sectors.

The measures are very diverse, and only a few of them have good potential for removing NOx. The measures analysed can remove a maximum of 24,000 tonnes NOx in 2010.

The National Environmental Research Institute of Denmark (NERI) has calculated the health-related damage costs for one kg NOx from a modern coal-fired power plant at DKK 85 per kg. The environmental damage costs of e.g. acidification and over-fertilisation have not been included as it has not been possible so far to quantify them satisfactorily. This means that if we for example assume that the damage cost of emissions of one kg NOx is, generally, DKK 85, all measures where the shadow price is below DKK 85 per kg would give a welfare-economic surplus, while measures that are more expensive would result in a deficit. The price of DKK 85 per kg is indicated as the dotted line in figure 0-1. As mentioned, the price of DKK 85 per kg NOx only covers the health-related damage costs and thus depends on amongst other things where emissions occur and on the population density in the area where the exposure is. Therefore, this price is particularly uncertain for the measures implemented at sea, i.e. in the fisheries and offshore sectors.

A number of sensitivity analyses have been carried out where assumptions are changed to show the influence on the results (the welfare-economic costs). Generally, the measures are robust to changes in interest rates and prices of derived environmental impacts. They are more sensitive to changes in investments, electricity price, CO₂ and fuel prices, distribution of electricity displacement between Denmark and abroad, as well as electricity sales. A large group of measures can be described as very stable, including those with lower shadow prices. Conversely, there is a large group of measures that are very sensitive: the two measures for boosting at power plants, EGR on heavy vehicles, reburning/advanced reburning on CHP plants, offshore wind turbines, advance of EURO6 for heavy vehicles. These are either amongst the

most expensive measures or they have a moderate reduction potential and are thus not among the most relevant measures.

This report describes the basis for the above conclusions in three chapters: National sources, Regulations of importance for NO_x emissions, and Projection of NO_x emissions. The following describes the main content of these three chapters. The economic calculations are documented in a background report prepared by the Danish EPA.

National sources

NO_x primarily is emitted during combustion processes. The two main sources are transport and power and heating plants.

Transport represented 57 per cent of total emissions in 2004. This means that the transport area is by far the largest source, and that road traffic alone represents 33 per cent of total NO_x emissions.

Stationary incineration plants represent 41 per cent of total Danish sources. Power and heating plants alone represent 24 per cent and are thus the second-largest source.

Table 0.1 NO_x emissions in '000 tonnes, 1985-2004.

	1985	1990	1995	2000	2004
Stationary sources					
Power and heating	126.58	95.69	88.20	47.64	49.09
Offshore	2.73	3.68	5.09	9.35	10.00
Manufacturing and construction	23.03	20.94	21.16	19.88	18.21
- of this cement production	6.92	6.48	9.10	9.95	9.44
Other stationary plants	2.53	1.40	1.39	1.10	1.09
Transport					
Road traffic	89.62	102.09	94.69	72.52	59.09
- of this passenger cars	54.22	59.65	51.70	35.11	25.31
Offroad vehicles	20.56	20.02	24.51	24.47	23.38
National fisheries	11.76	13.87	10.18	11.16	8.53
Domestic air, rail and sea transport	15.38	15.36	17.03	12.00	12.02
Burning of fields	0.99	-	-	-	-
Total	293.18	273.04	262.23	198.08	181.36

Source: NERI's report to UNECE, February 2006

Emissions from generation of electricity and heating went down by 61 per cent from 1985-2004. This is due, amongst other things, to the Statutory Order on reduction of sulphur dioxide and nitrogen oxides from power plants and the Air Guidelines' regulation of industrial plants. Emissions from power plants alone were reduced by 56 per cent in the period 1995-2004, down from 71,000 tonnes to 31,000 tonnes. Furthermore, there has been increased use of natural gas and wind power and energy efficiency has been improved through expansion of decentral combined heat and power, amongst other things.

The manufacturing and construction industries have reduced emissions by a total of approx. 20 per cent, but emissions from the cement industry increased approx. 36 per cent. Total emissions from the offshore sector have - despite the use of more energy-efficient gas turbines in newer plants - more than trebled because of a steadily increasing production of oil and gas in the North Sea. It should be noted that NO_x emissions from the offshore sector in table 0.1 are over-estimated because they are calculated using an emission factor for flaring that has subsequently been adjusted downwards.

NO_x emissions from road traffic fell by 38 per cent in the period 1995-2004 despite a heavy increase in the number of petrol cars. By far the largest contribution to this fall comes from the petrol cars, because they have been equipped with catalysts since 1990 to meet emission standards.

Even for those sources where emissions have increased the most, the period 1985-2004 showed a fall in NO_x emissions compared to their activity level. In 2004, NO_x emissions per produced unit for the three areas Power and heating, Passenger cars and Offshore has been reduced to 41 per cent, 31 per cent and 52 per cent respectively of the corresponding value for 1985.

Regulations of importance for NO_x emissions

NO_x emissions are regulated by a number of EU Directives covering both stationary and mobile sources.

Two EU Directives regulate emissions from stationary sources, i.e. Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (the IPPC Directive) and Directive 2001/80/EC on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants (the LCP Directive). These two Directives are *de minimis* directives, i.e. the Member States are allowed to go beyond the provisions of the Directives.

The IPPC Directive requires environmental approval for enterprises that exceed a certain capacity, within energy generation, waste incineration and a number of industrial sectors. In the approval, limit values are set for emissions of pollutants into the air. Emission limits are set in a number of statutory orders directed at different types of plant, e.g. power plants, combustion plants, engines and waste incineration plants.

In addition to the direct regulation of individual sources, annual allowances are set for total NO_x emissions from large electricity generation plants.

The offshore industry is not covered by the Danish Environmental Protection Act, and therefore there is currently no regulation of NO_x emissions from the offshore industry.

The Emission Trading Directive could affect NO_x emissions, although it does not regulate them directly. The change of the energy taxes for CHP plants also influences NO_x emissions and improves the framework for a long-term wind turbine expansion.

The EU regulation of mobile sources consists of a number of directives on exhaust standards, the so-called EURO standards. There is total harmonisation for the regulation of mobile sources. Therefore, the Member

States are not allowed to go beyond the provisions of the Directives, but only to advance their entry into force.

The EURO standards have been tightened several times since the introduction for passenger cars in the early 1970s. EURO standards have now also been adopted for motorcycles, mopeds, offroad vehicles and machines, leisure vessels and most recently for locomotives and vessels on inland waterways.

The International Maritime Organization (IMO) regulates emissions for ships, and the International Civil Aviation Organization (ICAO) regulates emissions for aircraft. New regulation of international shipping and air traffic is, however, underway in the EU. However, NO_x emissions from international shipping and air traffic are not included in the national emissions inventory.

Projection of NO_x emissions

The result of the calculations of expected NO_x emissions for 2005-2030 can be seen in table 0.2.

NO_x emissions from power plants generally show a downward trend. Specifically, a fall is expected until 2010 due to installations of de-NO_x equipment, then a minor increase until 2015 after which emissions will fall again because gas is expected to replace coal as fuel to a certain extent. The extent of imports and exports of electricity is very important for emissions. It has been assumed that emissions from electricity exports after 2010 will become ever smaller because of increasing self-sufficiency rates in Sweden and Finland.

Despite the use of more energy-efficient gas turbines on newer platforms, NO_x emissions from the offshore industry are expected to increase rapidly and be more than doubled from 2005 to 2015. A relatively high emission factor for offshore turbines and increasing energy consumption mean that the offshore industry will contribute up to 30 per cent of total emissions from stationary plants until 2030.

Because of the generally low emission factors for natural gas, NO_x emissions from industrial plants are almost constant in the projection period although a slight increase in energy consumption is expected.

A large fall in emissions from mobile sources is expected. By far the largest reduction will be within road traffic (despite increased energy consumption) and for offroad vehicles. This is due to the constant tightening of emission requirements.

Fisheries are expected to have unchanged energy consumption and thus NO_x emissions in the entire period 2005-2030, as the existing information does not suggest otherwise.

Table 0.2. Projection of NO_x emissions for 2005-2030 in '000 tonnes for selected source categories

<i>Source category</i>	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Stationary sources						
Electricity and district heating	33.3	27.1	28.4	24.6	23.8	22.6
Industry, incl. cement production	13.0	11.6	11.7	11.5	11.5	11.5
Offshore	7.1	11.3	18.2	20.4	17.2	17.2
Residential	4.8	4.7	4.7	4.7	4.9	5.0
Refineries	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Commerce, institutions	1.8	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3
Agriculture	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Mobile sources						
Road traffic	56.8	38.2	24.5	17.4	14.5	13.7
Offroad vehicles	22.6	16.7	12.3	8.8	7.0	5.9
Fisheries	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7
Air, rail and shipping traffic	11.3	9.4	9.5	9.4	9.5	9.5
Total	164.9	134.4	124.5	112.2	103.6	100.8

As can be seen from table 0.2, the difference between the emission ceiling in the NEC Directive and the Gothenburg Protocol of 127,000 tonnes in 2010 and the expected NO_x emissions according to the calculations at hand and including the further reduction of the contribution from cement production is approx. 7,000 tonnes NO_x.

1 Indledning

1.1. Baggrund

Med Geneve-konventionens vedtagelse i 1979 under FN's økonomiske komité for Europa, UNECE, blev det første vigtige skridt taget i relation til bekæmpelse af den grænseoverskridende luftforurening. Allerede i 1960'erne påviste forskere, at der måtte være en sammenhæng mellem emissionen af især svovlforbindelserne og forsureningen af de skandinaviske søer. Samtidig blev det anerkendt, at disse miljøproblemer kun kunne løses gennem et internationalt samarbejde på tværs af landegrænserne. Siden konventionens ikrafttrædelse i 1983 blev der vedtaget adskillige protokoller.

Den første protokol – European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) - har til formål løbende at forbedre vores viden om den grænseoverskridende transport af luftforurening. De seneste beregninger viser, at kun 12 % af det svovl, der i 2002 blev emitteret til luften fra danske kilder, blev deponeret i Danmark. De vigtigste recipienter var Østersøen, 20 %: Sverige og Nordsøen med hver 15 %; samt Norge og Rusland med hver 6 %. På den anden side var Tyskland og U.K. de største bidragsydere til svovldepositionen i Danmark med 15 % for hver. Det danske bidrag var mindre end halvdelen, 6 %. For kvælstof – emitteret som NO_x – blev 15 % deponeret i det nordøstlige Atlanterhav, 13 % deponeret i Sverige, 12 % i Rusland og 10 % i hhv. Nordsøen og Østersøen. De største bidragsydere til depositionen af kvælstof emitteret som NO_x, var UK med 19 %, Tyskland med 18 % Nordsøen med 13 % og Frankrig med 10 %. Disse tal dokumenterer meget klart, hvor grænseoverskridende luftforureningen er og nødvendigheden af internationalt samarbejde.

De efterfølgende protokoller har indeholdt målsætninger om reduktion af emissionen af hhv. svovldioxid(SO₂), kvælstofoxider(NO_x) og flygtige organiske kulbrinter(VOC'er). Den første af disse trådte i kraft i 1985, og deres målsætninger om emissionsreduktioner udløb i slutningen 1990'erne. Disse protokoller sigtede mod reduktion af emissionen af et enkelt stof, og i Danmark blev de opfyldt gennem nationale initiativer.

Gøteborgprotokollen.

I 1999 blev afløseren for de tidligere protokoller, Gøteborg-protokollen, vedtaget i december og trådte i kraft i maj 2005. Især takket være tilgængeligheden af langt større computer-ressourcer end tidligere, udvikling af bedre modeller og den stadig forbedrede viden om de kemiske processer i atmosfæren, var det muligt at håndtere både flere stoffer (SO₂, NO_x, VOC og ammoniak) samtidigt og også integrere flere miljøproblemer – forurening, eutrofiering og ozondannelse - i løsningsmodellerne. Dette giver mulighed for at optimere løsningerne på en langt mere omkostningseffektiv måde end tidligere, idet samspillet mellem stofferne dermed kan inddrages.

Grundlaget for beregningerne af kravet til reduktionerne i emissionerne af de nævnte stoffer er vurderinger af, hvilken belastning miljøet kan tåle

sammenholdt med de faktiske muligheder for at reducere emissionerne. Landenes forpligtelser i Gøteborg-protokollen er opstillet som emissionslofter individuelt for de enkelte lande for hvert af de fire stoffer. Emissionslofterne skal være opfyldt fra og med 2010.

NEC-direktivet

Samtidig med forhandlingerne i UNECE om Gøteborg-protokollen fandt der parallelle forhandlinger sted inden for EU15 om reduktion af de samme fire stoffer. Det videnskabelig grundlag for Kommissionens forslag til direktiv om nationale emissionslofter er næsten identisk med det materiale, der lå til grund for Gøteborg-protokollen, men omfattede kun de daværende 15 medlemslande. I oktober 2001 vedtog EU's miljøministre direktivet om nationale emissionslofter, direktiv 2001/81/EF (NEC-direktivet). Direktivet er implementeret i dansk lov ved bekendtgørelse nr. 21 af 8. januar, 2003. I direktivet er lofterne for den danske emission af SO₂, NO_x, VOC og NH₃ fastsat til henholdsvis 55.000 tons, 127.000 tons, 85.000 tons og 69.000 tons, der skal være opfyldt fra og med 2010. For Danmark er emissionslofterne i NEC-direktivet og i Gøteborg-protokollen identiske.

For at sikre at lofterne bliver overholdt har Danmarks Miljøundersøgelser i samarbejde med Miljøstyrelsen opstillet og udviklet dynamiske modeller til fremskrivning af emissionen af de fire stoffer. Ifølge de senest foreliggende fremskrivninger af emissionen i 2010 forventes der ikke at være problemer med at opfylde loftet for SO₂, VOC eller ammoniak. Men for NO_x indikerede fremskrivningerne, at det ikke kunne udelukkes, at danske emissioner af NO_x i 2010 ville ligge betydeligt over loftet på de 127.000 tons.

I rapporten vil der i det følgende udelukkende blive refereret til NEC-direktivets emissionsloft for NO_x, idet direktivet har en retslig status, der er mere tungtvejende end protokollen.

1.2 Redegørelsens formål

Ifølge direktivet skal medlemsstaterne senest 1.oktober 2006 udarbejde nationale programmer for gradvis reduktion af de fire stoffer, således at lofterne kan overholdes inden udgangen af 2010. Kommissionen skal senest 31. december 2006 underrettes om de nationale programmer.

På den baggrund har formålet med nærværende projekt været:

”at skabe det bedst mulige beslutningsgrundlag set både ud fra en teknisk synsvinkel og en samfundsøkonomisk vurdering for, hvordan Danmark kan opfylde det nævnte loft på 127.000 tons NO_x i 2010...” (Citat fra ”Kommissorium for projektet ”Belysning af de tekniske muligheder og økonomiske konsekvenser for reduktion af NO_x-emissionen i Danmark”, se bilag A.)

For at kunne opfylde ovenstående målsætning og udarbejde denne redegørelse besluttede Miljøstyrelsen i 2003 at nedsætte en arbejdsgruppe med alle involverede parter. Gruppens sammensætning fremgår af bilag A. Arbejdsgruppen havde sit første møde i januar 2004 og afsluttede sit arbejde i foråret 2006.

1.3 Redegørelsens omfang og indhold

Ifølge arbejdsgruppens kommissorium skal de væsentligste elementer i det beslutningsgrundlag, som arbejdsgruppen skal tilvejebringe, være:

1. En detaljeret redegørelse for de nationale kilder til emission af NO_x fra såvel faste som mobile kilder
2. En gennemgang af de vedtagne og planlagte tiltag for reduktion af NO_x fra faste og mobile kilder
3. Den forventede emission frem til 2010 og efter 2010 baseret på den forventede udvikling i energiforbrug m.m.. i kombination med de vedtagne og planlagte reduktionstiltag
4. En gennemgang af de tekniske muligheder for reduktion af emissionen af NO_x fra de faste anlæg og de dermed forbundne direkte omkostninger
5. De samfundsøkonomiske omkostninger ved udvalgte tiltag for både faste og mobile kilder

Denne rapport er opbygget som følger:

Udviklingen i emissioner fra de nationale kilder for perioden 1985-2004 er præsenteret i kapitel 2. Der tages udgangspunkt i den historiske emission af NO_x siden 1985, som den er indberettet af DMU under Genevekonventionen om grænseoverskridende luftforurening.

I kapitel 3 beskrives i Danmark gældende og vedtagne kommende reguleringer af kilder til NO_x-emissionen. Udover regulering, der direkte er rettet mod at begrænse emissionen af NO_x, berøres væsentlige tiltag som potentielt kan have betydning for NO_x-emissionen, selvom hovedsigtet er et andet. Effekten af vedtagne og planlagte reduktionstiltag indgår i fremskrivningen som præsenteres i kapitel 4.

I kapitel 4 præsenteres fremskrivningen af NO_x-emissionen for perioden 2005-2030. Fremskrivning for stationære og mobile kilder gennemgås først for sig, hvorefter den samlede fremskrivning for alle danske kilder præsenteres og sammenholdes med emissionsloftet fastlagt af EU-kommissionen.

I kapitel 5 gennemgås udvalgte, potentielle NO_x-reduktionstiltag inklusiv de skønnede samfundsøkonomiske omkostninger ved hvert af de tekniske tiltag. Kapitlet tager udgangspunkt i en baggrundsrapport udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Bilag A er arbejdsgruppens kommissorium.

Bilag B indeholder grænseværdier og emissionsnormer for stationære og mobile anlæg.

Bilag C indeholder en liste over organisationer mv. der har deltaget i arbejdsgruppen.

1.4 Situationen for EU15.

Direktivet stiller krav om, at medlemslandene første gang skal indberette fremskrivninger for år 2010 ved udgangen af 2002. Tabel 1.1 er opstillet på basis af de oplysninger, der var indberettet til Kommissionen pr. 31. december 2002. Som det fremgår af tabellen, måtte flere lande på dette

tidspunkt forvente at skulle udarbejde planer for nye tiltag for at kunne nå emissionsloftet for NO_x i 2010. Ud over Danmark drejer det sig om Østrig, Irland, Luxembourg, Frankrig, Belgien, Spanien, Holland, Tyskland og Italien. Det skal understreges, at som for Danmark kan situationen have ændret sig for de enkelte lande siden december 2002.

Tabel 1.1 Sammenligning mellem de nationale fremskrivninger og emissionslofterne i NEC-direktivet for EU15 pr. 31. december 2002

Land	Emissionsloft for NO _x i 1000 ton	2010-fremskrivning i 1000 ton	Afstand til loft i indekspoint (loft=100)
Østrig	103	150	146
Irland	65	94	145
Luxembourg	11	14	127
Frankrig	810	988	122
Belgien	176	213	121
Danmark	127	146	115
Spanien	847	970	115
Holland	260	289	111
Tyskland	1051	1124	107
Italien	990	1057	107
Sverige	148	148	100
England	1167	1167	100
Grækenland	344	344	100
Portugal	250	232	93
Finland	170	151	89

2 Nationale kilder

Årlige nationale oversigter over emissionen af NO_x udarbejdes af DMU og sendes i henhold til de internationale aftaler til EU-Kommissionens Miljøagentur og til Genève-konventionen (LRTAP) under UNECE. Dette kapitel bygger på den seneste danske indberetning til UNECE, som er foretaget af DMU i FEBRUAR 2006. Indberetningen omfatter de historiske emissioner fra årene 1985-2004. I den periode er NO_x-emissionen i Danmark faldet med ca. 110.000 tons eller ca. 38 %, som vist i tabellen nedenfor. Vejtrafikken og produktion af el og varme har bidraget med de største reduktioner.

Tabel 2.1 NO_x-emission i 1000 ton i udvalgte år

	1985	1990	1995	2000	2004
Stationære kilder					
El og varme	126,58	95,69	88,20	47,64	49,09
Offshore	2,73	3,68	5,09	9,35	10,00
Fremstillingsvirksomhed og byggeri	23,03	20,94	21,16	19,88	18,21
- heraf cementproduktion	6,92	6,48	9,10	9,95	9,44
Andre stationære anlæg	2,53	1,40	1,39	1,10	1,09
Transportsektoren					
Vejtrafik	89,62	102,09	94,69	72,52	59,09
- heraf personbiler	54,22	59,65	51,70	35,11	25,31
Ikke-vejpgående køretøjer	20,56	20,02	24,51	24,47	23,38
Nationalt fiskeri	11,76	13,87	10,18	11,16	8,53
Indenrigs fly, tog, søfart	15,38	15,36	17,03	12,00	12,02
Markafbrænding	0,99	-	-	-	-
Total	293,18	273,04	262,23	198,08	181,36

Kilde: DMU's indberetning til UNECE, februar 2006

Emissionerne fra fremstilling af el og varme er reduceret med omkring 77.000 tons eller svarende til 61 % fra 1985-2004. Inden for el- og varmesektoren er det især udbygning med NO_x-rensingsanlæg for elværkerne og direktivet om store fyringsanlæg, der i perioden 1995 – 2004 har medvirket til reduktion på 56 % fra 71.000 tons NO_x til 31.000 tons NO_x. Endvidere er naturgasforsyningen udbygget og etablering af vindmøller og forbedringen af energieffektiviteten bl.a. ved udbygning af den decentrale kraftvarme har ligeledes bidraget. Hertil kommer Luftvejledningens regulering af industriens energianlæg og kraftvarmeanlæg under 50 MW. Opgørelserne er ikke korrigeret for eleksport og udsvingene i NO_x-emissionen fra år til år følger netop fluktuationen i el-handlen med udlandet. I 2004 havde Danmark en nettoeksport af elektricitet på 10,3 PJ svarende til 7,1 % af den danske elproduktion.

Fremstillingsvirksomhed og byggeri har samlet set reduceret emissionerne med ca. 20 %, idet cementindustrien har øget emissionen af NO_x med ca. 36 %. De samlede emissioner fra offshore er - trods anvendelsen af mere

energieffektive gasturbiner på nyere anlæg - mere end tredoblet på grund af en øget produktion. Det skal bemærkes, at NO_x-emissionen fra offshore sektoren i tabel 2.1 er overvurderet, idet den er beregnet med en emissionsfaktor for flaring, der efterfølgende er nedjusteret.

Som det ses af tabel 2.1 har NO_x-emissionen fra de mobile kilder i transportsektoren været faldende. Vejtrafikkens NO_x-emission er faldet med mere end 30.000 tons i perioden 1995 – 2004 på trods af en kraftig stigning i antallet af benzinbiler. Langt det største bidrag til faldet kommer fra benzinbilerne og skyldes at siden 1990 har de nyindregistrerede biler opfyldt emissionsnormer, der krævede installation af katalysatorer. For 2004 skønnes andelen af benzinbiler at udgøre 90 % af den samlede bestand af personbiler.

I tabel 2.2 er NO_x-emissionen for 2004 yderligere specificeret for at vise fordelingen mellem forskellige sektorer og mellem stationære og mobile kilder. Ved stationære kilder forstås fyringsanlæg, hvor der sker en forbrænding med henblik på at producere el- eller varme inklusiv forbrænding i stationære motorer. Ved mobile kilder i transportsektoren forstås motorer i køretøjer til vejtransport, arbejdsmaskiner, søfart fly m.v.

To kildetyper, falder uden for dette: *Flaring* og *Industrielle processer*. Flaring er afbrænding af gas uden at energien nyttiggøres, men af sikkerhedsmæssige og produktionstekniske grunde. Det sker fx. på offshoreanlæg, hvor der udvindes olie og gas samt på olieraffinaderier. *Industrielle processer* dækker over emissioner, der stammer fra andre processer end forbrænding af brændsler og brændstoffer. I opgørelsen for 2003 er det alene kemisk industri, der er indberettet under *Industrielle processer*. Den eneste danske virksomhed i den kategori, Kemira, indstillede produktionen i 2004.

Tabel 2.2 Historisk NO_x-emission for 2004 i tons NO_x

	Samlet	Stationære anlæg	Mobile anlæg
<i>Energiindustri</i>	52 660	52 660	
El- og varmegværker	44 209	44 209	
Olieraffinaderier	1 608	1 608	
Offshore	6 843	6 843	
<i>Fremstillingsvirksomhed</i>	25 010	14 999	10 011
Industrivirksomheder	15 569	5 558	10 011
Cementproduktion	9 441	9 441	
<i>Transportsektoren</i>	71 106		71 106
Indenrigsfly	552		552
Vejtrafik	59 086		59 086
Jernbane	3 478		3 478
National søfart	7 990		7 990
<i>Andre sektorer</i>	28 086	7 269	20 817
Serviceinstitutioner	1 087	1 087	
Husholdninger	5 198	4 881	317
Landbrug og skovbrug	13 273	1 301	11 972
Fiskeri	8 528		8 528
<i>Øvrig forbrænding med energiudnyttelse</i>	1 079	0	1 079
FORBRÆNDING MED ENERGIUDNYTTELSE, I ALT	177 941	74 928	103 013
FLARING FRA OFFSHORE OG RAFFINADERIER	3 125	3 125	-
INDUSTRIELLE PROCESSER	302	302	-
NATIONALE KILDER, I ALT	181 368	-	-

Kilde: DMU's indberetning til UNECE, februar 2006.

Emissioner fra mobile kilder udgjorde i 2004 tilsammen 103.013 tons NO_x, eller hvad der svarer til 57 pct. af den samlede emission på 181.368 tons. Transport står med sine ca. 71.000 tons for 39 pct. af den samlede emission. Dermed er transportområdet langt den største kilde og hvoraf vejtrafikken alene står for 33 pct. af den samlede NO_x-emission.

Stationære forbrændingsanlæg udledte i 2004 tilsammen 74.928 tons NO_x, hvilket svarer til 41 pct. af de samlede danske kilder. El- og varmegværkerne står alene for 24 pct. og er dermed den næststørste kilde.

For fuldstændighedens skyld skal det nævnes, at bunkring ikke indgår i tabel 2.2 Bunkring er brændstofforbrug til international søfart og luftfart. Emissioner fra bunkring indgår ikke i de nationale emissionslofter under NEC-direktivet. Fra salg af brændstof i Danmark, er NO_x-emissionen i 2004 fra international luftfart estimeret til at være 10.440 tons og fra international søfart til at være 69.700 tons.

2.1 Opgørelsesmetode for stationære forbrændingsanlæg

Dannelsen af NO_x afhænger af hvilket brændsel, der anvendes og af anlægsudformningen. Den danske emissionsopgørelse udmærker sig ved i relativ stor udstrækning at være baseret på emissionsfaktorer, der refererer til

anlægs- eller sektorspecifikke forhold. For de kilder, hvor der ikke er "nationale" emissionsfaktorer til rådighed anvendes internationale emissionsfaktorer i henhold til vejledningerne herom.

Der indgår mere end 60 virksomheders anlægsspecifikke data for brændselsforbrug og dermed også for emissionen af NO_x . Disse inkluderer alle anlæg større end 50 MW indfyret effekt og alle affaldsforbrændingsanlæg og omfatter elværker, kraftvarmeværker samt større industrielle anlæg, herunder olieraffinaderier.

For en række af anlæggene er der til NO_x -opgørelsen desuden anvendt anlægsspecifikke NO_x -emissionsfaktorer. For elværker over 25 MW_{el} er opgørelsen baseret på de målinger, som indberettes hvert år til Energistyrelsen i overensstemmelse med bestemmelserne i Kvotebekendtgørelsen. For øvrige anlægs vedkommende er der anvendt anlægsspecifikke oplysninger om brændselsforbrug og generelle/gennemsnitlige NO_x -emissionsfaktorer.

For alle øvrige stationære anlæg – herunder fx. små fjernvarme- og kraftvarmekedler, blokvarmecentraler og små industrielle anlæg – gøres NO_x op på en anden måde. Brændselsforbruget for disse mindre anlæg fremkommer ved at trække de store anlægs brændselsforbrug fra det samlede brændselsforbrug, der opgøres af Danmarks Statistik/Energistyrelsen.

For en række af de små anlæg, er emissionsfaktorerne baseret på undersøgelser eller andre oplysninger, der specifikt relaterer sig til de danske kilder. Dette omfatter bl.a. en kortlægning af emissionerne fra decentrale kraftvarmeværker og en undersøgelse af forbrænding af træ. For andre anlæg anvendes grænseværdierne i Luftvejledningen eller i relevante bekendtgørelser og - i relativt få tilfælde - er det nødvendigt at anvende de internationalt udarbejdede retningslinier¹.

2.1.1 Energiproducenttællingen

Energistyrelsen indsamler hvert år en lang række oplysninger om fyringsanlæggene i Danmark. Det gælder alle el- og varme producerende anlæg, der er tilknyttet et offentligt distributionsnet. Data for år 2002, er samlet i "Energitælling 2002". Da også anlæggenes emission af NO_x er beregnet i Energitælling 2002, er det herfra muligt at foretage en sammenligning mellem Energitællingens opgørelse af anlæggenes NO_x -emission og DMU's emissionsoversigter. Sammenligningen vil kunne afsløre eventuelle udeladelser eller mangler i de to opgørelser.

Sammenligningen viser, at der er en forskel mellem Energitællingen og DMU's opgørelse på kun 2 %, Det må anses for at være særdeles tilfredsstillende og dokumenterer, at alle relevante anlæg er inkluderet i DMU's opgørelse. At der forekommer betydelig større variation på et større detaljeringsniveau skyldes forskelle i kildekategorisering.

Endvidere er det vurderet, hvorledes den emitterede mængde NO_x forholder sig til den producerede energi (ton NO_x /TJ output) med henblik på at sikre at anlæg i Energitællingen er tillagt korrekte emissionsfaktorer. Der synes ikke på baggrund af analysen at være anlæg, der er tillagt afvigende emissionsfaktorer. På den anden side kan det konstateres, at der er en række klare forskelle i

¹ EMEP/Corinair Guidebook for petroleumskoks, kerosen og raffinaderigas samt IPCC Reference Manual for naturgas/LPG.

NO_x-emissionen, i forhold til hvilke brændsler og anlægstyper, der betragtes. Eksempelvis skiller biogasmotorerne til elproduktion sig ud ved at have meget høje emissionsfaktorer.

2.2 Opgørelsesmetode for mobile anlæg

Emissionerne for vejtrafik beregnes med den europæiske emissionsmodel COPERT III (COmputer Programme to calculate the Emissions from Road Transport). I modellen beregnes emissionerne for køretøjer med driftsvarme motorer, under koldstart og som følge af brændstoffordampning. Modellen tager også højde for de forøgede emissioner som følge af katalysatorslid. Input data for køretøjsbestand og årskørsler oplyses af Vejdirektoratet og køretøjerne grupperes i henhold til gennemsnitligt brændstofforbrug og emissioner.

For luftfart opgøres emissionerne for 2001 - 2003 per enkeltflyvning. Til beregningerne bruges flydata fra Statens Luftfartsvæsen samt emissionsfaktorer per fløjet distance for flyvning henholdsvis under 3000 fod og over 3000 fod fra EMEP/CORINAIR (European Evaluation and Monitoring Programme/CORe INventory on AIR emissions). For internationale flyvninger medregnes kun emissioner for flyvning under 3000 fod i de nationale statistikker. For indenrigsflyvninger tæller både flyvning over og under 3000 fod.

Emissioner fra Ikke-vejpgående arbejdsredskaber- og maskiner samt fra fritidsfartøjer beregnes som produktet af antallet af maskiner, belastningsfaktorer, motorstørrelser, årlige driftstider og emissionsfaktorer. I tabel 2.2 indgår emissionen fra haveredskaber og entreprenørmaskiner henholdsvis under husholdninger og industri. Emissionen fra småbåde og fritidsfartøjer er inkluderet i *National søfart*.

Data for energiforbrug stammer fra Energistyrelsens energistatistik. For vejtransport og luftfart justeres emissionsberegningerne ud fra en brændstofbalance. Dermed sikres at hele det oplyste brændstofsalg ligger til grund for emissionsopgørelserne. For militær - der i tabel 2.2 er inkluderet i *Øvrig forbrænding med energiudnyttelse* - samt for jernbane, søfart og fiskeri beregnes emissionerne som produktet af brændstofsalg og emissionsfaktorer.

3 Regulering med betydning for NO_x-emissionen

Kapitlet indeholder en oversigt over gældende regulering, der enten direkte er rettet mod at begrænse NO_x-emissionen eller som potentielt kan tillægges en virkning, selvom hovedsigtet ikke er at regulere NO_x-emissionen. Beskrivelsen omfatter regulering, der er i kraft samt regulering, der er vedtaget eller planlagt, men endnu ikke implementeret eller iværksat. Det drejer sig fx. om kommende udstødningsnormer, der er vedtaget i EU til at træde i kraft på et bestemt tidspunkt.

Både regulering der er i kraft, og vedtaget regulering der ikke er trådt i kraft, har betydning for fremskrivningerne af NO_x-emissionen, da det for en række kilder antages at emissionerne i dag og fremover honorerer de emissionskrav, som allerede er eller vil blive gældende i den periode fremskrivningen angår. Emissionsfremskrivningen for perioden 2005-2030 er præsenteret i kapitel 4.

I det følgende gives en introduktion til reguleringen i dansk lov af stationære og mobile kilder til NO_x-emission. De konkrete grænseværdier og normer for forskellige stationære og mobile kilder er vist i bilag B.

3.1 EU regulering

Emission af NO_x er reguleret af en række EU-direktiver, der dækker både stationære kilder og mobile kilder.

3.1.1 EU Direktiver for stationære kilder

To EU-direktiver foreskriver en direkte regulering af udledningen fra stationære kilder, nemlig direktivet om integreret miljøbeskyttelse og forebyggelse (Integrated Pollution Prevention Control (IPPC), direktiv 96/61/EF) og direktivet om begrænsning af visse luftemissioner fra store fyringsanlæg (Large Combustion Plants (LCP), Parlamentets og Rådets direktiv 2001/80/EC). De to direktiver er minimumsdirektiver dvs. at medlemslandene kan gå videre end direktivernes bestemmelser.

IPPC-direktivet foreskriver et miljøgodkendelsessystem med godkendelsespligt for industriel virksomhed, hvor godkendelsesvilkårene er baseret på bedst tilgængelig teknik. Direktivet er implementeret i dansk lov ved Miljøbeskyttelseslovens bestemmelser samt ved godkendelsesbekendtgørelsen (Bek. nr. 943 af 16. september 2004).

LCP-direktivet om store fyringsanlæg foreskriver emissionsgrænseværdier for bl.a. NO_x for anlæg på 50 MW termisk og derover, og som producerer el og/eller varme. Anlæg fra før 1987 har indtil år 2008 til at opfylde de i direktivet fastsatte grænseværdier for NO_x. Alternativt kan anlæggene følge en eventuel national emissionsreduktionsplan eller skrottes, når de har nået 20.000 driftstimer efter 2008. Indtil 2008 skal disse anlæg fra 1987 og før følge ethvert emissionskrav, som måtte være gældende i henhold til

eksisterende lovgivning. Det nugældende direktiv om store fyringsanlæg er gennemført i dansk lov ved bekendtgørelse om store fyringsanlæg (Bek. nr. 808 af 25. september 2003). Undtaget fra direktivet er offshore gasturbiner, gasturbiner i drift før 27. november 2002 samt diesel- og gasmotorer.

3.1.2 EU direktiver for mobile kilder

Til forskel fra stationære kilder, er reguleringen af mobile kilder totalharmoniseret dvs. at medlemslandene ikke kan gå videre end direktiverne foreskriver, men er nødt til fx. at følge de udstødningsnormer, der er fastlagt i de relevante direktiver. Medlemslandene har dog den mulighed, at de kan fremskynde det nationale ikrafttrædelsestidspunkt af en allerede vedtaget EU-norm.

EU-reguleringen af mobile kilder består af en række direktiver om udstødningsnormer, de såkaldte EURO-normer. EURO-normerne foreskriver bl.a. krav til udledning af NO_x og indebærer at køretøjer og maskiner, der sælges og markedsføres, skal overholde de givne normer for bl.a. at opnå den typegodkendelse, der er en forudsætning for at opnå indregistrering.

EURO-normerne er blevet skærpet flere gange siden introduktionen for personbiler i begyndelsen af 1970'erne. Der er nu også vedtaget EURO-normer for motorcykler, knallerter, ikke-vejpgående køretøjer og maskiner (dieseldrevne som traktorer og entreprenørmaskiner samt benzindrevne som motorsave og plæneklippere), fritidsfartøjer og senest for lokomotiver og fartøjer på indre vandveje.

EU-normerne er indført ved lov i Danmark ved Færdselsstyrelsens detailforskrifter og en bekendtgørelse fra Miljøministeriet.

3.2 Regulering i dansk lov af stationære anlæg

Som redegørelsen af de nationale kilder i kapitel 2 viser, udgør forbrænding fra stationære fyringsanlæg med sine knapt 40 % af den samlede emission en af de væsentligste kilder til NO_x -emission. Reguleringen af NO_x -emission fra fyringsanlæg sker med hjemmel i Miljøbeskyttelsesloven og er implementeret i en række bekendtgørelser, der retter sig mod forskellige anlæg, hvad angår typer, størrelser og anvendelsesformål. Følgende fem bekendtgørelser er centrale og vil kort blive præsenteret i de følgende afsnit:

- Godkendelsesbekendtgørelsen
- Bekendtgørelsen om NO_x , SO_2 og støv fra store fyringsanlæg
- Bekendtgørelse om begrænsning af emission af nitrogenoxider, uforbrændte carbonhydrider og carbonmonoxid fra gasmotorer og gasturbiner
- Bekendtgørelsen om anlæg, der forbrænder affald
- Kvotebekendtgørelsen

En sjette regulering - CO_2 -kvoteloven – er også taget med da CO_2 -kvotereguleringen potentielt vil have en virkning, selvom den ikke indebærer en direkte regulering af NO_x -emissioner.

3.2.1 Godkendelsesbekendtgørelsen

Godkendelsesbekendtgørelsen (Bek. nr. 943 af 16. september 2004), der er udstedt i medfør af Miljøbeskyttelsesloven, indeholder de nærmere regler for det danske godkendelsessystem og indeholder bestemmelser, der gennemfører IPPC-direktivet i dansk lov. Lignende bestemmelser om godkendelse af særligt forurenende virksomheder var gældende i Danmark før EU-direktivet trådte i kraft. Ifølge direktivet skal medlemslandene sikre, at IPPC-virksomheder er godkendt i overensstemmelse med direktivet inden 1. november 2007. Med de nye regler om tvungen revurdering vil alle IPPC-virksomheder skulle revurderes inden 1. november 2007, således at man kan sikre sig, at godkendelsesvilkårene er i overensstemmelse med direktivets krav. Herefter skal IPPC-virksomheder mindst revurderes hvert 10. år. Det gælder også for kraftværker, varmeproducerende anlæg, gasturbineanlæg og gasmotoranlæg med en indfyret effekt på mere end 50 MW.

Direktivet omfatter en lang række industrielle processer. Det drejer sig om olie- og gasudvinding², energiproduktion, affaldsforbrænding samt en række industrielle brancher - for visse forudsat, at produktionsanlægget har en vis kapacitet. Inden for energiproduktion er følgende godkendelsespligtige jævnfør de danske bestemmelser:

- Kraftværker, varmeproducerende anlæg, gasturbineanlæg og gasmotoranlæg med en samlet indfyret effekt på mere end 50 MW,
- Kraftproducerende, varmeproducerende anlæg, gasturbineanlæg og gasmotoranlæg med en samlet indfyret effekt på mellem 5 og 50 MW;
- Kraftproducerende anlæg og varmeproducerende anlæg, der helt eller delvist er baseret på faste biobrændsler med en samlet indfyret effekt på mellem 1 og 5 MW, samt
- Koksværker, kulforgasningsanlæg og likvificeringsanlæg.

En godkendelse skal bl.a. fastsætte grænseværdier, maksimal luftmængde og afkasthøjder for hvert afkast, hvor der udledes forurenende stoffer til luften. Desuden skal godkendelsen fastsætte krav til overvågning af emissioner.

Emissionsgrænseværdier for NO_x er givet i bekendtgørelser og i Luftvejledningen, som er Miljøstyrelsens vejledning til tilsynsmyndigheden.

Tabel B-1 i bilag B giver en oversigt over de nugældende grænseværdier for forskellige fyringsanlæg i henhold til henholdsvis Luftvejledningen (Miljøstyrelsens Vejledning, nr. 2, 2001), bekendtgørelsen om store fyringsanlæg og emissionsbekendtgørelsen om gasmotorer og turbiner over 120 kW indfyret effekt.

I de følgende afsnit beskrives kort indholdet i de relevante bekendtgørelser.

3.2.2 Bekendtgørelse om NO_x, SO₂ og støv fra store fyringsanlæg

Bekendtgørelsen om begrænsning af visse luftforurenende emissioner fra store fyringsanlæg (nr. 808 af 25. september 2003) omhandler begrænsning af emissioner af svovldioxid, nitrogenoxider og støv. Bekendtgørelsen implementerer EU-direktivet om emissionsbegrænsning fra store fyringsanlæg

² Olie- gas udvinding på offshoreanlæg er undtaget de danske bestemmelser om miljøgodkendelse.

(2001/80/EF) i dansk lov. Bekendtgørelsen regulerer emissionen fra alle fyringsanlæg beregnet til energiproduktion og med en nominel termisk effekt på 50 MW og derover og uanset brændselstype. Dog er anlæg, der drives af diesel, benzin eller gasmotorer, undtaget fra bestemmelserne, og det samme er anlæg, der er omfattet af affaldsbekendtgørelsen. Anlæg, hvor forbrændingsproduktet anvendes direkte til proces, er ikke omfattet og det er gasturbiner i offshoreindustrien heller ikke. Øvrige gasturbiner er omfattet, dog ikke hvis der er meddelt miljøgodkendelser før oktober, 2003.

Reguleringen sker i form af emissionsgrænseværdier, der er fastlagt i et bilag til bekendtgørelsen. Grænseværdierne er minimumskrav, som skal lægges til grund i miljøgodkendelser med mindre tilsynsmyndigheden vil anvende strengere krav. Det vil sige, at hvis særlige forhold taler derfor, vil det være muligt at fastsætte lavere grænseværdier. Grænseværdierne varierer afhængigt af anlæggets alder og anlægstype. Typisk er grænseværdierne skrapere for nye anlæg, som det fremgår af tabel B-1 i bilag B. Afhængigt af fyringsmedie og anlægsstørrelse skærpes grænseværdien fra og med 2008 og igen i 2016 for bestående anlæg dvs. anlæg, der var meddelt miljøgodkendelse før 8. oktober 2003.

3.2.3 Bekendtgørelse om gasmotorer og gasturbiner

Bekendtgørelsen om store fyringsanlæg dækker ikke gasmotoranlæg mindre end 50 MW. NO_x-emission fra gasmotoranlæg – ned til 120 kW indfyret effekt – er derimod reguleret af bekendtgørelsen om begrænsning af emission af nitrogenoxider, uforbrændte carbonhydrider og carbonmonooxid fra gasmotorer og gasturbiner (Bek. nr. 621 af 23. juni 2005). Foruden anlæg fyret med naturgas og biogas, samt gas/dieselolie og fuelolie, gælder bekendtgørelsen også anlæg til forbrænding af gas fra forgasning af faste brændstoffer (kul, halm, affald mv.). Undtaget er anlæg, der er omfattet af kvotebekendtgørelsen (se afsnit 3.2.5.).

Bekendtgørelsen for gasmotoranlæg og gasturbiner over 120 kW fastlægger grænseværdier for NO_x. Grænseværdierne er vist i tabel B-1 i bilag B.

Gasmotorer og gasturbiner i intervallet 120 kW – 5 MW defineres som anmeldelsespligtige, dvs. at det skal kunne dokumenteres ved hjælp af målinger, at emissionskravene kan overholdes. Energianlæg med en samlet indfyret effekt større end 5 MW er godkendelsespligtige, hvilket bl.a. indebærer, at der årligt skal foretages målinger til kontrol af, at de fastsatte grænseværdier overholdes. Emissionsgrænseværdierne er de samme for anmeldelsespligtige og godkendelsespligtige anlæg, men forskellige afhængigt af om der er tale om eksisterende eller nye anlæg, idet der er mere restriktive krav til nye anlæg (idriftsat efter d. 16. oktober 1998). Alle anlæg skal dog senest den 17. oktober 2006 overholde de krav, som gælder for nye anlæg. Undtaget er dog motorer og turbiner, der benyttes mindre end 500 timer om året.

For at sikre en ensartet administration af kraftvarmeproducerende anlæg m.v., der er omfattet af bekendtgørelse nr. 622 af 23. juni 2005 har Miljøstyrelsen i samarbejde med brancherne udsendt 2 branchebilag for anlæg med en indfyret effekt hhv. 5 MW – 50 MW og 1 MW – 5 MW. Der er dog ikke sket en skærpelse af grænseværdierne for NO_x-emissionen i forhold til luftvejledningen.

3.2.4 Bekendtgørelse om anlæg, der forbrænder affald

Emission af NO_x fra affaldsforbrændingsanlæg reguleres med hjemmel i Miljøbeskyttelsesloven og i henhold til bekendtgørelse nr. 162 af 11. marts 2003 om anlæg, der forbrænder affald. Undtaget er bl.a. anlæg, der udelukkende er godkendt eller registreret til at bortskaffe hele dyrekroppe samt anlæg, der udelukkende forbrænder affald, der er omfattet af bekendtgørelse om biomasseaffald.

Bestemmelserne gælder forbrændingsanlæg og de såkaldte medforbrændingsanlæg.

Ved førstnævnte forstås mobile og stationære anlæg, der udelukkende benyttes til varmebehandling af affald uanset om forbrændingsvarmen genanvendes eller ej. Det omfatter forbrænding af affald ved oxidering samt andre varmebehandlingsprocesser såsom pyrolyse, forgasning eller nedsmeltning, når produkterne af denne behandling derefter forbrændes. Ved medforbrændingsanlæg forstås anlæg med henblik på energifremstilling eller produktion af materielle produkter og som benytter affald som normalt brændsel eller tilskudsbrændsel, eller hvor affald behandles termisk med henblik på bortskaffelse. Dette inkluderer fx. cementovne, der med medforbrænder affald. Emissionskravene er forskellige for forbrændings- og medforbrændingsanlæg.

Bekendtgørelsen fastlægger emissionskrav for bl.a. NO_x . Der er tale om krav som tilsynsmyndigheden som minimum skal lægge til grund som vilkår i miljøgodkendelser (nye godkendelser som revurdering af eksisterende), men myndigheden kan godt skærpe kravene i forhold til de emissionsgrænser, som er givet i bekendtgørelsen. Bekendtgørelsen stiller også krav til de emissionsmålinger, som det er obligatorisk at gennemføre, herunder også til målinger af NO_x -emissionen.

Bekendtgørelsen trådte i kraft den 24. marts 2003, men for anlæg idriftsat eller miljøgodkendt før denne dato vil bestemmelserne først gælde fra den 28. december 2005 (i sidstnævnte tilfælde dog forudsat at anlægget er sat i drift senest den 28. december 2003).

Grænseværdierne for anlæg, der medforbrænder affald, er vist i tabel B-2 i bilag B og grænseværdierne for affaldsforbrændingsanlæg er vist i tabel B-3.

3.2.5 Kvotebekendtgørelsen

Udover den direkte regulering af enkeltkilder i medfør af de tre ovennævnte bekendtgørelser, fastlægges der årlige kvoter for den samlede emission af kvælstofoxid fra de el-produktionsanlæg over 25 MW_{el} , der leverer el til de systemansvarlige selskaber, i dag Energinet. Kvoterne fastlægges med hjemmel i Miljøbeskyttelsesloven og i bekendtgørelse nr. 885 af 18. december 1991 om begrænsning af emission af svovldioxid og kvælstofoxider fra kraftværker, den såkaldte kvotebekendtgørelse. Kvoterne fastlægges af Energistyrelsen og gælder for den samlede emission af NO_x og SO_2 .

Årskvoterne fastlægges en gang om året for den kommende 4-årige periode og desuden fastlægges foreløbige årskvoter for yderligere 4 år. De fastlagte kvoter udgør emissionsgrænser for anlæg, der producerer el. P. t. er der fastlagt bindende kvoter frem til 2009 og foreløbige kvoter for 2010 t.o.m. 2013.

Tabel 3.1 NO_x-kvoter for elværker over 25 MW_{el}

År	Kvote i 1000 ton NO _x
2006 - endelig kvote	26
2007 - endelig kvote	25
2008 - endelig kvote	22
2009 - endelig kvote	20
2010 - foreløbig kvote	20
2011 - foreløbig kvote	20
2012 - foreløbig kvote	20
2013 - foreløbig kvote	20

Udover at fastlægge elværkernes kvoter skal de systemansvarlige årligt indgive en fælles redegørelse til Energistyrelsen indeholdende de oplysninger, der er nødvendige til vurdering af den fremtidige udvikling af svovldioxid og kvælstofoxider fra anlæg over 25 MW_{el}, herunder oplysninger om foranstaltninger til nedbringelse af emissionen. Med hjemmel i bekendtgørelsen rekvirerer Energistyrelsen desuden hvert år indberetninger om den stedfundne emission fra de omfattede kraftværker.

3.2.6 CO₂-kvoteloven

Loven om CO₂-kvoter implementerer EU-direktivet om handel med CO₂-kvoter, der sigter mod at nedbringe emissionen af drivhusgasser for at kunne leve op til de reduktionsforpligtelser som EU og medlemslandene har påtaget sig under FN's Klimakonvention, Kyoto protokollen og EU's byrdefordelingsaftale.

Kvotehandelsystemets prøveperiode løber fra 2005 til 2007. Den efterfølgende handelsperiode går fra 2008 og frem til 2012. En betydelig del af energisektoren og den energitunge industri, incl. offshore sektoren, er omfattet af kvoteordningen. Ordningen omfatter alle 25 medlemslande i EU og omfatter mere end 10.000 produktionsenheder. I Danmark er omkring 380 produktionsenheder omfattet.

Kvotordningen er central i den danske klimastrategi, og er væsentlig for at indfri Danmarks internationale forpligtelser under EU's byrdefordelingsaftale. Den nationale kvotetildeling i 2005-07 er fastlagt i den nationale allokeringsplan, som er godkendt af EU Kommissionen, og implementeret med Loven om CO₂-kvoter.

Kvotetildelingen i EU fastsætter grænsen for, hvor meget CO₂ de kvoteomfattede anlæg samlet set må udlede. Hvert medlemsland fastsætter kvotetildelingen nationalt på baggrund af en samlet afvejning af det nationale reduktionsmål, som landene har forpligtiget sig til ifølge EU's byrdefordelingsaftale samt en afvejning af eventuelle reduktionsmuligheder i de ikke-kvotebelagte sektorer samt eventuelle statslige indkøb af kvoter og kreditter fra projekter i udviklingslandene og Østeuropa, såkaldte Clean Development Mechanism (CDM) og Joint Implementation (JI) projekter.

De enkelte virksomheder kan købe og sælge kvoter af hinanden, på tværs af Medlemsstaternes grænser, således at reduktionen af udledningen kan ske der hvor det kan gøres billigst. EUs Linking Direktiv, som er implementeret i Danmark ved Linking Loven, giver desuden virksomhederne mulighed for at købe projektkreditter. Det er dermed muligt for de kvoteomfattede danske anlæg at udlede mere CO₂ end den tildelte kvote, såfremt de køber kvoter eller kreditter i udlandet.

Kvotetildelingen til danske kvoteomfattede anlæg i perioden 2008-12 skal fastlægges i en national allokeringssplan, som skal fremsendes til EU Kommissionen ultimo juni 2006.

Såfremt kvotesystemet medfører, at de kvoteomfattede danske virksomheder vælger at reducere deres CO₂-udledning vil det også kunne reducere emissionen af NO_x. Der kan dog også tænkes CO₂-reducerende tiltag, som vil have en modsatrettet effekt på NO_x. I det omfang virksomhederne vælger at indkøbe kvoter og kreditter fra udlandet vil reduktionen af emissionen af CO₂ og NO_x finde sted udenfor Danmarks grænser.

3.2.7 Regulering af offshoreindustrien

Da miljøbeskyttelsesloven ikke gælder offshore, er offshoreindustrien ikke omfattet af miljøbeskyttelseslovens bestemmelser om miljøgodkendelse af industriel virksomhed eller af bestemmelserne om store fyringsanlæg, der implementerer EU-direktivet om integreret miljøbeskyttelse og forebyggelse (IPPC) i dansk lov. Offshoreindustrien er underlagt miljømæssig regulering i medfør af Havmiljøloven.

Foruden NO_x-emission relateret til proces, udledes der i offshoreindustrien NO_x, når gas flares, dvs. afbrændes uden nyttiggørelse, men af sikkerhedsmæssige og produktionstekniske grunde.

Energistyrelsen er godkendelsesmyndighed for offshoreanlæg i henhold til Havanlægsloven, der fra 1. juli 2006 afløses af Offshoresikkerhedsloven. Ved behandling af ansøgninger om godkendelse af udbygning af anlæg offshore vurderes om anlæggene til produktion af energi til indvindingen af olie og gas er hensigtsmæssig udformet ud fra blandt andet energieffektivitetshensyn. Vedrørende flaring fører Energistyrelsen af ressourcemæssige hensyn tilsyn med overholdelse af Undergrundslovens § 10. En regulering af NO_x-emissionerne fra eksisterende forbrændingsanlæg med eller uden nyttiggørelse af energien ville i givet fald skulle introduceres med hjemmel i Havmiljøloven, der administreres af Miljøstyrelsen. Det vil kræve udstedelse af en bekendtgørelse.

Med CO₂-kvoteloven er offshoreindustrien blevet kvotepligtig dvs. pålagt at indehave CO₂-kvoter svarende til CO₂-udledningen. CO₂-emissioner fra såvel kraftproduktion på offshoreanlæg som fra flaring er omfattet af CO₂-kvoteloven. Se i øvrigt også det foregående afsnit 3.2.6.

3.2.8 Energiafgifter

Som del af finanslovaftalen for 2006 nedsættes afgifterne for kraftvarmeværkers produktion af varme uden samtidig el-produktion, uanset om varmen produceres ved el, kul, olie eller gas. Ligeledes nedsættes afgiften på brug af el til el-patroner, de såkaldte store dyppekogere, i forbindelse med fjernvarmeproduktion³.

De gældende energiafgiftsregler for kraftvarmeværkerne medfører en u hensigtsmæssig tilskyndelse til el-produktion, når omkostningerne herved er højere end elprisen. De høje afgifter på el hindrer samtidig brug af el til varmeproduktion, selv på tidspunkter med lav el-markedspris. Det resulterer i

³ Bestemmelserne træder først i kraft, når der foreligger en godkendelse fra Kommissionen.

eksport af billig el til Tyskland, Sverige og Norge med samfundsøkonomiske tab og med negative miljøkonsekvenser for Danmark.

Denne uhensigtsmæssige situation ændres på følgende måde:

- Afgiften på brændsler til *fjernvarme* produktion bliver reduceret ned mod samme niveau som ved *kraftvarme* produktion. Herved bliver de nuværende afgiftsmæssige incitamentet til en for stor el-produktion på kraftvarmeværkerne reduceret.
- Afgiften på brug af el til el-patroner mv. i forbindelse med fjernvarmeproduktion bliver nedsat. Herved bliver incitamentet forøget til en fornuftig indenlandsk anvendelse af el-produktionen frem for uøkonomisk el-eksport.
- Elafgifterne bliver nedsat med gennemsnitligt 0,3 øre pr. kWh. Dette neutraliserer den stigning i el-markedsprisen, som er resultatet af de ovenstående forslag, og el-forbrugerne holdes dermed skadesløse.

Ændringerne i energiafgifterne vil først og fremmest medføre en større fleksibilitet i el-markedet, som på en samfundsøkonomisk favorabel måde især vil forbedre rammerne for en fortsat langsigtet udbygning med vindmøller. Udover perioder med store mængder billig vandkraft fra Norge og Sverige vil det først og fremmest være i perioder med meget vindmølle-el, at det nu vil blive attraktivt at fremstille varme ved el. Det vil forbedre økonomien i vindkraft.

Disse forslag har som en markedsafledt virkning, at elprisen for almindelige forbrugere stiger.

Med henblik på at neutralisere virkningen for el-forbrugerne af ovenstående afgiftsændringer, nedsættes de samlede energi- og CO₂-afgifter på elforbrug med 0,3 øre pr. kWh for husholdninger og ikke momsregistrerede erhverv, og med 0,4 øre pr. kWh for let proces i erhverv. Der sker dog ikke nogen nedsættelse for el til tung proces i erhverv. Erhvervenes afgiftsbelastning på el falder således i gennemsnit med godt 0,3 øre pr. kWh el.

3.3 Regulering i dansk lov af mobile kilder

Udstødningsnormer for de fleste mobile kilder er EU-harmoniseret. Dermed kan medlemslandene ikke gå videre end de grænseværdier som direktiverne foreskriver andet end at fremskynde allerede besluttede, men endnu ikke iværksatte EU-normer, f.eks. gennem anvendelse af økonomiske incitamentet. Udover dette, har medlemslandene kun mulighed for at gøre brug af andre virkemidler som fx. at regulere bestanden (størrelse og sammensætning) af de mobile anlæg, eventuelt ved brug af økonomiske styringsmidler.

Tabel 3.2 giver en oversigt over ikrafttrædelsestidspunktet for EU-normerne for forskellige mobile kilder. Emissionsnormerne for vejgående køretøjer kan desuden ses i tabel B-4 og for ikke-vejgående køretøjer i tabel B-5, begge i bilag B.

Tabel 3.2 Ikrafttrædelsestidspunkt for EURO-normer

	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6
Personbiler	1993	1997	2001	2006	2010 ^{*)}	
Varebiler	1994	1998	2002	2007		
Lastbiler og busser	1993	1996	2001	2006	2009	2012 ^{*)}
Motorcykler	2000	2004	2007			
Knallerter	2000	2004				
Ikke-vejpgående (diesel)	1998-99	2000-03	2005-06	2010-12	2013-14	
Ikke-vejpgående (benzin)	2005	2005-09				
Lokomotiver og motorvogne			2005-08	2011		

Note:*) Forventet efter Kommissionens nuværende plan. Normen er ikke besluttet endnu.

Med EURO 3 og EURO 4 er der indført nye principper i reglerne for begrænsning af luftforurening fra motorkøretøjer. Hvor det tidligere alene var udstødningsnormer, der skulle demonstreres overholdt i forbindelse med typegodkendelse, indgår der i de nyere regler elementer som har til formål at sikre, at køretøjerne – også efter at de er taget i brug - opfylder de gældende udstødningsnormer.

3.3.1 Vejpgående køretøjer

De direktiver, der fastlægger normer for vejpgående mobile kilder, er følgende:

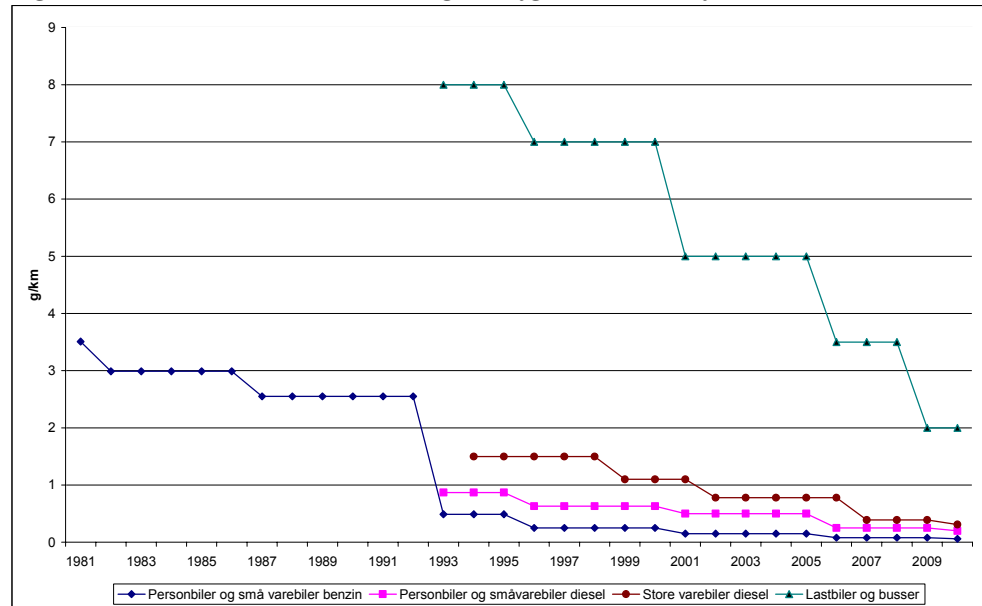
- Person- og varebiler 70/220/EF (senest ændret ved 2003/76/EF)
- Lastbiler/busser 88/77/EF (senest ændret ved 2001/27/EF)
- Motorcykler og knallerter 97/24/EF (senest ændret ved 2006/27/EF)

Nye skærpede EU-krav forventes indført fra 2010 for personbiler (EURO 5) og fra 2012 for lastbiler/busser (EURO 6). Forslaget til EURO 5 normerne fra december 2005 lægger op til en skærpelse af NO_x-emissionsnormen for dieseldrevne personbiler. De nye normer forventes vedtaget i 2006. Også EURO 6 for lastbiler og busser forventes at indeholde skærpede krav til NO_x-emissioner. Forslag om EURO-6 normer for person- og varebiler, der forventes fremsat 3 – 5 år efter EURO 5 vil betyde en væsentlig skærpelse af emissionskravet for NO_x.

Der arbejdes endvidere på at udarbejde globale regler for "cycle beating" (off-cycle emissioner) og kontrol af, at biler i brug opfylder gældende krav (in-use compliance test). Det skønnes at resultatet af dette arbejde vil kunne indgå i EURO 5 og EURO 6. Der er også sat arbejde i gang for andre køretøjer, nemlig EURO 4 for motorcykler og EURO 3 og 4 for knallerter.

Figuren nedenfor viser udviklingen i EURO normer for udvalgte køretøjer inklusiv EURO 5 normen for personbiler og varebiler (dieseldrevne) i henhold til det seneste forslag. Normerne gælder for typegodkendelse af nye køretøjer. I tabel B-4 i bilag B er samtlige EU-normer for NO_x for vejpgående køretøjer vist.

Figur 3.1 EURO normer for udvalgte, vejgående køretøjer



3.3.2 Ikke-vejgående kilder

Udledning af NO_x fra ikke-vejgående kilder er reguleret ved følgende tre EU-direktiver:

- EU-direktiv 97/68/EF for ikke-vejgående maskiner,
- EU-direktiv 2000/25/EF for traktorer og
- EU-direktiv 2003/24/EF for fritidsfartøjer

Direktiv 97/68/EF, som senest er ændret med direktiv 2004/26/EF, omfatter dieseldrevne motorer, der anvendes i arbejdsmaskiner (18-560 kW), lokomotiver (>130 kW), motorvogne (>130 kW) og fartøjer på indre vandveje, samt benzindrevne motorer under 19 kW, der anvendes i motorsave, plæneklippere m.m.

Direktivet omfatter ikke landbrugstraktorer. Disse er reguleret gennem direktiv 2000/25/EF, som i princippet er en kopi af direktivet 97/68/EF. Direktivet omfatter heller ikke maskiner til forsvaret, skibe, fiskerbåde og luftfartøjer. Direktivet fastsætter udstødningsnormer for NO_x i fem trin (trin 1, 2, 3A, 3B og 4) for forskellige motorstørrelser. Normerne træder i kraft på nærmere fastsatte tidspunkter i perioden 1999-2014. Tabel B-5 i bilag B viser udstødningsnormerne for ikke-vejgående køretøjer.

Ifølge bestemmelserne skal motorer være godkendt efter luftforureningskravene og motorerne skal være mærket efter specifikationerne, så det fremgår, at de er godkendt. Maskiner og motorer, der ikke er godkendt og har den korrekte mærkning, må ikke længere sælges i EU. Dog kan lagerførte motorer sælges to år efter, at de nye krav er indført i produktioner.

Endeligt blev der i juni 2003 vedtaget et direktiv, 2003/44/EF, der indeholder emissionskrav for NO_x til fritidsfartøjer. Direktivet er implementeret i dansk lovgivning ved bekendtgørelse nr. 1535 af 22. december 2004. Bekendtgørelsen, der trådte i kraft d. 14. januar 2005, indeholder

grænseværdier for totaktsmotorer, firetaktsmotorer og dieselmotorer på henholdsvis 10,0 g/kWh, 15,0 g/kWh og 9,8 g/kWh.

For skibe reguleres emissionerne inden for den internationale søfartsorganisation IMO (International Marine Organisation) med basis i MARPOL-konventionens Annex VI, og for fly reguleres emissionerne inden for den internationale civile luftfartsorganisation ICAO (International Civil Aviation Organization). En ny regulering af den internationale skibsfart og luftfart er dog undervejs indenfor EU.

4 Fremskrivning af NO_x-emissioner

4.1 Indledning

Et af de vigtigste redskaber til sikring af overholdelse af en international aftale om et emissionsloft er en vurdering af, hvordan udviklingen inden for det berørte område kunne tænkes at forløbe. For NO_x, der primært stammer fra forbrænding af brændsler i faste eller mobile anlæg, vil fremskrivning af energiforbruget være det vigtigste grundlag, men energiprognoserne skal nødvendigvis omsættes til resulterende emissioner. Til beregning heraf kræves der kendskab til de omstændigheder forbrændingen sker under og dette sammenfattes i de såkaldte emissionsfaktorer. Beregningen af de resulterende emissioner i fremtiden kræver således en detaljeret viden om forventningerne til energiforbruget i en lang række sektorer og til de omstændigheder hvorunder energiforbruget foregår.

Miljøstyrelsen tog i 2000 initiativ til, at der på DMU, der er ansvarlig for den nationale database for emissioner til luften, blev udviklet et modelværktøj, der ud fra energiprognoser m.v. vil være i stand til at give den mest troværdige fremskrivning af emissionen af NO_x fra danske kilder. Det dengang udviklede modelværktøj er anvendt til fremskrivningerne i dette kapitel.

Med relativt begrænsede ressourcer, kan det udviklede modelværktøj med fordel anvendes til at gennemføre konsekvensberegninger af helt nye energiplaner eller ændringer af eksisterende.

I dette kapitel gives der en kortfattet beskrivelse af resultaterne af den seneste fremskrivning. En mere detaljeret beskrivelse af forudsætningerne for beregningerne, beregningsmetoderne, emissionsfaktorer m.v. er beskrevet i en speciel rapport fra DMU.

Af hensyn til overskueligheden præsenteres de stationære kilder og de mobile kilder for sig og med en sammenfatning af samtlige kilder sidst i kapitlet.

Fremskrivninger, der rækker op til 25 år frem i tiden, er naturligvis forbundet med store usikkerheder. De foretagne fremskrivninger er derfor alene baseret på den bedst mulige viden på nuværende tidspunkt.

4.2 Stationære kilder

Fremskrivningen af NO_x-emissionerne fra 2004 til 2030 omfatter udover de brændselsrelaterede emissioner også emissioner, der ikke stammer fra forbrændingsprocesser (se nærmere herom i det indledende afsnit til kapitel 2 om Nationale Kilder).

4.2.1 Brændselsforbrug

Energiforbruget i modellen er baseret på Energistyrelsens officielle fremskrivning af energiforbruget udarbejdet som led i ”Energistrategi 2025” (Energistyrelsen, 2005a), revideret primo 2006, og energifremskrivningen for store el- og fjernvarmeanlæg fra 2004 til 2030 er baseret på Energistyrelsens særlige model for fremskrivning af el- og varmeproduktionen (RAMSES) (Energistyrelsen, 2005b). Undtaget er brændselsforbrugene for to store industrikilder, Ålborg Portland og Holmegård Glasværk, der i stedet er baseret på oplysninger fra virksomhederne og Danmarks Statistik for 2003. De anvendte brændselsforbrug fordelt på sektorer og brændselstyper fremgår af Illerup et al. (2005).

Beregningsmæssigt er kilderne delt op i dels anlæg større end 25 MW-elektrisk effekt samt de to industrikilder og dels alle øvrige kilder. Brændselsforbrug i denne restgruppe er beregnet ud fra Energistyrelsens generelle energifremskrivning fratrukket de mobile kilders energiforbrug og de store kilders energiforbrug dvs. anlæggene over 25 MW_{el} og de to store industrikilder.

Emissionsfremskrivningen er baseret på den mængde brændsel som forventes at blive forbrændt på danske værker og er altså ikke korrigeret for international handel med elektricitet. For værker større end 25 MW_{el} er det fremskrevne brændselsforbrug specificeret tillige med anlægsspecifikke emissionsfaktorer.

Brændselsforbruget for perioden 2005 – 2030 fordelt på brændselstyper er vist i tabel 4.1. Som det fremgår af tabellen, er de to vigtigste brændselstyper kul og naturgas i hele perioden. Efter 2015 regnes med et fald i kulforbruget og en næsten tilsvarende stigning i naturgasforbruget. I 2030 er naturgas ifølge prognosen det langt vigtigste brændsel.

Tabel 4.1 Prognose for brændselsforbrug (i PJ) i udvalgte år

Brændselstype	Fremskrivning af brændselsforbrug					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Kul	183	155	174	139	134	103
Naturgas	212	218	245	252	240	257
Affald	43	43	43	49	51	52
Træ	39	42	43	44	44	45
Fuelolie	33	31	30	31	29	31
Gasolie	34	30	27	27	25	25
Halm	26	24	24	24	25	25
Raffinaderigas	17	17	17	17	17	17
Petrokoks	8	8	8	8	8	8
Biogas	4	5	5	5	5	5
LPG	2	2	2	2	2	2
Koks	1	1	1	1	1	1
Total	601	574	618	598	581	572

Kraft- og fjernvarmeværker tegner sig for ca. halvdelen af brændselsforbruget og fra 2015 sker der en kraftig stigning i anvendelse af naturgasfyrede combined cycle-anlæg på bekostning af konventionelle kulfyrede kraftværker.

For så vidt angår energiforbruget til eksport af elektricitet til vore nabolande forventes eksporten at klinge af efter 2010, således at energiforbruget hertil kun udgør nogle få procent af det samlede energiforbrug. Baggrunden for forventningen om den mindre eksport er, at der de kommende år sker en betydelige udvidelse af produktionsapparatet i Sverige og Finland. Import og eksport af elektricitet kan dog variere betydeligt for de enkelte år, og stor eksport i 2010 vil kunne betyde større brændselsforbrug end antaget i fremskrivningen.

4.2.2 Emissionsfaktorer

For at kunne beregne den resulterende emission ud fra brændselsforbruget anvendes emissionsfaktorerne, der indeholde en samlet karakteristik af de forhold, hvorunder forbrændingen sker og evt. tekniske tiltag for reduktion af emissionen af NO_x .

Emissionsfaktorerne for eksisterende kraftværker er baseret på oplysninger fra Energi E2 og ELSAM om forventede emissioner i 2010. For nye værker idriftsat efter 2010 er anvendt emissionsgrænseværdierne i bekendtgørelserne om store fyringsanlæg (Bek. nr. 808 af 25. september 2003) og affaldsforbrænding (Bek. nr. 162 af 11. marts 2003). For industrianlæggene er emissionsfaktorerne baseret på virksomhedernes grønne regnskaber og fremskrivning af emissionerne.

For de mindre kilder er der som udgangspunkt anvendt de emissionsfaktorer, DMU tidligere har anvendt suppleret med fremtidige stramninger af emissionsgrænseværdierne givet i Luftvejledningen (Miljøstyrelsens vejledning nr. 2 fra 2001), bekendtgørelsen om affaldsforbrænding (Bek. nr. 162 af 11. marts 2003) og bekendtgørelsen om gasmotorer/turbiner (Bek. nr. 621 af 23. juni 2005). Energifremskrivningerne er ikke på så detaljeret sektorniveau som de historiske emissionsopgørelser. Flere af fremskrivningens NO_x emissionsfaktorer er derfor aggregerede faktorer baseret på en energimæssig vægning af de relevante emissionsfaktorer.

Emissionsfaktorerne for kraft- og kraftvarmeværker større end 50 MW er langt overvejende beregnet ud fra anlægsspecifikke oplysninger, men en lille rest brændsel for denne kategori er beregnet ud fra aggregerede faktorer.

4.2.3 Emissioner

Den resulterende emission af NO_x beregnes ud fra brændselsforbruget multipliceret med emissionsfaktoren for de enkelte kilderkategorier og den tilhørende emissionsfaktor. De resulterende emissioner af NO_x for perioden 2005 – 2030 er vist i tabel 4.2. Emissionerne for 1990 og 2000 er medtaget for at vise udviklingen.

De estimerede NO_x -emissioner for alle kilder fremgår af Illerup et al. (2005), hvor også brændselsforbrug og emissionsfaktorer er anført. Tabel 4.2 angiver de totale emissioner fra stationære kilder fordelt på sektorer.

Tabel 4.2 NO_x emissioner (i 1000 ton) for stationære kilder i udvalgte år fordelt på sektorer

	Emissionsopgørelse		Emissionsfremskrivning					
	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<i>Kildetype</i>								
El og fjernvarme	90,7	43,0	33,3	27,1	28,4	24,6	23,8	22,6
Industri	13,8	15,4	13,0	12,6	12,7	12,5	12,5	12,5
Offshore produktion	2,4	6,3	6,9	10,9	17,9	20,1	17,0	17,0
Flaring i offshore	1,3	3,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
Beboelse	5,0	4,7	4,8	4,7	4,7	4,7	4,9	5,0
Raffinaderier	1,6	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Erhverv, institutioner	1,4	1,1	1,8	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3
Landbrug	1,2	1,3	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Total	117,4	76,3	63,4	60,3	68,6	66,8	63,0	62,0

For flaring i offshoresektoren ses der et kraftigt fald i NO_x-emissionen fra 2000 – 2005. Faldet skyldes en ændring af emissionsfaktoren i emissionsfremskrivningen. Emissionsfaktoren er dog meget usikker og er derfor ikke indarbejdet i de historiske opgørelser. I industrigruppen indgår emissionen fra cementproduktionen med en væsentlig andel, ca. 9.000 tons indtil 2002. I 2010 er der regnet med en emission på 8.000 tons NO_x, men mere detaljerede vurderinger har efterfølgende vist at emissionen mere retvisende kan estimeres til ca. 6.700 tons NO_x, og med mulige yderligere reduktioner fremover.

De totale NO_x-emissioner fra stationære kilder stiger fra 2005 til 2015, hvorefter der ses et fald frem til 2020. Fra 2020 til 2030 er emissionerne næsten konstante. Stigningen i emissionerne fra 2005 til 2015 skyldes, at det totale brændselsforbrug stiger, herunder stiger naturgas mest, som det fremgår af tabel 4.2, hvorefter det totale brændselsforbrug er næsten konstant. At NO_x emissionerne falder, selvom brændselsforbruget er stort set uforandret, skyldes en udbygning med naturgasfyrede combined cycle anlæg og et næsten tilsvarende fald i anvendelse af kul i kraftværkskedler.

Generelt ses et markant fald i NO_x-emissionen for de centrale værker større end 25 MW_{el}. Dette skyldes, at for gasturbiner (combined cycle-anlæg) større end 50 MW_{th} er emissionsfaktoren 42 g/GJ, mens de eksisterende kulkraftværker med SCR - som delvis vil blive erstattet af combined cycle-anlæg - typisk har emissionsfaktorer på 60-70 g/GJ.

NO_x-emissionerne fra turbiner anvendt i offshoreindustrien stiger markant og mere end fordobles fra 2005 til 2015, hvilket skyldes et stigende energiforbrug i denne sektor for at kunne udnytte vanskeligt tilgængelige reserver i den danske undergrund. En relativ høj emissionsfaktor for offshore turbiner og det stigende energiforbrug gør at offshore industrien kommer til at bidrage med op til 30 % af de totale emissioner for stationære anlæg frem til 2030.

På grund af de generelt lave emissionsfaktorer for naturgas er NO_x-emissionerne fra industrielle forbrændingsanlæg næsten konstante i fremskrivningsperioden selv om der ses en lille stigning i energiforbruget.

4.3 Transportsektoren

Denne sektor omfatter flere millioner enheder i Danmark, fra de største skibe i indenrigsfart over personbilerne til de motoriserede haveredskaber i private husholdninger. Samlet set udgør de mobile kilder i transportsektoren mere end halvdelen af de forventede emissioner af NO_x i 2010. Omkring 75.000 tons mod omkring 60.000 tons fra de stationære kilder.

Sektoren er i øvrigt karakteriseret ved, at langt den største del af motorerne er underlagt gældende eller kommer emissionsstandarder i EU-direktiver, som er baseret på totalharmonisering, hvilket indebærer, at de enkelte lande ikke kan stille strengere krav end anført i direktiverne, men alene har mulighed for at fremskynde ikrafttrædelse af allerede vedtagne emissionsstandarder. For 2010 skønnes det, at ud af de godt og vel 77.000 tons NO_x vil næsten 70.000 komme fra mobile kilder, der er reguleret via EU-direktiver.

Emissionerne fra skibe og fly i international trafik ikke er omfattet af NEC-direktivet og er ikke inkluderet i fremskrivningerne.

Selvom det i princippet er de samme motortyper, der anvendes i vejgående og i ikke-vejgående køretøjer behandles de to sektorer hver for sig. I nedenstående tekst er der givet en kortfattet beskrivelse af de to sektorer med den forventede udvikling i energiforbruget og de resulterende emissioner af NO_x for perioden 2005 – 2030. En mere detaljeret beskrivelse af beregningsmetoder, udgangsmateriale, emissionsstandarder m.v. kan findes i Illerup et al (2005).

For at give et indtryk af udviklingen i NO_x -emissionerne er de historiske emissioner for 1990 og 2000 ligeledes anført. På grund af en ændring i kildekategoriseringen mellem de historiske emissioner i kapitel 2 og dette kapitel, kan der forekomme mindre afvigelser i emissionstallene, der skyldes rent metodiske forhold, og som derfor ikke er udtryk for forskelle i de reelle emissioner.

4.3.1 Vejtrafikken

Denne kategori omfatter alle køretøjer, der må køre på vejene: Personbiler, varebiler lastbiler, busser, motorcykler og knallerter og omfatter alle brændstoffer.

Det modelværktøj (COPERT III), der er anvendt til beregninger af emissioner fra vejtrafikken, er stillet til rådighed af EU-kommissionen og bruges af en række lande i EU. Modellen indeholder en beskrivelse af alle de nødvendige komponenter, der skal tages hensyn til ved beregning af emissionerne, som fx antal køretøjer, deres årskørsler, emissionsfaktorer og energiforbrug. De emissionsfaktorer, der indgår i beregningerne, tager udgangspunkt i målinger foretaget under standardiserede forhold. Der er herefter foretaget en omregning til aktuelle kørselsforhold.

Oplysninger om bestands- og trafikdata til fremskrivningerne er leveret af Vejdirektoratet, mens data om det forventede energiforbrug i vejtrafikken frem til 2030 strammer fra Energistyrelsens officielle energiprognose Energistrategi 2025.

Resultatet af beregningerne af de historiske emissioner (1990-2000) samt af de fremtidige emissioner (2005-2030) fra vejtrafikken er vist i tabel 4.3.

Tabel 4.3 Energiforbrug (i PJ) og emissioner (i 1000 tons NO_x) for vejtrafik i udvalgte år

	Energiforbrug		Fremskrivning af energiforbrug					
	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<i>Kildetype</i>								
Personbiler	68	87	99	110	115	120	124	127
Varebiler	23	25	30	29	29	29	29	29
Lastbiler	25	29	28	28	28	28	28	29
Busser	9	9	9	9	8	8	8	8
Motorcykler	0	1	1	1	1	1	1	1
Total	126	152	166	176	181	186	191	195
	Emissionsopgørelse		Emissionsfremskrivning					
	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<i>Kildetype</i>								
Personbiler	60,0	35,1	27,1	18,1	11,5	8,0	6,8	6,7
Varebiler	10,2	10,2	9,8	6,8	4,4	3,1	2,5	2,3
Busser	9,7	7,6	5,6	3,8	2,4	1,6	1,3	1,1
Lastbiler	22,5	19,5	14,1	9,4	6,1	4,4	3,7	3,4
Motorcykler	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	102,1	72,5	56,8	38,2	24,5	17,4	14,5	13,7

Det samlede energiforbrug for vejtrafikken forventes at stige med 17 % fra 2005 til 2030. Materialet bag fremskrivningerne viser for personbiler en mindre stigning i benzinforbruget fra 82 PJ i 2005 til 91 PJ i 2030 og en betydelige større stigning i dieselforbruget fra 17 PJ i 2005 til 37 PJ i 2030. Personbilerne har det største energiforbrug, fulgt af varebiler og lastbiler. De to sidstnævnte sektorer har næsten lige store energiforbrug. Busserne og især de tohjulede køretøjer har meget små andele af det samlede energiforbrug.

Fra 2005 til 2030 falder vejtrafikens NO_x-emission samlet med 76 % pga. de gradvist skærpede grænseværdier for køretøjernes emissioner af NO_x.

I alle årene er personbilerne den største kilde til vejtrafikens NO_x-emission, fulgt af lastbiler, varebiler og busser. De tohjulede køretøjers emissioner bidrager kun marginalt til den samlede NO_x-emission. Det største relative emissionsfald ses for busser (80 %) og lastbiler (76 %), mens personbilers og varebilers emissioner i samme periode falder med 76 % henholdsvis 74 %. Her er hovedårsagen emissionseffekten af den fremtidige EURO 5 norm, hvor der i overensstemmelse med EU Kommissionens forventninger er regnet med et fald i emissionsgrænseværdien for personbiler og varebiler på 25 % for benzin og på 20 % for diesel ved skiftet fra EURO 4 til EURO 5.

4.3.2 Andre mobile kilder

Denne kategori omfatter ikke-vejgående køretøjer, samt kilder inden for skibsfart og luftfart. De ikke-vejgående køretøjer deles op i traktorer, mejetærskere, entreprenørmaskiner, trucks, fritidsfartøjer, lokomotiver og haveredskaber. Den samlede NO_x-emission fra andre mobile kilder er i 2010 anslået til ca. 37.000 tons.

Emissionerne for andre mobile kilder beregnes som produktet af emissionsfaktorer og energiforbrug. Energiforbrugsdata er taget fra Energistyrelsens officielle energiprognose. Kilden til energi- og emissionsfaktorer for vejtrafik er EU emissionsmodellen COPERT III, og for

arbejdsredskaber- og maskiner samt fritidsfartøjer er kilden Institut für Energi und Umwelt, Berlin. De resterende transportkategoriers energi- og emissionsfaktorer er taget fra de af EU og UNECE accepterede metodemanualer.

Energiforbruget og emissionerne fra arbejdsredskaber og -maskiner samt fritidsfartøjer beregnes for hver maskintype under hensyntagen til bl.a. antal, størrelse og årlig driftstid. Bestands- og driftsdata stammer fra DMU's undersøgelser.

Resultatet af beregningerne for såvel de historiske emissioner (1990-2000) samt de fremtidige emissioner fra andre mobile kilder end vejtrafikken er vist i tabel 4.4.

Tabel 4.4 Energiforbrug (i PJ) og emissioner (i 1000 tons NO_x) i udvalgte år for andre mobile kilder

	Energiforbrug		Fremskrivning af energiforbrug					
	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<i>Kildetype</i>								
Militær	2	2	2	2	2	2	2	2
Jernbane	4	3	3	3	3	3	3	3
Fritidsfartøjer	1	1	1	1	1	1	1	1
National skibsfart	6	5	5	5	5	5	5	5
Fiskeri	10	8	8	8	8	8	8	8
Luftfart	3	2	2	2	2	2	2	3
Landbrug	17	14	14	13	13	12	13	12
Skovbrug	0	0	0	0	0	0	0	0
Industri	12	12	12	12	12	12	12	12
Husholdninger	2	2	4	4	4	4	4	4
Total	58	50	51	50	50	49	50	50
	Emission		Emissionsfremskrivning					
	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<i>Kildetype</i>								
Militær	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
Jernbane	4,9	3,7	3,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Fritidsfartøjer	0,6	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
National skibsfart	8,7	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Fiskeri	13,9	11,2	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
Indenrigsfly	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
Landbrug	12,5	13,2	11,2	8,1	5,3	3,3	2,1	1,2
Skovbrug	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Industri	11,1	12,1	10,3	7,7	6,2	4,8	4,2	4,1
Husholdninger	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Total	53,6	49,2	44,7	36,8	32,4	28,9	27,1	26,1

Det samlede energiforbrug for andre mobile kilder falder med 3 % fra 2005 til 2030. Maskinerne inden for landbrug og skovbrug har omtrent lige store energiforbrug, dernæst følger fiskeri, national skibstrafik, husholdninger, jernbane, indenrigsfly, militær, fritidsfartøjer og skovbrug med faldende andele af det samlede energiforbrug.

Fra 2005 til 2030 falder andre mobile kilders NO_x-emission samlet med 37 %, især pga. de gradvist skærpede grænseværdier for arbejdsredskaber og -maskiner inden for landbrug og industri. Disse to sektors emissionsreduktion udgør henholdsvis 60 % og 38 % af den samlede emissionsreduktion for andre mobile kilder.

Som følge af de begrænsede fiskeressourcer og væsentlige reformer i form af vedtagelse af en ny regulering for fiskeriet har Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri oplyst må man forvente en nedgang i antallet af fiskerfartøjer i de kommende år, og dermed en lavere NO_x emission. På nuværende tidspunkt kan der ikke gives et sikkert skøn over udviklingen, og dermed den forventede NO_x emission for fiskerfartøjer. Fiskerisektoren er derfor tillagt et uændret energiforbrug og dermed NO_x-emission i perioden 2005 - 2030.

4.3.3 Sammenfatning mobile kilder

Den følgende tabel 4.5 viser energiforbruget og de beregnede NO_x-emissioner for vejtrafik og andre mobile kilder i henhold til det rapporteringsformat, der anvendes inden for FN's klimakonvention.

Tabel 4.5 emission (i 1000 tons NO_x) for alle mobile kilder

	Emission		Emissionsfremskrivning					
	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<i>Kildetype</i>								
Industri	11,1	12,1	10,3	7,7	6,2	4,8	4,2	4,1
Luftfart	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
Vejtrafik	102,1	72,5	56,8	38,2	24,5	17,4	14,5	13,7
Jernbaner	4,9	3,7	3,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Skibsfart, fritidsfartøjer	9,3	7,5	7,6	7,6	7,6	7,5	7,5	7,5
Husholdninger	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Land- og Skovbrug, fiskeri	26,5	24,5	22,1	18,8	16,0	14,0	12,8	11,8
Militæret	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
Total	155,7	121,8	101,5	75,0	56,9	46,4	41,6	39,8

Det ses, at for de mobile kilder sker der samlet reduktion i emissionen af NO_x på 115.900 tons i perioden 1990 – 2030. Langt den største reduktion sker inden for vejtrafikken – på trods af et øget energiforbrug - og for ikke-vejgående køretøjer (industri og skov- og landbrug) og skyldes de stadigt skærpede emissionskrav.

4.4 Fremskrivning for samtlige kilder

Resultatet af fremskrivningerne for henholdsvis de stationære kilder og de mobile kilder fremgår af de respektive ovenstående afsnit. I tabel 4.6 er beregningerne sammenfattet og udtrykker således for alle danske kilder den forventede udvikling fra 1990 til 2030.

Tabel 4.6 Emission (i 1000 tons NO_x) fra samtlige kilder i perioden 1990 – 2030

Kildetype	Emissionsopgørelse		Emissionsfremskrivning					
	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Stationære	117,4	76,3	63,4	60,3	68,6	66,8	63,0	62,0
Mobile	155,1	121,8	101,5	75,0	56,9	46,4	41,6	39,8
Total	273,1	198,1	164,9	135,3	125,5	113,2	104,6	101,8

Det ses, at i perioden 1990 – 2030 forventes der et fald i den samlede NO_x-emission på 171.000 tons eller 63 %.

For perioden 1990 – 2010 forventes der tilsvarende en reduktion på ca. 138.000 tons NO_x for alle kilder, og for de stationære kiler er reduktionen på 57.000 tons mod 80.000 tons for de mobile kilder.

Manko i forhold til NEC-direktivet

I efteråret 2004, da NO_x arbejdsgruppen var i starten af sit arbejde, var forskellen mellem den officielle fremskrivning af den samlede NO_x emission i 2010 og emissionsloftet på ca. 40.000 tons. Siden har man fået mere viden om NO_x-emissionen fra de mobile kilder, som har ført til en nedjustering af den samlede vurdering af emissionen fra disse kilder.

Hertil kommer, at regeringsbeslutninger i 2005 på områder, som ikke direkte sigter på at begrænse NO_x emissionen, i den reviderede fremskrivning vurderes at påvirke NO_x emissionen i nedadgående retning. Det drejer sig om regeringens nye Energi strategi og Energispareplan. I samme retning trækker den med Finansloven for 2006 vedtagne ændring af energifgifterne (se nærmere herom i afsnit 3.2.8).

Effekten af afgiftsændringen er dog usikker og afhængig af de konkrete vejrforhold, herunder nedbørsmængder i Norge og Sverige og vindforhold i Danmark.

Som angivet i afsnit 4.2.3. er der for Aalborg Portland i modelberegningerne til fremskrivningerne regnet med en konstant emission af NO_x på 8.000 tons om året fra og med 2010. Miljøstyrelsen har i august 2005 meddelt virksomheden en ny miljøgodkendelse, der også indeholder reviderede bestemmelser, som vil have betydning for virksomhedens fremtidige emission af NO_x. For 2010 vurderes det at emissionen af NO_x ikke vil overstige 6.700 tons eller 1.300 tons mindre end indregnet i DMU's fremskrivningsmodel pr. 1. marts 2006.

Tabel 4.7 Emission (i 1000 tons NO_x) i 2010 og 2015

	Emissionsfremskrivning	
	2010	2015
DMU's fremskrivning pr. 1. marts 2006 incl. reduktion for cementproduktion	134	124
Emissionsloft i henhold til NEC-direktivet	127	127
Forventet manko, afrundet	7	- 3

Det fremgår af tabel 4.7, at de forventede emissioner af NO_x i 2010 vil være omkring 134.000 tons. Denne fremskrivning er baseret på Energi styrelsens i foråret 2006 opdaterede energifremskrivning. Den forventede manko i 2010 er hermed reduceret til omkring 7.000 tons. I 2015 forventes de samlede NO_x emissioner oven i købet at være ca. 3.000 tons *lavere* end emissionsloftet.

5 Undersøgte reduktionstiltag

Formål med kapitlet

I 2010 skal Danmark ifølge NEC-direktivet opnå en målsætning om en NO_x -emission på 127.000 tons. Mankoen for at overholde denne målsætning er på ca. 7.000 tons NO_x i 2010, jf. afsnit 4.4.

Dette kapitel omhandler en samfundsøkonomisk analyse af NO_x reduktion i Danmark. Formålet med analysen er at belyse den mest omkostningseffektive måde for samfundet til at fjerne mankoen på ca. 7.000 tons NO_x i 2010. Herved sikres, at målsætningen opnås med færrest mulige samfundsøkonomiske tab til følge. Det skal understreges, at der ikke hermed er taget stilling til, om de gennemregnede tiltag rent faktisk skal gennemføres. Dette er en politisk beslutning.

Der er belyst omkostninger og NO_x -reduktion for en lang række tekniske tiltag til at reducere NO_x -emissionen i Danmark. Der søges opstillet den kombination af tiltag, som til de lavest mulige velfærdsøkonomiske omkostninger, vil kunne fjerne mankoen på ca. 7.000 tons NO_x i 2010. Redskabet hertil er den såkaldte skyggepris for de enkelte tiltag, dvs. tiltagets velfærdsøkonomiske omkostninger pr. kg fjernet NO_x .

Den samfundsøkonomiske analyse skal tjene som et bidrag til beslutningsgrundlaget for Danmarks overholdelse af NO_x -målsætningen i NEC-direktivet.

5.1 Indledning

Dette kapitel sammenfatter resultaterne for den række af tekniske tiltag til NO_x -reduktion, der er foretaget beregninger for. Det skal understreges, at der ikke er taget stilling til, hvorledes de enkelte tiltag vil blive søgt gennemført. Det vil sige, at der ikke indgår hvilke styringsinstrumenter, såsom afgifter, tilskud, rabatter, omsættelige kvoter, udledningsnormer etc., der vil blive taget i anvendelse. Det betyder, at eventuelle forvriddningseffekter ikke er medtaget.

En undtagelse er dog nogle tiltag indenfor transport, der enten består i netop anvendelse af økonomiske styringsinstrumenter eller kun kan lade sig gøre ved brug af økonomiske styringsinstrumenter. Dette gælder således for tiltaget skift fra diesel- til benzinbiler, hvor hele tiltaget består af en differentiering af registreringsafgiften. Ligeledes er fremrykning af EURO5-normer og EURO6-normer kun tilladt ifølge EU-reglerne ved brug af økonomiske styringsinstrumenter, som afgifter eller rabatter/tilskud. Derfor er der for disse tre tiltag allerede medtaget et styringsinstrument, og effekterne heraf indgår i de økonomiske beregninger.

I henhold til bestemmelserne i miljøbeskyttelsesloven kan virksomheder, der er godkendt efter godkendelsesbekendtgørelsen, først få taget deres miljøgodkendelse op til revurdering, når der er forløbet 8 år efter det

tidspunkt, hvor virksomheden sidst blev godkendt. Dette vil kunne have betydning for gennemførelsen af nogle af tiltagene i kapitlet.

For så vidt angår regulering af NO_x-emissionen fra virksomheder inden for cement- og glasproduktion er deres miljøgodkendelse blevet revideret efter retningslinierne om anvendelse af BAT-princippet og miljøbeskyttelsesloven pålægger tilsynsmyndigheden at revidere deres miljøgodkendelse senest 10 år herefter i lyset af de til den tid gældende BAT-principper. Miljøstyrelsen har derfor ikke fundet grundlag for at inddrage disse virksomheder i denne analyse.

5.2 Sammenfatning

Hvordan kan målsætningen på 127.000 tons NO_x i 2010 opnås billigst muligt for samfundet? For at besvare dette spørgsmål undersøges, hvordan mankoen på ca. 7.000 tons NO_x kan fjernes til de lavest mulige velfærdsøkonomiske omkostninger.

Det skal understreges, at der er stor usikkerhed forbundet med beregningerne, såvel teknisk som økonomisk. Beregningerne bygger på fremskrivninger, der rækker op til 25 år frem i tiden, og er naturligvis forbundet med store usikkerheder. De foretagne beregninger er derfor alene baseret på den bedst mulige viden på nuværende tidspunkt.

Ligeledes skal pointeres, at dette er en teknisk rapport, der ikke indeholder anbefalinger om, hvilke tiltag der bør vælges af beslutningstagerne. Formålet med rapporten er alene at vise, hvorledes Danmarks forpligtigelse ifølge NEC-direktivet og Göteborg-protokollen kan overholdes mest omkostningseffektivt. Der tages ikke stilling til tiltagenes gennemførlighed, overholdelse af regeringens skattestop og deres effekter på fordeling eller andre hensyn.

Der er undersøgt NO_x-reduktion og økonomi for en lang række af tiltag i forskellige sektorer. Der er stor spredning mellem tiltagene. Det er kendetegnende, at kun få tiltag har et stort potentiale for at fjerne NO_x. De analyserede tiltag kan maksimalt fjerne ca. 24.000 tons NO_x i 2010.

Den mest omkostningseffektive måde at fjerne mankoen i 2010 på koster velfærdsøkonomisk (dvs. for hele samfundet) 26 mill.kr. om året. Her indgår 4 tiltag, nemlig eftermontering af SCR på større fiskefartøjer, udskiftning til lav-NO_x brændere på kedler i industrien med hhv. gas og gasolie samt bedre styring på gasmotorer i kraftvarmesektoren.

De velfærdsøkonomiske omkostninger belaster forskellige sektorer i samfundet. Erhvervslivet får omkostninger på 32 mill.kr. om året, som især påhviler energisektoren, men også industrien og fiskeriet får omkostninger. Staten får en gevinst på 6 mill.kr. pr. år fra øgede afgiftsindtægter.

De fire tiltag er i øvrigt kendetegnet ved, at de hver især rent velfærdsøkonomisk giver overskud, dvs. de samfundsøkonomiske fordele er større end de samfundsøkonomiske omkostninger. Overskuddet udgør knap 6 mia.kr. i nutidsværdi for de fire tiltag tilsammen.

Der er udført en række følsomhedsanalyser, hvor der ændres på forskellige forudsætninger for at vise, hvilken indflydelse dette har på resultaterne (de velfærdsøkonomiske omkostninger). Generelt er tiltagene robuste overfor ændringer i rentesats og priser på afledte miljøeffekter. De er mere følsomme overfor ændringer i investeringer, el-, CO₂- og brændselspriser, fordeling af elforbrug mellem ind- og udland samt elafsatning. En stor gruppe af tiltag må betegnes som meget stabile, heriblandt dem med de lavere skyggepriser. Men der er omvendt en stor gruppe, som er meget følsomme: De to tiltag for boosting på kraftværker, reburning/advanced reburning i kraft- og fjernvarmesektoren, EGR på tunge køretøjer, havvindmøller, fremrykning af EURO6 for tungekøretøjer. Disse er enten blandt de dyreste eller har et beskedent reduktionspotentiale og er derfor ikke blandt de mest relevante tiltag.

Der er stor usikkerhed forbundet med priser på miljøeffekter, og der er ikke helt enighed om, hvilke priser der bør anvendes. I beregningerne er anvendt DMU's priser på miljøeffekter. Anvendelse af Transport- og Energiministeriets priser for miljøeffekter får ikke den store indflydelse på resultaterne.

5.3 Reduktionsmuligheder

Der findes en lang række af reduktionsmuligheder, som groft kan deles i to dele:

Tekniske tiltag (installering af teknologi, som reducerer NO_x-emissionen)
Skift til andet brændsel.

Udledningen af NO_x er hovedsageligt bestemt af forbrændingsprocessen og i mindre grad af brændselstypen. Flere af de tekniske tiltag går ind og justerer på forbrændingsprocessen.

Tekniske tiltag

SCR er en gennemgående teknik, der kan anvendes i mange sektorer. SCR står for Selective Catalytic Reduction. Teknologien anvender en katalysator, og der tilsættes kvælstof som urinstof eller ammoniak. Ved SCR omdannes NO_x til vand og frit kvælstof. SCR kan afhængigt af dimensioneringen reducere NO_x-emissionen med op til 80-95 pct. SCR er relevant for både kedler på kraftværker og kraftvarmeværker og gasmotorer på faste anlæg samt på dieselmotorer på mobile kilder som fiskefartøjer, lastbiler og busser samt ikke-vejgående som traktorer og mejetærskere.

EGR står for Exhaust Gas Recirculation og bruges på dieselmotorer i transportsektoren. EGR er en teknologi, hvor en delstrøm af udstødningsgassen recirkuleres tilbage til motorens luftindtag. Herved reduceres NO_x-emissionen, fordi forbrændingsprocessen fortyndes med den recirkulerede røggas, hvorved temperaturen bliver lavere og dermed NO_x produktionen mindre. NO_x mængden reduceres med højst 50 pct.

Boosting af et kraftværk består i at tilkoble en gasturbine til en eksisterende kulfyret kedel på kraftværket. Herved udvides produktionskapaciteten, da gasturbinerne har højere eleffekt. Kraftværkets elproduktionen kan stige og fortrænge anden kondensel fra andre værker eller import. Herved kan NO_x-emissionen reduceres. Denne form for boosting kaldes delvis boosting. Der er også en mere omfattende model, hvor der yderligere skiftes brændsel på

kedlen fra kul til gas. Der anvendes altså udelukkende gas i såvel turbinen som i kedlen. Ved fuld boosting bliver NO_x reduktionen større, idet der også er en effekt fra brændselsskiftet.

Bedre styring (motoroptimering) består af en forbrændingsmæssig justering af motoren på et kraftvarmeværk, således at NO_x udledningen reduceres. Denne justering medfører samtidig en reduktion i elvirkningsgraden på mellem 1 og 2 pct. Såfremt NO_x udledningen halveres, vil det på nogle anlæg samtidig medføre en reduktion i det samlede effektudtag på op til 10 pct. Bedre styring vil øge emissionen af THC (totalkulbrinter), CO og FA (formaldehyd). Der er igangsat et projekt, der ser på denne problemstilling.

Der kan installeres et system til bedre luft- og iltstyring af forbrændingsprocessen på fx kedler i industrien. Optimeringen giver mulighed for bedre regulering af den tilførte luftmængde og temperatur, og der kan fjernes ca. 20-30 pct. af NO_x -emissionen.

Reburning er en teknologi, hvor et sekundært brændsel indfyres i kedlen over den primære forbrændingszone. Som det sekundære brændsel anvendes ofte naturgas, der derved erstatter en del af det primære brændsel, der kan være kul, halm eller træflis. Reburning har et NO_x -reduktionspotentiale på ca. 50 pct. Ved advanced reburning bruges yderligere et reduktionsmiddel, f.eks. ammoniak. Herved øges NO_x -reduktionen til ca. 70 pct. Reburning og advanced reburning kan bruges på fjernvarmekedler.

Der er også udviklet særlige lav- NO_x -brændere til både olie og naturgas. Udskiftning af brænderne til lav- NO_x -brænder på eksisterende gasfyrede fjernvarmekedler samt på industriedler med gas og gasolie kan reducere NO_x -emissionen med ca. 60 %.

DLE (Dry Low Emission) teknologi bruges på single fuel gasturbiner på offshore anlæg. DLE virker ved at føre brændstoffet ind i brændkammeret gennem flere dyser vha. et avanceret kontrol- og styringssystem. Herved opnås en kontrolleret og jævn forbrænding og en lavere forbrændingstemperatur i turbinerne. NO_x - emissionen reduceres med ca. 80 pct.

Skift til andet brændsel

Øget elproduktion fra vindmøller, f.eks. ved etablering af en havvindmøllepark, vil reducere NO_x -emissionen. Det skyldes, at møllernes elproduktion erstatter brændselsbaseret elproduktion.

Reduktion af antal nye dieselpersonbiler til fordel for benzinbiler vil reducere NO_x -emissionen, idet dieselmotorer har større NO_x -emission end benzinmotorer.

Konvertering fra kul til gas vil også kunne reducere NO_x -emissionen. Tiltaget kan være en del af boosting, jf. ovenfor.

Ved vurdering af konsekvenserne af skift til andre brændsler skal man være opmærksom på, at en øget anvendelse af biomassekedler kan, afhængigt af teknologi, medføre øget NO_x -emission.

Det er valgt at udelukke en række tiltag fra en nærmere vurdering af NO_x-reduktionspotentialiet. Boks 5-1 viser, hvilke tiltag det drejer sig om.

Boks 5-1 Til tag det er valgt ikke at foretage beregninger for

Substitution fra halm til naturgas i kraftvarmeproduktionen. Potentialiet er meget begrænset, især hvor halmen afbrændes på værker med de-NO_x-anlæg, og desuden vil en substitution være i strid med regeringens plan for øget anvendelse af biomasse.

Forbedret styring af eksisterende biogasmotorer. Tiltaget gennemføres under alle omstændigheder pr. 1. jan 2006 For nye anlæg og fra 1. jan. 2009 for eksisterende, bkg. 621 af 23. juni 2005. NO_x-effekten vurderes at være forholdsvis lille.

Bedre gaskedler i husholdninger(kondenserende gaskedler). Kondenserende gaskedler er i forvejen påkrævet i henhold til det nye bygningsreglement, som træder i kraft i 2006.

Elvarmepumper i stedet for olie/gaskedler i husholdninger. Potentialiet beskeden.

SCR på kraftværker. Dette er ikke længere relevant, idet der vil være installeret SCR på alle kulfyrede kraftværker inden år 2010.

Konvertering fra kul til gas på kraftværker. Dette tiltag vil give en meget beskeden NO_x-reduktion, når der er installeret SCR på kraftværket, jf. ovenfor.

Bedre styring af kedler i industri. Potentialiet meget beskeden.

Færgetrafik (indenrigsfærger og gods). Potentialiet er ret begrænset og fordelt på mange forskellige kilder og behæftet med stor usikkerhed. På sigt vil der være et potentiale i at benytte gasturbinedrevne hurtigfærger frem for dieseldrevne, hvorfor de gasturbinedrevne færger er at foretrække fremover.

Naturgasbusser. Det er usikkert, hvor stor NO_x-effekten vil være, idet den fremtidige regulering af dieseldrevne busser forventes at medføre, at emissionerne fra disse vil nærme sig naturgasdrevne busser.

SCR på eksisterende entreprenørmaskiner. Det vil være et temmelig omfattende arbejde at regne herpå. De mange meget forskellige typer maskiner har forskellige emissionsfaktorer og omkostninger, og alene det at få styr på data ville være meget ressourcekrævende.

Fremrykning af EURO-normer for traktorer og mejetærskere er ikke analyseret pga. lavt potentiale, jf. kap 17 i Rapporten om samfundsøkonomiske analyser.

Fremrykning af EURO5 for diesel personbiler og varebiler er ikke medtaget, idet afgiftsabatordningen (nedsat registreringsafgift) for dieselmotorer med partikelfiltre, som træder i kraft 2006, samtidig medfører en opfyldelse af EURO5 for de vedrørte biler.

DLE på ældre single fuel gasturbiner på offshoreanlæg. DLE på ældre single fuel gasturbiner er et meget omfattende projekt med større ombygninger på platforme og udskiftning af hele turbinen. Der er derfor ikke regnet på dette tiltag, da det anses for urealistisk.

DLE på dual fuel gasturbiner på offshoreanlæg

For dual fuel gasturbiner er der ikke udviklet DLE eller lignende teknologi. I stedet kan man overgå til dieseldrift på de nyere turbiner, der så kan ombygges til lav NO_x typen. Det vil kræve store ombygninger på platformene at skulle håndtere så store dieselmængder. En alternativ løsning vil være at etablere separate turbiner for dieseldrift og gasdrift, hvilket vil kræve meget store nye installationer på platformene og i visse tilfælde er nye platforme påkrævet. Det er således valgt ikke at regne på tiltag for de eksisterende dual fuel gasturbiner.

SCR på gasturbiner på offshoreanlæg

Da de nærmere detaljer om en eventuel anvendelse af SCR offshore er fremkommet sent under arbejdsgruppens arbejde, har der ikke i arbejdsgruppen været mulighed for en nærmere økonomisk analyse af dette tiltag.

Tiltaget har været diskuteret i offshore-gruppen. Operatørerne (NSOC-D) anfører, at der vil være uforholdsmæssigt store praktiske problemer med plads, vægt og arbejdsmiljø/sikkerhed, og at omkostningerne for installation og drift ikke kan sammenlignes med tilsvarende anlæg på land. En lignende konklusion er fremkommet i en norsk undersøgelse som bl.a. vurderede muligheden for SCR på gasturbiner på offshoreanlæg .

5.4 tiltag efter sektor

Tabel 5-1 viser en samlet oversigt over alle de tiltag, der er foretaget beregninger for. Tiltagene er grupperet efter sektorer. **Alle de 29 tiltag, der er regnet på, er dokumenteret i Miljøstyrelsens rapport "Samfundsøkonomisk analyse af NO_x-reduktioner, 2006"**.

Der er vist de enkelte tiltags miljømæssige potentiale i form af mængde fjernet tons NO_x i 2010. Desuden er de budgetøkonomiske omkostninger for erhverv (dvs. kraftvarmeværker, industri osv.) vist både som den samlede årlige omkostning og som kr. pr. kg. NO_x. Påvirkningen af statens finanser fremgår også. Det skal pointeres, at tallene for denne påvirkning ville være væsentlig anderledes, hvis der i beregningerne indgik konkrete forudsætninger om økonomiske styringsmidler udover de eksempler, der er nævnt i indledningen. Der er også vist resultatet af cost-benefitanalysen (CBA) som nutidsværdi (NPV), dvs. gevinster minus omkostninger, altså om tiltaget i sig selv giver velfærdsøkonomisk overskud eller underskud. I CBA indgår værdien af samtlige miljøeffekter (værdien af NO_x samt værdien af de øvrige miljøeffekter, fx fjernet mængde SO₂ og CO₂).

De velfærdsøkonomiske omkostninger pr. kg NO_x (den sidste kolonne) udtrykker tiltagets velfærdsøkonomiske omkostninger pr. kg fjernet NO_x. Disse omkostninger kaldes også skyggeprisen. Her er inkluderet værdien af tiltagets øvrige miljøeffekter udover NO_x-reduktionen (fx fjernet mængde SO₂ og CO₂). Skyggeprisen er den centrale størrelse i en analyse af den mest omkostningseffektive måde at opnå en given miljømålsætning på. Det er de enkelte tiltags skyggepriser, man sammenligner. Skyggeprisen kan godt blive negativ. Det kan f.eks. opstå, hvis værdien af tiltagets afledte miljøeffekt (såsom værdien af partikelreduktion) overstiger omkostningerne ved tiltaget.

De årlige velfærdsøkonomiske omkostninger (næstsidste kolonne) er også fratrukket værdien af de øvrige miljøeffekter.

En del af tiltagene til NO_x-reduktion påvirker også udledningen af CO₂. Effekten er dog generelt meget beskeden, jf. tabel 5-1, der også viser CO₂-effekten. Eneste undtagelse er fuld boosting, som fjerner ca. 5 mill. tons CO₂. Det skyldes primært, at kulforbruget på kraftværket erstattes med naturgas. Delvis boosting øger udledningen med ca. 1,6 mil. tons CO₂ hovedsageligt fra det øgede gasforbrug på turbinen.

Tabel 5-1 Økonomisk oversigt, alle tiltag efter sektorer

	Miljøeffekt		Budgetøkonomi			Velfærdsøkonomi		
	NO _x -reduktion i 2010	CO ₂ -reduktion i 2010	Omkostning			Over-skud	Omkostning	
			Erhverv		Stat		CBA NPV	Omk pr. år
			Tons	1000 Tons	Mill.kr. pr. år	Kr. pr. kg NO _x		
KRAFTVÆRKER								
Fuld boosting på kraftværker	3303	5155	2.169	752	26	-19602	1.726	598
Delvis boosting på kraftværker	957	-1615	67	72	0	-2354	291	312
KRAFT- OG FJERNVARMESEKTOR								
SCR på gasmotorer kraftvarme	2193		25	15		1528	29	18
Bedre styring på kraftvarmeværker	1685	25,4	22	17	-6	1292	15	11
Reburning på flis og træ	211	-1,6	17	106	-12	118	5	31
Reburning på halm	165	-0,8	13	107	-8	82	5	37
Reburning på kul	60	2,6	2	54	1	13	3	64
Advanced reburning på flis og træ	295	-1,6	22	98	-12	113	11	48
Advanced reburning på halm	232	-0,8	19	109	-8	49	11	65
Advanced reburning på kul	82	2,6	3	52	1	20	4	61
Lav-NOx brænder gas	9		0,1	52		0,9	0,2	60
VEDVARENDE ENERGI								
Havvindmøller	195	200	-37	-218	1	-214	36	208
INDUSTRI								
Lav-NOx brænder kedler industri gasolie	704		1	7		228	2	8
Lav-NOx brænder kedler industri gas	665		2	7		186	2	10
TRANSPORT								
EGR-filtre tunge køretøjer	1244		40	86		-115	48	103
SCR på tunge køretøjer	3279		91	72		222	91	72
Fremrykning EURO 5	359		9	51	4	-14	16	91
Fremrykning EURO 6, 3 år	193		36	153	16	-606	64	271
Fremrykning EURO 6, 5 år	553		64	153	27	-1.066	113	271
Skift fra diesel- til benzinbiler	106	-15	6	82	-6	-337	30	444
ANDRE MOBILE KILDER								
SCR på Traktorer og mejetærskere	3111		65	52		556	66	53
FISKERI								
SCR på fiskefartøjer	4511		7	2		3844	8	3
Motoroptimering på fiskefartøjer	524		1	3		441	1	3
OFFSHORE SEKTOR								
DLE på 18 gasturbiner	4373		260	112		-1451	304	131
DLE på 5 gasturbiner	2171		105	72		13	123	85
DLE på 4 gasturbiner	1792		78	65		145	91	76
DLE på 3 gasturbiner	1404		59	60		196	69	71
DLE på 2 gasturbiner	743		28	54		153	33	64
DLE på 1 gasturbine	371		14	54		76	16	64

Note 1: Der kan sættes DLE på 18 gasturbiner i offshoresektoren. Omkostninger og NO_x-reduktion varierer meget mellem turbinerne, hvorfor det faktisk er 18 individuelle tiltag, som er regnet enkeltvis. For overskuelighedens skyld er ikke vist alle 18 (de fremgår af kapitel 20 i "Samfundsøkonomisk analyse af NO_x reduktion"). Der er vist, hvis man sætter DLE på alle 18 turbiner (dvs. på landsplan), og hvis der installeres på op til 5 turbiner, startende med den billigste.

Note 2: I CBA er anvendt en pris på 85 kr. pr. kg NO_x. Denne pris dækker alene de sundhedsmæssige skadesomkostninger og er derfor bl.a. afhængig af, hvor emissionen finder sted og af befolkningstætheden, hvor eksponeringen sker. Derfor er denne pris særlig usikker for de tiltag, der foregår til havs, dvs. i sektorerne fiskeri og offshore.

Figur 5-1 viser en grafisk fremstilling af tabel 5-1 og giver et bedre overblik. Søjlerne viser tiltagets potentiale for NO_x -reduktion og hører sammen med den venstre lodrette akse i tons NO_x pr. år. Kurven viser tiltagets velfærdsøkonomiske omkostning pr. kg fjernet NO_x (skyggepris) og hører sammen med den højre lodrette akse i kr. pr. kg NO_x . Alle tiltagene er opstillet efter stigende skyggepris (fra venstre mod højre).

Eksempelvis fjerner tiltaget SCR på gasmotorer i kraftvarmesektoren ca. 2200 tons NO_x (aflæses på venstre akse) til en pris af 18 kr. pr. kg. (aflæses på højre akse).

Som et eksempel på skadesomkostningerne fra NO_x emissionen og en mulig størrelsesorden for disse har DMU i rapport 507: "Sundhedseffekter af luftforureningen – beregningspriser" fra oktober 2004 estimeret de sundhedsmæssige skadesomkostninger for ét kg NO_x fra et moderne kulfyret kraftværk på hhv. Sjælland og Vest-Jylland til en pris der omregnet til 2004-priser kan opgøres til hhv. 81 og 89 kr., gennemsnittet heraf er 85 kr. pr. kg. Transport- og Energiministeriet anvender et væsentligt lavere skøn over prisen på NO_x på 15-16 kr. pr. kg.

Mærsk Olie og Gas har som repræsentanter for offshore-sektoren peget på, at nærværende rapport efter deres opfattelse ikke giver et retvisende billede af den miljø- og samfundsmæssige gevinst ved NO_x -reducerende tiltag offshore, idet rangordningen ikke tager hensyn til, hvor meget de enkelte tiltag reelt vil reducere eventuelle sundhedsmæssige skadesomkostninger, da disse vil variere under hensyntagen til bl.a. hvor emissionen sker og ikke kan fastlægges ved at anvende et simpelt gennemsnit som det anførte.

Det er i rapporten vist, hvilke tiltag der giver velfærdsøkonomisk hhv. under- og overskud, hvis prisen på NO_x er 85 kr. pr. kg. Men det skal understreges, at hovedsigtet med denne rapport er at belyse, hvorledes Danmark mest omkostningseffektivt kan opfylde NEC-direktivets og Gøteborg-protokollens NO_x -målsætning, Til dette bruges en rangordning af tiltagenes skyggepris, dvs. deres omkostning pr. kg fjernet NO_x , og heri indgår ikke værdien af NO_x . Prisen på NO_x er således uden betydning for rangordenen af tiltagene og øvelsen at opfylde NO_x -målsætningen mest omkostningseffektivt.

Det skal endvidere understreges, at de sundhedsmæssige skadesomkostninger kun er en del af de samlede skadesomkostninger. Hertil kommer de miljømæssige skadesomkostninger (f.eks. i form af eutrofiering, evt. reduceret fiskebestand pga. NO_x deponering i havet o.l.), der ikke er medregnet, da de ikke på tilfredsstillende måde har kunnet kvantificeres. Prisen på de 85 kr. pr. kg er derfor ikke en fyldestgørende pris, men er det bedste skøn for nærværende efter Miljøstyrelsens opfattelse. Prisen på de 85 kr. pr. kg NO_x dækker som nævnt alene de sundhedsmæssige skadesomkostninger og er derfor bl.a. afhængig af, hvor emissionen finder sted og af befolkningstætheden, hvor eksponeringen sker. Derfor er denne pris særlig usikker for de tiltag, der foregår til havs, dvs. i sektorerne fiskeri og offshore.

Prisen på de 85 kr. pr. kg er angivet som den stiplede linie i figuren. Forudsat at prisen på NO_x er 85 kr. pr. kg, så vil alle tiltag, hvis skyggepris ligger under den stiplede linie, give velfærdsøkonomisk overskud, mens alle over linien vil give underskud.

- Reburning og advanced reburning på halm i fjernvarmesektoren
- Reburning og advanced reburning på kul i fjernvarmesektoren
- For DLE på gasturbiner i offshoresektoren er der 18 tiltag, som kan implementeres enkeltvis eller adderes. Der er i tabel 5-1 vist tiltaget alle 18 turbiner samt 5 tiltag, hvor de 5 billigste gradvis akkumuleres.

Da tiltagene udelukker hinanden, er det nødvendigt at vælge mellem dem. For de to tiltag vedrørende fiskefartøjer er der ikke tvivl om, hvilket tiltag der skal vælges, da det billigste også fjerner mest NO_x. Men for de øvrige tiltag i energi- og transportsektoren gælder det, at det tiltag, der er mest omkostningseffektivt, også fjerner mindst NO_x.

Der er valgt det tiltag med den laveste skyggepris. Tabel 5-2 viser de akkumulerede omkostninger og tilhørende akkumulerede NO_x reduktioner.

Tiltagene er akkumuleret efter stigende skyggepris (vist i første kolonne). Der startes med den laveste skyggepris (SCR på fiskefartøjer), og der akkumulerer op til og med den dyreste. Der er taget hensyn til, at nogle tiltag udelukker hinanden og ikke begge kan implementeres, som beskrevet ovenfor. Der er konsekvent valgt tiltaget med den laveste skyggepris.

Af tabel 5-2 kan aflæses den mest omkostningseffektive måde at opfylde målsætningen på. I tabellen er markeret, hvornår der nås op på en samlet reduktion på 7.000 tons NO_x, således at mankoen fjernes. Der er således indsat en linie, der viser, hvornår mankoen på 7.000 tons rammes, når tiltagene akkumuleres startende med de billigste. Det sker efter tiltaget bedre styring på kraftvarmeværker.

Opfyldelse af målsætningen i 2010 koster erhvervslivet 32 mill.kr. om året fordelt over en 30-årig periode (de budgetøkonomiske omkostninger). Denne omkostning påhviler især energisektoren, men også industrien og fiskeriet får omkostninger. Statens finanser påvirkes i positiv retning med årlige gevinster på 6 mill.kr. fra øgede afgiftsindtægter. Det koster velfærdsøkonomisk 26 mill.kr. om året.

Tabel 5-2 Akkumulerede omkostninger og fjernet mængde NO_x i 2010.
Omkostningseffektiv fjernelse af mankoen på ca. 7.000 tons NO_x i 2010.

	Skyggepris	Akkumuleret efter stigende skyggepris					
		Velfærdsk økonomi	Miljøeffekt	Budgetøk omkostning		Velfærdsøkonomi	
		NO _x reduktion i 2010	Erhverv	Stat	CBA	Omkr. pr. år	Skyggepris vægtet
	Kr. pr. kg	Tons	Mill.kr. pr. år	Mill.kr. pr. år	Mill.kr. NPV	Mill.kr. pr. år	Kr. pr. kg
SCR på fiskefartøjer	3	4511	7	0	3844	8	3
LavNO _x brænder kedler industri gasolie	8	5215	9	0	4071	10	3
Lav-NO _x brænder kedler industri gas	10	5880	10	0	4258	12	4
Bedre styring på kraftvarmeværker	11	7565	32	-6	5550	26	6
Manko							
Reburning på flis og træ	31	7775	48	-18	5668	31	6
Reburning på halm	37	7941	62	-26	5750	36	7
SCR på Traktorer og mejetærskere	53	11052	127	-26	6306	102	20
Advanced reburning på kul	61	11134	130	-25	6326	105	20
DLE på 2 gasturbiner (8,9)	64	11877	158	-25	6479	138	23
SCR på tunge køretøjer	72	15156	249	-25	6701	229	34
DLE på 1 gasturbine (4)	78	15817	279	-25	6745	265	35
Fremrykning EURO 5	91	16176	289	-21	6731	282	37
DLE på 7 gasturbiner (3,1,14,16,10,7, 18)	131	18164	403	-21	6086	415	47
Havvindmøller	208	18359	365	-20	5872	451	49
DLE på 1 gasturbine (17)	241	18747	380	-20	5715	468	53
Fremrykning EURO 6, 3 år	271	18941	417	-5	5109	533	55
DLE på 4 gasturbiner (11,12,13,5,)	280	19314	453	-5	4698	576	59
Delvis boosting på kraftværker	312	20271	520	-5	2345	867	71
DLE på 2 gasturbiner (19,15)	339	20442	548	-5	2017	898	73
Skift fra diesel- til benzinbiler	444	20548	553	-10	1680	929	75
DLE på 1 gasturbiner (2)	521	20596	561	-10	1574	938	76

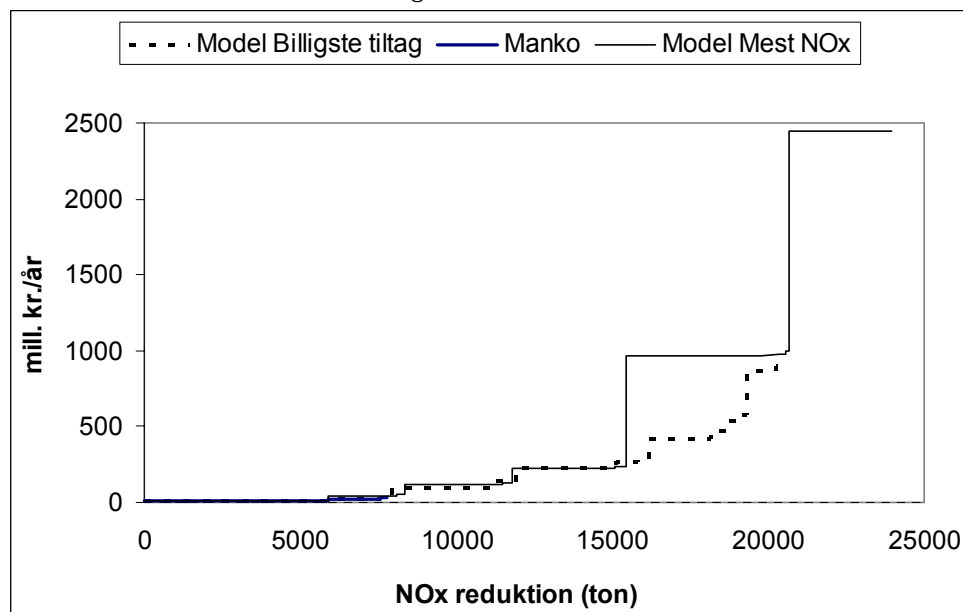
Note 1: Ekskl. tiltag under bagatelgrænse på 50 tons NO_x

Note: Bemærk, at det er miljøeffekten (NO_x-reduktion) i 2010 og ikke den årlige (annuierede) miljøeffekt, der er vist i tabellen. Da en del af tiltagene kun reducerer NO_x i nogle få år med henblik på at opfylde målsætningen i 2010, betyder det, at man ikke kan dividere tabellens årlige omkostning med NO_x reduktionen i 2010 og få den vægtede skyggepris. Her skal divideres med den annuierede miljøeffekt, som for nogle tiltag altså er væsentligt lavere end i 2010.

Note 2: se note 2 til tabel 5-1.

Et andet spørgsmål, det kunne være interessant at få besvaret, er, hvor meget NO_x de analyserede tiltag tilsammen maksimalt kan fjerne. Dette kan findes ved udelukkende at prioritere efter størst NO_x reduktion blandt de parvis konkurrerende tiltag og ikke som før efter laveste skyggepris. Men det bliver også væsentligt dyrere pga. de stigende marginalomkostninger. De velfærdsøkonomiske omkostninger bliver 2,4 mia. kr. årligt, og det koster erhvervslivet 2,7 mia.kr. årligt. Især tiltaget fuld boosting vejer meget tungt i omkostningerne. Figur 5-2 viser de to modeller billigste tiltag og mest NO_x. Mest NO_x fortsætter med stærkt stigende marginalomkostninger og stopper ved ca. 24.000 tons NO_x i 2010, som er den maksimale mængde NO_x, de analyserede tiltag kan fjerne.

Figur 5-2 Model billigst muligt og Mest NO_x, akkumulerede velfærdsøkonomiske omkostninger



Det skal endnu en gang understreges, at overvejelser om valg af styringsmidler til at implementere de tekniske muligheder (tiltagene) er af politisk karakter og derfor ikke indgår i denne tekniske rapport.

Ligeledes skal pointeres, at det i realiteten ikke behøver kun at være det ene tiltag blandt de parvis konkurrerende tiltag, der vil blive implementeret. Enten/eller gælder for den enkelte virksomhed, men ikke nødvendigvis for hele sektoren. Det afhænger helt af det valgte styringsmiddel. Hvis der indføres et styringsmiddel, hvor det er op til den enkelte virksomhed at beslutte, hvilken teknologi der skal implementeres, kan nogle virksomheder f.eks. vælge SCR, mens andre kan vælge bedre styring. I beregningerne er det forudsat, at hele sektoren vælger den samme teknologi.

5.6 Følsomhedsanalyser

Der er udført en række følsomhedsanalyser, hvor der ændres på forskellige forudsætninger for at vise, hvilken indflydelse dette har på resultaterne. Følsomhedsanalyser kan dermed give et billede af, hvor robust resultatet er. Kapitel 2 i Miljøstyrelsens rapport "Samfundsøkonomisk analyse af NO_x-reduktioner, 2006" gennemgår forudsætningerne.

Der ses i det følgende på ændringer i de velfærdsøkonomiske omkostninger pr. kg NO_x, dvs. skyggepriserne, som er den centrale parameter i en analyse af omkostningseffektivitet. Skyggeprisen udtrykker tiltagets velfærdsøkonomiske omkostninger pr. kg fjernet NO_x.

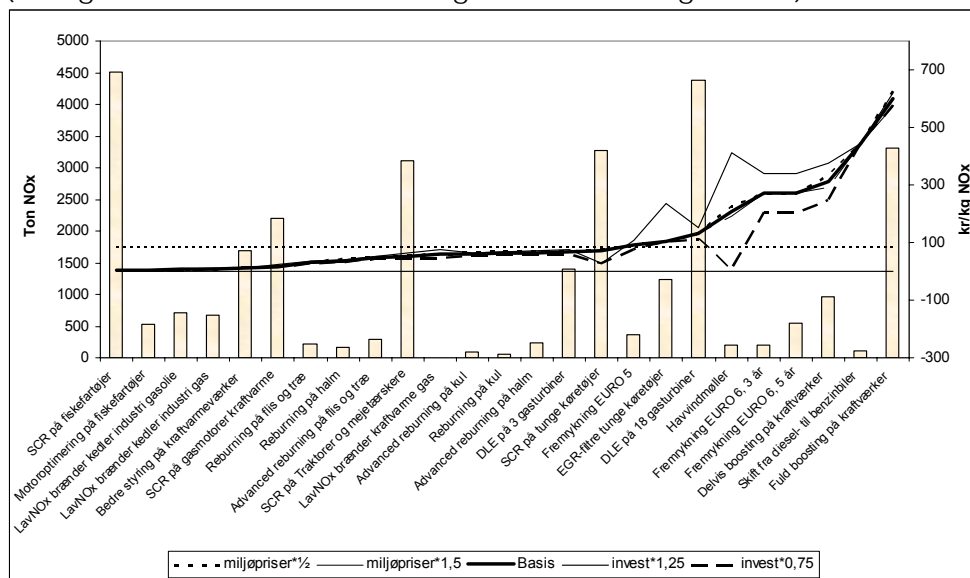
Der er udført følgende følsomhedsanalyser

- Priser på miljøeffekter (SO₂ og partikler) hhv. hæves/sænkes med 50 pct.
- Priser på miljøeffekter fra Transport- og Energiministeriets nøgletalskatalog i stedet for DMUs
- Investeringsudgifter hhv. hæves/sænkes med 25 pct.

- Velfærdsøkonomisk rentesats nedsættes fra 6 pct. til 3 pct., og der anvendes forrentningsfaktor på kapital.
- Ændret fordeling for elfortrængning mellem Danmark og udlandet. Andel på hhv. 25 pct. og 75 pct. for Danmark til og med 2015 mod 50 pct. i basisberegningen.
- Elpris, CO₂-pris og priser på brændsler (kul, naturgas, fuelolie, gasolie) hhv. forhøjes og formindskes svarende til højpris- og lavpris-scenarie i revideret Energistrategi 2025.
- Merproduktion af el ved fuld og delvis boosting halveres.
- "Worst" case og "best" case

Resultatet af følsomhedsanalyserne kan ses i figur 5-3 til figur 5-5.

Figur 5-3 følsomhedsanalyser, priser på miljøeffekter og investeringer (til tagene står i samme rækkefølge som basis rangordnet)



Note: se note 2 til figur 5-1.

5.6.1 Ændrede priser på miljøeffekter

Der er udført følsomhedsanalyser for at belyse betydningen af at ændre priserne på miljøeffekterne. Disse priser er behæftet med stor usikkerhed, og der er p.t. ikke helt enighed om priser på SO₂, partikler og NO_x. I basisanalysen er anvendt DMU's priser. Der er udført følsomhedsanalyser, hvor priserne er hhv. op- og nedskrevet med 50 pct., samt følsomhed hvor der er anvendt Transport- og Energiministeriets priser. Ændring af priser på miljøeffekterne SO₂ og partikler vil få betydning for skyggeprisen for de tiltag, hvor der optræder afledte miljøeffekter.

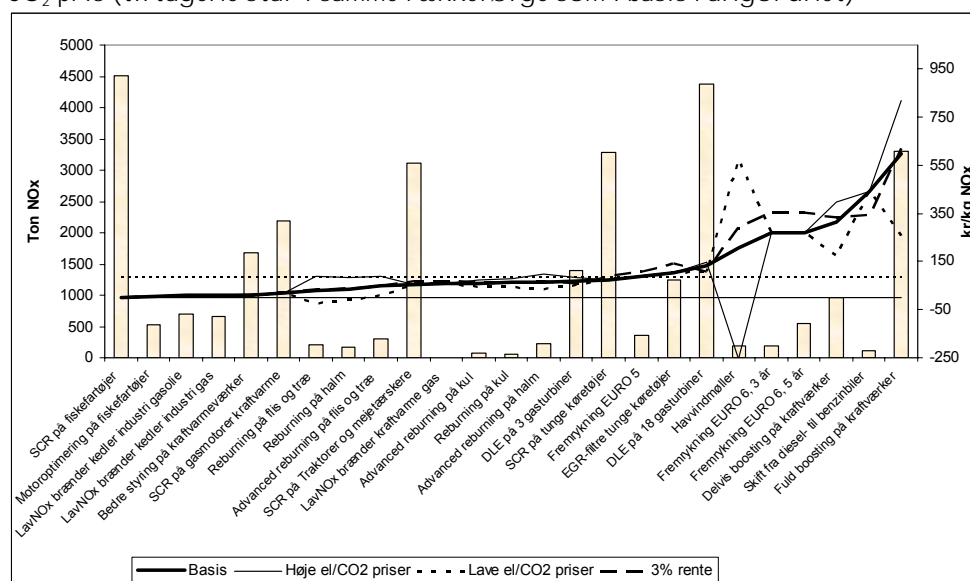
Det generelle billede er, at ændring af priser på miljøeffekter får begrænset betydning for skyggepriserne. De afledte miljøeffekter (dvs. miljøeffekter udover NO_x) har dermed ikke den store indflydelse på resultaterne. Anvendelse af Transport- og Energiministeriets priser er ikke vist i figur 5-3, da kurven er stort set sammenfaldende med basis.

Anvendelse af Transport- og Energiministeriets priser for miljøeffekter får således ikke den store indflydelse på de velfærdsøkonomiske omkostninger ved at fjerne mankoen.

5.6.2 Ændrede investeringsbeløb

Mange af tiltagene er forholdsvis investeringstunge. En op- og nedskrivning af investeringsbeløbet med 25 pct. har stor betydning for skyggepriserne, hvor nærmest hele niveauet for skyggepriserne hhv. hæves og sænkes, jf. figur 5-3. Stort set alle tiltagene bliver dyrere med helt op til 200 kr. pr. kg, når investeringerne øges med 25 pct. Følsomheden slår især ud på nogle af de dyrere tiltag som EGR⁴, havvindmøller og fremrykning EURO6, men også delvis boosting bliver en del dyrere. En op- og nedskrivning af investeringsbeløbet med 25 pct. vurderes at være den maksimalt mulige ændring.

Figur 5-4 Følsomhedsanalyser, ændret rente, ændrede brændselpriser, el- og CO₂-pris (til tagene står i samme rækkefølge som i basis rangordnet)



Note: se note 2 til figur 5-1.

5.6.3 Ændret velfærdsøkonomisk kalkulationsrente

Der er udført en følsomhedsanalyse med en lavere velfærdsøkonomisk rentesats på 3 pct. i stedet for 6 pct., som anbefalet af Finansministeriet. En rente på 3 pct. kombineres i diskonteringen med brugen af den såkaldte forrentningsfaktor på kapital, hvor den alternative afkastrate sættes til 6 pct. Forrentningsfaktoren på kapital søger at tage hensyn til det forhold, at samfundet går glip af alternative afkastmuligheder ved at investere i et givet projekt. Forrentningsfaktoren på kapital udtrykker nutidsværdien af de mistede alternative investeringsmuligheder ved at gennemføre projektet. En velfærdsøkonomisk rente på 3 pct. kombineret med en forrentningsfaktor på kapital svarer til de forudsætninger, der er anbefalet i Miljøministeriets vejledning i udførelse af samfundsøkonomiske analyser.

Denne følsomhed ændrer ikke særligt på de velfærdsøkonomiske omkostninger pr. kg fjernet NO_x, jf. figur 5-4. De mest markante ændringer er

⁴ I tilfældet EGR er investeringerne ikke op- og nedskrevet med 25 pct. Der er i stedet regnet med omkostninger med og uden partikelfilter, da dette udgør en stor del af omkostningerne, og det ikke er helt afklaret, hvorvidt EGR bør installeres sammen med partikelfilter eller ej.

for nogle af de dyreste tiltag fremrykning af EURO6 og havvindmøller, hvis skyggepriser øges med ca. 30-50 pct. (ca. 80 kr. pr. kg).

5.6.4 Ændrede priser på brændsler, el og CO₂

I basisberegningen er anvendt de samme priser på brændsler, el og CO₂ som i den reviderede Energistrategi 2025 fra maj 2006. Der er udført en følsomhedsanalyse med kombination af øget pris på brændsler, el og CO₂ samt en tilsvarende følsomhed med kombination af lave priser. Prisændringerne svarer til hhv. højpris og lavpris scenariet i Energistrategi 2025, revideret maj 2006.

Disse følsomheder har især betydning for de to tiltag for boosting på kraftværker, de seks tiltag for reburning/advanced reburning i kraftvarmesektoren samt havvindmøller, jf. figur 5-4. Ved følsomheden med kombinationen af høje priser bliver delvis og fuld boosting samt havvindmøller væsentligt billigere, idet den fortrængte el bliver mere værd og dermed trækker omkostningerne ned. Ved følsomheden med kombinationen af lave priser ses det omvendte billede.

5.6.5 Ændret fordeling af elfortrængning

Nogle tiltag ændrer elproduktionen. Etablering af havvindmøllepark øger f.eks. elproduktionen i Danmark, således at anden el fortrænges. Omvendt kan et tiltag mindske elproduktionen, så der bliver behov for erstatningsel.

I basisanalysen er det ved erstatning af el antaget, at frem til og med 2015 finder halvdelen af den ekstra kondens-elproduktion sted i Danmark, mens resten produceres i de øvrige nordiske lande. Efter 2016 forventes det, at hele ændringen vil finde sted i Danmark. Tilsvarende ved fortrængning af el. Denne fordeling mellem indland og udland er baseret på Energistyrelsens modelberegninger.

Ændring af den danske andel frem til 2015 får indflydelse på tre tiltag: fuld og delvis boosting på kraftværker samt havvindmøller. Hvis andelen, der fortrænges i Danmark, sænkes fra 50 pct. til 25 pct., falder NO_x-reduktionen i 2010 med ca. 1500 tons NO_x (svarende til et fald på 45 pct. for de tre tiltag) fordelt med ca. 600 tons, 800 tons og 100 tons for hhv. delvis og fuld boosting samt havvindmøller. Omkostningerne til investering og drift påvirkes ikke, kun NO_x reduktionen falder. Det betyder, at skyggepriserne øges (omkostning pr. kg), men ikke voldsomt svarende til 10-25 pct. Der sker de omvendte ændringer for de tre tiltag, hvis andelen øges fra 50 pct. til 75 pct.

5.6.6 Ændret afsætning af el ved boosting

Boostingen på kraftværker øger kapaciteten for elproduktion. Det er forudsat i basisanalysen, at denne merproduktion afsættes fuldt ud. Men der kan som nævnt sættes spørgsmålstegn ved denne forudsætning, som ikke er i overensstemmelse med det aktuelle marked.

En halvering af merproduktionen af el ved fuld boosting ændrer ikke på NO_x-reduktionen. Det skyldes, at ved fuld boosting bliver NO_x-reduktionen fra selve elfortrængningen halveret i forhold til basisberegningen. Dette opvejes af, at NO_x-reduktionen stiger tilsvarende som følge af selve boostingen, idet

merforbruget af naturgas ved boosting halveres i forhold til basisberegningen. Investeringsomkostningen er uændret, men merdriftsomkostningerne til elproduktion og merindtægten fra elsalg bliver begge halveret. De samlede omkostninger stiger altså, men der fjernes ikke mere NO_x. Skyggeprisen øges med ca. 140 kr. pr. kg.

Ved delvis boosting bliver NO_x-reduktionen halveret til ca. 500 tons, og skyggeprisen stiger med ca. 250 kr. pr. kg.

5.6.7 Worst case og best case

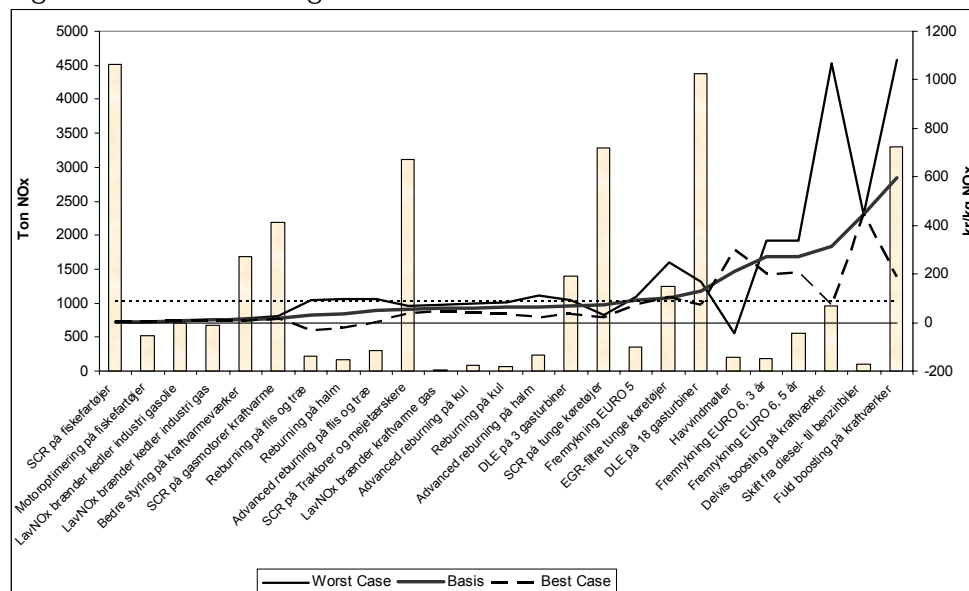
Der er også udført et "worst case" scenarium og et "best case" scenarium, der er kombinationer af de udførte følsomhedsanalyser. I "worst case" er en kombination af de mest pessimistiske forudsætninger og "best case" af de mest optimistiske. Tabel 5-3 viser ændringerne.

Tabel 5-3. Ændringerne i hhv. "worst" og "best case" i forhold til basis

Worst case	Best case
Investeringerne hævet med 25 pct. (+ partikelfilter for EGR)	Investeringerne sænket med 25 pct. (- partikelfilter for EGR, som i basis)
Priserne på miljøeffekterne reduceret med 50 pct.	Priserne på miljøeffekterne hævet med 50 pct.
Lave el-, CO ₂ - og brændselspriser	Høj el-, CO ₂ - og brændselspriser
Elfortrængning i Danmark sænket til 25 pct.	Elfortrængning i Danmark øget til 75 pct.
Merproduktion af el halveres ved boosting (både delvis og fuld boosting)	

I "worst case" bliver især delvis og fuld boosting, EGR samt de seks tiltag for reburning/advanced reburning væsentligt dyrere, jf. figur 5-5. I "best case" er det de samme tiltag, der ændres, men med modsat fortegn.

Figur 5-5 Worst case og best case



Note: se note 2 til figur 5-1.

Under "worst case" kan mankoen på ca. 7000 tons NO_x i 2010 stadig fjernes forholdsvis billigt. Det koster velfærdsøkonomisk ca. 30 mill.kr. årligt.

Rangordenen af tiltagene ændres, men det er stort set de samme tiltag, der mest omkostningseffektivt kan fjerne mankoen.

"Worst case" og "best case" må betegnes som meget voldsomme ændringer. Det er ikke sandsynligt, at alle de mest pessimistiske omstændigheder skulle indtræffe på én gang og tilsvarende for alle de mest optimistiske. Derfor skal "worst" og "best case" alene betragtes som illustrative yderpunkter for spændet for, hvor galt hhv. godt det kan gå.

5.6.8 Konklusion for følsomhedsanalyserne

Alt i alt tegner der sig et billede af, at tiltagene generelt er forholdsvis robuste overfor ændringer i rentesats og priser på afledte miljøeffekter. Men tiltagene er mere følsomme overfor ændringer i investeringsbeløbene, el-, CO₂- og brændselspriser, fordeling af elforbrug mellem ind- og udland samt elafsalgning. Især de to tiltag for boosting er meget følsomme overfor ændringer i forudsætningerne om brændselspriser og elafsalgning.

Der er dog en stor gruppe af tiltag, der må betegnes som meget stabile, heriblandt dem med de lavere skyggepriser og dermed dem, der mest omkostningseffektivt kan fjerne mankoen. Tiltagene for boosting, reburning/advanced reburning, EGR på tunge køretøjer, havvindmøller, fremrykning af EURO6 er alle tiltag, der udviser stor følsomhed. Her må bemærkes, at disse enten er blandt de dyre eller har et beskedent reduktionspotentiale og er derfor ikke blandt de mest relevante tiltag.

6 Referencer

Bak, F., Jensen, M.G., Hansen, K.F., 2003: Forurening fra traktorer og ikke-vejgående maskiner i Danmark, Miljøprojekt nr. 779, Miljøstyrelsen.

Bek. nr. 162 af 11/03, Bekendtgørelse om anlæg der forbrænder affald, Miljø- og Energiministeriet, 2003.

Bek. nr. 720 af 05/10, Bekendtgørelse om begrænsning af emission af nitrogenoxider, uforbrændt carbonhydrider og carbonmonoxid fra gasmotorer og gasturbiner. Miljø- og Energiministeriet, 1998.

Bek. nr. 808 af 25/09/03 Bekendtgørelse om begrænsning af visse luftforurenende emissioner fra store fyringsanlæg. Miljøministeriet, 2003.

Dansk Teknologisk Institut, 1992: Emission fra Landbrugsmaskiner og Entreprenørmateriel, udført for Miljøstyrelsen af Miljøsamarbejdet i Århus.

Dansk Teknologisk Institut, 1993: Emission fra Motordrevne Arbejdsredskaber og -maskiner, udført for Miljøstyrelsen af Miljøsamarbejdet i Århus.

De Wit, J. & Andersen, S. D., 2003: Emission fra større gasfyrede kedler. Dansk Gasteknisk Center a/s, Hørsholm.

Ekman, B. 2005: Upubliceret datamateriale fra Vejdirektoratet.

EMEP/CORINAIR 2002: EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 3rd edition October 2002 UPDATE. Technical report No 30. European Environment Agency, Copenhagen. Available: <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR3/en> (June 13, 2003).

EMEP/CORINAIR, 2003: EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook 3rd Edition September 2003 Update, Technical Report no 20, European Environmental Agency, Copenhagen. <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en>.

Energistyrelsen (2005a): Fremskrivning af energiforbruget i erhverv, husholdninger og transport, Teknisk baggrundsrapport til Energistrategi 2025

Energistyrelsen (2005b): Basisfremskrivning af el- og fjernvarmeproduktionen 2005-2025 (pdf-fil), Teknisk baggrundsrapport til Energistrategi 2025.

Folketingsspørgsmål 2001. Available: http://www.ft.dk/samling/20001/udvbilag/mpu/almdel_bilag916.htm

ICAO Annex 16: "International standards and recommended practices", Volume II "Aircraft Engine Emissions", 2th ed. (1993), plus amendments: Amendment 3 20th March 1997 and amendment 4 4 November 1999.

Illerup et al. 2002: Projection Models, 2010. Danish Emissions of SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃, NERI technical report no. 414. National Environmental Research Institute. 192 pp.

Illerup, J.B., Nielsen, M., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Gyldenkerne, S. & Fauser, P., 2005 : Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE. Inventories from the base year of the protocols to year 2003. Reported to the UNECE LRTAP Convention May 2005.
http://cdr.eionet.eu.int/dk/Air_Emission_Inventories/Submission_EMEP_UNECE/envqknbq/Danish_Annual_Emissions_Inventory_report_to_UNECE_Chapter_1-7.doc

Illerup, J.B., Nielsen, O., Winther, M., Nielsen, M. & Hoffmann, L., 2005: Projection of NO_x emissions until 2030. Research Notes from NERI. To be published.

Illerup, J.B- & Bruun, H.G., 2003:Emissioner af SO₂ og NO_x fra kraftværker. Miljøstyrelsen. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 56 (elektronisk): 107 s.
[Elektronisk udgave](#)

Illerup, J.B., Birr-Pedersen, K., Mikkelsen, M.H, Winther, M., Gyldenkerne, S., Bruun, H.G. & Fenhann, J. (2002): Projection Models 2010. Danish Emissions of SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃. National Environmental Research Institute. - NERI Technical Report 414 : 192 pp.
[Internet udgave](#)

IPCC (1997): Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 1, 2 and 3. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC WGI Technical Support Unit, United Kingdom. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>

Kristensen, P. G., 2004: Estimat af NO_x emission på Nordsøen. Dansk Gasteknisk Center.

Luftvejledningen, 2001: Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 2, Luftvejledningen, Begrænsning af luftforurening fra virksomheder, Miljøstyrelsen.

Marpol 73/78 Annex VI: Regulations for the prevention of air pollution from ships, technical and operational implications, DNV, 21 February 2005.

Nielsen, M. & Illerup, J.B (2005):Danish emission inventories for stationary combustion plants. Inventories until year 2003. National Environmental Research Institute. - Research Notes from NERI (In press).

Nielsen, M.& Illerup, J.B. (2003): Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme. Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentral kraftvarmeværker. Delrapport 6. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 442: 116 s. (elektronisk).
[Internet udgave](#)

Nikolaisen, L., Nielsen, C., Larsen, M.G., Nielsen, V., Zielke, U., Kristensen, J.K. & Holm-Christensen, B. 1998: Halm til energiformål, Teknik – Miljø – Økonomi, 2. udgave, 1998, Videncenter for halm og flisfyring.

Nørgaard, T., Hansen, K.F. 2004: Chiptuning af køretøjer - miljømæssig effekt, Miljøprojekt nr. 888, Miljøstyrelsen

Serup H., Falster H., Gamborg C., Gundersen P., Hansen L. Heding N., Jacobsen H.H., Kofman P., Nikolaisen L., Thomsen I.M., 1999: Træ til energiformål, Teknik – Miljø – Økonomi, 2. udgave, 1999, Videncenter for halm og flisfyring.

Bek. nr. 621 af 23/07/2005. Bekendtgørelse om begrænsning af emission af nitrogenoxider, uforbrændte carbonhydrider og carbonmonoxid mv. fra motorer og turbiner, Miljøministeriet, 2005.

Bek. nr. 808 af 25/09/2002. Bekendtgørelse om begrænsning af visse luftforurenende emissioner fra store fyringsanlæg. Miljøministeriet, 2002.

Bek. nr. 885 af 18/12/1991 885 Bekendtgørelse om begrænsning af udledning af svovldioxid og kvælstofoxider fra kraftværker. Miljøministeriet, 1991.

Energistyrelsen 2003, En omkostningseffektiv opfyldelse af Danmarks reduktionsforpligtelse

Final Submission of Emissions for 1980-2003 and Projections for 2010, 2015 and 2020, available at:

http://cddr.eionet.eu.int/dk/Air_Emissions_Inventories/Submission_EMEP_UNECE/envqkknbg

http://europa.eu.int/comm/environment/air/nationalprogr_dir200181.htm

Illerup et al. 2004 Annual Danish Emissions Inventory Report to UNECE, NERI

Illerup et al 2002 Projection Models 2010 Danish emissions of SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃, NERI Technical Report No. 414

Illerup, J.B., Nielsen, M., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Gyldenkerne, S. & Fauser, P., 2005 : Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE. Inventories from the base year of the protocols to year 2003. Reported to the UNECE LRTAP Convention May 2005.

http://cdr.eionet.eu.int/dk/Air_Emission_Inventories/Submission_EMEP_UNECE/envqkknbg/Danish_Annual_Emissions_Inventory_report_to_UNECE_Chapter_1-7.doc

Iversen E, 2004 Euro 5 og Euro 6: Hvad bliver indholdet af de kommende udstødningsnormer for motorkøretøjer, paper.

Miljøstyrelsen (2005), Samfundsøkonomisk analyse af NO_x-reduktionstiltag

Bilag A Kommissorium

Kommissorium
for projektet:

Belysning af de tekniske muligheder og økonomiske konsekvenser for reduktion af NO_x-emissionen i Danmark.

Baggrund

I oktober 2001 vedtog Rådet i EU(miljø) direktivet om nationale emissionslofter (NEC-direktivet). Formålet med direktivet er, at forbedre beskyttelsen inden for Fællesskabet af miljøet og menneskers sundhed mod risikoen for negative virkninger fra forurening, eutrofiering af jordbunden og ozon ved jordoverfladen. I direktivet er hvert medlemsland tildelt et loft for emission af svovldioxid(SO₂), kvælstofoxider (NO₂), flygtige organiske kulbrinter (VOC) og ammoniak (NH₃), der skal opfyldes fra og med 2010. I direktivet er emissionslofterne for Danmark 55.000 tons for SO₂, 127.000 tons for NO₂, 85.000 tons for VOC og 69.000 tons for NH₃. Direktivet er implementeret i dansk lovgivning ved bekendtgørelse nr. 21 af 8. januar 2003.

De samme emissionslofter med samme tidshorisont er indeholdt i Gøteborg-protokollen under UNECE's Genevekonvention om grænseoverskridende luftforurening, som Danmark ratificerede i juni 2002, men som endnu ikke er trådt i kraft.

I henhold til artikel 6 stk. 3 i NEC-direktivet skal medlemsstaterne senest d. 1. oktober 2006 udarbejde de nationale programmer for gradvis reduktion af de nationale emissioner af de fire stoffer, SO₂, NO₂, VOC og ammoniak(NH₃) således at de inden udgangen af 2010 kan overholde de vedtagne lofter. Kommissionen skal senest d. 31. december 2006 underrettes om de ajourførte programmer landene har udarbejdet i henhold til artikel 6.

Ud fra de foreliggende beregninger, der blev udført af DMU i samarbejde med Miljøstyrelsen og Energistyrelsen i 2001: "Projection Models 2010", NERI Technical Report No. 414, forventes der ikke problemer med at opfylde lofterne for SO₂ eller VOC. For NH₃ vil det først efter afslutningen af forhandlingerne – formentlig i løbet af 2004 - om Vandmiljøplan III være muligt at foretage en beregning af, om Danmark vil være i stand til at opfylde emissionsloftet uden yderligere tiltag. De foreliggende beregninger, der antages at overvurdere emissionen i 2010, tyder på en vis overskridelse af loftet.

Det er derimod rimeligt sandsynligt, at Danmark ikke vil være i stand til at opfylde loftet på de 127.000 tons NO₂ i 2010. De foreliggende beregninger for 2010, Bilag 1, del 2, viser en forventet emission på ca.

145.000 tons eller knapt 20.000 tons over loftet. Selvom disse beregninger er behæftet med en vis usikkerhed, forventes en indsnævring af usikkerheden ikke at give en væsentlig mindre manko. Det vil derfor være nødvendigt så hurtigt som muligt, at skabe det tekniske og økonomiske grundlag for udarbejdelse af en detaljeret plan for, hvordan det vil være muligt at opnå en overholdelse af loftet.

Projektets formål

Formålet med projektet er at skabe det bedst mulige beslutningsgrundlag set både ud fra en teknisk synsvinkel og en samfundsøkonomisk vurdering for, hvordan Danmark kan opfylde det nævnte loft på 127.000 tons NO₂ i 2010, og evt. at fremkomme med forslag til, hvilke tiltag, det vil være mest hensigtsmæssigt at bringe i anvendelse.

Projektets forudsætninger.

Som det fremgår af oversigten over NO_x-emissionerne for 2001 i Bilag 1, 1. del, er der tre væsentlige kildetyper, der bidrager til emissionen af NO_x: El- og varmeproducerende anlæg med 27% og de mobile kilder med 34% fra vejtrafikken og 17% fra de ikke vejgående mobile kilder.

De mobile kilder

For de mobile kilder på landjorden, er det Miljøstyrelsens vurdering, at der næppe kan forventes en reduktion af NO_x-emissionen gennem teknologiske virkemidler, herunder skærpede krav til emissionen af NO_x. Begrundelsen er, at siden begyndelsen af 1990'erne har der fra både national og ikke mindst international side været gjort en betydelig indsats for at begrænse emissioner af luftforurening fra transportsektoren gennem stadig skærpede emissionsstandarder. Og der er en forventning om, at der fortsat vil blive stillet skærpede krav til udledningerne fra både vejgående og ikke-vejgående mobile kilder. Hertil kommer, at det ikke er muligt for Danmark at stille krav til begrænsning af NO_x-emissionerne, som går ud over bestemmelserne i EU-direktiverne, idet der er tale om totalharmonisering for hele Fællesskabet på området

Som det fremgår af Bilag 1, 2. del forventes NO_x-emissionen fra vejtransporten at blive reduceret med 41% over perioden 2002 – 2010 og emissionerne fra andre mobile kilder at blive reduceret med 20% i samme periode. De nuværende EU-krav er bl. a. dokumenteret i følgende direktiver: 98/69/EF for personbiler og lette varevogne, 99/96/EF for tunge lastbiler, 97/24/EF for motorcykler og knallerter, 2000/25/EF for traktorer og 97/68/EF for ikke vejgående køretøjer.

Det skal sikres, at alle vedtagne og kommende reguleringer af de vejgående og ikke-vejgående mobile kilder frem til 2010 er inkluderet i fremskrivningerne.

Det kan på den anden side ikke på forhånd udelukkes, at introduktion af adfærdsregulerende virkemidler som omlægning af afgifter – fx registreringsafgifter og afgifter på benzin og diesel - kan vise sig at være relevante for at reducere NO_x-emissionerne. Det skal derfor inden for projektet vurderes, hvilke virkemidler, der kan komme på tale og hvilket reduktionspotentiale de måtte udgøre. Dette skal være under hensyntagen til regeringens skattestop. I den udstrækning det vil være muligt, foretages der

beregninger af de samfundsøkonomiske omkostninger. I den udstrækning sådanne tiltag ikke vil være aktuelle på grund af nationale og internationale hensyn, skal der redegøres herfor.

Efter aftale med de involverede parter, herunder Finansministeriet og Skatteministeriet, gennemføres der samfundsøkonomiske beregninger for økonomiske adfærdsregulerende virkemidler inden for både den vejgående sektor og ikke-vejgående sektor, herunder landbrugs- og entreprenørkøretøjer.

Andre betydelige kilder.

Som det også fremgår af tabellen i bilag 1, 1. del er der andre kildetyper med en ikke uvæsentlig emission af kvælstofoxider: Fiskeri. ca. 12.000 tons, Cementindustrien: ca. 10.000 tons, og offshoreindustrien med en samlet emission på ca. 10.000 tons, heraf ca. 6.000 tons fra selve gas- og olieudvindingen. **Selvom emissionen af NO_x fra disse kilder er væsentlig mindre end de tre ovennævnte kan det imidlertid ikke på forhånd udlukkes, at der samfundsøkonomisk vil være en gevinst i at reducere emissionen fra disse kilder.**

I dag er det kun offshore-sektorens udledning af kemikalier og olie, der er reguleret ved en bekendtgørelse med hjemmel i Havmiljøloven. I forbindelse med en generel gennemgang i foråret 2004 af behovet for at revidere bekendtgørelsen og dermed også Havmiljøloven, vil Miljøstyrelsen også vurdere behovet for at regulere sektorens emissioner af luftforurening, herunder også NO_x, med afsæt i en redegørelse for de aktuelle reguleringer i de øvrige Nordsølande.

For så vidt angår fiskeriet og de særlige industribrancher som fx cement- og glasindustrien vil Miljøstyrelsen kontakte brancherne med henblik på at få en vurdering af mulighederne for en reduktion af emissionen inden 2010.

For at få et så komplet billede af de foreliggende potentialer for reduktion af NO_x-emissionen og de samfundsøkonomiske konsekvenser, vil der i den udstrækning det er muligt også blive foretaget samfundsøkonomiske beregninger af disse sektorer.

De juridiske perspektiver.

En meget stor del af de relevante kilder – el-, varme- og procesanlæg - er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens Kap. 5. Der skal i projektet gives en vurdering af i hvilken udstrækning det vil være muligt at indføre ændrede krav for disse virksomheder i relation til deres emission af NO_x inden 2010.

Projektets indhold.

De væsentligste elementer i beslutningsgrundlaget vil - ud over et forslag til tiltag - være

1. En detaljeret redegørelse for de nationale kilder til emissionen af NO_x fra såvel faste som mobile kilder,
2. En gennemgang af de vedtagne og planlagte tiltag for reduktion af NO_x fra faste og mobile kilder.

3. Den forventede emission frem til 2010 og efter 2010, baseret på den forventede udvikling i energiforbrug m.m. i kombination med de vedtagne og planlagte reduktionstiltag
4. En gennemgang af de tekniske muligheder for reduktion af emissionen af NO_x fra de faste anlæg og de dermed forbundne direkte omkostninger
5. De samfundsøkonomiske omkostninger ved udvalgte tiltag for både faste og mobile kilder.
6. Evt. forslag til tiltag for at reducere NO_x-emissionen.

Såfremt der stilles særlige krav til kraftværkernes udledning af NO_x, kan det ikke udelukkes, at der sker en så stor indsnævring af deres tilladelse til udledning, at en konsekvens vil være, at elproduktionen "flyttes" til nabolande som fx Tyskland. I den udstrækning det kan lade gøre fx ved hjælp af kraftværkernes modeller, beregnes konsekvenser for NO_x-emissionen i det pågældende land.

Interessenter

Redegørelsen skal udarbejdes i et samarbejde med følgende interessenter med en foreløbig angivelse af deres respektive indsatsområder:

Miljøstyrelsen: Industri og transportkontoret samt økonomisektionen med ansvar for projektledelse, dokumentation af de faste fyrings- og industrianlæg samt de-NO_x-teknologier og samfundsøkonomiske beregninger.

Skatte- og Finansministeriet med henblik på rådgivning af, hvilke adfærdsregulerende tiltag det vil være relevant foretages samfundsøkonomiske beregninger for.

Energistyrelsen med ansvar for opgørelse af energiforbrug, energiprognooser og effekten af CO₂-kvoter.

DMU/SYS med ansvar for emissionsopgørelserne for alle kildetyper og fremskrivninger af NO_x-emissionerne under forskellige forudsætninger.

FORCE-Technology: Udarbejder oversigt over eksisterende mulige de-NO_x-teknologier på eksisterende el- og varme producerende anlæg fra 120 kW - 50 MW, samt de direkte omkostninger i forbindelse med deres implementering.

Dansk Gasteknisk Center: Faglig ekspertise for så vidt angår de tekniske mulighed for gasfyrede anlæg bl.a. turbiner, motorer, kedler, procesbrændere for natur- og biogas.

Herudover deltager Dansk Energi, ELSAM, Eltra, Energinet.dk, Energi E2, Danske Kraftvarmeværkers Forening, DONG, DanskFjernvarme, Dansk Industri og Brancheforeningen for Decentral Kraftvarme bl.a. med henblik på teknisk og økonomisk rådgivning.

Projektstyringen.

Der er i januar 2004 nedsat en arbejdsgruppe med repræsentanter for de involverede parter: Miljøstyrelsen (Industri og transport samt Stab og Strategi), Energistyrelsen, Skatte- og Finansministeriet, DMU/SYS, Dansk Energi, ELSAM, Eltra, Elkraft system, Energi E2, Dansk Gasteknisk Center, DONG, Foreningen Danske Kraftvarmeværker, Danske Fjernvarmeværkers Forening, Dansk Industri, og Brancheforeningen for Decentral Kraftvarme

Trafikministeriet og Dansk Jordbrugsforskning har oplyst, at de ikke har ressourcer til at deltage aktivt, men har udtrykt ønske om at blive holdt orienteret om projektets udvikling.

Ulrik Torp

Bilag 1

Del 1: Emission af NO₂ i tons fra danske kilder i 2001.

Kraftværker	42273
Fjernvarme	1786
Erhverv og institutioner	1055
Beboelse	4970
Industriens egenproduktion	5196
El- og varmesektoren i alt	55280
Vejtrafik	70348
Ikke-vejgående mobile kilder	34575
Fiskeri	11916
Cementindustri	9774
Færger	6434
Gas og olieudvinding offshore	6091
Flaring, offshore	3332
Tog	1975
Raffinaderier	1620
Landbrug med videre	1336
National flytrafik	782
Militær	607
Fritidsfartøjer m.v.	489
Kunstgødning	410
Flaring, raffinaderier	21
Hovedtotal	204990

Del 2: NO_x emissioner for 2002 og fremskrivninger for 2004 frem til 2010 i tons

Sektor	2002	2004	2006	2008	2010
Forbrænding i energisektoren	53.073	56.900	59.000	46.900	47.200
Ikke-industriell forbrænding	7.446	6.400	6.400	6.500	6.600
Forbrænding i fremstillingsindustrien	18.829	6.800	6.800	6.800	6.900
Produktionsprocesser	427	400	400	400	400
Vejtransport	66.749	59.200	52.200	45.600	39.500
Andre mobile kilder	55.592	50.000	47.700	45.900	44.500
Flaring	2.786	2.100	2.100	1.800	1.300
Landbrug	0	0	0	0	0
Total emission	200.902	181.600	174.600	153.900	146.400

Bilag B Grænseværdier og emissionsnormer

Grænseværdier for anlæg fra 120 kW og opefter

Tabel B-1 viser grænseværdierne for henholdsvis nye anlæg og eksisterende (bestående) anlæg samt de eventuelle krav eksisterende anlæg skal opfylde fra og med år 2008. Definitionen af hvornår et anlæg betragtes som nyt eller eksisterende afhænger af, hvornår reglerne er trådt i kraft.

For anlæg på 50 MW og derover, der er reguleret ved bekendtgørelsen om store fyringsanlæg, defineres anlæg, der er miljøgodkendt før oktober 2003, som eksisterende anlæg, dvs. at anlæg efter denne dato betegnes som nye anlæg. For gasmotoranlæg og gasturbiner omfattet af emissionsbekendtgørelsen (fra 120 kW og opefter) gælder grænseværdien for anlæg, der er sat i drift efter 16. oktober 1998.

Grænseværdier for anlæg, der er omfattet af affaldsbekendtgørelsen, er ikke inkluderet i tabel B-1.

Table B -1 Grænseværdier for NO_x for anlæg fra 120 kW og opfejer

Fyringsmedie	Anlæg	Anlægsstørrelse i MW indfyret							
		0,125-2	2-5	5-25	25-50	50-100	100-300	300-500	Over 500
Naturgas	Nye	65 ¹⁰⁾				150 ³⁾		100 ³⁾	
	Eksisterende	125 ¹⁰⁾				350 ³⁾			
Andet gasformigt brændsel	Nye					200 ³⁾			
	Eksisterende					350 ³⁾			
Gasolie	Nye	110 ¹⁰⁾							
	Eksisterende	250 ¹⁰⁾							
Fuelolie	Nye	Må ikke bruges		300 ¹⁰⁾					
	Eksisterende	Vurdering							
Flydende brændsel	Nye	Se krav for gasolie og fuelolie				400 ³⁾	200 ³⁾		
	Eksisterende	Se krav for gasolie og fuelolie				450 ³⁾			
Træ	Nye	-		300/400 ¹⁰⁾					
	Eksisterende	-		300/400 ¹⁰⁾					
Biomasse	Nye	-		300 ¹⁰⁾		400 ⁶⁾	300 ⁶⁾	200 ⁶⁾	
	Eksisterende	-		300 ¹⁰⁾					
Halm	Nye	-		300 ¹⁰⁾					
	Eksisterende	-		300 ¹⁰⁾					
Kul	Nye	Må ikke bruges		200 ¹⁰⁾					
	Eksisterende	Vurdering							
Fast brændsel	Nye	Afhænger af brændslet (træ, biobrændsler)							
	Eksisterende	Afhænger af brændslet (træ, biobrændsler)							
	2008-krav	-				600 ⁶⁾		500 ⁶⁾	
Andet fast brændsel	Nye	Afhænger af brændslet				400 ⁶⁾	200 ⁶⁾	200 ⁶⁾	
	Eksisterende	Afhænger af brændslet							
Gasmotorer	Nye	550 ⁵⁾ (naturgas, LPG, forgasningsgas, gas,-diesel,- fuel,- og vegetabilsk olie).							
	Eksisterende	1000 ⁵⁾ (Biogas. Hvis i drift før 6.11.06 gælder gv fra 01.01.13) 650 ⁵⁾ (uanset brændsel, på nær biogas)							
Gasturbiner	Nye	200 ⁵⁾ (naturgas, LPG, biogas, gas,- diesel,- fuel,- og vegetabilsk olie)							
	Eksisterende	1000 ⁵⁾ (Biogas. Hvis i drift før 6.11.06 gælder gv fra 01.01.13) 650 ⁵⁾ (uanset brændsel, på nær biogas)							

³⁾ mg/Nm³ ved 3% O₂-indhold ⁵⁾ mg/Nm³ ved 5% O₂-indhold. ⁶⁾ mg/Nm³ ved 6% O₂-indhold ¹⁰⁾ mg/Nm³ ved 10% O₂-indhold.

Grænseværdier for affaldsforbrændingsanlæg og anlæg der medforbrænder affald

Tabel B-2 NO_x-grænseværdier for anlæg, der medforbrænder affald

Anlægstype	Grænseværdi døgnmiddelværdi	Enhed
Cementovne	500	Samlet grænseværdi. mg/normal m ³ (10% iltindhold)
Ditto i drift 28.12.02	800	
Fyringsanlæg, affald sammen med fast brændsel		Samlet grænseværdi (Cproces) for fastbrændsel udtrykt i mg/normal m ³ tør røggas (iltindhold 6%). Er kun en hjælpestørrelse til beregning af grænseværdien (vægtstangsreglen)
50-100 MW _{th}	400	
100-300 MW _{th}	300	
Over 300 MW _{th}	200	
Fyringsanlæg, affald sammen med biomasse		Samlet grænseværdi (Cproces) for biomasse udtrykt i m ³ /normal m ³ tør røggas (iltindhold 6%). Er kun en hjælpestørrelse til beregning af grænseværdien (vægtstangsreglen)
50-100 MW _{th}	350	
100-300 MW _{th}	300	
Over 300 MW _{th}	300	
Fyringsanlæg, affald sammen med flydende brændsel		Samlet grænseværdi (Cproces) for flydende brændsel udtrykt i mg/normal m ³ tør røggas (iltindhold 3%). Er kun en hjælpestørrelse til beregning af grænseværdien (vægtstangsreglen)
50-100 MW _{th}	400	
100-300 MW _{th}	300	
Over 300 MW _{th}	200	

Hvis cementovnen anvender vådproces eller forbrænder mindre end 3 tons affald i timen, kan den samlede emissionsgrænseværdi ved medforbrændning af affald i cementovne på op til 1.200 mg/normal m³ for NO_x tillades frem til 1. januar 2008.

Tabel B-3 NO_x-grænseværdier for affaldsforbrændingsanlæg

	Grænseværdi i Mg/normal m ³ NO og NO ₂ udtrykt som NO _x	Note
Anlæg efter 28.12.02 Anlæg i drift 28.12.02 med en nominel kapacitet på op til 6 t/timen	Døgnmiddelværdi: 200 Døgnmiddelværdi: 400	
Anlæg bortset fra anlæg i drift 28.12.02 med en nominel kapacitet på op til 6 t/timen	Halvtimemiddelværdi: 400 Halvtimemiddelværdi: 200	100% fraktil 97% fraktil

Frem til 1. januar 2008 kan tillades en døgnmiddelværdi for NO_x på 500 mg/normal m³ på forbrændingsanlæg med en nominel kapacitet mindre end eller lig med 6 t/timen. Er den nominelle kapacitet større end 6 t/timen, men mindre end eller lig med 16 t/timen kan 400 mg/normal m³ tillades indtil 1. januar 2010, og er den nominelle kapacitet større end 16 t/timen, men mindre end 25 t/timen og udledes der ikke spildevand fra røggasrensningen, kan 400 mg/normal m³ tillades frem til 1. januar 2008.

Frem til 1. januar 2010 kan afvigelser kan også tillades for halvtimesmiddelværdi for NO_x på 600 mg/normal m³ for 100%-fraktilen eller 400 mg/normal m³ for 97%-fraktilen på forbrændingsanlæg med en nominel kapacitet større end 6 t/timen, men mindre end eller lig med 16 t/timen.

Udstødningsnormer for mobile kilder

Tabel B-4 Udstødningsnormer i g/km for NO_x for vejgående køretøjer (Miljøstyrelsen, 2004)

Type køretøj		EURO 1 Norm År	EURO 2 Norm År	EURO 3 Norm År	EURO 4 Norm År	EURO 5 ³⁾ Norm År
Personbiler og små varebiler (<1360 kg)	Benzin g/km	0,49 ¹⁾ 1993	0,25 ¹⁾ 1997	0,15 2001	0,08 2006	0,06 2010
	Diesel g/km	0,87 ¹⁾	0,63 ¹⁾	0,5	0,25	0,20
Varebiler (<1360 < 1760 kg)	Benzin g/km	0,7 ¹⁾ 1994	0,3 ¹⁾ 1999	0,18 2002	0,10 2007	0,072 2010
	Diesel g/km	1,3 ¹⁾	0,90 ¹⁾	0,65	0,33	0,026
Varebiler (>1760 kg)	Benzin g/km	0,85 ¹⁾ 1994	0,35 ¹⁾ 1999	0,21 2002	0,11 2007	0,082 2010
	Diesel g/km	1,5 ¹⁾	1,1 ¹⁾	0,78	0,39	0,310
Lastbiler og busser	Diesel g/kWh	8,0 1993	7,0 1996	5,0 2001	3,5 2006	2,0 2009
Motorcykler	Benzin eller diesel g/km	2-takt: 0,1 2000 4-takt: 0,3	0,3 2004	0,15 2007		
Knallerter	Benzin g/km	<0,15 ²⁾ 2000	<0,06 ²⁾ 2004			

¹⁾ Hvor der er værdi for summen af HC og NO_x er der for 4-takts-benzinbiler regnet med 50% NO_x og for dieselmotorer med 90% NO_x.

²⁾ For 2-taktsmotorer regnes med NO_x <5% af HC+NO_x.

³⁾ De anførte normer for personbiler og varebiler er i hht. til forslag fra juli 2005. Endelig vedtagelse af EURO 5 forventes i 2006.

Tabel B-5 Udstødningsnormer for NO_x (i g/kWh) for ikke-vejpgående maskiner (Miljøstyrelsen, 2004)

Type	EURO 1 Norm År	EURO 2 Norm År	EURO 3A Norm År	EURO 3B Norm År	EURO 4 Norm År
Ikke-vejpgående diesel fx. 130-560 kW fx. 37-75 kW	9,2 1999	6,0 2002	3,6 ¹⁾ 2006	2 2011	0,4 2014
	9,2 1999	7,0 2004	4,2 ¹⁾ 2008	3,3 ²⁾ 2012	0,4 ²⁾ 2014
Ikke-vejpgående Benzin	5-25 2005	<10 ²⁾ 2005-2008			
Lokomotiver Diesel			3,6-7,4 ¹⁾ 2007-9	3,6 ¹⁾ 2012	
Motorvogne Diesel			3,6 ¹⁾ 2006	2,0 2012	

¹⁾ Hvor der er værdi af HC og NO_x er der for 4-takts-benzinmotorer regnet med 50% NO_x og for dieselmotorer med 90% NO_x.

²⁾ Effektområde 65-76 kW.

Bilag C Organisationer mv. der har deltaget i arbejdsgruppen

Del tagerliste for arbejdsgruppen pr. marts 2006 for

Belysning af de tekniske muligheder og økonomiske konsekvenser for reduktion af NOx-emissionen i Danmark.

Dansk Fjernvarme, Ole K. Jensen,
Foreningen Danske Kraftvarmeværker, Erik Nørregaard Hansen,
Dansk Industri, Vibeke Østergaard,
Brancheforeningen for Decentral Kraftvarme, Helga Moos, Per Lyngholm og Jens Kristensen,
DONG, Energiteknik, Asger Myken,
Dansk Gasteknisk Center A/S, Per G. Kristensen,
FORCE Technology, Miljø og Energi, Knud Christiansen,
Dansk Energi, Jesper Koch,
Energi E2, Johan Henrik Lous,
Energinet.dk, Kim Behnke og Christian F. B. Nielsen,
ELSAM A/S, Kim Winther og Jørgen Nielsen
Energistyrelsen, Marianne Nielsen,
Transport- & Energiministeriet, Lisa Bjergbakke,
DMU, Jytte B. Illerup, Systemanalyseafdelingen,
DMU, Morten Winther, Systemanalyseafdelingen,
Finansministeriet, Nanna Meilbak,
Skatteministeriet, Søren Olsen og Louise Bank,
Miljøstyrelsen, Flemming D. Secher, (formand), Finn Juel Andersen, Erik Thomsen, Lisbeth Strandmark, Sørine L. Brange, Tage V. Andersen, Ulrik Torp og Louise Gram.

For at få belyst offshore sektorens særlige forhold har der i perioden juni 2005 – maj 2006 været nedsat en særlig **Offshore NOx-gruppe** bestående af:

NSOC-D, Steffen S. Bach og Per B. Angelo, Mærsk olie og Gas og under de indledende møder: Jens Valeur, Amerada Hess Aps, samt Mike Robson, DONG.
Energistyrelsen, Kirsten L. Eriksen og Kenneth M. Larsen
Miljøstyrelsen, Tage V. Andersen (formand), Lisbeth Strandmark, Sørine L. Brange, Flemming Secher og Ulrik Torp
og under de indledende møder: DMU, Jytte Boll Illerup

Disse personer/institutioner har dog ikke i kraft af deres medlemskab af Offshore NOx-gruppen deltaget i den ovenstående hoved-arbejdsgruppe og har derfor kun leveret bidrag til arbejdsgruppens arbejde og nærværende rapport på de områder der specifikt vedrører offshore-sektoren, bærer således ikke nogen ansvar for rapportens form og udarbejdelse.