

Reduksjon av SO₂-utsleppa i Norge

TA-1814/2001-07-11
ISBN 82-7655-422-9

Forord

I 1999 underteikna Norge Gøteborg-avtalen der vi tek på oss å redusera utsleppa av SO₂, NMVOC, NO_x og NH₃. Avtalen er ein del av Konvensjonen for langtransporterte luftforureiningar (LRTAP) under FN sin økonomiske kommisjon for Europa (UNECE). Denne rapporten omtalar tiltak og kostnader for å redusera norske utslepp av SO₂ til 22.000 tonn innan 2010. Andre rapportar har vist tilsvarande forhold for NO_x, NMVOC, NH₃ og klimagassar.

Gøteborg-avtalen er tredje avtalen under UNECE LRTAP som Norge har underteikna og som regulerer utsleppa av SO₂. I første avtalen som var Helsinki-avtalen frå 1985, tok Norge på seg å redusera utsleppa i 1980 med 30% innan 1993, medan andre avtalen frå 1994 (Oslo-avtalen) var å redusera utsleppa ned til 34.000 tonn SO₂ innan år 2000. Både desse avtalane har Norge oppfylt.

Rapporten er i hovudsak basert på data frå bedriftene med størst SO₂-utslepp i 1999. Andre som har bidratt med data er Vegdirektoratet og i tillegg har SFT sjølv skaffa data. Data er bearbeidd av Statens forureiningstilsyn som står ansvarleg for dei resultat og konklusjonar som vert presentert i rapporten.

Alle tiltak og bedrifter som det kan vera aktuelt å gjennomføra tiltak på for å redusera SO₂-utsleppet i Norge, er ikkje inkludert i denne analysen. Analysen peikar difor ikkje på kva bedrifter som kan komma til å måtta redusera SO₂-utsleppa, men han omfattar nok tiltak til at analysen gir eit godt kostnadsbilete for aktuelle SO₂-tiltak for å oppfylla Gøteborg-avtalen.

Det er Næringslivs-, Lokalmiljø- og Samfunnsavdelingane i Statens forureiningstilsyn som har skrive rapporten i samarbeid og på oppdrag frå Miljøverndepartementet.

SFT, Oslo, juli 2001

Janne Sollie
Direktør i Samfunnsavdelinga

Reduksjon av SO₂-utsleppa i Norge

Innhald

1.	Samandrag	5
2.	Miljøproblem	7
2.1	Forsuringsskadar	7
2.2	SO ₂ og helse	7
2.3	SO ₂ og materialskadar	7
3.	Metode	9
3.1	Generell omtale av tiltaksanalysemetoden	9
3.2	Nærmare om metoden	9
4.	Utslepp av SO₂ i Norge.....	13
4.1	Historiske utslepp	15
4.2	Framskrive utslepp i år 2010	19
5.	Resultat.....	21
5.1	Hovudresultat	21
5.2	Oppsummering av alle tiltak	24
6.	Vurdering av miljønytte.....	31
6.1	Vurdering av helse- og miljønytte	31
6.2	Anna nytte	32
7.	Følsomhetsanalyse	33
8.	Referansar	39
9.	Vedlegg 1 Omtale av utgreidde tiltak for å redusera SO₂-utsleppa i Norge	41
9.1.1	Treforedling.....	42
9.1.2	Kjemisk produksjon	43
9.1.3	Raffineri.....	45
9.1.4	Mineralsk produksjon.....	46
9.1.5	Produksjon av metall	46
9.2	Mobile forbrenningskjelder	49
10.	Vedlegg 2 Miljønytte	51

Reduksjon av SO₂-utsleppa i Norge

1. Samandrag

Kva handlar rapporten om?

Norge undertekte i 1999 Gøteborg-avtalen under Konvensjonen for langtransporterte luftforureiningar (LRTAP) under FN sin økonomiske kommisjon for Europa (UNECE) om å redusere utsleppa i Norge av SO₂, NO_x, NMVOC og NH₃. I rapporten presenterer vi tiltak for å redusere utsleppa av SO₂ ned til 22.000 tonn innan år 2010.

SO₂ gir sur nedbør som fører til skadar på fisk og dyr i vatn og vassdrag og til materialskadar. SO₂ medverkar til danning av sekundær partiklar som sjølv i låge konsentrasjonar kan gi alvorlege helseskadar. Oppfylging av Gøteborg-avtalen for alle land som er omfatta av avtalen vil redusere arealet med overskridingar av naturen si tolegrense for forsurening med om lag 70% i høve til 1990. Likevel vil tolegrensene framleis vera overskridne på 7-8% av arealet i Norge.

Rapporten er skriva for å gi bidrag til arbeidet med val av verkemiddel for å oppfylle Gøteborg-avtalen. Tilsvarande tiltaksanalysar er laga for NO_x, NH₃, NMVOC og klimagassar.

Kva er dei viktigaste funna og konklusjonane?

Tiltaksanalysen omfattar 70 ulike tiltak. Tiltaka som er inkludert i analysen omfattar 80% av framskrive SO₂-utslepp i 2010.

Vi har berekna samfunnsøkonomisk årleg meirkostnad for å redusere SO₂-utsleppet frå framskrive utslepps nivå i år 2010 på 29.000 tonn og ned til 22.000 tonn til om lag 66 millionar kroner. Kostnaden for det siste og dyraste tiltaket er da om lag 14 kr per kg redusert SO₂-utslepp. Det er i berekninga nytta 7% kalkulasjonsrente og 25 år økonomisk levetid for investeringane. Tiltaka som her er rekna å vera mest kostnadseffektivt å gjennomføra er i hovudsak innanfor metallindustrien samt enkelte tiltak på større fyringsanlegg.

Det er også i rapporten illustrert effekten av å inkludera i kostnadsberekningane miljønyttan i form av redusert forsurening, materialskadar og helseskadar knyta til å redusere norske SO₂-utslepp i Norge. Desse berekningane gir ein årleg samfunnsøkonomisk meirkostnad på vel 20 millionar kroner med marginalkostnad på i underkant av 8 kr per kg redusert SO₂-utslepp for å redusere utsleppa til 22.000 tonn.

Faglege, metodiske og innhaldsmessige avgrensingar

Alle tiltak og bedrifter som det kan vera aktuelt å gjennomføra tiltak i for å redusere SO₂-utsleppet i Norge, er ikkje inkludert i denne analysen. Analysen peikar difor ikkje på kva bedrifter som kan komma til å måtta redusere SO₂-utsleppa, men han gir eit godt bilete på kva kostnader som er knyta til å redusere SO₂-utsleppa.

Kva inneheld rapporten?

Rapporten inneheld tabellar for historiske tal for utslepp av SO₂ og framskrive utslepp i 2010. Det er tabellar som viser alle tiltak som er utgreidd. For kvart enkelt tiltak er det opplysning om bransje, investeringskostnad, årleg meirkostnad, marginalkostnad og utsleppsreduksjon i høve til framskrive utslepp.

Kven står bak rapporten?

Rapporten er skriva av Statens forurensingstilsyn på oppdrag frå Miljøverndepartementet. Rådata til tiltaksvurderingane i rapporten er henta inn frå 30 bedrifter i Norge som i dag har høge SO₂-utslepp og frå Vegdirektoratet. Vurderingar og konklusjonar i rapporten står eine og aleine for SFT si rekning.

Reduksjon av SO₂-utsleppa i Norge

2. Miljøproblem

Svoveldioksid har lenge vore rekna som ein av dei mest skadelege forureiningskomponentane i miljøet vårt, både lokalt og regionalt. SO₂ saman med NO_x og NH₃ gir opphav til forsuring som framleis er rekna som eit av dei største miljøproblema i Norge. Helse- og miljøverknader av SO₂ kan enten oppstå ved direkte eksponering for SO₂ eller indirekte ved danning av sur nedbør eller sekundærpartiklar. I tillegg gir SO₂ skadar på bygningar og materialar.

2.1 Forsuringsskadar

SO₂ er den viktigaste utsleppskomponenten i forsuringssamanheng og svovelforbindelsane står for 60-90% av forsuringsskadane i Norge i dag. Dei resterande 10-40% av skadene har komme som følgje av utslepp av nitrogenoksid (NO_x) og ammoniakk (NH₃). NO_x-utsleppa har likevel relativt sett fått meir å seia for forsuringa. Dette fordi utsleppa av SO₂ i Europa har minka med meir enn 60% sidan 1980, medan NO_x-utsleppa er redusert med om lag 15%.

Sur nedbør vert danna ved at SO₂ som når atmosfæren reagerer med vassdamp og danner svovelsyre. Denne sure forbindelsen fell så ned med regnvatn eller snø, eller som tørravsetningar i form av SO₂ eller svovelsalter, og fører til det vi kallar sur nedbør. Sur nedbør gir store skadar på spesielt fisk og dyr i vatn og vassdrag, men gir i tillegg skadar på vegetasjon, jordsmonn og anna dyreliv. Den sure nedbøren kan òg føre til utvasking av metallionar som kan øydeleggja drikkevasskjelder.

I Norge finn vi det mest forsura området i Agder-fylka og deler av Telemark, Sør-Rogaland og sørlege deler av Buskerud samt i vestlege deler av Hordaland og Sogn og Fjordane. No i dag blir det registrert størst auke i forsuringsskadar i Hordaland og Sogn og Fjordane.

2.2 SO₂ og helse

SO₂-utsleppa gir skadelege helseverknader på menneske både direkte i form av SO₂ og indirekte ved at SO₂ vert omdanna til H₂SO₄ i atmosfæren (sekundærpartiklar). SFT si vurdering er at partiklar inkludert sekundærpartiklar, i tillegg til nitrogendioksid, i dag er ein av dei viktigaste luftforureiningskomponentane med lokale miljøverknader i Norge.

På grunn av monaleg reduksjon i dei nasjonale utsleppa av SO₂ er dei lokale helseproblema knyta til SO₂ i dag kraftig redusert.

Direkte helseverknader av SO₂ kan vera nedsett lungefunksjon hjå astmatikarar, pustevanskar (hjå friske folk og astmatikarar) og folk kan verta meir mottakelege for luftvegsinfeksjonar. Helseverknadene av sekundærpartiklar er derimot fleire og knyter seg til verknader som framskunda død som følgje av utvikling av lungekreft og lunge-hjarte-kar sjukdommar, kronisk lungesjukdom og bronkitt og auke i talet på luftvegslidingar.

2.3 SO₂ og materialskadar

Luftforureining kan skada materialar på mange måtar. Korrosjonsskadar på metall er mellom dei materialskadane som er best dokumentert. Desse skadene oppstår hovudsakleg av SO₂ direkte, men surheitsgraden i nedbør synest også å ha ein viss effekt på kor fort metall rustar. I tillegg til atmosfærisk korrosjon av metaller fører svoveldioksid i luft til at måling både på metall og treverk får redusert levetid. Vidare aukar SO₂ forvitringa av bygningar og skulpturar av sandstein og kalkstein, og truar på det viset å øydeleggja store kulturelle verdiar. Skadar på betong kan ein også ha.

3. Metode

Vi presenterer i dette kapittelet metodikken som er brukt i tiltaksanalysen. Dette omfattar omtale av

- historiske utsleppstal og framskriving av utslepp
- metode for å berekna årlege meirkostnader og årlege utsleppsreduksjonar av tiltak
- kostnadseffektivitetskriteriet som er lagt til grunn for rangering av tiltak
- avgrensingar som er gjort i analysen.

3.1 Generell omtale av tiltaksanalysemetoden

Tiltaksanalysemetoden er skissert i Figur 1.

Ein tiltaksanalyse tek utgangspunkt i eit framskrive utslepp av komponenten det skal lagast ei analyse for – her SO₂. Framskrivinga i analysen er vanlegvis basert på makroøkonomisk utvikling som er lagt til grunn i regjeringa sitt siste Langtidsprogram. I denne analysen er det Langtidsprogram for 2002-2005 St. meld. nr 30. Sjå kapittel 4.2 for nærmare omtale av framskrivinga.

I analysen vert det vurdert kva moglegheiter det er for å redusera det framskrive utsleppet ved å forbetra teknologien i den enkelte sektor, bransje og bedrift. Vidare vert kostnader og nytteverknader for tiltak vist. I denne analysen er tiltaket stort sett å installera utstyr for å reinsa røykgassen for SO₂. Sluttresultatet frå ein tiltaksanalyse er som oftast ei rangert liste av tiltak etter ulike kriteriet som for eksempel kost-nytte- eller kostnadseffektivitetskriteriet. Det er vanleg å visa resultat frå analysen som ei kostnadskurve gitt som kr per kg redusert utslepp og som akkumulerte årlege meirkostnader. Samla skal ei tiltaksanalyse gi grunnlag for å visa moglege reduksjonsnivå for eit framtidig år med tilhøyrande kostnader og nytteverknader.

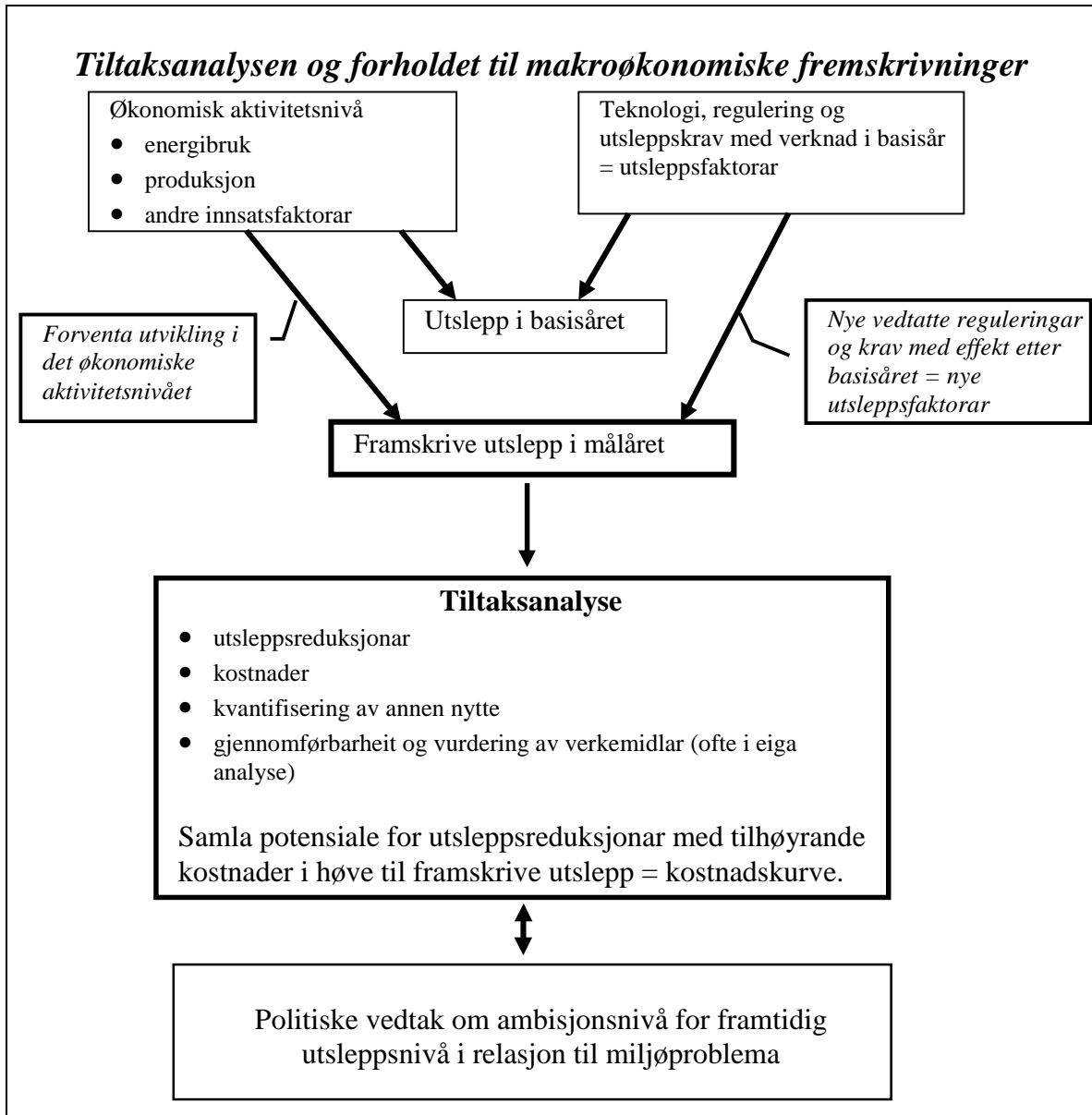
Vurdering av verkemidlar kan også vera ein del av tiltaksanalysen, men dette er ikkje tilfelle i denne analysen.

3.2 Nærmare om metoden

Berekning av historiske utslepp og utsleppsframskriving

Dei historiske tala er berekna i nasjonal utsleppsmodell som eit samarbeid mellom SSB og SFT. Modellen omfattar alle kjende utsleppskjelder. SSB er ansvarleg for aktivitetsdata som energiforbruk, utsleppsmodellen og berekningane. SFT medverkar med utsleppsfaktorar for alle kjelder og utsleppsdata for dei største industribedriftene. Utsleppsdata for dei største industribedriftene vert henta frå bedriftene sin eigenrapport til SFT og omfattar om lag 70 bedrifter. Utslepp frå vegtrafikk vert berekna i ein sidemodell til hovudmodellen.

Framskrivinga er berekna på grunnlag av prognosar for økonomisk utvikling lagt til grunn i Langtidsprogrammet for 2002-2005 St. meld. nr. 30 lagt fram i mars i 2001. Det er i framskrivinga lagt inn ei forutsetning om teknologieffektivisering som varierer mellom dei økonomiske sektorane, men som i gjennomsnitt er om lag 1% per år. I tillegg er det lagt inn utsleppsverknaden av vedtatt skjerpingskrav til bedrifter og krav til svovelinnhald i oljeprodukt.



Figur 1. Skisse over tiltaksanalysemetoden.

Årleg meirkostnad

Årleg meirkostnad (\dot{A}_{mk}) er definert som annuiteten av meirinvesteringa, A_m , pluss auka årleg driftskostnad, D_m , minus årleg auka driftsinntekt, D_i :

$$(1) \quad \dot{A}_{mk} = A_m + D_m - D_i$$

I annuitetsberekninga av meirinvesteringa, A_m , er i denne analysen teknisk levetid for tiltaket 25 år og 7% rente lagt til grunn. Det er gått ut frå at heile investeringa skjer i år null. Auka driftskostnad, D_m , kan være auka drivstoffkostnad, vedlikehaldskostnad m.m., mens auka driftsinntekt, D_i i hovudsak omfattar redusert drivstoffuttgift.

Årleg utsleppsreduksjon

Årleg utsleppsreduksjon er berekna som tonn redusert utslepp i målåret i forhold til framskrive utslepp. Målåret i denne analysen er 2010. I relasjon til dei annuitetsberekna kostnadane bør ideelt sett også utsleppsreduksjonen “annuitetsberekna” eller berekna som den gjennomsnittlege utsleppsreduksjonen over heile levetida for tiltaket. For å forenkla berekningane er dette likevel ikkje gjort. Der den årlege spesifikke reduksjonen for tiltaket er lik gjennom heile levetida er dette ikkje noko problem. Det er likevel viktig å vera klar over at kostnadseffektiviteten vil variera for dei tiltaka der utsleppsreduksjonen over levetid for tiltaket varierer.

Kostnadseffektivitetskriteriet

Kostnadseffektivitetskriteriet er lagt til grunn for rangering av tiltaka. Med utgangspunkt i utsleppsreduksjon, investeringskostnad og driftskostnad bereknar vi årlege meirkostnad for tiltaket. Rangeringskriteriet for tiltaka – kalla ”kostnadseffektiviteten” er dermed:

$$(2) \quad \text{Årlege meirkostnad per kg redusert SO}_2 \text{ utslepp i 2010.}$$

Når alle aktuelle tiltak vert framstilt etter stigande årleg kostnad per kg redusert utslepp, får vi ei marginalkostnadskurve. Di fleire tiltak som vi inkluderer i analysen di større er sjansen for at kostnadskurven viser den verkelege kostnadssituasjonen. Det er også viktig å få fram dyre tiltak for å få eit så fullstendig kostnadsbilete som mogleg.

I denne analysen har vi ikkje berekna effekten tiltaka har på andre utsleppskomponentar. Analysen har heller ikkje tatt omsyn til at fleire tiltak vil gi andre positive eller negative effekter, slik sysselsetjingseffekten, effektar på konkurransevne eller utvikling og eksport av miljøteknologi.

Vidare er det i analysen ikkje vurdert kva verkemidlar som er best eigna for å utløyse dei ulike tiltaka, og kva kostnads- og styringseffektivitet dei ulike verkemidla har.

Andre avgrensingar i analysen

Nytte av tiltaka i form av reduserte helse- og miljøverknader er vist i kapitla 6 Vurdering av miljønytte og 7 Følsomhetsanalyse. Det er rekna nytte berre for reduserte SO₂-utslepp. Det vil seia at for tiltak som gir reduserte utslepp av andre komponentar enn SO₂ er denne nytten ikkje inkludert i våre nytteberekningar. Heller ikkje er nytten av tiltaka i andre land inkludert.

Legg vi ei samla monetær kost-nytte rangering til grunn så vil rekkefølga av tiltaka endrast. Tiltak som bidrar til generelt betre lokal luftkvalitet, reduserte helseskadar og redusert forsurening vil i dei fleste tilfelle verta rangert framfor andre tiltak. Deler av denne nytten er som sagt kvantifisert i kapittel 6 og i kapittel 7 er det vist ei kost-nytte rangering av tiltaka der deler av miljønyttan er inkludert i kostnadane og ei alternativ kostnadskurve er vist:

$$(3) \quad \text{Kostnadseffektivitet inkludert miljønytte} = \frac{\dot{A}_{mk} - \text{årleg nytte av tiltaket}}{\text{årleg redusert SO}_2 \text{ utslepp av tiltaket}}$$

I dei makroøkonomiske framskrivingane av utsleppa er det som sagt over inkludert ei effektivisering av energibruken og andre innsatsfaktorar på i gjennomsnitt om lag 1% per år. Denne effektiviseringa byggjer på observert effektivisering i tidlegare år. I ein tiltaksanalyse der vi vurderer nye framtidige tiltak og der effekten av tiltaka kjem i tillegg til effektiviseringa som er rekna med i framskrivinga, kan det vera ein viss fare for dobbelteljing av utsleppsreduksjonen.

Reduksjon av SO₂-utsleppa i Norge

4. Utslepp av SO₂ i Norge

SO₂-utsleppa i Norge i 1999 var på om lag 29.000 tonn. Det fordelte seg da med 61% på prosessar, 24% på stasjonær og 15% på mobil forbrenning, sjå Figur 3.

Utsleppa av SO₂ i Norge er sidan 1980 redusert med 79% og frå 1990 har utsleppet minka med 46%. Målet vi har tatt på oss i Gøteborg-avtalen er å redusera SO₂-utsleppa i 2010 til 22.000 tonn som er ein reduksjon på 58% frå 1990.

Utsleppa frå stasjonær forbrenning er redusert med 38% sidan 1990, medan prosessutslepp og mobil forbrenning er redusert med 42 og 62%.

I tiltaksanalysen er framskrive utslepp i 2010 berekna til 29.000 tonn SO₂, sjå Tabell 1. Det er da lagt til grunn forventningar om økonomisk vekst som i St.meld. nr. 30 (2000-2001) Langtidsprogrammet 2002-2005, men utan eit internasjonalt kvotesystem for klimagassar.

I dette kapitlet går vi nærmare inn på endringane og forklarar årsakene til reduksjonane i historiske SO₂-utslepp. Vidare forklarar vi grunnlaget for framskrivingane som er brukt i analysen.

Reduksjon av SO₂-utsleppa i Norge

Tabell 1. Utslepp til luft av SO₂. Historiske tal 1990, 1995 og 1999. Framskrive utslepp i 2010 utan ny klimaavtale og nye klimatiltak

		1990	1995	1999	2010
0	UTSLEPP I ALT	52,7	33,8	28,7	29,0
1	STASJONÆR FORBRENNING I ALT	11,0	6,8	6,8	8,1
101	Olje- og gassvirksomhet	0,2	0,2	0,2	0,1
103	Industri	7,1	4,9	4,7	5,7
1031	- Oljeraffinerier	0,4	0,1	0,0	..
1032	- Treforedling	1,3	1,7	1,6	..
1033	- Sement kalk og gips	0,1	0,1	0,1	..
1034	- Annen mineralsk produksjon	0,7	0,5	0,3	..
1035	- Petrokjemi	0,1	0,2	0,5	..
1036	- Gjødseleksproduksjon	0,1	0,0	0,0	..
1037	- Metallproduksjon	0,6	0,3	0,2	..
1038	- Annen industri	3,7	1,9	2,0	..
104	Andre næringer	1,8	0,6	0,7	0,8
105	Boliger	1,7	0,9	0,9	1,2
106	Forbrenning av avfall og deponigass	0,4	0,2	0,2	0,3
2	PROSESSUTSLIPP I ALT	30,6	22,2	17,6	17,7
205	Raffinering	3,9	1,8	2,1	1,9
206	Treforedling	1,9	0,7	0,4	0,8
207	Kjemisk produksjon	6,2	5,9	2,8	2,1
2072	- Karbidproduksjon	4,4	4,4	2,7	..
2074	- Annen kjemisk	1,7	1,5	0,1	..
208	Mineralsk produksjon	1,0	1,0	0,7	0,7
2081	- Sementproduksjon	0,6	0,7	0,6	..
2082	- Annen mineralsk	0,4	0,3	0,1	..
209	Metallproduksjon	17,1	12,7	11,7	12,2
2091	- Jern, stål og ferrolegeringer	12,0	10,4	9,1	10,0
2093	- Aluminium	4,2	1,5	1,7	1,4
2094	- Andre metaller	0,5	0,3	0,5	0,3
2095	- Metaller: anodeproduksjon	0,5	0,4	0,4	0,5
214	Gruver	0,6	0,1	0,0	-
3	MOBIL FORBRENNING I ALT	11,1	4,7	4,2	3,2
301	Vegtrafikk	3,6	1,9	1,2	0,3
3011	- Bensinkjøretøyer	1,0	0,4	0,3	
3012	- Dieselskjøretøyer	2,5	1,5	0,8	
3013	- Motorsykel - moped	0,0	0,0	0,0	
304	Motorredskap	0,8	0,3	0,1	0,2
305	Jernbane	0,1	0,0	0,0	..
306	Luftfart	0,0	0,1	0,1	..
307	Skip og båter	6,5	2,3	2,8	2,6
3071	- Kysttrafikk mm.	4,3	1,6	1,9	..
3072	- Fiske	2,0	0,7	0,9	..
3073	- Mobile oljerigger mm.	0,2	0,1	0,1	..

Kjelde: SSB/SFT.

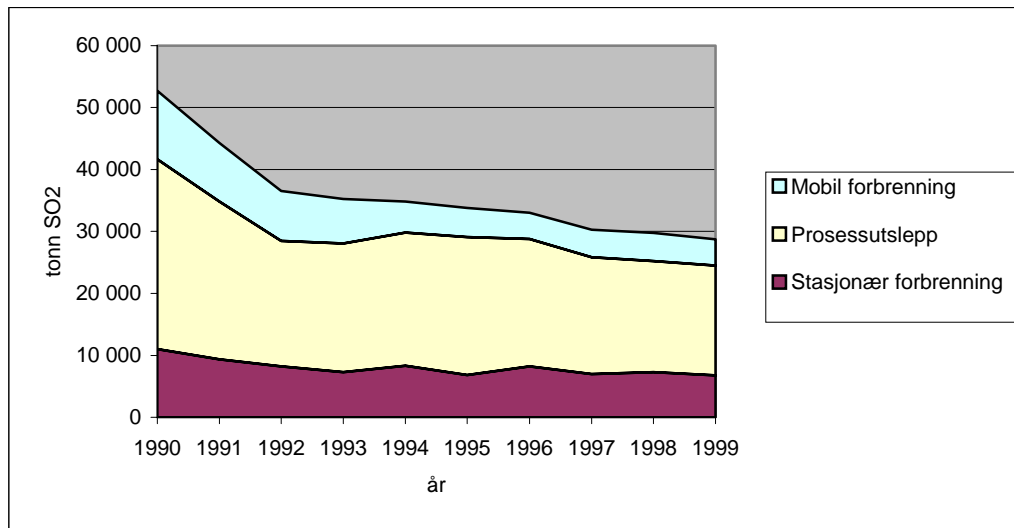
4.1 Historiske utslepp

Stasjonær forbrenning (fyring) omfattar utslepp frå fyring av omnar og fyrkjelar der formålet er å skaffa energi til oppvarming, varm vatn og prosessvarme. Energivarene som vert nytta og som gir SO₂-utslepp er i denne rekkefølge etter mengde SO₂-utslepp; ulike oljeprodukt, kol og koks, ved og spesialavfall og anna avfall. Fyring stod i 1999 for 24% av dei nasjonale utsleppa, tilsvarende del i 1990 var 21%, sjå Figur 3. Oljeprodukta stod i 1990 for 76% av SO₂-utsleppet frå stasjonær forbrenning. Denne delen var i 1999 minka til 65%, sjå Figur 4. Dette kan forklarast med svakt lågare oljeforbruk i 1999 enn i 1990, men særleg fordi innhaldet av svovel i oljeprodukta er redusert.

Utslepp frå andre energivarer enn oljeprodukt har halde seg på samme nivå på heile 90-talet, sjå Figur 4.

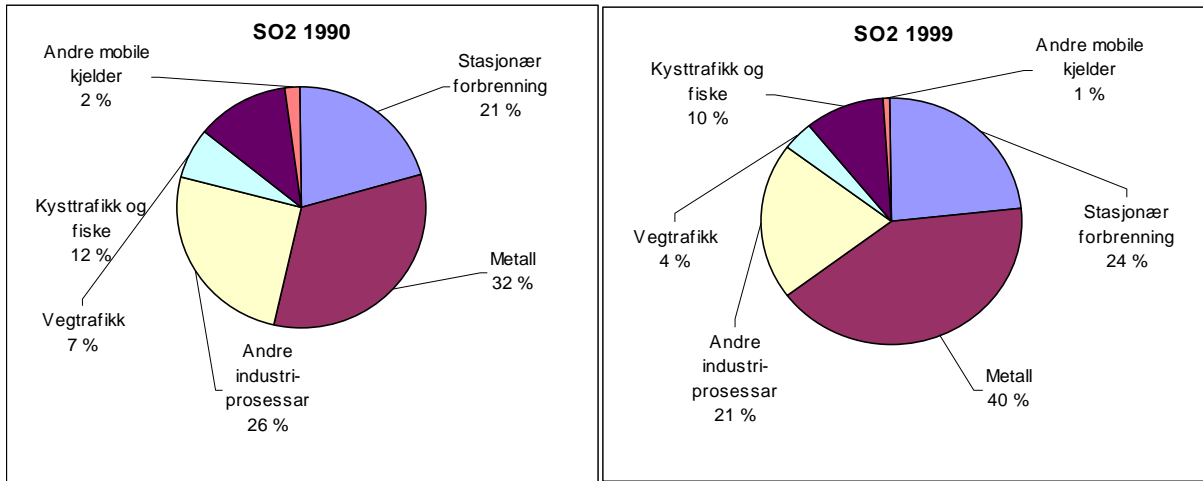
Som de òg kan sjå av Figur 4 vart utsleppa frå oljefyring redusert frå vel 8.000 tonn i 1990 til vel 5.000 tonn SO₂ i 1993 og har sidan halde seg på dette nivået. Reduksjonen i utsleppet skuldast redusert innhald av svovel i oljeprodukta, sjå Figur 6, medan oljeforbruket har halde seg forholdsvis stabilt på heile 90-talet, sjå Figur 5. 1996 var året med høgast oljeforbruk og det var da knapt 50% høgare enn i 1992 som var året med lågast forbruk. Førebels tal for 2000 viser eit enda lågare oljeforbruk til fyring enn i 1992 og det skuldast ein spesielt mild vinter.

Figur 2. Historisk utvikling i utsleppet frå stasjonær forbrenning, prosessar og mobil forbrenning. 1990-1999.



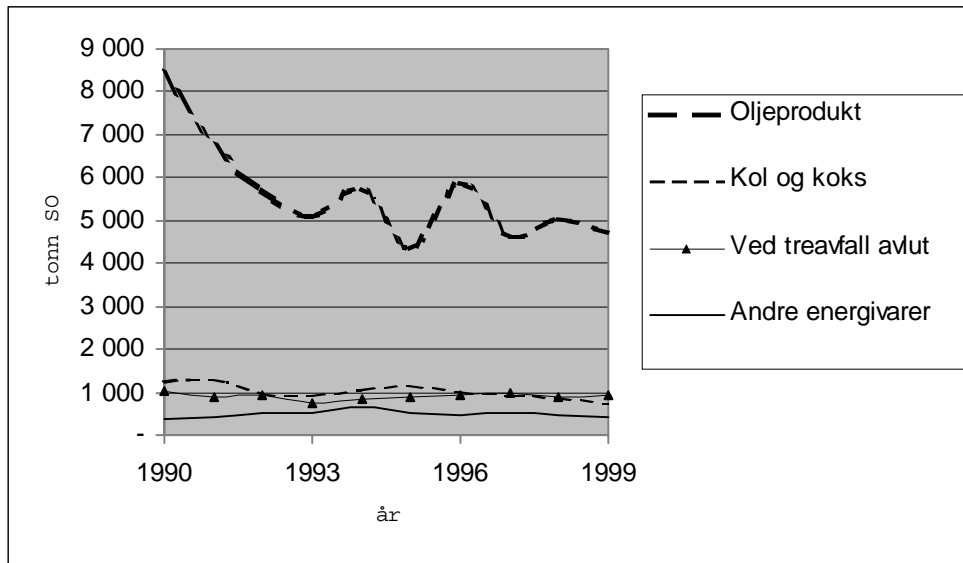
Kjelde: SSB/SFT.

Figur 3. Historiske utslepp av SO₂ 1990-99. Utsleppet i 1990 og 1999 fordelt på sektorar.



Kjelde: SFT/SSB.

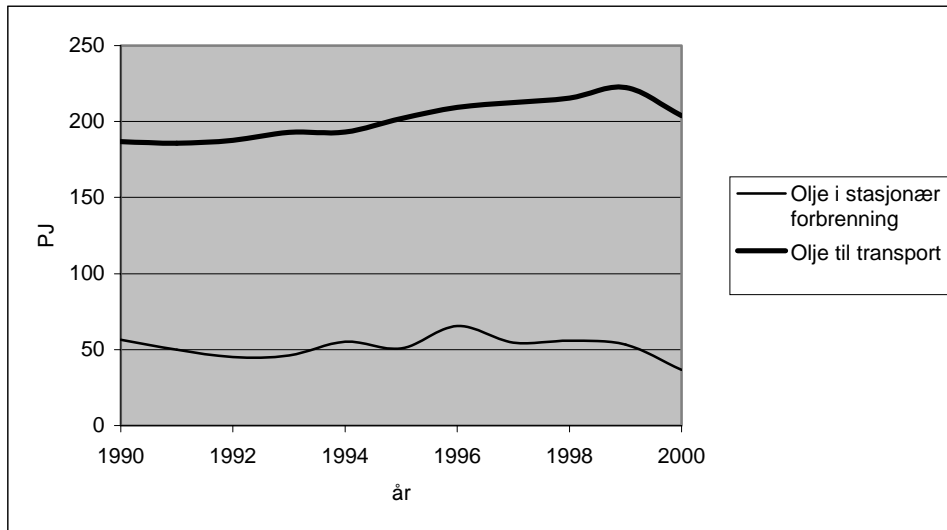
Figur 4. Stasjonær forbrenning. Utslepp frå energivarer forbrenning, tonn SO₂. 1990-



99.

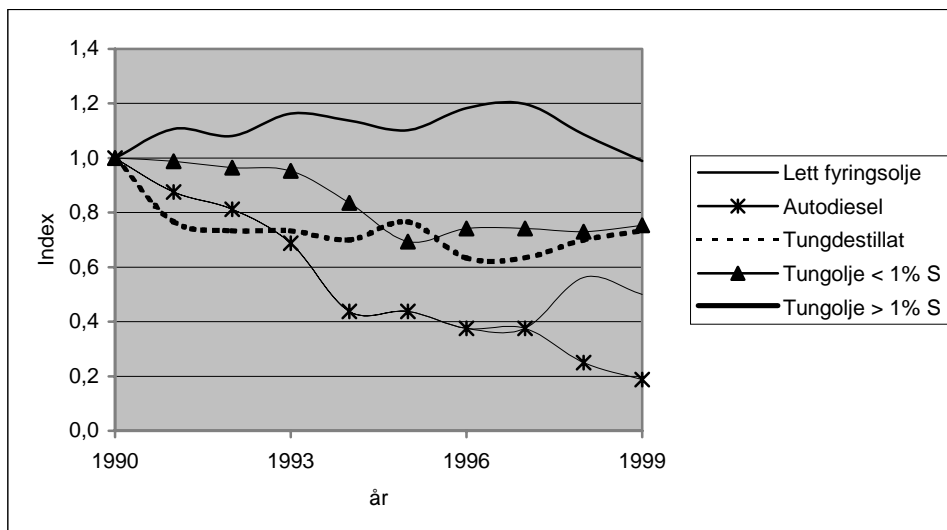
Kjelde: SFT/SSB.

Figur 5. Forbruk av oljeprodukt. 1990-2000. PJ



Kjelde: SSB.

Figur 6. Svovel i oljeprodukt 1990-1999. 1990=1



Kjelde: Norsk Petroleumsinstitutt.

Prosessutslepp. Dette utsleppet stammer frå svovel i reduksjonsmaterialar som kol, koks og petrolkoks og frå råvarer som råolje og kalkstein. I 1990 stod prosessutsleppa for 58% av samla utslepp av SO₂ i Norge og i 1999 for 62%. 66% av utsleppet kom frå metallproduksjon, 16% frå kjemisk produksjon (hovudsakleg frå produksjon av silisiumkarbid), 12% frå raffineri, medan resten kom frå treforedling og frå produksjon av sement og leca.

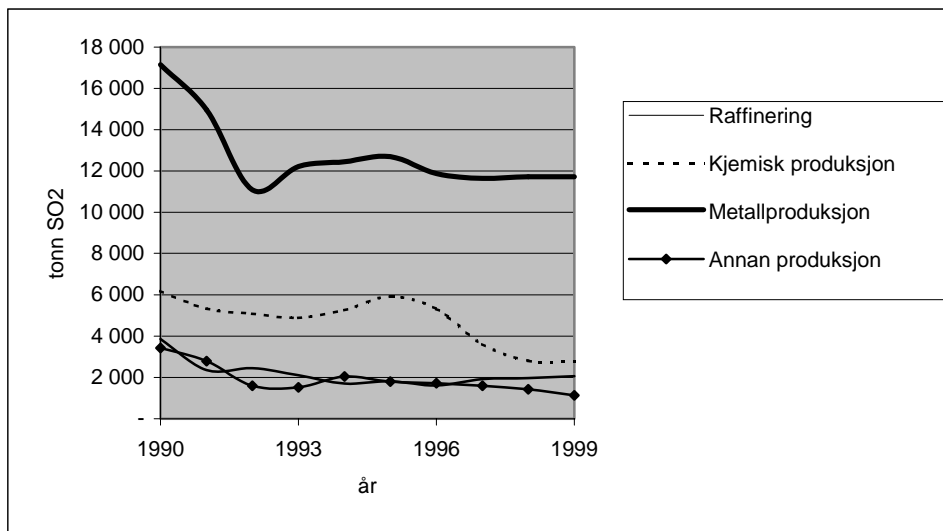
Figur 7 viser utviklinga i utsleppet frå dei ulike sektorane sidan 1990. Denne viser for alle produksjonar ein nedgåande trend dei første åra på 90-talet. Deretter er det berre innan kjemisk produksjon det har vore monalege reduksjonar i utsleppa og det gjeld alle produksjonane innan sektoren. For silisiumkarbid bransjen skuldast reduksjonen bruk av reduksjonsmaterial med lågare innhald av svovel. Medan det på den eine bedrifta som produserer svovelsyre og den som produserer titandioksid er installert reinseanlegg.

Tabell 2. Gjennomsnittleg % svovel i oljeprodukt. 1980-1999.

	Bensin	Fyrings- parafin	Autodiesel	Marin gassolje	Lett fyringsolje	Tung- destillat	Tungolje < 1% S	Tungolje > 1% S
1980	0,05	0,01	0,33	0,33	0,33	0,75	0,95	2,30
1981	0,05	0,02	0,36	0,36	0,36	0,75	0,95	2,30
1982	0,05	0,01	0,32	0,32	0,32	0,5	0,95	2,30
1983	0,05	0,02	0,35	0,35	0,35	0,6	1,00	2,30
1984	0,05	0,01	0,22	0,22	0,22	0,5	0,85	2,25
1985	0,035	0,02	0,22	0,22	0,22	0,5	0,97	2,30
1986	0,035	0,02	0,22	0,22	0,22	0,5	0,97	2,20
1987	0,035	0,02	0,22	0,22	0,22	0,45	0,95	2,20
1988	0,035	0,02	0,20	0,20	0,20	0,45	0,95	2,20
1989	0,030	0,02	0,17	0,17	0,17	0,38	0,91	2,00
1990	0,030	0,015	0,16	0,16	0,16	0,3	0,85	1,97
1991	0,030	0,019	0,14	0,14	0,14	0,23	0,84	2,18
1992	0,030	0,016	0,13	0,13	0,13	0,22	0,82	2,13
1993	0,030	0,021	0,11	0,11	0,11	0,22	0,81	2,29
1994	0,030	0,018	0,07	0,07	0,07	0,21	0,71	2,24
1995	0,012	0,023	0,07	0,07	0,07	0,23	0,59	2,17
1996	0,011	0,025	0,06	0,06	0,06	0,19	0,63	2,33
1997	0,008	0,023	0,06	0,06	0,06	0,19	0,63	2,36
1998	0,008	0,021	0,04	0,09	0,09	0,21	0,62	2,14
1999	0,011	0,016	0,03	0,08	0,08	0,22	0,64	1,95

Kjelde: Norsk Petroleumsinstitutt.

Figur 7. Prosessutslepp frå ulike produksjonar. 1990-99

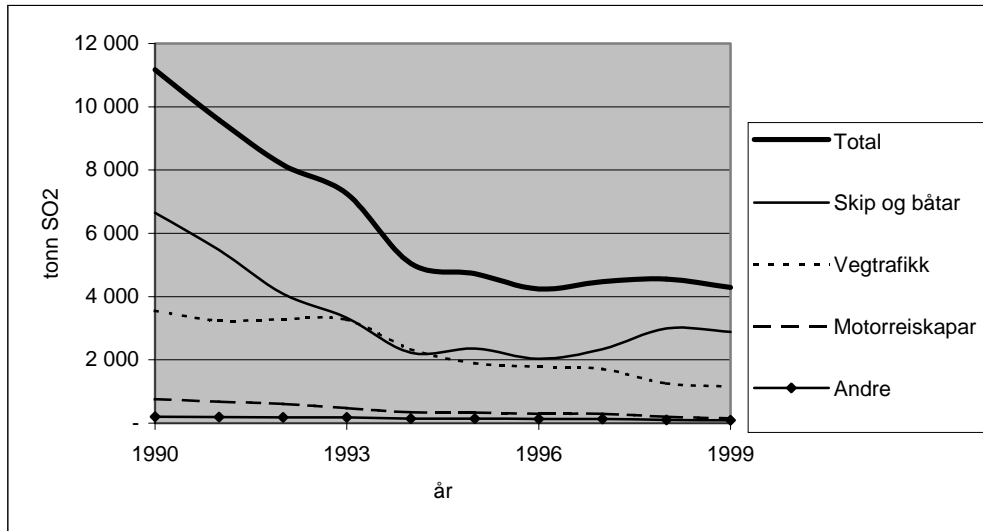


Kjelde: SSB/SFT.

Mobil forbrenning. Utsleppa stammar frå bruk av bensin, diesel, marin gassolje og fyringsoljer (lett fyringsolje, spesialdestillat og tungolje). Innanfor denne sektoren er det sjøtransport og vegtrafikk som har hatt dei største utsleppa. Andre, men mindre utsleppskjelder er motorreiskapar, luftfart og jarnbane.

Som det går fram av Figur 8, har utsleppa frå mobil forbrenning vorte redusert frå om lag 11.000 tonn i 1990 til vel 4.000 tonn i 1996 og har sidan halde seg på dette nivå. Reduksjonen har komme i skipsfart og vegtrafikk og skuldast mindre svovel i drivstoff, sjå Tabell 2 og Figur 6. Reduksjonen er noko motverka av at det samla forbruket av transportoljer, særleg marin gassolje og diesel, i perioden 1990-1999 har auka med knapt 20%, sjå Figur 5.

Figur 8. Utslepp frå mobil forbrenning. 1990-99



Kjelde: SFT/SSB.

4.2 Framskrive utslepp i år 2010

Vi har i denne tiltaksanalysen brukt eit *referansealternativ utan klimaavtale og nye klimatiltak* som utgangspunkt for å berekna utsleppsreduksjonar og kostnader for å redusera SO₂-utsleppa. Framskrivinga som er på 29.000 tonn SO₂, sjå Figur 9, krev at vi for å oppnå Gøteborg-avtalen må gjennomføra tiltak som reduserer utsleppet med 7.000 tonn.

Framskrivinga vi brukar er laga av Finansdepartementet (FIN) i samarbeid med SFT. Ho byggjer på perspektiva for økonomisk utvikling i Stortingsmelding nr. 30 (2000-2001) Langtidsprogrammet for 2002-2005 (FIN 2001) som vart lagt fram i 29. mars 2001.

Framskrivinga, *referansealternativ utan klimaavtale og nye klimatiltak*, som i utgangspunktet er fordelt på økonomiske sektorar, har SFT fordelt på utsleppskjelder, sjå Tabell 1. Det er viktig å understreka usikkerheita i framskrivinga og særleg fordelinga på utsleppskjelder.

Utviklinga i SO₂-utsleppa vert påverka av økonomisk vekst, produksjonssamansetting og teknologisk utvikling. Vidare vil framtidig energipris og innføring av eit internasjonalt kvotesystem for klimagassar gi utslag på framtidig SO₂-utslepp.

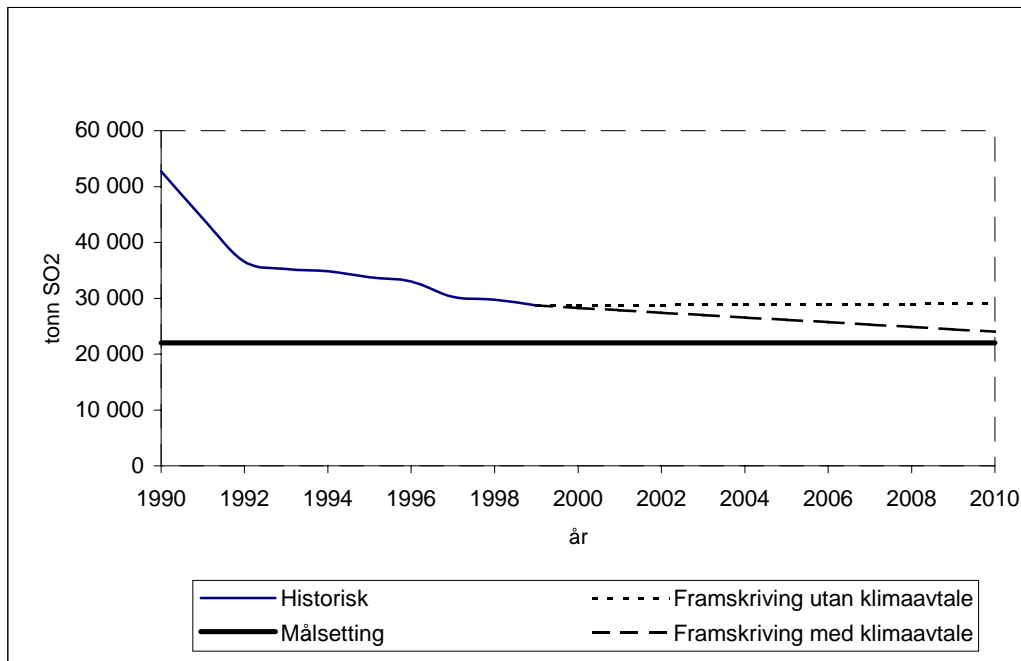
Resultatet av *referansealternativ utan klimaavtale og nye klimatiltak* er at vi ventar at utsleppa frå stasjonær forbrenning vil auka med 1.300 tonn eller knapt 20% frå 1999 til 2010. Årsaka til det er at det i framskrivinga er lagt inn vilkår som gjer at det vert relativt sett billigare å bruka andre energivarer enn elektrisitet. Det er viktig å understreka at det er lagt til grunn vidareføring av dagens CO₂-avgift på fyringsolje utan eit internasjonalt kvotesystem for klimagassar. Det er gått ut frå samme svovelinnhald i fyringsoljene som i dag.

Prosessutsleppa er i *referansealternativ utan klimaavtale og nye klimatiltak* venta å ville vera på samme nivå i 2010 som i 1999. Det er då lagt inn at auka elpris som følgje av endringar i energimarknaden vil redusera aktiviteten i den delen av prosessindustrien som er mest var for endringar i elektrisitetsprisen.

Under mobil forbrenning er det utsleppa frå vegtrafikken, bensin- og dieseldrivne køyrety, som vil ha størst endring i utsleppet. Reduksjonen frå 1999 vil vera på 1.000 tonn eller 24%. Forklaringa på dette er at det er vedtatt EØS-direktiv som reduserer svovel i bensin og diesel kraftig. Kravet til bensin er frå år 2000 på 0,015% og til diesel 0,035%. Frå 2005 er krava skjerpa til 0,005% for baa drivstoffa. For dei andre utsleppskjeldene er det venta mindre endringar i SO₂-utsleppet frå i dag og fram mot 2010.

Dersom vi legg til grunn at vi implementerer verkemiddel for å oppfylla Kyoto-protokollen, vil SO₂-utsleppa kunne reduserast som følgje av nye tiltak retta mot CO₂. Det er likevel usikkert korleis ein internasjonalt vil innretta verkemidla på dette området. FIN har i Langtidsprogrammet (FIN 2001) vist ein illustrasjon på korleis ein kostnadseffektiv internasjonal avtale kan slå ut for Norge. Framskrivinga, heretter kalla *referansealternativet med klimaavtale*, i (FIN 2001) viser eit SO₂-utslepp rekna til 24.000 tonn, sjå Figur 9. Usikkerheita i denne framskrivinga er mellom anna knyta til kvoteprisen som vil vera avhengig av korleis det internasjonale systemet for kvotehandel vert utforma og korleis det enkelte land tilpassar seg til systemet. Til dømes vil det ha noko å seia for kvoteprisen korleis kvotane vert fordelt i landa som skal redusera CO₂-utsleppa. Verknaden på SO₂ vil òg vera knyta til om enkelte sektorar får tildelt gratiskvotar eller lågare avgifter enn andre sektorar. Denne SO₂ framskrivinga vil krevja store omstillingar i SO₂ intensive bransjar for at utsleppa skal minka så mykje som framskrivinga viser.

Figur 9. Historisk og framskrive utslepp av SO₂. 1990-2010. Målsetting 2010.



Kjelde: Historisk: SSB/SFT. Framskriving: FIN/SFT.

5. Resultat

Resultatkapittelet er delt slik at i kapittel 5.1 er hovudresultat frå analysen vist, medan i kapittel 5.2 er alle tiltak nærmare presentert.

5.1 Hovudresultat

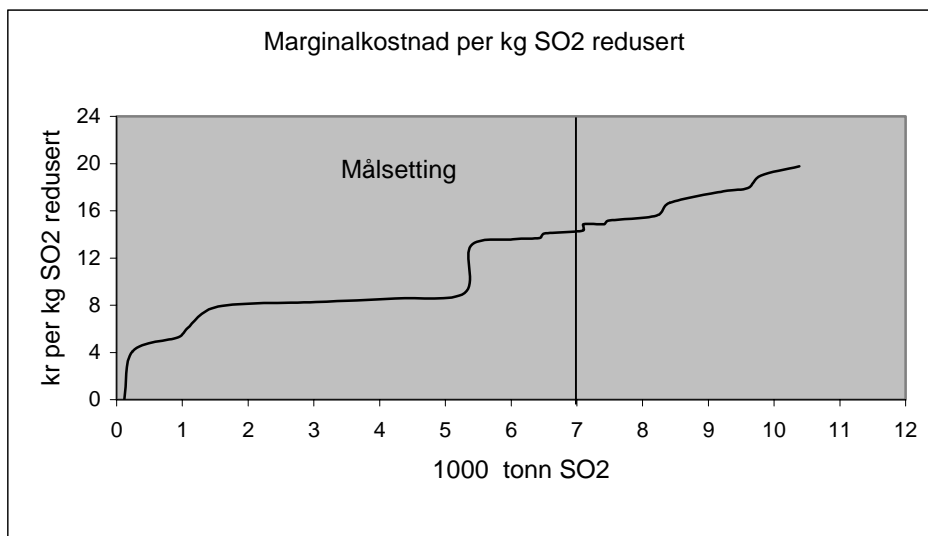
Det er i analysen lagt til grunn eit framskrive utslepp av SO₂ før nye SO₂-tiltak i 2010 på 29.000 tonn. Det er da lagt inn forventningar om økonomisk vekst som i St.meld. nr. 30 (2000-2001) Langtidsprogrammet 2002-2005 (FIN 2001), men *utan* effekten av nye klimatiltak for å oppfylle Kyoto protokollen, sjå kapittel 4.2.

Med denne framskrivinga betyr det at Norge for å oppfylle Gøteborg-avtalen må redusera våre SO₂-utslepp med om lag 7.000 tonn. Vi har berekna årleg meirkostnad for å gjennomføra denne reduksjonen til 65- 80 millionar kroner, sjå Figur 11. Vi har da brukt 7% kalkulasjonsrente og 25 år teknisk levetid for tiltaka. Samla investeringskostnad er i overkant av 500 millionar kroner og marginalkostnad er vel 14 kroner per kg redusert SO₂-utslepp.

I kapittel 7 Følsomhetsanalyse er det berekna kostnader ved andre framskrivingar og andre krav til avkasting. Alle kostnader er i 1999 kroner og er berekna utan alle avgifter.

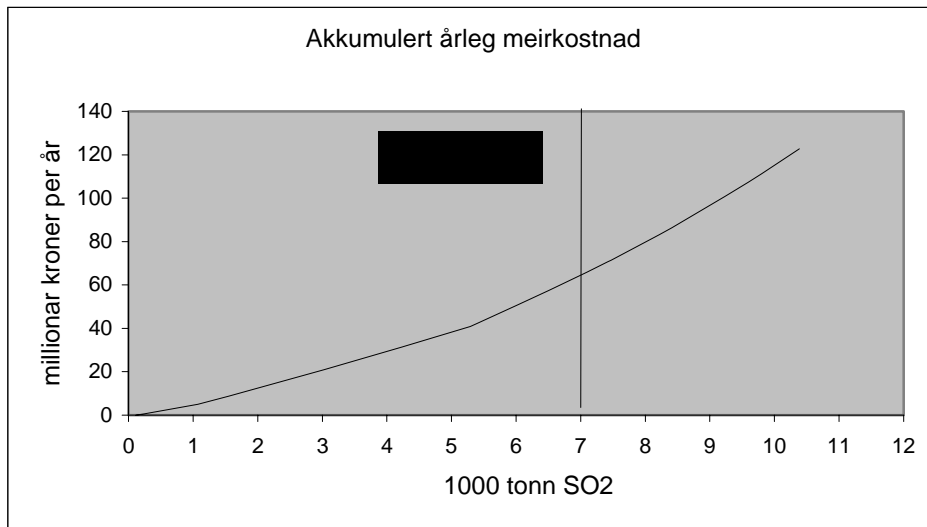
For å redusera SO₂-utsleppet med 7.000 tonn har vi gått ut frå at det må gjennomførast om lag 13 tiltak. Storparten av utsleppsreduksjonen og dei fleste tiltaka er i ferrolegeringsbransjen. Andre bransjar som òg må gjennomføra tiltak, men da i mindre omfang, er treforedling, raffineri og kjemisk produksjon.

Figur 10. Marginalkostnad ved å redusera utsleppa av SO₂ i høve til framskrive utslepp på 29.000 tonn i år 2010. Korrigert for 2. ordens effekt.



Kjelde: SFT.

Figur 11. Akkumulerte årlege kostnader for å redusera utsleppa av SO₂ i høve til framskrive utslepp på 29.000 tonn i år 2010. Korrigert for 2. ordens effekt.



Kjelde: SFT.

Reduksjon av SO₂-utsleppa i Norge

Tabell 3. 2. ordens rangering av tiltak etter marginalkostnad < 17 kr per kg SO₂ redusert.

Nummerert etter bransje	Reduksjon tonn per år	Restutslepp 1000 tonn	Investerings kostnad mill kr	Årleg meirkostnad mill kr/år	Akkumulert årleg meirkostnad mill kr/år	Marginal- kostnad kr per kg SO ₂ redusert	Tiltak
Tiltak 4 B Treforedling	115	28,9		0,0	0,0	0,0	Effekt av nytt anlegg for energigjenvinning
Tiltak 8 B Raffineri	128	28,7	4,5	0,5	0,5	4,1	Membranrensing av surtvatn
Tiltak 17 Metallproduksjon	697	28,0	29	3,7	4,2	5,3	Sjøvannsvaskar
Tiltak 1 F Treforedling	139	27,9		0,8	5,0	6,1	Overgang frå LS-olje med 0,97% til 0,5% S
Tiltak 19 Metallproduksjon	467	27,4	29	3,7	8,7	7,9	Sjøvannsvaskar
Tiltak 14 Metallproduksjon	1485	26,0	117,4	12,3	21,0	8,3	Sjøvannsvaskar
Tiltak 24 Metallproduksjon	1207	24,7	74,2	10,4	31,4	8,6	Våtvaskar med ferskvatn
Tiltak 12 Metallproduksjon	1055	23,7	69	9,5	40,9	9,0	Sjøvannsvaskar
Tiltak 7 A Kjemisk produksjon	97	23,6	9,9	1,3	42,2	13,0	Sjøvannsvaskar
Tiltak 22 B Metallproduksjon	640	23,0	65,3	8,7	50,8	13,6	Sjøvannsvaskar
Tiltak 22 A Metallproduksjon	409	22,5	40,1	5,6	56,4	13,7	Sjøvannsvaskar
Tiltak 2 Treforedling	65	22,5	5,5	0,9	57,4	14,1	Våtvaskar
Tiltak 15 Metallproduksjon	586	21,9	78	8,4	65,7	14,3	Brenning av diffuse gassar
Tiltak 7 B Kjemisk produksjon	11	21,9	0,985	0,2	65,9	14,9	Sjøvannsvaskar
Tiltak 9 B Raffineri	318	21,6	40	4,7	70,6	14,9	Effektivisering av våtvaskar
Tiltak 3 D Treforedling	55	21,5	5	0,8	71,5	15,2	Tilsats av kalk i røykgassen i biobrenselkjelen
Tiltak 13 Metallproduksjon	739	20,8	90	11,5	83,0	15,6	Sjøvannsvaskar
Tiltak 6 C Kjemisk produksjon	199	20,6	20	3,3	86,3	16,7	Våtvaskar og forbedra metode for å samla opp røykgass

5.2 Oppsummering av alle tiltak

Tiltaksanalysen omfattar 70 ulike tiltak fordelt på om lag 30 bedrifter. Kostnads- og teknologidata bygger i hovudsak på utgreiingar gjort av bedriftene. For utslepp frå oljefyring som ikkje er omtala under prosessindustrien har SFT samla inn data frå leverandørar av reinseanlegg for SO₂. Alle data er bearbeidd av SFT som står ansvarleg for resultatane og konklusjonane i rapporten.

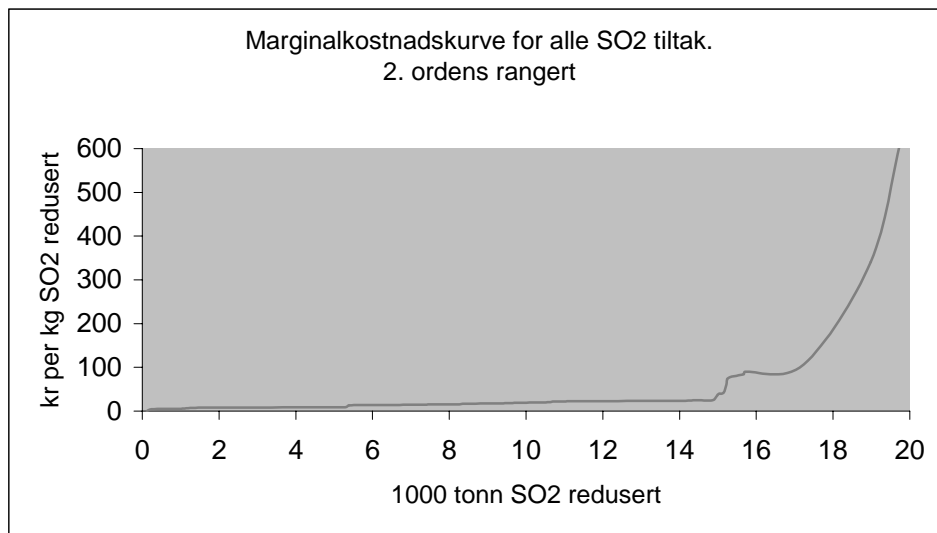
Kurva i Figur 12 viser marginalkostnaden for alle utgreidde tiltak. Alle kostnadene er her berekna med 7% kalkulasjonsrente, som er kravet til kapitalavkastning i samfunnsøkonomisk analyse, og 25 år avskrivningstid. I kapittel 7 Følsomhetsanalyse er resultatet av berekningane med 10% rente og 15 år avskrivningstid vist.

Nedanfor er alle tiltak som er inkludert i analysen omtalt bransjevis med i hovudsak desse opplysningane:

- kor stort utsleppet var i 1999 og kva det stammar frå
- kva bedrifter bransjen omfattar/kor mange bedrifter
- kva tiltak og reinsegrad
- marginalkostnad og intervallet for kostnaden i bransjen.

Meir detaljerte opplysningar om det enkelte tiltak finn du i Vedlegg 1 Omtale av utgreidde tiltak for å redusera SO₂-utsleppa.

Figur 12. Rangerte tiltak. Alle utgreidde tiltak rangert etter marginalkostnad og omsyn tatt til 2. ordens effekt.



Kjelde: SFT.

Tabell 4. Alle tiltak inkludert i analysen sortert etter bransje.

Nummerert etter bransje	Reduksjon i tonn per år	Investeringskostnad mill kr	Årleg meirkostnad mill kr/år	Akkumulert årleg meirkostnad mill kr/år	Marginal-kostnad kr per kg SO ₂ redusert
Tiltak 1 A Trefordling	272	24	3	3	10,1
Tiltak 1 B Trefordling	272	21	4	6	13,2
Tiltak 1 C Trefordling	38	7	1	8	30,4
Tiltak 1 D Trefordling	439	25	7	14	14,9
Tiltak 1 E Trefordling	182	30	4	18	22,4
Tiltak 1 F Trefordling	139		1	19	6,1
Tiltak 1 G Trefordling	227		11	29	46,2
Tiltak 1 H Trefordling	286	10	7	37	26,1
Tiltak 2 Trefordling	65	6	1	38	14,1
Tiltak 3 A Trefordling	21		2	40	102,8
Tiltak 3 B Trefordling	32		3	43	90,4
Tiltak 3 C Trefordling	36	7	3	46	92,6
Tiltak 3 D Trefordling	55	5	1	47	15,2
Tiltak 3 E Trefordling	65	30	5	52	70,5
Tiltak 3 F Trefordling	2	5	0	52	232,7
Tiltak 4 A Trefordling	363	40	9	62	26,0
Tiltak 4 B Trefordling	115		0	62	0,0
Tiltak 6 A Kjemisk produksjon	62	30	5	72	75,9
Tiltak 6 B Kjemisk produksjon	57	12	2	74	39,2
Tiltak 6 C Kjemisk produksjon	199	20	3	78	16,7
Tiltak 7 A Kjemisk produksjon	97	10	1	79	13,0
Tiltak 7 B Kjemisk produksjon	11	1	0	79	14,9
Tiltak 8 A Raffineri	128	40	5	84	41,8
Tiltak 8 B Raffineri	128	5	1	85	4,1
Tiltak 9 A Raffineri	76	25	5	90	60,8
Tiltak 9 B Raffineri	318	40	5	94	14,9
Tiltak 9 C Raffineri	153	200	22	116	145,1
Tiltak 9 D Raffineri	586	100	12	128	19,8
Tiltak 9 E Raffineri	331	240	27	155	81,3
Tiltak 9 F Raffineri	407	265	32	186	77,4
Tiltak 9 G Raffineri	662	365	43	230	65,1
Tiltak 10 A Mineralsk produksjon	274	50	8	238	31,0
Tiltak 10 B Mineralsk produksjon	274	35	6	244	21,9
Tiltak 11 A Mineralsk produksjon	251	50	8	253	33,9
Tiltak 11 B Mineralsk produksjon	251	35	6	259	24,0
Tiltak 12 Metallproduksjon	1055	69	10	268	9,0
Tiltak 13 Metallproduksjon	739	90	12	280	15,6
Tiltak 14 Metallproduksjon	1485	117	12	292	8,3
Tiltak 15 Metallproduksjon	586	78	8	300	14,3
Tiltak 16 A Metallproduksjon	100	17	2	303	24,6
Tiltak 16 B Metallproduksjon	133	20	3	306	21,9
Tiltak 16 C Metallproduksjon	200	26	4	309	19,0
Tiltak 17 Metallproduksjon	697	29	4	313	5,3
Tiltak 18 Metallproduksjon	820	70	14	328	17,7
Tiltak 19 Metallproduksjon	467	29	4	331	7,9
Tiltak 20 Metallproduksjon	451	85	11	343	25,0
Tiltak 21 Metallproduksjon	369	53	7	349	17,9
Tiltak 22 A Metallproduksjon	409	40	6	355	13,7
Tiltak 22 B Metallproduksjon	640	65	9	363	13,6
Tiltak 23 Metallproduksjon	219	25	4	368	20,3
Tiltak 24 Metallproduksjon	1207	74	10	378	8,6

Tabell 4. Alle tiltak inkludert i analysen. framhald

	Reduksjon tonn per år	Investerings kostnad mill kr	Årleg meirkostnad mill kr/år	Akkumulert årleg meirkostnad mill kr/år	Marginal- kostnad kr per kg SO ₂ reduisert
Tiltak 28 Metallproduksjon	100	25	3	386	33,9
Tiltak 29 Oljeprodukt	1530	1012	164	550	107,1
Tiltak 30 Oljeprodukt	790	1800	493	1042	623,1
Tiltak 31 A Fyrkjelar	1747	6739	596	1638	341,0
Tiltak 31 B Fyrkjelar	390	336	33	1671	83,9
Tiltak 31 C Fyrkjelar	2867	456	68	1739	23,7

Oljeprodukt

Vi har bedt raffineria presentera kostnader for å redusera svovelinnhald i

1. *all gassolje* (marin gassolje (MGO) og lett fyringsolje) frå 0,08% som var gjennomsnitt i 1999 til 0,05% svovel
2. frå *tungolje* (lavsvovelhaldig tungolje (LS-olje)) med eit gjennomsnitt i 1999 på 0,64% og ned til 0,5%.

Samla SO₂-utslepp frå bruk av MGO og lett fyringsolje var i 1999 3.426 tonn, 66% var frå MGO og 34% frå lett fyringsolje. Frå tungolje (NS- og LS-olje) var utsleppet om lag 3.000 tonn. Det inkluderer òg tungolje med meir enn 1% svovel (NS-olje), men sidan forbruket og dermed utsleppet var svært lite har vi valt å sjå bort frå denne oljekvaliteten vidare i berekningane.

Kostnad per kg olje og per kg redusert SO₂-utslepp er berekna for dei oljevolum som raffineria leverer til den norske marknaden og er rekna i forhold til gjennomsnittleg svovelinnhald i gassolje (fyringsolje og marin gassolje) og tungolje med lågt svovelinnhald (LS-olje) i 1999. Reelt sett varierer svovelinnhaldet i marin gassolje meir enn innhaldet i lett fyringsolje, men sidan vi ikkje har hatt tilgang til gjennomsnittleg svovelinnhald for produkta kvar for seg må vi gjera det slik vi har gjort det. Denne forenklinga meiner vi har lite å seia for konklusjonane vi seinare trekkjer i rapporten.

Gassolje. Kostnadene er berekna for kvart av raffineria for det volum gassolje dei produserer og leverer i den norske marknaden. Vi har gått ut frå at denne kostnaden gjeld for heile volumet gassolje som vert omsett i Norge. Marginalkostnaden for å redusera innhaldet av svovel i gassolje til 0,05% i gjennomsnitt er om lag 100 kr per kg SO₂ redusert.

Tungolje. Marginalkostnaden for å redusera gjennomsnittleg svovelinnhald i LS-olje til 0,5% er rekna til meir enn 600 kr per kg SO₂ redusert.

Stasjonær forbrenning

Frå stasjonær forbrenning var det i 1999 eit SO₂-utslepp på 6.800 tonn, av dette kom 4.700 tonn frå fyringsparafin, fyringsolje, spesialdestillat og tungolje. Det er utsleppet frå fyringsoljene som det er utgreidd tiltak for her.

Tiltaka vi har utgreidd er redusert svovelinnhald i oljeprodukta, sjå Oljeprodukt, og installasjon av våtvaskarar på oljefyrte fyrkjelar. For cellulosebedriftene er tiltak for å redusera utslepp frå fyring presentert under bransjen Treforedling. Tiltak som energiøkonomisering, varmpumpe og overgang til alternative energikjelder som bioenergi, vindkraft, solenergi m.fl. er ikkje inkludert i analysen. I SFT sin klimatiltaksanalyse

(SFT 2000b) er denne type tiltak omtalt og vi viser i kapittel 7 effekten av klimatiltak på SO₂-utsleppet.

Ein våtvaskar reknar vi med har ein reinsegrad på 97%. Sidan dette er ei samfunnsøkonomisk kostnadsanalyse er ikkje refusjon av svovelavgift som følgje av reinsing av utslepp inkludert i berekningane.

Berekningane vi har gjort er gjennomsnittsberekningar for 3 MW, 7 MW og 20 MW fyrkjelar. Driftstida per år er sett til 2000 timar. På grunnlag av bedriftene sine eigenrapportar til SFT kan det sjå ut som om det er rimeleg å gå ut frå dette som gjennomsnittleg brukstid. Minste kjelgruppa reknar vi med brukar lett fyringsolje med 0,08% svovel, mellomste kjelgruppa spesialdestillat med 0,22% og største kjelgruppa tungolje med 0,64 % svovel.

Det framskrive utsleppet frå stasjonær forbrenning kan reduserast med om lag 5.000 tonn ved installasjon av våtvaskar. Kostnaden per kg SO₂ redusert er berekna til 23-340 kr. Lågast kostnad er det for 20 MW fyrkjel. Det er viktig å vera klar over at kostnaden vil variera med storleiken på fyrkjelen, svovelinnhaldet i olja som vert brukt og driftstida.

Raffineri

I 1999 hadde dei tre raffineria vi da hadde eit prosessutslepp på 2.061 tonn SO₂ som stamma frå svovel i råolja. Eit raffineri er lagt ned frå april 2000.

Dei to raffineria har presentert tiltak som vil redusera det samla utsleppet frå kvar av bedriftene med 20-50%. Dette er tiltak som:

- Reinsing av avgass frå anlegget for attvinning av svovel
- Skilja hydrogensulfid frå surt vatn
- Ny sjøvannsvaskar
- Fakkeltgasskompressor
- Skifta ut Clausanlegget
- Totrinns surtvannstrippar (separering av H₂S og NH₃)
- Kombinasjonar av tiltak.

Marginalkostnaden for tiltaka er i intervallet 4-145 kr per kg SO₂ redusert. Det er tre av tiltaka som har marginalkostnad < 20 kr/kg SO₂.

Treforedling

Vi behandlar her under Treforedling utslepp frå brensel og prosess for 6 bedrifter som har eller har hatt produksjon av cellulose. Andre bedrifter som produserer papir og papp og som berre har fyringsutslepp er omtalt under stasjonær forbrenning. SO₂-utsleppet stammar frå svovel i olje, bark, avlut m.m. og kalk.

Utsleppet frå treforedlingsbransjen var i 1999 om lag 1.945 og av dette stod dei seks bedriftene vi behandlar her for i overkant av 80%. Av samla utslepp kom 4/5 deler frå svovel i olja.

Tiltaka som er vurdert for denne bransjen har reinsegrad av bedrifta sitt samla utslepp på 5-60%:

- Overgang til energivarer med mindre svovel
- Sjøvannsvasking
- Lutvasking
- Ny forbrenningsomn
- Brenning av diffuse gassar
- Nytt anlegg for energiattvinning og brenning av restavfall.

Marginalkostnaden for dei utgreidde tiltaka er 0-230 kr per kg SO₂ redusert. Av dei 17 tiltaka vi har med i analysen er marginalkostnad for 7 av dei mindre enn eller lik 20 kr/kg SO₂.

Ved reinsing av SO₂ frå oljekjellar vil bedrifta få refundert deler av innbetalt svovelavgift. Da dette er ei samfunnsøkonomisk analyse er denne refusjonen ikkje inkludert i berekninga av marginalkostnaden.

Kjemisk produksjon

Inn under denne bransjen høyrer silisiumkarbid, kalsiumkarbid, gjødselproduksjon, produksjon av svovelsyre og titandioksid. Det er i dag berre frå produksjon av silisiumkarbid det framleis er store SO₂-utslepp og som stammar frå petrolkoksen som vert brukt som reduksjonsmateriale. Vi går ut frå at alt svovel i petrolkoksen slepp ut til luft og før eller seinare endar opp som SO₂.

Tre bedrifter i Norge produserer silisiumkarbid. Tiltak er utgreidd for berre ei bedrift. Dette er ein mangel ved analysen, men det er ikkje grunn til å rekna med at det svekker konklusjonane vi trekkjer i analysen.

Samla utslepp frå bransjen var i 1999 2.763 tonn og 98% av utsleppet kom frå produksjon av silisiumkarbid. Desse bedriftene har allereie av SFT fått krav om å redusera utsleppa til samla ned til 2.030 tonn SO₂.

Tiltaka som er utgreidd er forbetra oppsamling og reinsing av røykgassen. Effekten av tiltaka varierer mellom 14-44% av samla utslepp frå kjelda. Marginalkostnaden for tiltaka er berekna til 17-75 kr/kg SO₂ redusert.

Mineralsk produksjon

Bransjen omfattar produksjon av sement, leca og mineralull. Kjelde til utsleppet frå sementproduksjon er svovelet i brenselet som kan være kull, olje og spesialavfall og frå råmaterialet pyritt der sistnemnde er hovudkjelde til utsleppet. I lecaproduksjonen får vi i dag SO₂ frå kull og olje og frå råmaterialet leire. Lecabedriftene fekk skjerpa utsleppsløyve frå 1995/96 og ytterlegare tiltak for å redusera SO₂-utsleppet er ikkje inkludert i denne analysen.

To bedrifter produserer sement og to leca, medan det er tre bedrifter som produserer steinull. Sistnemnde bedrift har berre brenselutslepp og tiltak for å redusera dette utsleppet er inkludert under tiltak overfor stasjonær forbrenning.

Det er utgreidd fire tiltak i denne bransjen som har reinsegrad på om lag 80%. Marginalkostnaden ligg i intervallet 22-34 kr/kg SO₂ redusert.

Metallproduksjon

Bransjen er gjerne inndelt i:

- Produksjon av ferrolegeringar (FeSi, Si-metall, FeCr, SiMn og FeMn)
- Aluminium
- Produksjon av andre metall (nikkel, sink og magnesium)
- Anodeproduksjon.

I Tabell 5 syner vi oversikt over bransjane som i utsleppssamanheng er inkludert i metallproduksjon. Vi har i tiltaksanalysen inkludert tiltak overfor dei mest SO₂ utsleppsintensive bedriftene som produserer metall. Aluminiumsbransjen er bransjen som i denne analysen er minst dekkja med nye tiltak. Bransjen er i ferd med å gjennomføra tiltak som mellom anna omfattar forbetring av eksisterande sjøvannsvaskerar og overgang til bruk av gass som energiberar i støyperia. Gjennomføring av mange tiltak er enten begynt på eller planlagt gjennomført i nærmaste framtid. Difor er ikkje tiltaka inkludert i tiltaksanalysen. Bransjen planlegg samstundes å auka produksjonskapasiteten. Det er ei mangel at tiltakskostnadene for ytterlegare reduksjon i utsleppa ikkje er inkludert i denne analysen.

Tabell 5. Metallproduksjon. Produksjonar, utslepp, tal bedrifter og tal tiltak presentert i analysen.

	Utslepp i 1999 tonn SO ₂	% av total	Utsleppskjelde	Tal bedrifter	Bedrifter inkludert i analysen	Marginalkostnad kr/kg SO ₂
Ferrolegeringar	9091	78	Kol, koks	16	12 ¹	5-26
Aluminium	1653	14	Petrolkoks, AlO	6	-	-
Andre metall	548	5	H ₂ SO ₄ , kol	3	2	34
Anodeproduksjon	427	4	Kol, koks	2	1	11-26
I alt	11719					

Kjelde: SSB/SFT.

Som det går fram av Tabell 5 var utsleppet frå metallproduksjon i 1999 knapt 12.000 tonn SO₂ der ferrolegeringar stod for nærmare 80% av utsleppet. Utsleppet frå metallproduksjon stammar frå kol, koks, petrolkoks m.m.

Alle tiltak er installasjon av våtvaskerar, enten sjøvattn, fersk vatn eller lut som reinsemedium. Det er lokale forhold ved kvart verk som avgjer kva reinseprosess som vert valt. Alle våtvaskerar har reinseffekt på minimum 95%. Ved å ta omsyn til periodar med stogg av filter/våtvaskar vil gjennomsnittleg reinsegrad verta mellom 90-95%.

Marginalkostnaden varierer mellom 5-34 kr/kg SO₂ redusert utslepp. 11 av dei 15 bedriftene som har utgreidd tiltak har tiltak med marginalkostnad < 20 kroner/kg SO₂.

Mobil forbrenning

Utsleppet frå mobil forbrenning var i 1999 4.248 tonn SO₂. Knapt 70% av utsleppet stammar frå skip medan 28% er frå vegtrafikk. Som følgje av EØS-avtalen vil innhaldet av svovel i bensin og diesel verta redusert til 0,005% frå 2005. Vi har difor ikkje vurdert ytterlegare tiltak for å redusera svovel i bensin og diesel.

¹ Dei andre fire bedriftene har låge SO₂ utslepp og er ikkje aktuelle for SO₂ tiltak.

Vi har berekna kostnadene ved overgang til drivstoff med lågare innhald av svovel for desse to alternativa:

1. frå marin gassolje (MGO) med i gjennomsnitt i 1999 på 0,08% til 0,05% svovel
2. frå tungolje med eit gjennomsnitt på i 1999 på 0,64% til 0,5%.

Marginalkostnaden for raffineria for å produsera all gassolje med 0,05% svovel og tungolje med 0,5% svovel er vist under kapittel Oljeprodukt . Utsleppsreduksjonen som er knyta til forbruk av MGO og tungolje til skip er òg inkludert der.

6. Vurdering av miljønytte

6.1 Vurdering av helse- og miljønytte

Utslepp av SO₂ medverkar direkte og indirekte til ei rekkje helse- og miljøproblem, sjå kapittel 2 Miljøproblem. I dette kapitlet vert helse- og miljønytte i Norge av å redusera norske utslepp av SO₂ kvantifisert i monetære einingar. Berekningane omfattar fiskedød av sur nedbør, materialkorrosjon og helseverknad av sekundærpartiklar. Skadestimat som vert brukt i berekningane er basert på (SFT 2000), (SFT 1997a), (SFT 1997b), (SFT 1996), (EMEP 2000), (EMEP 1998), (DNMI 2001) og (Spash og McNally 2001).

I tillegg medverkar utslepp av SO₂ i Norge til forsuringsskadar på dyr (andre enn fisk) i vatn og vassdrag og skadar på vegetasjon og jordsmonn. Utslepp av SO₂ i Norge medverkar òg til direkte helseverknader av SO₂, samt til helse- og miljøskade i andre land. Dette er skadar som ikkje er omfatta av våre berekningar noko som tilseier at våre skadestimat er underestimert.

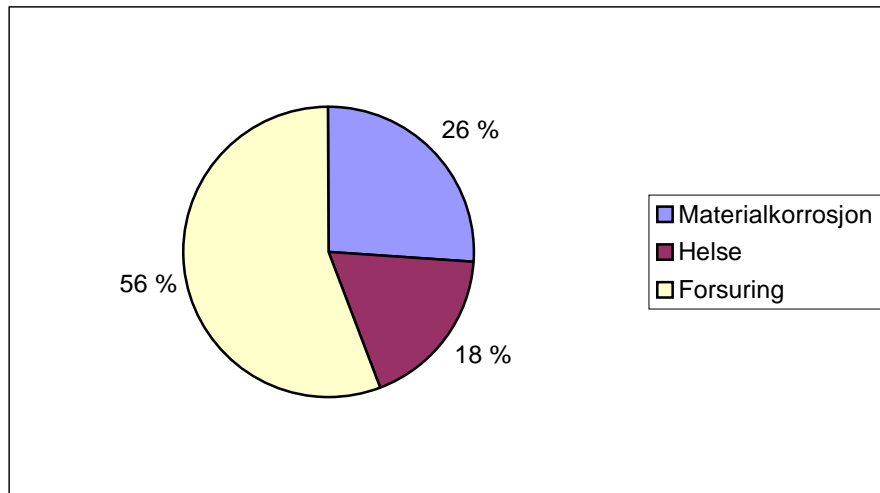
Skadestimat er basert på ei effektkjedetilnærming der

1. ein følgjer utslepp via ein atmosfærisk spreiingsmodell som viser korleis utsleppet medverkar til endringar i konsentrasjon eller deponering av partiklar og S,,
2. via dose-respons funksjonar finn ein miljø- og helseskade av denne endringa i konsentrasjon og deponering av SO₂-utsleppet, og
3. til slutt ved bruk av direkte økonomiske kostnader (f.eks sjukefråvær eller vedlikehald av bygg) eller ved bruk av økonomiske verdsettingsmetodar (for å setja pris på goder som ikkje har nokon pris i ein marknad) er det mogleg å finna helse- og miljøkostnadene knyta til utsleppet.

Effektkjedetilnærminga gir oss moglegheit til mellom anna å vurdere miljønyttan av kvart einskilde tiltak, slik at ein kan sjå korleis nytten varierar mellom ulike tiltak og kan bidra til å visa kva miljøproblem som truleg er viktigast.

I høve til framskrive utslepp i 2010 på 29.000 tonn SO₂ må utsleppet reduserast med 7.000 tonn for at Norge skal oppfylle Gøteborg-avtalen. Tiltaka som kan gi denne utsleppsreduksjonen er vist i Figur 10. Berekna nytteverdi av utsleppsreduksjonen er vist i Figur 13, der dei samla samfunnsøkonomiske nytteverknadene er estimert til 25-30 mill kr per år.

Figur 13. Fordeling av samfunnsøkonomiske nytteverknader ved valt tiltakspakke.



Kjelde: SFT.

Det bør understreka at den berekna nytten truleg er underestimert sidan ikkje alle miljøskadar er inkludert i berekningane.

Forsuringskostnadene knyta til fiskedød står for mellom 52 og 60% av dei samla berekna samfunnsøkonomiske nytteverknadene av utsleppsreduksjonen på 7.000 tonn SO₂. Reduserte utslepp i metallindustrien i dei mest forsuringutsatte områda på Sør- og Vestlandet står for om lag 92% av nytteverknadene knyta til forsuring og for 48-55% av dei samla samfunnsøkonomiske nytteverknadene. Forklaringa er at utslepp i dette området medverkar mest av dei norske utsleppa til sur nedbør i området, og vi har difor ein marginal nytteverknad av utsleppsreduksjonen som er mykje høgare enn for utsleppsreduksjonar i andre delar av Norge.

Nyttverknadene knyta til materialkorrosjon er berekna til å stå for mellom 28-32% av dei samla samfunnsøkonomiske nytteverknadene av å redusera utsleppa med 7.000 tonn SO₂. Marginale nytteverknader av redusert materialkorrosjon er størst ved utsleppsreduksjonar i store byar og tettstader². Når det gjeld verknader på helse av sekundærpartiklar, er den marginale nytteverknaden lik for heile landet, fordi ein går ut frå at lokaliseringa av utsleppet har lite å seia for bidraget til bakgrunnskonsentrasjonen av partiklar.

6.2 Anna nytte

Tiltak som primært vert gjennomført for å redusera SO₂-utsleppa vil ofte også ha effekt på andre miljøproblem enn dei som er gjennomgått i kapitlet framfor. Dette gjeld særleg tiltak som har til formål å redusera forbruket av fossile brensel i stasjonær eller mobil forbrenning. Bruk av fyringsoljer, kol og bensin gir ikkje berre utslepp av SO₂, men også utslepp av karbondioksid (CO₂), nitrogendioksid (NO_x), flyktige organiske forbindelsar (VOC) og partiklar. Desse gassane medverkar til forsuring (NO_x og SO₂), auka konsentrasjon av bakkenært ozon (NO_x og VOC) og til lokal luftforureining slik som helseskadar (NO_x, SO₂ og partiklar).

² Med over 2000 innbyggjarar.

7. Følsomhetsanalyse

I hovudalternativet i analysen er kostnaden berekna for å redusera utsleppet frå 29.000 og ned til 22.000 tonn SO₂ og vi har brukt kalkulasjonsrente 7% og 25 år som økonomisk levetid for alle tiltak. I dette kapitlet har vi sett nærare på kva endringar i desse og andre vilkår kan ha å seia for resultatata.

Endra kalkulasjonsrente og økonomisk levetid

Vi har samanlikna kostnaden for desse krava til kapitalavkastning

- 7% og 25 år (krav til avkastning i samfunnsøkonomiske berekningar)
- 4% og 25 år (alternativt krav til avkastning i samfunnsøkonomisk berekningar)
- 10% og 25 år (bedriftsøkonomiske krav).

Samanlikninga av ulike krav til avkastning er gjort for å visa forskjellen i resultat mellom samfunnsøkonomiske og bedriftsøkonomiske berekningar.

Resultata av denne samanlikninga er vist i Tabell 6, Figur 14 og Figur 15.

Berekningane viser at for å redusera utsleppa til 22.000 tonn SO₂ er investeringsbehovet om lag uavhengig av avkastingskrav. Det er likevel ein tendens at det med høgare avkastingskrav, 10% og 15 år, vert noko mindre kapitalintensive tiltak i pakka ned til 22.000 tonn, sjå Tabell 6.

Marginalkostnaden i skjeringpunktet mellom marginalkostnadskurva med 10% kalkulasjonsrente og 15 år økonomisk levetid og målsettinga på 22.000 er vel 40% høgare enn ved avkastingskrav 7% og 25 år, sjå Figur 14. Samstundes er årleg meirkostnad om lag 30% eller 21 millionar kroner høgare, sjå Tabell 6 og Figur 15.

Resultatet av samanlikninga mellom dei to alternativa for samfunnsøkonomisk krav til avkastning, 25 år og respektive 4 og 7% kalkulasjonsrente, viser at lågare rente gir det utslaget at både marginal kostnad og årleg meirkostnad vert om lag 20% lågare, sjå Tabell 6. Viss vi tilsvarande set kalkulasjonsrenta til 7% og økonomisk levetid til 20 år vil marginalkostnad og årleg meirkostnad auka med 5-10% i høve til med 25 år levetid.

Samanlikninga viser at mellom 4 og 7% kalkulasjonsrente og 25 år levetid på investeringane er ikkje skilnaden i resultatet større enn usikkerheita i berekningane. Derimot må vi kunne seia at skilnaden i kostnad mellom det vi her kallar samfunns- og bedriftsøkonomiske krav til avkastning er monaleg høg.

Kostnader for tiltaka inkludert miljønytte

Vi har berekna miljønyttan for kvart enkelt tiltak. Metoden for å berekna miljønyttan er vist i kapittel 6 Vurdering av miljønytte og i kapittel 10 Vedlegg 2 Miljønytte. Årleg meirkostnad for tiltaket med 7% kalkulasjonsrente og 25 år levetid minus berekna miljønytte dividert på utsleppsreduksjon for tiltaket gir ny kostnadseffektivitet for tiltaket, kr per kg SO₂ redusert utslepp. På grunnlag av denne "nye kostnadseffektiviteten" for tiltaka er dei rangert. Den nye kostnadskurva som er vist i Figur 16 viser marginalkostnaden for tiltaka med miljønytte (øvre og nedre estimat for miljønytte) og for tiltaka utan miljønytte. Figur 17 viser tilsvarande for akkumulerte årlege tiltakskostnader.

Berekningane viser at med øvre estimat for miljønytte, er årleg meirkostnad for å redusera SO₂-utsleppa til 22.000 tonn vel 20 millionar kroner og med ein marginalkostnad på i underkant av 8 kroner per kg redusert SO₂-utslepp. Årlege meirkostnader medrekna miljønytte er da om lag 60% lågare enn årlege meirkostnader utan miljønytte. Med nedre grense for nyttekostnadsestimat er marginalkostnaden i overkant av 8 kr per kg redusert SO₂-utslepp og samla årlege meirkostnader i underkant av 30 millionar kroner.

Vi vil understreka at det er knyta usikkerheit til berekninga av miljønyttan. Det er likevel grunn til å leggja vekt på at miljønyttan i Norge av å redusera norske SO₂-utslepp er monaleg. All miljønytte av tiltaka er ikkje inkludert i den berekna nytten, jf. Kapittel 6.1, men heller ikkje alle kostnader som t.d. omstillingskostnader eller nytte i form av teknologiutvikling er inkludert.

Lågare framskrive SO₂-utslepp som følge av effekten av gjennomførte klimatiltak

SFT skreiv i 2000 rapporten Reduksjon av klimagassar i Norge (SFT 2000b). Vi har vurdert mogleg effekt på SO₂-utsleppet av klimatiltak presentert i den rapporten.

Ved å leggja til grunn ein kvotepris på 200 kr per tonn CO₂-ekvivalentar vil vi ut frå resultatane i (SFT 2000b) kunne oppnå ein reduksjon i SO₂-utsleppa på om lag 1.000 tonn. Det er i (SFT 2000b) gått ut frå at stort sett heile reduksjonen i CO₂-utsleppet skjer som følge av energieffektivisering eller tekniske omleggingar som t.d. overgang til varmepumpe. Det er med denne kvoteprisen ikkje rekna med vesentlege tiltak overfor prosessutslepp.

Dei største reduksjonane oppnår vi ved redusert bruk av fyringsoljer gjennom energieffektivisering og bruk av fornybar energi. Verkemidlar som effektiviserer bruken av drivstoff i skip vil også redusera SO₂-utsleppa. Tiltak retta mot utslepp av andre gassar enn CO₂ (CH₄, N₂O, PFK, SF₆ og HFK) har liten om nokon effekt på utsleppa av SO₂.

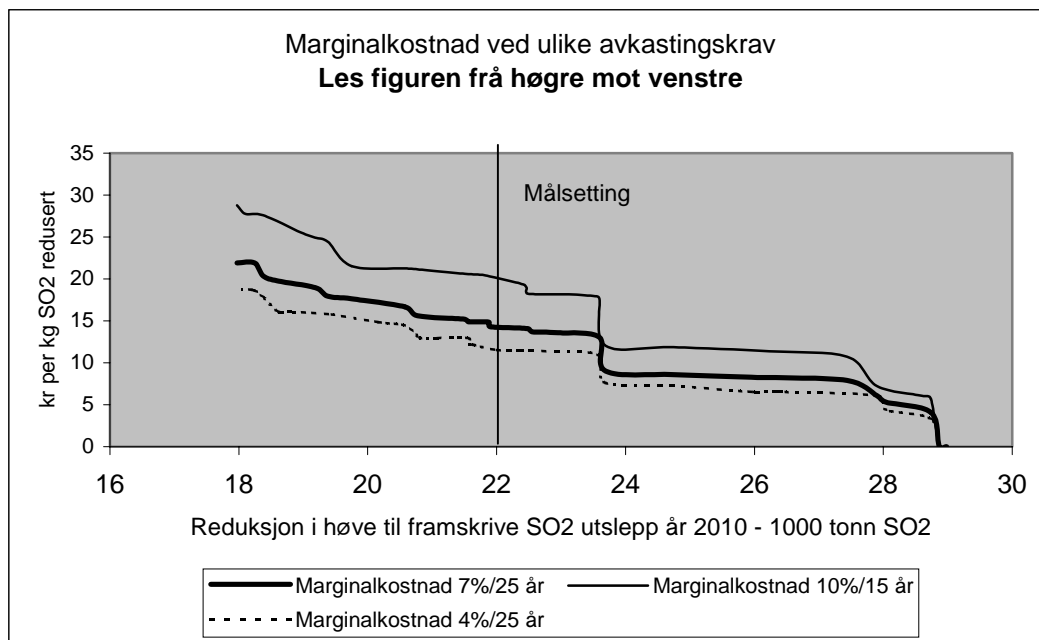
Når vi tek omsyn til effekten av kvoteprisen som skissert over, vert det framskrive SO₂-utsleppet redusert til 28.000 tonn. I den 2. ordens rangerte tiltakspakka med 7% rente og 25 år levetid som er vist i Figur 10, fjernar vi tiltaka med fyringsutslepp og supplerer med nye tiltak for å oppnå målet om eit utslepp på 22.000 tonn SO₂. Resultatet av desse endringane er at dei årlege kostnadene vert redusert med 15-20% i høve til tiltakspakka utan klimatiltaka frå (SFT 2000b) med kvotepris på mindre enn 200 kr per tonn CO₂-ekvivalentar.

Tabell 6. Referansealternativet utan klimatiltak. Resultat ved ulike krav til avkasting og medrekna miljønytte ved å redusera SO₂-utsleppa til 22.000 tonn.

	Kalkulasjonsrente og avskrivningstid				
	7%/25 år	4%/25 år	10%/15 år	7%/25 år	7%/25 år
				Øvre nytte	Nedre nytte
Investeringskostnad, <i>millionar kroner</i>	520	520	530	620	620
Årlege meirkostnader, <i>millionar kroner</i>	66	54	87	25	28
Marginalkostnad, <i>kr per kg SO₂ redusert</i>	14,3	11,6	20,0	7,7	8,2
Tal tiltak	13	12	15	15	15
Utslepp etter tiltak, <i>1000 tonn SO₂</i>	22	22	22	22	22

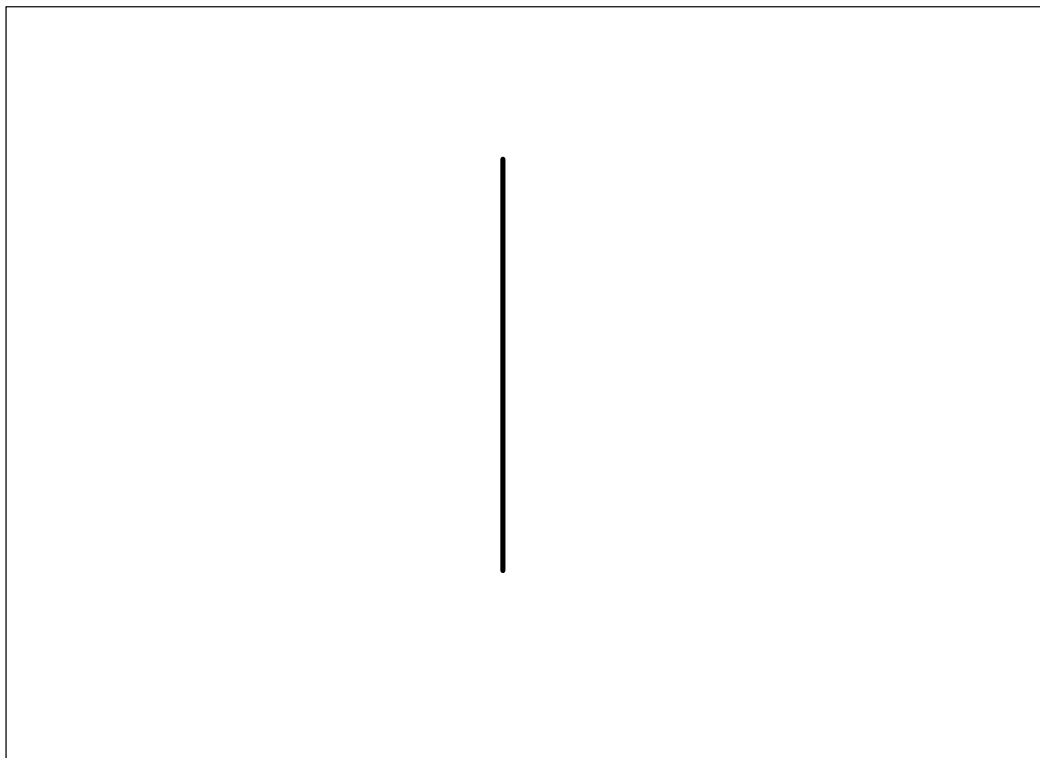
Kjelde: SFT.

Figur 14. Marginalkostnad ved ulike krav til avkasting.



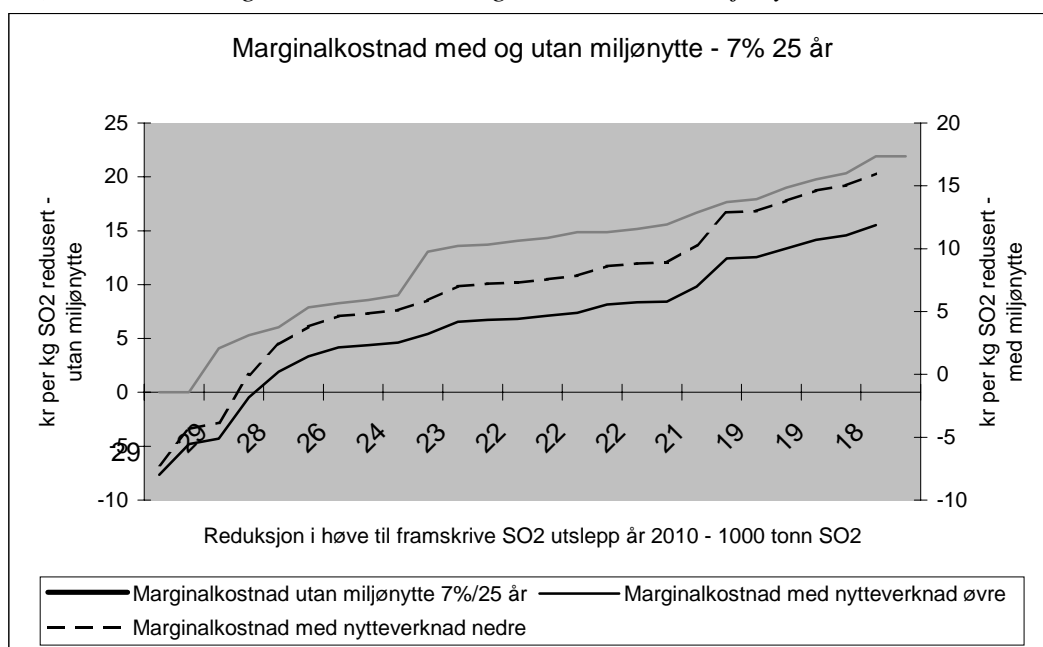
Kjelde: SFT.

Figur 15. Akkumulert årleg kostnad ved ulike krav til avkasting.



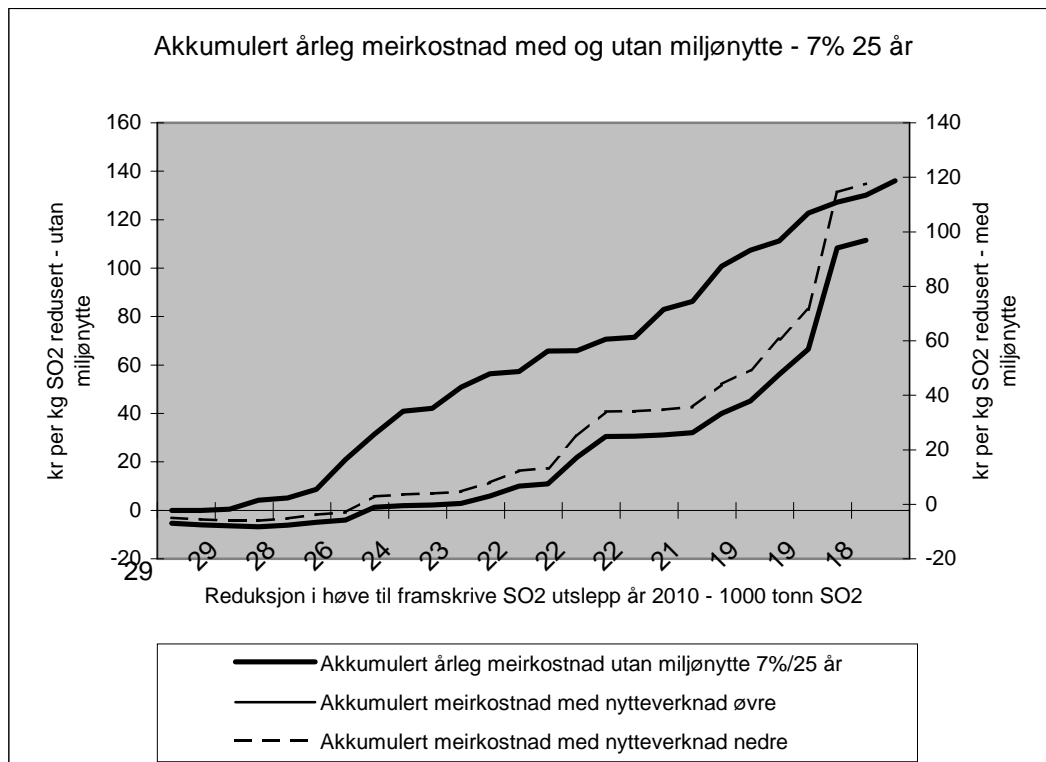
Kjelde: SFT.

Figur 16. Marginalkostnad med og utan berekna miljønytte.



Kjelde: SFT.

Figur 17. Akkumulert årleg meirkostnad med og utan berekna miljønytte.



Kjelde: SFT.

8. Referansar

- DNMI 2001 Pers. med. fra Svetlana Tsyro, Det Norske Meterologiske Institutt (DNMI), den 23. mars 2001.
- Borregaard 2000 Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet frå Borregaard Industries Limited. Brev frå bedrifta datert 26. juli 2000.
- DNMI 1993 "Air pollution Geography of Norwegian Nitrogen and Sulphur Emissions, and thei contributions to depositions in North-West Europe". Rapport fra det Norske Meterologiske Institutt (DNMI). Technical Report no 121, 1993.
- Elkem 2000a Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppa ved Elkems ferrobefrifter. Brev frå bedrifta datert 10. august 2000
- Elkem 2000b Status for SO₂-utsleppa ved Elkem Aluminium, Mosjøen. Brev frå bedrifta datert 14. august 2000
- Elkem 2000c Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet ved Elkem Meraaker. Brev frå bedrifta datert 10. august 2000
- Elkem 2000d Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet ved Elkem Carbon. Brev frå bedrifta datert 31. juli 2000
- Elkem 2000d Status for SO₂-utsleppa og presentasjon av utsleppsreduserande tiltak ved Hydros aluminiumproduksjon. Brev frå bedrifta datert 16. juli 2000
- EMEP 2000 "Status Resport with respect to Measurements, Modelling and Emissions of Particulate Matter in EMEP: An integrated approach". Rapport fra Det Norske Meterologiske Institutt (DNMI) og Norsk Institutt for luftforskning (NILU). EMEP-rapport 5/2000.
- EMEP 1998 "Long-range transport of fine secondary particles, as presently estimated by the EMEP Lagrangian model". Rapport fra MSC-W, Det Norske Meterologiske Institutt (DNMI. Research Report no. 69. EMEP/MS-C-W-note 2/98, 1998.
- ESSO 2000b Utgreiing av tiltak for å redusera innhaldet av svovel i oljeprodukt. Brev frå bedrifta datert 26. mars 2001
- ESSO 2000a Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet ved ESSO, Slagentangen. Brev frå bedrifta datert 17. juli 2000
- Falconbridge 2000 Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet ved Falconbridge Nikkelverk AS. Brev frå bedrifta datert 25. juli 2000
- FIN 2001 Stortingsmelding nr. 30 (2000-2001) Langtidsprogrammet for 2002-2005. Finansdepartementet 29. mars 2001.
- Finnfjord 2000 Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet ved Finnfjord Smelteverk AS. Brev frå bedrifta datert 1. august 2000
- FESIL 2000 Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet ved FESILS ferroproduksjon. Brev frå bedrifta datert 1. august 2000
- Globe 2000 Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet ved Globe Norge AS. Brev frå bedrifta datert 31. august 2000
- Hydro 2000a Utgreiing av tiltak for å redusera SO₂-utsleppet frå produksjon av magnesium ved Hydro Porsgrunn Industripark. Brev frå bedrifta datert 26. juli 2000

Hydro 2000b	Status for SO ₂ -utsleppa ved Hydros aluminiumproduksjon. Brev frå bedrifta datert 27. juli 2000
Kronos Titan AS 2000	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet ved Kronos Titan AS. Brev frå bedrifta datert 2. august 2000
Norcem 2000a	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet ved Norcem. Brev frå bedrifta datert 1. august 2000
Norske Skog, Saugbrugs 2000	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet frå Norske Skog, Saugbrugs. Brev frå bedrifta datert 31. juli 2000.
Orkla Exolon 2000	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet ved Orkla Exolon KS. Brev frå bedrifta datert 13. juli 2000
Petterson 2000a	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet frå Petterson Linerboard AS i Moss. Brev frå bedrifta datert 28. august 2000.
Petterson 2000b	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet frå Petterson Linerboard AS, Ranheim. Brev frå bedrifta datert 28. juli 2000.
SFT 2000a	Luftforurensninger–effekter og verdier (LEVE). ”Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning”, SFT rapport 1718/2000.
SFT 2000b	Reduksjon i klimagassutslipp i Norge. En tiltaksanalyse for 2010. Statens forurensingstilsyn februar 2000.
SFT 1997a	Luftforurensninger effekter og verdier (LEVE). ”Materialkostnader på bygninger og biler i Norge”, SFT rapport 97:09, 1997.
SFT 1997b	Luftforurensninger–effekter og verdier (LEVE). ”Betalingsevillighet for å unngå helseeffekter, støy og forsuring”, SFT rapport 97:14, 1997.
SFT 1996	Luftforurensninger–effekter og verdier (LEVE). ”Effekter av sur nedbør på fiskebestander (skadefunksjon)”, SFT rapport 96:01, 1996.
Spash og McNally 2001	”Case Studies in Ecological and Environmental Economics”, C.L. Spash and S. McNally (eds.) 2001, John Wiley & Sons Ltd. Chapter 6. ”Linking Physical and Economic Indicators of Environmental Damages: Acid Deposition in Norway”, by Ståle Navrud, Institutt for Økonomi og Samfunnsfag, Norges Landbrukshøgskole.
Statoil 2000	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet ved Statoil, Mongstad. Brev frå bedrifta datert 17. juli 2000
Statoil 2000b	Utgreiing av tiltak for å redusera innhaldet av svovel i oljeprodukt. Brev frå bedrifta datert 30. mars 2001
Södra Cell Tofte 2000	Utgreiing av tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppet frå Södra Cell Tofte AS. Brev frå bedrifta datert 1. august 2000.
Sør-Norge Aluminium 2000	Status for SO ₂ -utsleppa ved Sør-Norge Aluminium AS. Brev frå bedrifta datert 19. juli 2000
Vegdirektoratet 2000	Utslipp og tiltak for å redusere utslippene fra riksvegferjene. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. 18. august 2000

Vedlegg

9. Vedlegg 1 Omtale av utgreidde tiltak for å redusera SO₂-utsleppa i Norge

Det er utgreidd tiltak som omfattar 80% av framskrive utslepp i 2010. For prosessutsleppa dekker tiltaka i overkant av 80% og for stasjonære forbrenningskjelder om lag 70% av framskrive utslepp i 2010. For mobile forbrenningskjelder er det ikkje utgreidd nye tekniske tiltak for å redusera utsleppa, men det er presentert kostnader for å redusera svovelinnhaldet i drivstoffa. Det er presentert tiltak for alle dei viktigaste utsleppskjeldene med unntak for aluminium- og karbidbransjen. Dette meiner vi likevel ikkje svekkar styrken i dei konklusjonar som er trekt i rapporten.

Tekniske tiltak og kostnadsdata som er presentert i denne rapporten er i hovudsak basert på innspel frå industrien.

I dette kapittelet gir vi ein nærmare omtale av alle tiltak i prosessindustrien og mobile forbrenningskjelder som er omfatta av denne rapporten. Kostnader og reduserte SO₂-utslepp av tiltaka er vist i Tabell 4 i kapittel 5.2.

Tabell 7. Bransjar med bedrifter med prosessutslepp. Tal bedrifter totalt, tal bedrifter inkludert i analysen og %del av bransjen sitt prosessutslepp i 1999 det er utgreidd tiltak for.

	Tal bedrifter med prosessutslepp	Inkludert i tiltaksanalysen	%del av prosessutslepp i bransjen i 1999
Raffineri	3	2 ³	100
Treforedling	6 ⁴	4	100
Karbid produksjon	3	1	18
Andre kjemiske råvarer	2	2	100
Mineralsk produksjon	4	2	87
Ferrolegeringar	16	12 ⁵	99
Aluminium	6	3	46
Andre metall	3	2	66
Anodeproduksjon	2	1	96
Total			80

³ Eit av raffineria er lagt ned frå 2000

⁴ 3 av bedriftene har både prosess- og fyringsutslepp.

⁵ Dei 4 bedriftene som ikkje er inkludert i analysen har små SO₂ utslepp og er difor ikkje bedt om å presentera tiltak for å redusera utsleppa.

9.1.1 Treforedling

Omtale av utsleppskjelda

Treforedlingsbransjen omfattar 6 bedrifter som produserer sulfat- og sulfittcellulose, ulike typar mekanisk tremasse, papir og papp. 3 av bedriftene har i dag prosessutslepp. Utsleppa av SO₂ omfattar både prosessutslepp og fyringsutslepp og stammar i hovudsak frå mesaomnar, sodakjelar og forbrenningsanlegg for luktgassar, samt oljefyrte og biobrenselfyrte kjelar. Vi presenterer i dette kapittelet tiltak for å redusera både prosess- og fyringsutslepp.

SO₂-utsleppet frå desse 6 bedriftene er redusert med om lag 60% i perioden 1990–1999.

Det er utgreidd utsleppsreducerande tiltak ved 4 bedrifter som i 1999 stod for om lag 80 % av samla SO₂-utslepp i treforedlingsbransjen.

I tillegg til desse bedriftene er det i bransjen om lag 15 produsentar av papir- og papp. Dette er bedrifter som berre har brenselutslepp og tiltak i desse bedriftene er difor inkludert i tiltaket som går på å redusera svovelinnhaldet i oljeprodukt og tiltak overfor stasjonær forbrenning, sjå kapittel 5.2.

Omtale av tiltak

Tiltak 1A+B: Reinsing av røykgassen frå mesaomn i våtvaskar basert på sjøvatn eller fortynna lutløysing.

Sjøvannsvaskar vil gi utslepp til vatn medan det kan ein unngå ved lutvasking. Reinsegraden i begge typar våtvaskarar vil liggja over 95% for SO₂ og på om lag 75% for støv.

Tiltak 1C: Reserveomn for brenning av konsentrerte luktgassar.

Ommen er eit tiltak for å redusera utsleppet av konsentrerte luktgassar som inneheld svovelforbindelsar frå prosessen i periodar når gassane ikkje kan brennast i mesaommen.

Tiltak 1D: Ny ekstern forbrenningsomn for konsentrerte luktgassar med attvinning av varme og lutvaskar.

Dei konsentrerte luktgassane som i dag vert leia inn i mesaommen kan brennast i ein eigen ekstern forbrenningsomn med attvinning av varme og lutvaskar.

Tiltak 1E: Destruksjon av fortynna luktgassar.

Utsleppa av fortynna luktgassar stammar i hovudsak frå utlufting av tankar og anna prosessutstyr. For å destruera gassane må dei samlast opp og brennast i til dømes sodakjelen.

Tiltak 1F-1H: Overgang til olje med lågare svovelinnhald eller til propan.

Bruk av propan vil redusera CO₂-utsleppa med 20% i forhold til olje og kanskje gi noko lågare NO_x-utslepp.

Tiltak 2: Reinsing av røykgass frå oljefyrt fyrkjel.

Tiltaket omfattar installasjon av våtvaskar. Eit slikt anlegg har ein garantert reinsegrad på 97%.

Tiltak 3A-C: Overgang til olje med lågare svovelinnhald eller til propan i fyrkjel.

Utslepp av støv og NO_x vil verta redusert ved ein slik overgang. Overgang til propan vil redusera utsleppet av CO₂ òg.

Tiltak 3D: Reinsing av røykgass frå biobrenselanlegg ved tilsats av kalk i røykgassen.

SO₂-utsleppa frå biobrenselanlegget stammar frå svovel i bark, flis, bioslam og biogass som vert brent. Ved å injisera kalk i røykgassen før eksisterande støvreinseanlegg (elektrofilter), kan størstedelen av SO₂-utsleppet eliminerast. Bedrifta har utgreidd eit tiltak som kan gi 80% reduksjon av utsleppet frå kjelda eller 53% av bedrifta sitt samla SO₂-utslepp.

Tiltak 3E: Reinsing av røykgass frå biobrenselanlegg i lutbasert våtvasker.

Tiltaket vil kunne redusera samla utslepp av SO₂ frå bedrifta med 62%.

Tiltak 3F: Forbetra dosering av slam i biobrenselanlegg som kan redusera bedrifta sitt utslepp av SO₂ med 2%:

Tiltak 4A: Reinsing av røykgass frå fyrkjel ved bruk av lutbasert våtvaskar.

Tiltaket vil kunne redusera SO₂-utsleppa frå fyrhuset med 85%. Tiltaket vil også føra til reduserte utslepp av støv.

Tiltak 4B: Bygging av nytt forbrenningsanlegg for avfall.

Det er planlagt å byggja eit nytt forbrenningsanlegg for avfall som vert eigd og drive av leverandør av anlegget. Anlegget vil bli installert med attvinning av energi og vil føra til at bedrifta vil kunne redusera oljeforbruk og SO₂-utslepp frå fyrhuset med 30%.

9.1.2 Kjemisk produksjon

9.1.2.1 Produksjon av silisiumkarbid

Omtale av utsleppskjelda

Det er tre bedrifter som i dag produserer silisiumkarbid. Produksjonen foregår i store opne omnshus ved at ein blanding av kvarts og petrolkoks reagerer ved høg temperatur. Det vert produsert to hovudtypar silisiumkarbid - grøn og svart crude. Dette er mellomprodukt som i stor grad vert vidareforedla til ferdige produkt i bedriftene sine egne raffineringssavdelingar.

Svovelutsleppa frå verka stammar frå svovel i petrolkoksen som vert brukt som reduksjonsmiddel og karbonkjelde i prosessen. Vi går ut frå at alt svovel i petrolkoksen slepp ut til luft bunde i forskjellige forbindelsar av svovel, men at alt vert oksidert til SO₂ etter ei tid i atmosfæren. Rundt rekna 2/3 av svovelet slepp ut som SO₂, mens 1/3 er bunde i andre svovelhaldige gassar.

Utsleppet av svovelhaldige gassar frå produksjon av silisiumkarbid vart i tidsrommet 1990–99 redusert med 43% til 2.696 tonn. Reduksjonen i utsleppet skuldast i hovudsak bruk av petrolkoks med lågare svovelinnhald. Verka har i dag inga reinsing av svovelutsleppa. Ved 2 av verka er det nyleg installert eit anlegg for å reinsa støv frå røykgassen.

Omtale av tiltak

Ei av de tre bedriftene har lagt fram ei oppdatert utgreiing av moglege tiltak ved bedrifta. Ved dei to andre er det ikkje utarbeidd oppdaterte utgreiingar .

Svovelutsleppa frå bransjen kan teoretisk sett reduserast ved å bruka petrolkoks med enda lågare svovelinnhald enn i dag. Tilgangen i marknaden på petrolkoks med lågt svovelinnhald er avgrensa og dermed er òg prisen monaleg høgare. Petrolkoks med lågt svovelinnhald vil dessutan i følgje bransjen føra til mindre effektiv omdanning av råstoff til produkt i prosessen og gi auka støvutslepp.

Alle tiltak som er vist her er basert på bruk av petrolkoks med 2,5% svovel.

Tiltak 6A: Reinsing av røykgass frå omnar der det vert produsert grøn crude.

Reinseteknologien som er vurdert brukt er sjøvannsvaskar. Produksjon av grøn crude gir noko høgare svovelutslepp enn ved produksjon av svart crude. Ved produksjon av grøn crude vert berre petrolkoks brukt som karbonkjelde.

Oppsamling av røykgassen representerer ein teknisk barriere på grunn av at produksjonen foregår i opne omnshus. Luftmengdene som må samlast opp vert difor store. Bedrifta har oppgitt at den ikkje kan forsvare investeringa i reinseanlegg utan å basera produksjonen på petrolkoks med 2,5% svovel. Tiltaket kunne redusera samla SO₂-utslepp frå bedrifta med 14% i høve til 1999-utsleppet.

Tiltak 6B: Reinsing av røykgass frå omnar der det vert produsert grøn crude og forbetra oppsamling av røykgassen.

Tiltaket er å sjå på som ei forbetring av tiltak 6A og vil saman med det tiltaket kunne gi ein total reduksjon i SO₂-utsleppet på om lag 27% i høve til 1999-nivå.

Tiltak 6C: Reinsing av røykgass frå alle omnsgrupper og forbetra oppsamling av røykgassen.

Tiltaket vil saman med tiltak 6A og 6B kunne gi ein samla reduksjon i SO₂-utsleppet på om lag 71% i forhold til 1999-nivå.

9.1.2.2 Produksjon av titandioksid

Omtale av utsleppskjelda

Det er ein produsent av titandioksid i Norge. Titandioksid vert brukt som råstoff i produksjonen av maling. SO₂-utsleppa kjem frå svovelinnhaldet i titanmalmen som er råvare i prosessen. Svovelet vert oksidert til SO₂ i glødeomnar og røykgassen vert i dag reinsa i sjøvannsvaskar. Bedrifta har i tillegg utslepp av SO₂ frå oljefyringsanlegg. Tiltak overfor båe kjeldene til utslepp vert presentert under.

Omtale av tiltak

Tiltak 7A: Reinsing av røykgass frå oljefyrt fyrkjel med lutvaskar.

Lutvaskaren vil redusera utsleppet med om lag 94%.

Tiltak 7B: Effektivisering av sjøvannsvaskar.

Eksisterande våtvaskar reinser prosessavgassane frå Kronos Titan. Effektivisering av denne vil redusera SO₂-utsleppet med ytterlegare om lag 20%.

9.1.3 Raffineri

Omtale av utsleppskjelda

Dei samla SO₂-utsleppa frå raffineria vart i tidsrommet 1990–1999 om lag halvert til 2.099 tonn per år. Det er utgreidd tiltak for å redusera SO₂-utsleppa ved 2 raffineri som i 1999 stod for 83% av utsleppet i bransjen. Raffineriet som hadde resten av utsleppet i 1999 vart lagt ned i 2000.

Omtale av tiltak

Tiltak 8A: Reinsing av røykgass frå attvinningsanlegg for svovel

Røykgassen frå anlegget for attvinning av svovel (SRU) vert brent i ein fyrkjel og det er røykgassen frå fyrkjelen som vert tatt opp i ei bufferløysing og ført tilbake til SRU for ytterlegare attvinning av svovel. Det er i vurderinga av tiltaket tatt høgde for raffinering av råoljer med høgare svovelinnhald og auka krav til avsvovling av oljeprodukt. Tiltaket er venta å skulle redusera SO₂-utsleppet med om lag 20%.

Tiltak 8B: Skilja hydrogensulfid frå surt vatn

Her vert moglegheita vurdert for å overføra H₂S i surt vatn til ei løysing av monoethanolamin (MEA). Dersom det er mogleg kan H₂S frigjerast frå MEA ved dampstripping og deretter verta ført til SRU for å verta attvunne til elementert svovel. Tiltaket vil viss det er vellukka redusera utsleppet av SO₂ frå raffineriet med om lag 20%. Denne teknologien vert no prøvd ut på raffineriet.

Tiltak 9A: Fakkeltgasskompressor.

Det vert i dag brent i fakkelt H₂S gass som gir SO₂-utslepp. Ein fakkeltkompressor vil kunne komprimera storparten av gassen til fakkelt og reinsa den for svovel. Den reinsa gassen vil verta brukt som fytgass i raffineriet og delvis erstatta butan som fytgass. Det er venta ein reinsegrad på 40%.

Tiltak 9B: Skifta ut dagens sjøvannsvaskar med ny gir auka reinsegrad.

Tiltak 9C: Nytt svovelanlegg utan ny sjøvannsvaskar.

Tiltaket er å skifta ut dagens svovelanlegg utan sjøvannsvaskaren med eit nytt og dermed auka reinsegraden til 95%.

Tiltak 9D: Totrinns surtvannstrippar / NH₃ strippar.

Tiltaket er å installera eit ekstra strippetårn for å separera H₂S og NH₃. Deretter kan H₂S sendast til svovelanlegget for reinsing før gassen vert brent. Dagens svovelanlegg har ikkje kapasitet til å reinsa SO₂ så dermed må nytt svovelanlegg byggjast før nytt strippetårn.

Tiltak 9E: Nytt svovelanlegg med ny sjøvannsvaskar.

Tiltak 9B og tiltak 9C.

Tiltak 9F: Fakkeltgasskompressor, nytt svovelanlegg med ny sjøvannsvaskar.

Tiltak 9A, 9B og 9C.

Tiltak 9G: Fakkeltgasskompressor, nytt svovelanlegg med ny sjøvannsvaskar og totrinns surtvannstrippar.

Tiltak 9A, 9B, 9C og 9D.

9.1.4 Mineralsk produksjon.

9.1.4.1 Produksjon av sement

Omtale av utsleppskjelda

Sement vert produsert med kalkstein som råstoff. Produksjonen skjer i to trinn. Eit finmalt pulver der kalkstein utgjer størsteparten av råstoffet vert brent i sementomnen som vert varma opp med kol, koks og delvis alternative brensel (avfall m.m.). Her vert mellomproduktet klinker produsert. Klinkeren vert finmalen og tilsett gips som gir sement. SO₂-utsleppa stammar i hovudsak frå kalksteinen. I tillegg kjem ein mindre del av utsleppet frå svovel i kol og koks brukt til oppvarming av sementomnane. Opp til 98% av svovelet i kol og koks som vert frigjort i forbrenningsprosessen i sementomnane vert bunde i produktet og på støv som vert reinsa ut i anlegget for støvreinsing. Restkonsentrasjonen av SO₂ i røykgassen er difor relativt låg.

Dei samla utsleppa av SO₂ frå produksjon av sement auka i tidsrommet 1990-99 med 13% til 751 tonn per år . Det er utgreidd moglegheiter for å redusera SO₂-utsleppet ved dei to norske sementfabrikkane.

Omtale av tiltak

Tiltak 10A+B og 11A+B: Installasjon av våtvaskar.

Røykgassen frå sementomnane inneheld låge konsentrasjonar av SO₂ og det er usikkert kva reinsegrad vi kan oppnå i ein våtvaskar. Bedrifta har i utgreiinga lagt til grunn ein reinsegrad på i overkant av 80%.

9.1.5 Produksjon av metall

SO₂-utsleppet frå produksjon av metall vart i tidsrommet 1990–1999 redusert frå 17.141 tonn til 11.919 tonn per år, tilsvarande ein reduksjon på 30%. Det er utgreidd moglegheiter for utsleppsreduksjonar ved 18 bedrifter som i 1999 stod for om lag 80% av samla utslepp frå produksjon av metall.

9.1.5.1 Produksjon av ferrolegeringar

For denne bransjen er det utgreidd utsleppsreducerande tiltak ved 12 verk som produserar ferrosilisium, silisiummetall og ferrokrom og eit som produserer elektrodemasse for ferrolegeringsomnar. Desse 13 verka representerer til saman 99% av SO₂-utsleppa frå bransjen.

SO₂ frå produksjon av ferrolegeringar kjem i hovudsak frå svovel i reduksjonsmateriala kol og koks. Ein mindre del av svovelet stammar frå forbruket av elektrodemasse i omnane. SO₂-konsentrasjonen i røykgassen er relativt låg.

Ingen av bedriftene har i dag reinseanlegg for SO₂. Ved fleire verk er det likevel dei siste åra oppnådd vesentlege reduksjonar i SO₂-utsleppet gjennom bruk av reduksjonsmaterialar med lågt svovelinnhald. Enkelte verk brukar ein relativt stor del biokarbon, som òg har lågare svovelinnhald enn fossile reduksjonsmaterialar.

Våtvasking av røykgassen er tiltaket som er aktuelt for heile bransjen. Det kan enten brukast sjøvatn, ferskvatn eller fortynna lut i reinseanlegga. Det er lokale forhold ved kvart verk som avgjer kva som er mest gunstige reinseprosessen. Dei tre alternativa reinseteknologiane vil her bli omtalt som sjøvannsvaskar, ferskvannsvaskar og lutvaskar. Alle reinseteknologiane er rekna å ha ein reinsegrad på > 95%. I berekningane av utsleppsreduksjonen for det enkelte tiltak og bedrift har vi brukt den reinsegraden som bedrifta har oppgitt til SFT.

Eit vilkår for effektiv reinsing av SO₂ er at røykgassen frå omnane kan samlast opp effektivt og førast til våtvaskaren. Dette er avhengig av om anlegget for støvreinsing på bedrifta reinsar lukka omnar eller om dei er opne slik at det vert trekt inn falsk luft. Ved dei bedrifter som har lukka støvreinseanlegg kan røykgassen samlast opp relativt enkelt og reinsast. Ved dei andre verka må det først investerast i lukking av støvfilteranlegget før det er aktuelt å installera reinseanlegg for SO₂. Det ein då oppnår er å redusera luftmengda som skal passera gjennom våtvaskaren.

Omtale av tiltak

Tiltak 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 22 A, 22 B: Reinsing av omnsgass i sjøvannsvaskar.

SO₂-reinsing ved bruk av sjøvannsvaskar er rekna for å vera ein velprøvd teknologi, sjølv om sjøvannsvaskarar førebels ikkje er tatt i bruk i ferrolegeringsindustrien. Sjøvannsvaskar er normalt venta å ha ein reinseeffektivitet på > 95%. Innanfor ferrolegeringsbransjen er det utgreidd bruk av sjøvannsvaskar ved 9 verk. Prinsippet er at SO₂ vert absorbert i sjøvatn og reagerer til sulfitt og sulfat som så vert ført ut sammen med avløpsvatnet. Prosessen krev ikkje bruka av kjemikaliar og gir normalt heller ikkje deponeringsproblem. For å unngå utslepp av partiklar, vil det likevel i enkelte høve kunne vera aktuelt å installera slamskiljar.

Tiltak 18, 20, 23: Reinsing av omnsgass i lutvaskar.

I lutvaskarar vert det brukt fortynna lutløysing i staden for sjøvatn til vasking av røykgassen. Det kan normalt reknast med ein reinseeffektivitet på > 95% ved bruk av lutvaskar. SO₂-reinsing i lutvaskar er ein velprøvd teknologi, sjølv om lutvasking av røykgassen til no ikkje er tatt i bruk i ferrolegeringsindustrien. Teknologien er aktuell der det er vanskeleg å få tilgang til sjøvatn. Lutvaskar er utgreidd ved tre verk. SO₂ vert absorbert i lutløysinga og reagerer til sulfitt og sulfat og ført ut med avlaupsvatnet.

Tiltak 24: Reinsing av omnsgass i ferskvannsvaskar.

Ferskvannsvaskar er i hovudsak basert på samme prinsipp som sjøvannsvaskarar og lutsvaskarar, bortsett frå at det vert nytta ferskvatn til vasking av gassen. Det er uklart om det må tilsetjast kjemikaliar til ferskvatnet for å oppnå ønska reinseffekt.

SO₂-reinsing ved hjelp av ferskvannsvaskar er utprøvd i langt mindre grad enn sjøvannsvaskarar og lutvaskarar. Teknologien er mest aktuell der det er vanskeleg å få tilgang til sjøvatn av eigna kvalitet. Ferskvannsvaskar er utgreidd for eitt verk.

Tiltak 16 A, B og C: Reinsing av kalsineringsgass frå produksjon av elektrodemasse ved forbrenning/oksidasjon og sjøvannsvasking.

Røykgass frå kalsineringsomnane inneheld ei blanding av ulike svovelhaldige gassar. Tiltaka som er foreslått er basert på at gassane enten vert brent eller oksidert kjemisk til SO₂ som deretter vert reinsa i ein sjøvannsvaskar. Det kan også verta behov for å installera reinsetiltak for å fjerne støv frå røykgassen før den vert leda til våtvaskaren. Tiltak 16A, B og C omfattar grupper av kalsineringsomnar, og ei gjennomføring av alle tiltaka gjer at alle luftutslepp på bedrifta vert reinsa for SO₂. Samla vil tiltaka ha ein teoretisk reinsegrad på 99%.

9.1.5.2 Produksjon av primæraluminium

Dei samla SO₂-utsleppa frå produksjonen av primæraluminium vart i tidsrommet 1990–1999 redusert med 70% til 1.738 tonn/år. Alle bedriftene i bransjen har i dag reinseanlegg for SO₂. Det er utgreidd og sett i gang ytterlegare tiltak som medfører at dei spesifikke utsleppa av SO₂ per tonn produsert aluminium vil gå noko ned ved fleire verk. På grunn av venta produksjonsauke og venta auke i svovelinnhaldet i petrolkoks, vil likevel SO₂-utsleppa frå bransjen kunne komma til å auka dei komande åra.

Det kan seiast å vera ein mangel ved analysen at tiltak for å redusera SO₂-utslepp frå produksjon av aluminium ikkje er inkludert, men potensialet for ytterlegare reduksjon i utsleppa tykkjest å vera begrensa.

9.1.5.3 Produksjon av andre metall

Omtale av utsleppskjelda

Det er utgreidd tiltak for å redusera SO₂-utsleppa frå produksjon av magnesium og nikkel. Til produksjon av magnesium vert kloreringsprosessen brukt.

Omtale av tiltak

Tiltak 5: Fullstendig ombygging av bedrifta ved å erstatte kloreringsprosessen med den såkalla dehydreringsprosessen.

Ein slik teknologi er i bruk ved Hydro sitt anlegg i Becancour i Canada. Ei eventuell ombygging vil eliminera SO₂-utsleppet, bortsett frå at eventuell framtidig bruk av SO₂ som dekk-gass vil kunne gi noko SO₂-utslepp. Kostnadene ved eit eventuelt teknologiskift er ikkje presentert i denne analysen.

Tiltak 28: Sjøvannsvasking av røykgass frå svovelsyrefabrikken.

Venta reinsegrad er om lag 95%. Tiltaket kan teknisk sett realisert ved å byggja om eit eksisterande reinseanlegg.

9.2 Mobile forbrenningskjelder

Utsleppet frå mobil forbrenning var i 1999 4.248 tonn SO₂. Knappt 70% av utsleppet stammar frå skip medan 28% er frå vegtrafikk. Som følgje av EØS-avtalen vil innhaldet av svovel i bensin og diesel verta redusert til 0,005% frå 2005. Vi har difor ikkje vurdert ytterlegare tiltak for å redusera svovel i bensin og diesel.

Vi har berekna kostnadene ved overgang til drivstoff med lågare innhald av svovel for desse to alternativa

1. frå marin gassolje (MGO) med i gjennomsnitt i 1999 på 0,08% til 0,05% svovel
2. frå tungolje med eit gjennomsnitt på i 1999 på 0,64% til 0,5%.

Marginalkostnaden for raffineria for å produsera all gassolje med 0,05% svovel og tungolje med 0,5% svovel er vist i kapittel 5.2 Oljeprodukt. Utsleppsreduksjonen som er knyta til forbruk av MGO og tungolje til skip er òg inkludert der.

9.2.1.1 Riksvegferjer

Denne presentasjonen omfattar riksvegsferjer. Anna innanriks skipsfart vert omtala under kapittel 9.2.1.2. .

Omtale av utsleppskjelda

Me har i dag om lag 150 riksvegsferjer som brukar om lag 117.000 tonn marin gassolje som i 1999 i gjennomsnitt hadde 0,09% svovel (NP 2000). Dette gir eit utslepp i 1999 på om lag 200 tonn SO₂ som er om lag 7% av samla SO₂-utslepp frå innanriks skipsfart. Kvar ferje hadde i 1999 eit utslepp på 1-2 tonn SO₂.

Omtale av tiltak

Det er i dag ei ferje, M/F Glutra i Møre og Romsdal, som brukar gass som drivstoff. Noko storstilt overgang til gassdrift av ferjer er ikkje planlagt. Overgang til gass som drivstoff vil redusera NO_x-utsleppet med om lag 90%, CO₂-utsleppet med 15-25% medan SO₂-utsleppet vert eliminert.

Det er ikkje vurdert eigne tekniske tiltak for å redusera utsleppa av SO₂ frå ferjene. I perioden 1995-99 vart det utført miljøtiltak på mange av riksvegferjene. Mange av desse tiltaka hadde som effekt at drivstofforbruket på den enkelte ferja vart redusert med frå 5-20%. Samla reduserte det flåten sitt forbruk av marin gassolje med 1-2% og samme talet i tonn SO₂.

9.2.1.2 Skipsfart (unntatt riksvegsferjer)

Innanriks skipsfart omfattar mellom fleire skipstypane fiskebåtar, rutebåtar, godsfartøy, militære fartøy, bøyelastarar, supplyskip og ferjer unntatt riksvegsferjer som er omtalt i kapittel 9.2.1.1.

Omtale av utsleppskjelda

Innanriks skipsfart inkludert mobile boreriggjar i Nordsjøen, men eksklusive riksvegsferjene hadde i 1999 eit utslepp av SO₂ på om lag 2.600 tonn. Dette er ein reduksjon på om lag 55%

frå 1990. Forbruket av drivstoff i denne sektoren har auka med 30-40% i samme periode slik at reduksjonen i utsleppet skuldast overgang frå tungolje til marin gassolje. Samtidig er S-innhaldet i alle oljeprodukt redusert.

Omtale av tiltak

Det er ikkje vurdert eigne tekniske tiltak for å redusera utsleppa av SO₂ frå nokon skipstypar. I perioden 1996-2000 har Sjøfartsdirektoratet i det såkalla NO_x-RED programmet gitt tilskott til tiltak for å redusera utsleppa av NO_x frå skip. Tiltaka har i tillegg gitt redusert forbruk av bunkersolje på i gjennomsnitt om lag 5%, men heilt opp i 25% for enkelte tiltak. Dermed er SO₂- og CO₂-utsleppa redusert tilsvarande. Vi har ikkje hatt grunnlag for ytterlegare å kvantifisera desse utsleppsreduksjonane eller kostnadene.

10. Vedlegg 2 Miljønytte

Dagens bruk og produksjon av energi har i økende grad vist seg å ha effekter både på helse og miljø. Størstedelen av disse helse- og miljøeffektene fanges ikke opp i markedet, men antas likevel å ha en verdi for samfunnet i form av velferdstap som helseplager og reduserte rekreasjonsmuligheter. Med dette som bakgrunn, startet SFT i 1994 opp LEVE-prosjektet (Luftforurensning – effekter og verdier) som skulle frembringe nye tall for helse- og miljøkostnader knyttet til luftforurensning. Det overordnede målet var å utarbeide et godt underbygd datamateriale, samt utvikle et rasjonelt verktøy for beregning av samfunnsøkonomiske konsekvenser av utslipp til luft. Det foreligger i alt 7 rapporter fra tidligere faser av prosjektet, som i løpet av 2001 vil bli sydd sammen til en samlerapport. Denne rapporten vil inkludere effekter av luftforurensning på helse, materialar, vegetasjon og forsuring, og vil gi et estimat for de totale samfunnsøkonomiske kostnadene forbundet med disse effektene. Arbeidet med denne rapporten er allerede fullt igang, og har derfor dannet grunnlaget for skadekostnadsestimatene knyttet til helse- og miljøeffekter som fremkommer i denne tiltaksanalysen.

LEVE-prosjektet, og dermed skadekostnadsestimatene som fremkommer i denne tiltaksanalysen, er metodisk bygget opp omkring det en kaller effektkjede-tilnærmingen, dvs. at en følger kjeden fra økonomisk aktivitet/utslipp, via spredning og belastning, til helse- og miljøeffekter og en verdsetting av disse. Estimatenes er kun basert på de effekter hvor en har god kunnskap om de ulike trinnene i effektkjeden. Dette har medført at andre viktige effekter av luftforurensning i Norge som: forsuringsskader på dyr i vann (andre enn fisk) og vassdrag og skader på vegetasjon og jordsmonn, direkte helseeffekter av SO₂ ikke er inkludert i skadekostnadsestimatene. Det er heller ikke Norges bidrag til helseeffekter, sur nedbør og materialkorrosjon i andre land. Årsaken til at disse er utelatt er i de fleste tilfeller enten vanskeligheter med å verdsette effektene, eller mangler på gode dose-responsfunksjoner. Dette medfører en generell underestimering av nytteverdiene.

For å gi en innsikt i hvordan skadekostnadsestimatene er fremkommet, vil vi nedenfor gi en gjennomgang av bakgrunnsberegningene knyttet til hver enkelt skadeeffekt.

Sur nedbør og fiskedød

Estimatene knyttet til forsuring er basert på sur nedbørs årsak til fiskedød, og er hovedsaklig hentet fra rapportene ”Effekter av sur nedbør på fiskebestander” (SFT 1996) og ”Betalingsvillighet for å unngå helseeffekter, støy og forsuring” (SFT 1997b).

Den siste rapporten om betalingsvillighet tar utgangspunkt i en situasjon der en oppnår 60% reduksjon i overskridelsen av tålegrensen for svovel ved oppfyllelse av den andre svovelavtalen fra 1994 (Oslo-avtalen). Betalingsvilligheten for å oppnå en økning i antall fiskebestander som denne planlagte reduksjonen vil kunne gi, ble estimert ved å presentere kart over fiskestatus for Norge før og etter utslippsreduksjonen hadde funnet sted ved hjelp av en intervjuundersøkelse. Basert på dette fant Navrud en gjennomsnittlig betalingsvillighet per husstand per år lik 551-725 kr (indeksregulert til år 2000). Det høyeste estimatet er basert på lukkede betalingsvillighetsspørsmål og det laveste på åpne spørsmål. Det er knyttet størst usikkerhet til de lukkede spørsmålene på grunn av en statistisk sett ”fet hale” mot høye beløp i fordelingen av beløpenes størrelse. Det laveste anslaget, som er fra åpne betalingsvillighetsspørsmål, er sikrere og er derfor tillagt størst vekt i denne analysen.

Tar en utgangspunkt i at det i 1990 ble deponert 145.000 tonn svovel i Norge, tilsvarer dette 30.000 tonn overskridelse av tålegrensen for svovel. I 2010 ved oppfyllelsen av Oslo-avtalen, vil den årlige deponeringen i Norge være redusert til 69.000 tonn svovel som tilsvarer en overskridelse av tålegrensen for svovel på 10 000 tonn. Oppfyllelsen av Oslo-avtalen gir med dette en reduksjon på 20.000 tonn (66,7%) i forhold til tålegrenseoverskridelsen for svovel. Hvis vi antar en lineær sammenheng mellom redusert tålegrenseoverskridelse for svovel og den økonomiske verdien, blir den årlige samfunnsøkonomiske nytteverdien lik 56.450 kr per tonn deponert overskridelse av S (basert på en betalingsvillighet på 551 kr for 2,049 millioner norske husstander).

Siden lokaliseringen av et utslipp har betydning for hvor store skadevirkningene blir, har vi valgt å dele Norge inn i 4 ulike områder. Områdene er valgt utfra hvor mye av deres utslipp som bidrar til forsuring i de mest forsuringsbelastede områdene på Sør- og Vestlandet.

Områdeinndelinger:

1. Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland og Hordaland
2. Telemark, Vestfold, Oslo, Akershus, Østfold, Buskerud, Oppland og Sogn og Fjordane
3. Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Møre og Romsdal
4. Nordland, Troms og Finnmark.

Hvor mye hvert enkelt område bidrar med av sur nedbør, er funnet ved å ta utgangspunkt i (DNMI 1993) hvor det er kjørt spredningsmodeller basert på at Norge er delt inn i ulike ruter (EMEP-ruter) på 150km*150km. Ved bruk av denne modellen har de sett på utslippet i hver enkelt rute, og hvordan dette deponeres i egen og i andre ruter. Følgende "bidragskoeffisienter"⁶ for de ulike områdene ble da funnet:

Andel av utslipp i område X som deponeres i det forsuringsbelastede området:

Område	Bidragskoeffisient
1	0,4293
2	0,0209
3	0,0114
4	0,0014

For å finne de ulike tiltakenes samfunnsøkonomiske nytte ved oppgitt utslippsreduksjon, er de ulike bedriftenes totale utslipp gjort om til tonn S⁷ og multiplisert med "bidragskoeffisienten". Dette for å finne ut hvor stor andel av det som slippes ut som "faller ned" i det mest forsuringsbelastede område. Dette estimatet er så multiplisert med tiltakets prosentreduksjon av de totale utslippene fra bedriften for å se hvor mye reduksjonen vil redusere deponeringen i dette området. Deretter har vi multiplisert opp med marginalnyttan per tonn overskridelse av deponert S (56 450 Kr), som gir den samfunnsøkonomiske nytten ved gjennomføring av hvert enkelt tiltak. Den totale samfunnsøkonomiske nytten ved oppfyllelsen av Oslo-avtalen vil da være 1,129 milliarder kr.

På tilsvarende måte kan vi finne den marginale nytten av redusert forsuring ved reduksjon av utslipp av SO₂ i hvert enkelt område, ved å ta bidragskoeffisienten og multiplisere med

⁶ Viser hvor stor andel av et utslipp i et område som deponeres i det forsuringsbelastede området på Sørlandet og Vestlandet.

⁷ Dvs. vi har multiplisert utslippet av SO₂ med 0,5 for få det over på S form.

marginalkostnaden per tonn overskridelse av S, for deretter å multiplisere med 2 slik at en får det over på SO₂-form.

Den marginale nytteverdien av redusert forsuring ved reduksjon av utslipp av SO₂ for hvert enkelt område blir da:

Område	Marginal nytteverdi av redusert forsuring
1	12 117
2	590
3	322
4	40

For tiltak der en ikke kan relatere reduksjonene til bestemte områder (steds spesifikke utslipp), har vi valgt å ta bruke et veid gjennomsnitt på 1.098 kr per år basert på andelen utslipp i hvert enkelt av de fire områdene.

Materialkorrosjon

Utslipp av SO₂ er den viktigste årsaken til korrosjon på bygningsmaterialar og biler. Økt korrosjon medfører høyere vedlikeholds- og kapitalkostnader. Dette kan igjen føre til redusert økonomisk vekst sammenlignet med en tilstand uten luftforurensninger.

Skadestimatesestimaterne knyttet til materialkorrosjon er hentet fra rapporten Materialkostnader på bygninger og biler i Norge (SFT 1997a). Der presenteres marginalkostnader av materialkorrosjon i ulike regioner i Norge som vi i denne rapporten har indeksregulert til 2000 kroner.

Marginale nytteverdier for materialkorrosjon for ulike regioner i Norge:

Region	Marginal nytteverdi kr/kg SO ₂
Halden	29,2
Sarpsborg	3,6
Fredrikstad	3,0
Moss	2,6
Bærum	67,0
Asker	46,3
Oslo	79,3
Drammen	58,2
Porsgrunn	4,2
Skien	64,3
Bamle	22,4
Kristiansand	2,4
Stavanger	34,9
Bergen	96,3
Trondheim	15,3
Tromsø	8,3
Tettsteder i Sør-Norge	2,2
Tettsteder i Nord-Norge	0,7
Resten av landet	0,1
Gjennomsnitt	5,0

Utenfor de utvalgte byer og tettsteder som er listet opp i tabellen over, er Norge delt inn i tre områder: Tettsteder⁸ i Nord-Trøndelag og nordover, tettsteder i Sør-Trøndelag og sørover og

⁸ Tettsteder med mer enn 2000 innbyggere eksklusive de stedene hvor en allerede har estimater.

resten av landet. De ulike tiltakene i denne analysen er gitt en marginalkostnad for materialkorrosjon basert på en vurdering av utslippets lokalisering.

I de tilfeller hvor tiltakene (innenfor oljeprodukt og fyrkjeler) ikke kan relateres til reduksjoner i et bestemt geografisk område (stedspesifikke utslipp), har vi valgt å bruke den gjennomsnittlige nytteverdien på 7,2 kr/kg redusert SO₂.

Indirekte og direkte helsevirkninger av SO₂

Utslipp av SO₂ gir også skadelige helsevirkninger på mennesker, både direkte i form av SO₂ og indirekte ved at det dannes små partikler (sekundærpartikler). Disse små partiklene dannes ved at SO₂ omdannes til H₂SO₄ (et surt aerosol) i atmosfæren og bidrar dermed til det vi kaller sekundærpartikler. Sekundærpartikler synes å være en av de viktigste luftforurensningskomponentene i Norge i tillegg til nitrogendioksider. De direkte effektene av SO₂ kjenner vi derimot mindre til, og har derfor valgt å konsentrere oss om helseeffekter av sekundærpartikler hvor vi kan bruke allerede opparbeidet kunnskap om partikler.

Skadestimatene knyttet til helseeffekter av sekundærpartikler er hentet fra rapporten Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning (SFT 2000a). De samfunnsøkonomiske kostnadene av helseeffekter knyttet til lokale bidrag til partikkelforurensningen i Norge er her estimert som en kostnad per person per µg/m³ lik 357-944 kr per år for PM₁₀⁹. Estimater er oppgitt som et intervall for å vise betydningen av hvordan en verdsetter fremskyndet dødelighet.

Sekundærpartikler inngår i det en kaller PM_{2,5} fraksjonen. Bakgrunnskonsentrasjonen i Norge for PM_{2,5} ligger på mellom 1-5 µg/m³ (EMEP /MSC-W Note 2/98). Videre har vi fått opplyst fra DNMI (2001 pers.med.) at Norges bidrag til denne konsentrasjonen ligger på rundt 14%. Av dette bidrar igjen SO₂ med 1,5%. Hvis en velger å bruke gjennomsnittet av bakgrunnskonsentrasjonen lik 2,5 µg/m³ og multipliserer dette med de respektive bidragsprosentene for Norge og for SO₂, får en et estimat for Norges bidrag til sekundærpartikler fra utslipp av svoveldioksid lik 0,00525 µg/m³. Vi kan dermed beregne forholdet mellom konsentrasjonsbidrag og utslipp, multiplisere med befolkningsantallet (4.503.000), og knytte dette til kostnaden per person per µg/m³ (354-944) som vi har hentet fra (SFT 2000). Norges totale utslipp av SO₂ koster samfunnet mellom 8,440-22,317 millioner kr per år. Med utgangspunkt i at Norge slapp ut 29,8 ktonn SO₂ i 1998¹⁰, gir dette oss en marginal nytteeffekt på mellom 284 og 750 kr per tonn utslipp av SO₂ per år for alle områder i Norge.

Metode og skadestimat som er presentert i dette vedlegget har dannet grunnlaget for nytteberegningene som er vist i kapittel 6 Vurdering av miljønytte og kapittel 7 Følsomhetsanalyse.

⁹ Inkludert i dette estimatet er også PM_{2,5}

¹⁰ Dette årstallet er valgt siden bakgrunnskonsentrasjon, Norges bidrag til sekundærpartikler og andelen av SO₂ er estimert for dette året.

**Statens forurensningstilsyn (SFT)**Postboks 8100 Dep, 0032 OSLO
Besøksadresse: Strømsveien 96Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Statens forurensningstilsyn	Kontaktperson SFT Eilev Gjerald	ISBN-nummer 82-7655-422-9
--	------------------------------------	------------------------------

	Avdeling i SFT Samfunnsavdelinga	TA-nummer 1814/2001
--	-------------------------------------	------------------------

	År 2001	Sidetal 54	
--	------------	---------------	--

Utgjevar Statens forurensningstilsyn	
---	--

Tittel - norsk og engelsk Reduksjon av SO ₂ -utsleppa i Norge - Ein tiltaksanalyse for 2010 Reduction of SO ₂ emissions in Norway – A Control Measure Analysis for 2010
Samandrag - summary Rapporten omtalar tekniske tiltak for å redusera SO ₂ -utsleppa i Norge og målar for reduksjonen er 2010. Kvar tiltak er omtalt med omsyn til reduksjonspotensiale og kostnad. Framskrive SO ₂ -utslepp i 2010 før tiltak er 29.000 tonn. Norge har i Gøteborg-avtalen tatt på oss å redusera SO ₂ -utsleppa i 2010 ned til 22.000 tonn. Analysen viser at avtalen kan oppfyllest til ein årleg kostnad på om lag 66 millionar kroner og ein marginalkostnad på i overkant av 14 kroner per kg SO ₂ redusert. Tiltaka som er rekna å vera mest kostnadseffektivt å gjennomføra er i hovudsak innanfor metallindustrien samt enkelte tiltak på større fyringsanlegg. The report outlines the technical measures for reducing SO ₂ emissions in Norway by the year 2010. Each measure is described with regard to its cost and its potential for emission reduction. Projected SO ₂ emissions for 2010 (excluding new measures) are 29,000 tonnes. Under the terms of the Gothenburg Protocol, Norway is committed to reducing its SO ₂ emissions to 22,000 tonnes by 2010. This analysis shows that this target can be achieved at an annual cost of approximately 66 million NOK and a marginal cost of 14 NOK per kilogram SO ₂ . The most cost-effective measures are in the metal production industry together with individual measures at larger combustion plants.

4 emneord Svoveldioksid (SO ₂) Tiltak Utsleppsreduksjon Kostnader	4 subject words Sulphur dioxide (SO ₂) Measures Emission reduction Costs
---	--