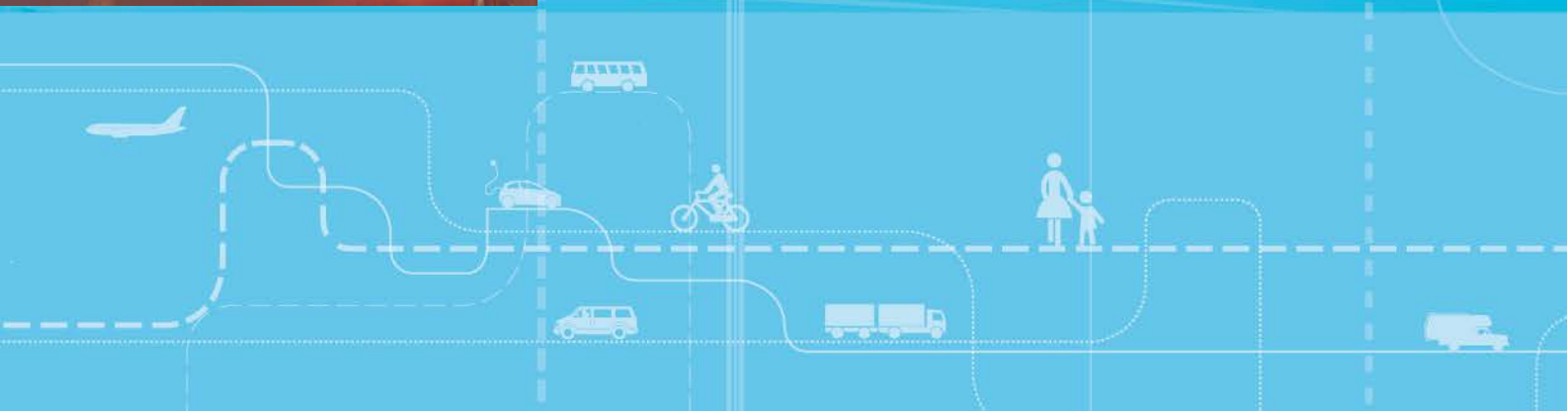


Tiltak mot bruk av dieselkjøretøy på dager med høy luftforurensning



Tiltak mot bruk av dieselmotorer på dager med høy luftforurensning

Harald Aas, Lasse Fridstrøm, Tormod Wergeland Haug

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

Tittel: Tiltak mot bruk av dieseldrevne kjøretøy på dager med høy luftforurensning

Forfattere: Harald Aas
Lasse Fridstrøm
Tormod W Haug

Dato: 09.2015

TØI rapport: 1437/2015

Sider 42

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1664-9

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Statens vegvesen Vegdirektoratet

Prosjekt: 3620 - Miljøhåndboken - Tiltakskatalog for transport, miljø og klima

Prosjektleder: Marika Kolbenstvedt

Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen

Emneord: Dieselforbud
Lavutslippssone
Luftforurensning
NO₂
NO_x
Strakstiltak

Sammendrag:

EFTA-domstolen har dømt Norge for gjentatte overskridelser av grenseverdiene for luftkvalitet og for ikke å ha en tiltaksplan mot problemet. Begrensninger i bruken av dieseldrevne personbiler på dager med svært høy luftforurensning er et mulig tiltak. Den samfunnsøkonomiske kostnaden ved et slikt tiltak består først og fremst i ulemper for trafikantene. Det mest kostnadseffektive strategien er trolig å mangedoble satsen for dieselmotorer i bompengeringen. En slik bruk av prismetanismen vil innebære lavere og mer forutsigbare samfunnsøkonomiske kostnader enn en absolutt forbudssone.

Title: Constraining the use of diesel vehicles under heavy air pollution

Author(s): Harald Aas
Lasse Fridstrøm
Tormod W Haug

Date: 09.2015

TØI report: 1437/2015

Pages 42

ISBN Electronic: 978-82-480-1664-9

ISSN 0808-1190

Financed by: The Norwegian Public Roads Administration

Project: 3620 - Miljøhåndboken - Tiltakskatalog for transport, miljø og klima

Project manager: Marika Kolbenstvedt

Quality manager: Kjell Werner Johansen

Key words: Air Pollution
Diesel ban
Low emission zone
NO₂
NO_x
Urgent policy response

Summary:

Under unfavourable atmospheric conditions, certain Norwegian cities are exposed to brief spells of excessive air toxicity due, mainly, to exhaust emissions from diesel vehicles. Possible measures to combat such emissions on short notice include low emission zones and strongly differentiated cordon toll rates. Under conservative assumptions, prohibitive toll rates targeted at diesel driven passenger cars involve welfare costs 6 to 20 times higher than the estimated health benefit from reduced NO_x and PM10 emissions.

Language of report: Norwegian

Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.

This report is available only in electronic version.

Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

På oppdrag fra Statens vegvesen har Transportøkonomisk institutt i samarbeid med Urbanet Analyse AS vurdert ulike typer restriksjoner på bruk av dieseldrevne personbiler i Oslo i perioder med akutt luftforurensning, samt hvordan slike tiltak best kan gjennomføres.

Rapporten er en del av et større prosjekt der Norsk institutt for luftforskning (NILU) har beregnet den NO₂-reducerende effekten av ulike strakstiltak på dager med høy luftforurensning, se NILU-rapportene OR50/2014 og OR22/2015.

Definering av hvilke strakstiltak som skulle utredes, er gjort av en arbeidsgruppe bestående av Statens vegvesen Vegdirektoratet, Statens vegvesen Øst og Oslo kommune, samt NILU, TØI og Urbanet Analyse AS. Sistnevnte har gjennomført trafikkberegninger med modellen RTM23+. NILU har på grunnlag av trafikkberegningene gjort spredningsanalyser for nitrogenoksid (NO_x) langs vegnettet. Vi takker arbeidsgruppen for samarbeidet og for mange nyttige innspill og kommentarer til en tidlig versjon av denne rapporten.

Kollektivtransporttilbudet er forutsatt uendret i modellberegningene. Tiltak på kollektivtrafikksiden vil etter planen bli tatt i betraktning i en neste beregningsrunde.

TØIs arbeid er konsentrert om en kostnadseffektivitetsberegning og en beskrivelse av hvordan strakstiltak kan gjennomføres, i form av forbud mot eller begrensninger i bruken av dieseldrevne personbiler på dager med høy luftforurensning. I avslutningskapittelet vurderes effekten av et slikt strakstiltak opp mot en eventuell permanent lavutslippssone for tunge kjøretøy.

Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Pål Rosland. Hos TØI har Harald Aas koordinert arbeidet, mens Lasse Fridstrøm har hatt hovedansvar for å sammenstille de samfunnsøkonomiske analysene. Tormod Wergeland Haug fra Urbanet Analyse AS har gjennomført trafikkberegningene som ligger til grunn for analysene, herunder også anslagene for det samfunnsøkonomiske nyttetapet ved ulike kjørebegrensninger. Anne Madslie og Chi Kwan Kwong ved TØI har gitt råd om bruk av modellen RTM23+. Trude Rømming har hatt ansvaret for den endelige tekstbehandlingen. Kjell Werner Johansen har kvalitetssikret rapporten

Oslo, oktober 2015
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Kjell Werner Johansen
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

1	Bakgrunn	1
1.1	Krav om å overholde grenseverdiene.....	1
1.2	Skadepkostnader av veitrafikk	2
1.3	Overskridelser av grenseverdiene.....	4
1.4	Utslipp fra ulike kjøretøygrupper.....	6
2	Definering av tiltakszoner og effekt på NO₂	8
2.1	Løsninger som gir lave investeringer, er å foretrekke	8
2.2	Oslo kommune har vedtatt forbud.....	8
2.3	Ulike sonealternativer	9
3	Tiltakenes kostnader og nytte	11
3.1	Utslippsberegninger	11
3.2	Økte kostnader for trafikantene.....	13
3.3	Bruk av RTM23+	14
3.4	Samfunnsøkonomiske trafikantkostnader	18
3.5	Nytte – bedre helse	20
3.6	Kostnadseffektivitet.....	21
3.6.1	Kostnad per tonn unngått NO _x	21
3.6.2	Kostnad per prosent reduksjon i NO ₂ -nivået.....	23
3.6.3	Redusert svevestøv en positiv bivirkning.....	24
3.7	Utelatte kostnader	25
3.7.1	Trengsel.....	25
3.7.2	Kostnader utenfor transportmarkedet.....	25
3.7.3	Kontrollkostnader.....	26
3.7.4	Bruk av bomringen.....	26
3.7.5	Skiltkostnader	27
3.7.6	Utskifting av kjøretøy.....	27
3.8	Kontroll og håndheving	27
3.9	Varsling og informasjon	29
3.10	Organisering av alternativ transport	31
3.11	Folk har større fleksibilitet enn man har trodd?	31
4	Permanent lavutslippssone for tunge lastebiler	33
5	Drøfting og konklusjon	37
5.1	Tiltaksstrategier.....	37
5.2	Utslippsvirkninger	37
5.3	Samfunnsøkonomiske trafikantkostnader	38
5.4	Håndheving og kontroll	38
5.5	Skilting og informasjon.....	39
5.6	Midlertidige eller permanente tiltak?.....	39
5.7	Forslag til videre forskning	40
6	Referanser	41

Sammendrag:

Tiltak mot bruk av dieseldrevet kjøretøy på dager med høy luftforurensning

TØI rapport 1437/2015

Forfattere: Harald Aas, Lasse Fridstrøm og Tormod W Haug
Oslo 2015 42 sider

Oslo har problemer med dårlig luftkvalitet, blant annet med overskridelse av grenseverdien for timegjennomsnittlig NO_2 -nivå, som er satt til 200 mikrogram per kubikkmeter luft. Oslo kommune har derfor vedtatt restriksjoner mot dieselpersonbiler på dager med særlig høy forurensning. Beregninger tyder på at bruk av en høy avgift i bomringen (eksempelvis ti ganger dagens takst) har lavere kostnader for trafikantene og er å foretrekke framfor et forbud mot dieselpersonbiler innenfor for eksempel Ring 3. En tidoblet takst for dieselpersonbiler i bomringen vil ifølge beregninger fra NILU kunne redusere NO_2 -nivåene ved målestasjonene i Oslo med om lag 7 prosent. En forbudssone innenfor Ring 3 vil kunne gi en reduksjon i NO_2 -nivået på 12 prosent, men til en mer enn dobbelt så høy tids- og kjøretøykostnad for trafikantene per prosentenhet reduksjon. Bruk av prismekanismen i bomringen innebærer lavere og mer forutsigbare kostnader for trafikantene enn en forbudssone, og dessuten lavere kontroll- og administrasjonskostnader. Det siste har betydning fordi behovet for restriktive strakstiltak av denne typen vil oppstå relativt sjelden. En permanent lavutslippssone rettet mot tunge kjøretøy kan ha større effekt ved særlig høy luftforurensning enn et forbud mot dieseldrevne personbiler. Et slikt permanent tiltak vil dessuten virke hele vinteren og dermed bidra til å få ned årsgjennomsnittet for NO_2 – som blir ansett som et større helseproblem enn overskridelsene av timegjennomsnitt.

Rapporten vurderer ulike typer restriksjoner på bruken av dieselpersonbiler på dager med høy luftforurensning i Oslo. Norge har forpliktet seg til å overholde forurensningsforskriften. En domfellelse i EFTA-domstolen høsten 2015 understreker at myndighetene er forpliktet til å gjennomføre tiltak. Spørsmålet er dermed ikke først og fremst hvorvidt det er lønnsomt å sette i verk tiltak, men hva slags tiltak som gir mest nytte i forhold til kostnadene.

Det er kun aktuelt å innføre strakstiltak når det foreligger fare for overskridelse av timemiddel for NO_2 på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med varighet over to dager eller mer, og over et større område. Overskridelsene skjer i stor grad i forbindelse med vindstille og såkalt inversjon, dvs. at temperaturen stiger med høyden, slik at luften er kaldest nærmest bakken. Ved kraftig, lavtliggende inversjonslokk over Oslo blir den tyngre kaldluften stengt inne, og graden av forurensning øker etter som timene går.

Slike inversjonsperioder forekommer relativt sjelden. Siste tilfelle var vinteren 2010-2011, da det var to perioder med til sammen 18 dager med overskridelser. Historiske data fra 2001 til 2015 viser at på disse 14 årene har slike episoder forekommet seks ganger. Enkle tiltak som ikke krever store investeringer eller beredskapsopplegg med høye løpende kostnader, kan derfor være å foretrekke.

Utslippene fra veitrafikken vil dessuten gradvis reduseres i takt med at kjøretøyparken fornyes, og hyppigheten av episoder med særlig høy luftforurensning vil bli redusert. Særlig stor forbedring kan ventes for tunge kjøretøy, der de nyeste modellene har svært lave utslipp av NO_x . For personbiler motvirkes forbedringen av at bilparken i mange år framover vil inneholde en stadig større andel dieselpersonbiler, samtidig

som det reelle NO_x-utslippet fra nye, dieseldrevne personbiler hittil ikke har gått like raskt ned som forutsatt i typegodkjenningsbestemmene for Euroklasse 1 til 6.

Rapporten ser i hovedsak på to ulike typer restriksjoner på dieselpersonbiler: Bruk av en forhøyet sats i dagens bomring (samt evt. etablering av et ekstra bomsnitt ved kommunegrensen) og/eller en forbudssone innenfor Ring 3 eller dagens bomring. NILU har gjennom spredningsanalyser beregnet effekten av disse tiltakene med hensyn til NO₂-konsentrasjon og samlet NO_x-utslipp.

Fire tiltaksalternativ

De tiltakene vi konsentrerer oss om i denne rapporten, er følgende:

- **Kjøreforbud innenfor Ring 3 for dieselpersonbiler**
A1. Forb_Pdiesel_ring3: Sonen er definert slik at den dekker de mest NO₂-belastede områdene i Oslo. Avgrensningen er slik at den vil være relativt lett å kommunisere til bilistene. Forbudet gjelder ikke gjennomgangstrafikk på Europaveiene E6 og E18 inkludert Operatunnelen. Håndhevingen er komplisert og vil måtte skje ved hjelp av stikkprøver i området foretatt av politi og mannskaper fra Statens vegvesen og Oslo kommune. I beregningene er det forutsatt at man oppnår 90 prosent etterlevelse. Dette er optimistisk, og i spredningsanalysene vil nok dette svare til den maksimale reduksjon i NO₂ som man vil kunne oppnå med tiltaket.
- **Midlertidig tidoblet bompengesats for dieselpersonbiler i bomringen**
*B1. 10*bom_Pdiesel:* Fordelen med dette alternativet er at man kan bruke eksisterende infrastruktur. Publikum kjenner til hvor bomsnittet er, og informasjonstiltakene blir dermed enklere. Ordningen vil også være enkel å administrere når først AutoPASS er tilrettelagt. Tiltaket vil ha en betydelig trafikkavvisning, samtidig som det er fleksibelt ved at de som *må* bruke bil de aktuelle dagene kan betale seg ut av problemet. Antall dispensasjoner som trengs vil dermed bli færre. Ulempen er at tiltaket ikke gir restriksjoner på kjøring innenfor sonen, kun for dem som krysser bomringen. Gjennomgangstrafikk på Ring 3, E6 og E18 vil bli rammet.
- **Midlertidig tidoblet bompengesats for diesel personbiler i bomringen pluss ekstra bomsnitt ved kommunegrensen**
*C1. 10*bom_Pdiesel-X:* For å inkludere en større andel av de mest forurensede områdene i tiltaket, blant annet i Groruddalen, forutsettes det etablert et nytt bomsnitt på kommunegrensen i nord, sør og øst med takster tilsvarende Bærumsringen. Ved høy forurensning tidobles taksten for dieselpersonbiler i begge bomsnittene. Dette scenarioet innebærer at en større del av Groruddalen blir innlemmet i området med restriksjoner.
- **Midlertidig tidoblet bompengesats for alle dieselskjøretøy i bomringen pluss ekstra bomsnitt ved kommunegrensen samt permanent lavutslippssone for tunge biler**
*C2. 10*bom_diesel-XL:* Ti ganger forhøyet takst i dagens bomring og i nytt bomsnitt ved kommunegrensen i nord, sør og øst med takster tilsvarende Bærumsringen for *alle dieselskjøretøy*. I tillegg forutsettes en lavutslippssone innenfor dagens bomring med forbud for tunge kjøretøy som ikke tilfredsstiller Euro VI.

Tiltak også for Euro 6-biler

Målinger viser at nye dieselpersonbiler av Euro 6-lassen ikke tilfredsstillt kravene til utslipp av NO_x i virkelig trafikk. Disse bilene er derfor omfattet av strakstiltakene i disse analysene. Det er imidlertid en del andre grupper dieselpersonbiler som vi forutsetter er unntatt. Disse er de samme som er definert av Oslo kommune i deres vedtak om forbud for dieselsbiler på dager med høy forurensning, og omfatter HC-transport, utrykningskjøretøy, kjøretøy som benyttes i offentlig tjeneste, pasienttransport, kjøretøy benyttet til utøvende næringsvirksomhet (inkl. taxi) og av- og påkjøring til utenlandsferger.

30–35 prosent reduksjon nødvendig

Basert på historiske data konkluderer NILU med at en reduksjon på cirka 30–35 prosent i NO₂-nivåene vil være nødvendig for med tilnærmet sikkerhet å unngå overskridelser av timemiddel i årene som kommer. En reduksjon på rundt 20 prosent ville halvert antall år med overskridelser. Dette betyr at restriksjoner på bruk av dieseldrevne personbiler på dager med høy forurensning ikke nødvendigvis vil være tilstrekkelig til å unngå overskridelse av grenseverdiene, da dette kun vil føre til en reduksjon av NO₂-nivåene på i størrelsesorden 7–12 prosent. Forbud mot bruk av dieselpersonbiler innenfor Ring 3 (unntatt E6 og E18) gir større effekt enn scenarioet med en forhøyet sats i bomringen.

Dersom tiltaket kombineres med en permanent lavutslippssone for tunge biler kan man oppnå en reduksjon i NO₂-nivåene på 20–30 prosent.

Kostnadseffektivitet

Figur S1 viser hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive, målt per prosent reduksjon i NO₂-konsentrasjon.

Bilistenes tids- og kjøretøykostnader ved de fire alternativene er beregnet, men de økte trengselsulempene og driftskostnadene i kollektivtransporten er ikke tatt med i regnestykket. Bilistenes bompenger og parkeringsutgifter er også holdt utenom, da disse kun består av overføringer, ikke samfunnsøkonomiske kostnader.

Alt i alt er de samfunnsøkonomiske kostnadene konservativt anslått. Særlig gjelder dette for alternativ C2, der en bare har kunnet få med en mindre del av kostnadene i godstransporten. Begge alternativene C1 og C2 forutsetter at en for andre formål har etablert en ny bomring langs kommunegrensen, i forlengelsen av Bærumsringen.

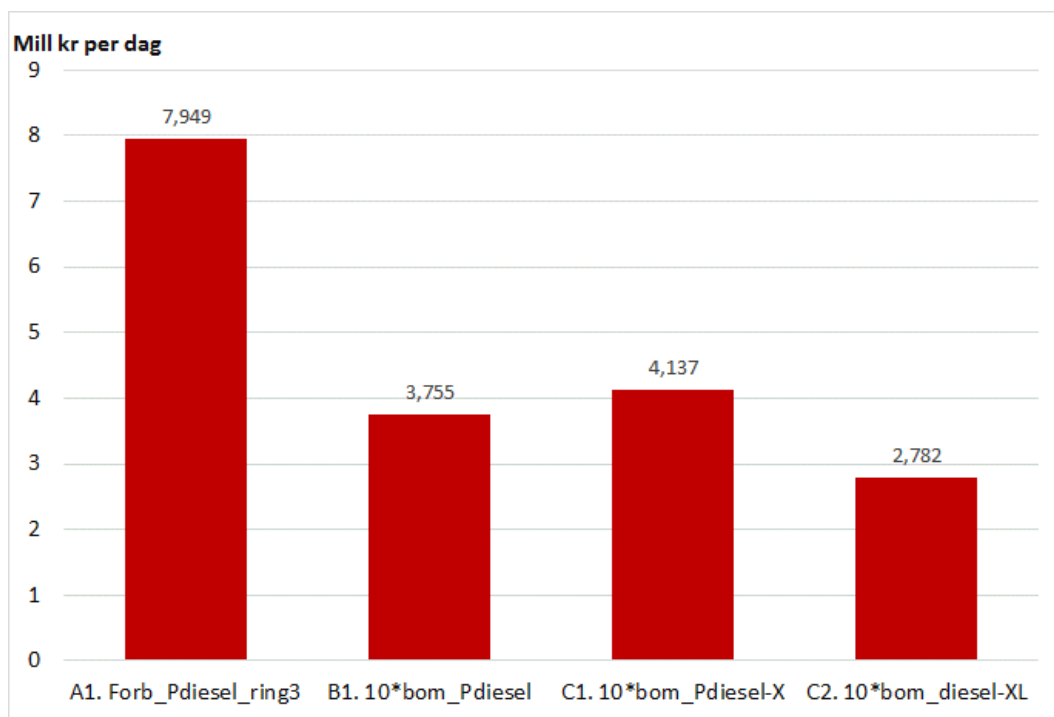
Også alternativ A1 er beheftet med stor usikkerhet og må tolkes med særlig forsiktighet. I beste fall gir beregningene en antydning om trafikantkostnadenes størrelsesorden. I tillegg kommer at en forbudssone meget vel kan medføre kostnader utenfor transportmarkedet, f.eks. gjennom tap av arbeidskraft og produksjon. Slike kostnader framkommer ikke i trafikkmodellen.

Analysene inkluderer heller ikke administrative kostnader og andre direkte kostnader som påløper ved gjennomføring av de ulike tiltakene. Disse kostnadene er svært avhengige av hvordan tiltaket utformes og omtales kun verbalt.

Alle alternativene A1, B1 og C1 gjelder tiltak kun rettet mot dieselpersonbiler og er derfor direkte sammenlignbare. Alternativ B1 (10 ganger forhøyet takst i dagens bomring) kommer ut som det mest kostnadseffektive tiltaket når en ser på NO₂-nivået. Kostnaden for å redusere det gjennomsnittlige NO₂-nivået med en

prosentenhet er ca. 3,75 mill. kr per dag. Dette tiltaket er av NILU beregnet til å kunne redusere NO₂-nivået med ca. 7 prosent i forhold til referansealternativet.

Et tiltak som kjøreforbud for dieselpersonbiler innenfor Ring 3 (A1), vil ha en kostnad som er vel dobbelt så høy per prosentenhet reduksjon av NO₂-nivået, sammenlignet med forhøyet takst i bomringen. Denne løsningen er altså dyrere, men har samtidig et større potensial. NILU har beregnet at et slikt forbud vil redusere NO₂-nivåene med ca. 12 prosent, forutsatt 90 prosent etterlevelse av forbudet.



Figur S1. Beregnede tids- og kjøretøykostnader for å redusere det gjennomsnittlige NO₂-nivået ved målestasjonene med én prosent, i fire tiltaksalternativ.

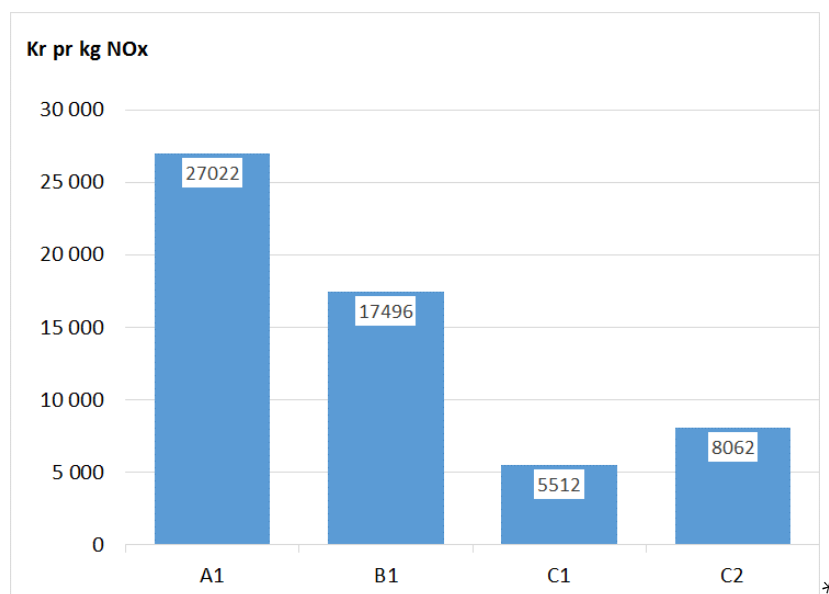
Alternativ C1 beskriver et alternativ med forhøyet takst i dagens bomring (som B1), men i tillegg en ekstra bomring på kommunegrensen, hvor det også er forhøyet takst. Målt etter nedgang i NO₂-konsentrasjonen på målestasjonene er dette alternativet litt mindre kostnadseffektivt enn kun å bruke dagens bomring, og tiltaket gir heller ikke vesentlig større reduksjon i NO₂-nivået.

Alternativ C2 forutsetter restriksjoner mot alle typer dieslbiler (også varebiler) bortsett fra tunge biler med Euro VI-teknologi. Dette er ikke et særlig realistisk scenario, og det er også en del begrensninger i modellen når det gjelder å beregne realistiske kostnader for godstransporten.

En annen måte å regne på er å anslå kostnadene per unngått kg NO_x. Dette er vist i Figur S2.

Vi ser at denne enhetskostnaden er desidert lavest i alternativ C1. Dette alternativet, med en ekstra bomring ved bygrensen, har en stor reduksjon av NO_x-utslippene, men er mindre treffsikkert enn de andre med hensyn til å få ned overskridelsene i NO₂-nivåene. Sagt på en annen måte er dette det mest kostnadseffektive tiltaket for å

redusere de samlede NO_x-utslippene, men en del av reduksjonen ser ut til å komme utenfor de områdene som er mest utsatt for høye NO₂-verdier.



Figur S2. Beregnede tids- og kjøretøykostnader per unngått kg NO_x, i fire alternativer.*

Bruk av bomringen kontra forbudssone

Oppsummert kommer en forhøyet sats i dagens bomring ut som det mest kostnadseffektive tiltaket rettet mot dieselpersonbiler for å få ned NO₂-nivåene målt etter tidstap for trafikantene (figur S1). Regnet per unngått kg NO_x er det alternativet med en ekstra bomring på kommunegrensen som kommer best ut, men en del av utslippsreduksjonene vil da sannsynligvis komme på steder som ikke har høye forurensningsnivåer, og et slikt bomsnitt eksisterer ikke per i dag.

Økt bompengesats er også det tiltaket som det krever minst kostnader å gjennomføre. Ikke minst håndhevingen vil være mye enklere enn ved et forbud innenfor Ring 3, da bomringen allerede er operativ. Noen kostnader for å tilrettelegge AutoPASS må likevel påregnes.

En forbudssone gir en noe større reduksjon av NO_x-utslipp og NO₂-nivå enn bruk av bomringen, men da er det forutsatt at man klarer å oppnå 90 prosent etterlevelse av forbudet. Dette er høyt, og vil kreve en betydelig informasjons- og kontrollinnsats.

Dersom strakstiltak skal gjennomføres, vil bruk av prismekanismen i bomringen innebære lavere og mer forutsigbare samfunnsøkonomiske kostnader enn tiltak basert på et absolutt forbud. Siden de aller mest nødvendige reisene med dieselbil da likevel kan foretas, kapper en på sett og vis toppen av kostnaden. Ingen trafikanter risikerer å tape mer enn den forhøyede bompengesatsen.

De direkte gjennomføringskostnadene til informasjon og håndheving er grovt anslått i rapporten. Kostnader til informasjonstiltak kan beløpe seg til i størrelsesorden 0,5 til 1,0 mill. kroner, 600–900 000 kroner for skilting og om lag 750 000 kroner per tiltaksepisode til håndheving i tilfellet med forbudssone innenfor Ring 3. I tillegg

kommer ekstra kostnader til kollektivtransport. Alle disse kostnadene er usikre og vil være avhengig av hvordan tiltaket utformes. De er som nevnt ikke med i figurene som viser nyttekostnadsforholdet mellom de ulike alternativene

Langsiktige virkninger

Innføring av midlertidige eller permanente tiltak kan ha langsiktige effekter på sammensetningen av bilparken som ikke er tatt med i denne analysen. Når bileierne ser at myndighetene åpner for et så drastisk skritt som å innføre kjøreforbud eller andre restriksjoner, vil de være tilbøyelige til å velge en mer miljøvennlig bil når den eksisterende dieselbilen skal skiftes ut, eller de vil skifte den ut tidligere enn de ellers ville ha gjort. Erfaringer har vist at bilkjøpere er relativt sensitive for denne typen signaler. Denne effekten er ikke beregnet.

Tiltak for tunge biler

Overskridelsene av årsmiddel for NO₂ på 40 µg/m³ har større negative helseeffekter enn de sjeldne ekstremisituasjonene hvor grensen på 200 µg/m³ overskrides i en enkelt time. Det kan derfor være rasjonelt å innføre permanente tiltak som kan redusere årsmiddelverdien. Dette vil igjen redusere sannsynligheten for at man må sette i verk akuttiltak. Permanente tiltak kan omfatte både personbiler, varebiler og tunge biler, eller kun noen av gruppene.

Analyser gjort av TØI på oppdrag fra NO_x-fondet viser at man kan forvente en rask reduksjon av utslipp fra tunge kjøretøy, da slike kjøretøy har raskere utskiftingstakt enn personbiler, og kjøretøy med Euro VI-teknologi har svært lave NO_x-utslipp. I 2020 vil NO_x-utslippene fra tunge godsbiler i Oslo og Akershus, selv uten spesielle tiltak, kun være en tredjedel av hva de var i 2013.

I 2023 vil lastebiler eldre enn Euro VI stå for kun 11 prosent av trafikkarbeidet på landsbasis, men 46 prosent av NO_x-utslippene. Dersom man innfører en lavutslippssone, der kun Euro VI-kjøretøy får slippe inn, fra for eksempel 2018, vil det gi en forsert reduksjon i utslippene og NO₂-nivået. Transportører med både nye og eldre biler vil i noen tilfeller kunne tilpasse seg slik at de eldre bilene kun benyttes utenfor byen.

En slik lavutslippssone vil kunne håndheves gjennom kontroll i bomringen, og stikkprøvekontroll på terminaler og laste/lossesteder i sonen. For næringskjøretøyer vil det også være en betydelig sosial kontroll. Firmaer som driver lovlig, vil ha lav toleranse overfor aktører som driver med gammelt ulovlig materiell da dette vil virke konkurransevridende.

En slik permanent lavutslippssone for tunge biler, kombinert med midlertidige tiltak for dieselpersonbiler, vil på særlig forurensede dager kunne gi en reduksjon i NO₂-nivåene på 20–30 prosent.

Nyttekostnadsvurderinger av en slik permanent lavutslippssone, eller en kombinasjon av de to tiltakene, er ikke gjort i dette prosjektet.

1 Bakgrunn

EUs grenseverdier for luftkvalitet, det såkalte luftkvalitetsdirektivet, ble innført i 2003. I norske byer har det de senere årene vært gjentakende overskridelser av grenseverdiene. Norge mottok i 2011 brev fra EFTA Surveillance Authority (ESA), som påpekte at Norge de siste fem årene hadde rapportert overskridelser. I 2013 åpnet ESA sak mot Norge for brudd på grenseverdiene for NO₂.

Den 2. oktober 2015 falt det dom i saken, der EFTA-domstolen fant Kongeriket Norge skyldig i brudd på bestemmelsene om maksimalt innhold av svoveldioksid (SO₂), svevestøv (PM10) og nitrogendioksid (NO₂), gitt i Artikkel 13 av EU-direktiv 2008/50, og for ikke å ha oppfylt kravene til tiltaksplan mot luftforurensning, gitt i Artikkel 28 av samme direktiv (EFTA Court 2015).

Kommunene er forurensningsmyndighet for lokal luftkvalitet med hovedansvar for å iverksette tiltak for å bedre luftkvaliteten og utarbeide tiltaksutredninger. Staten har i tillegg en viktig rolle i å tilrettelegge for at kommunene har tilstrekkelig med virkemidler til å iverksette effektive tiltak¹. Kommunene har ved flere anledninger ønsket utvidede hjemler, for blant annet for å innføre lavutslippssoner.

I februar 2015 vedtok Stortinget et representantforslag hvor man ber regjeringen fremme forslag om å gi kommunene hjemmel i vegtrafikkloven til å opprette lavutslippssoner samt «komme tilbake til Stortinget på en egnet måte med forslag til virkemidler som i storbyene kan begrense bilbruk på riksveiene i perioder når luftforurensningen er høy»².

Samferdselsdepartementet ba i februar 2015 Vegdirektoratet om en faglig vurdering av forbud mot bruk av dieseldrevne personbiler ved fare for overskridelser av grenseverdiene for lokal luftkvalitet.³

I brevet bes blant annet Vegdirektoratet å vurdere effektene og konsekvensene av å innføre et dieselforbud, begrenset til personbiler som ikke anvendes i næringsvirksomhet, inkludert hvordan et slikt forbud kan/bør gjennomføres i Oslo.

1.1 Krav om å overholde grenseverdiene

Norske byer har i lengre og kortere perioder høye nivåer av NO₂. Dette øker helserisikoen for alvorlige sykdommer og for tidlig død. Det er særlig astmatikere og personer med andre luftveissykdommer som vil kunne oppleve helseeffekter. Det er et åpenbart mål å redusere disse belastningene.

¹ Jfr. brev fra Klima- og miljødepartementet 2014 til Energi og miljøkomiteen datert 24. okt. 2014

² Innst. 159 S (2014-2015), Dokument 8:90 (2013-2014)

³ Brev fra Samferdselsdepartementet til Vegdirektoratet datert 24.02.2015: Vurdering av forbud mot bruk av dieselmotorer ved fare for overskridelser av grenseverdiene for lokal luftforurensning

Norge har i forskrift fastsatt grenseverdier, hjemlet i forurensningsloven, for hvor mye luften kan være forurenset av blant annet NO₂. Det er fastsatt grenseverdi både for årsmiddelnivået og for antall timer luften kan ha høyere NO₂-nivå enn 200 mikrogram⁴ per kubikkmeter (µg/m³) – maksimalt 18 timer i løpet av et år. Når grenseverdien overskrides, skal tiltak gjennomføres.

I flere norske byer har en problemer med å overholde grensene for NO₂. Dette gjelder både grenseverdiene for årsmiddel og for timemiddel, og det er behov for å identifisere tiltak som kan bidra til at kravene i forurensningsloven overholdes. Det samfunnsøkonomisk gunstigste prinsippet er da å først velge de tiltakene som koster samfunnet minst per kg redusert utslipp, og så supplere disse med dyrere tiltak inntil grenseverdiene blir overholdt. En skal altså ikke velge det som gir størst effekt først, men det som er billigst.

I Oslo blir grenseverdien for maksimalt timemiddel for NO₂ stadig overskredet, selv om hyppigheten av overskridelser har sunket siden 2010 (Fig. 1). Gjennom et eget prosjekt i 2014 og 2015 for Statens vegvesen Region Øst er det kartlagt hvilken effekt utvalgte tiltak har på trafikkmengde, NO_x-utslipp og konsentrasjonsnivået for NO₂ (Høiskar et al. 2014). Her ble både permanente tiltak, strakstiltak og ulike tiltakspakker vurdert.

Beregningene viser at ingen av enkelttiltakene alene vil gi tilstrekkelig reduksjon i NO₂-konsentrasjonene til at grenseverdiene for NO₂ i forurensningsforskriften vil overholdes til enhver tid. Det ble også beregnet effekt av to ulike tiltakspakker. Selv om tiltakspakkene gir god effekt på NO₂-konsentrasjonene, viser beregningene at det fremdeles vil være overskridelse av grenseverdikravene for årsmidler og timemidler innenfor området. Dette viser at tiltakene som skal settes inn må være omfattende, skal de gi tilstrekkelig effekt på luftkvaliteten.

På dager med høy luftforurensning er det aktuelt å innføre strakstiltak for å redusere antall timer med overskridelser av grenseverdien for timeverdier. I NILU-rapport OR22/2015 (Høiskar et al. 2015) er effekten av en rekke strakstiltak på NO₂-nivåene kvantifisert.

1.2 Skadekostnader av veitrafikk

Veitransport gir opphav til en rekke eksterne kostnader (negative eksternaliteter). Noen av disse kostnadene er skattlagt gjennom ulike avgifter trafikantene må betale – mest typisk drivstoffavgiftene, som inneholder en veibrukskomponent og en CO₂-komponent. I den grad miljølempene ikke er avgiftsbelagt, påfører dette samfunnet et velferdstap, fordi trafikantene ikke tar inn over seg kostnadene de påfører resten av samfunnet. Kostnadene er ikke internalisert, som vi sier. Når alle kostnader er internalisert, tvinges trafikantene til å ta inn over seg den fulle samfunnsøkonomiske kostnaden, hvilket i teorien leder til en optimal situasjon.

Når det gjelder lokal luftforurensning, er dagens situasjon ikke samfunnsøkonomisk optimal. Avgiftene fanger ikke opp når og hvor bilene kjører. Drivstoffavgiften og årsavgiften er den samme om en kjører i en by med luftforurensning, eller ute på landet. I situasjoner med svært høy luftforurensning blir dette samfunnsøkonomiske tapet særlig tydelig. Slike situasjoner oppstår gjerne i forbindelse med vindstille og

⁴ 1 gram = 1 million mikrogram

såkalt inversjon, dvs. at temperaturen er lavere i lavlandet enn i høyden, slik at Oslo-gryta fungerer som en stor kuldegrop. Ved kraftig, lavtliggende inversjonslokk over Oslo blir den tyngre forurensede kaldluften stengt inne, og graden av forurensning øker etter som timene går.

Thune-Larsen et al. (2014) drøfter de marginale eksterne kostnadene ved veitrafikken, herunder kostnadene ved luftforurensning. Den største kostnads-komponenten er knyttet til negative helseeffekter, der kunnskapen er hentet fra epidemiologiske kohort- og tverrsnittstudier, samt laboratoriestudier. Skadevirkningene stiger med graden av forurensning.

Det er imidlertid svært komplisert å fange opp eksterne kostnader ved transport. Dette skyldes blant annet at kostnadene varierer mellom ulike kjøretøy, ut fra hvor og når transporten finner sted, og med ulike kontekstuelle faktorer, slik som værforhold. Thune-Larsen et al. har valgt en forenklet tilnærming, siden det ikke foreligger detaljert kunnskap og forurensningsdata. De har ifølge rapporten ikke skilt mellom ulike perioder av døgnet eller effektene av at det i kortere perioder kan være større overskridelser, enda det er styrken (konsentrasjonen) av toksiske stoffer i luften, og ikke alltid mengden løpende utslipp, som er problematisk med hensyn til de immunologiske, biokjemiske og fysiologiske prosessene i menneskekroppen.

Thune-Larsen et al. kom fram til at den gjennomsnittlige lokale skadekostnaden av én kg NO_x-utslipp fra kjøretøy er kr 320 for Bergen, Oslo og Trondheim (2012-kr). Det er flere forhold som tilsier at denne prisen ikke uten videre er relevant for en ren kost-nytte-vurdering av strakstiltak på dager med langt over gjennomsnittlig høy luftforurensning.

For det første er prisen basert på eksponeringsberegninger for årene 1995–96 (Slørdal 1998). Marginalprisen baserer seg på 20 år gamle beregninger.

For det andre bygger prisen på en forenklet tilnærming der prisen ikke speiler en situasjon med kraftig inversjonslokk. Byluft som resipient har svært mye lavere volum når den er inneestengt under ett lokk, enn når den utveksler med resten av atmosfæren. Marginalprisen for NO_x-utslipp kan være betydelig høyere under inversjonsforhold, men dette er vanskelig å kvantifisere.

I tillegg til at forholdet mellom utslipp og konsentrasjon endres under inversjonsforhold, vil også den geografiske fordelingen av høy konsentrasjon kunne avvike fra normalsituasjoner. Endret utslippsfordeling og endret forhold mellom NO og NO₂ i utslipp medfører at befolkningens eksponering overfor høye korttidsmiddelverdier kan være vesentlig forskjellig fra den eksponeringssituasjonen som gjaldt i 1998, da grunnlaget for forholdet mellom eksponering og utslipp ble beregnet.

Statens vegvesen har imidlertid igangsatt revisjon av håndboka om konsekvensutredninger med ferdigstilling i slutten av 2016. Målet er blant annet å sette kroneverdi på komponentene PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂.

Siden det er stor usikkerhet omkring prissettingen av NO_x-utslipp, spesielt under inversjonsforhold, vil vi i denne studien ikke kunne gjøre særlig nøyaktige anslag over den samfunnsøkonomiske nytten av utslippsbegrensninger. Også kostnadssiden, som i hovedsak består av ulemper for trafikantene, er vanskelig å tallfeste, og anslagene blir nødvendigvis usikre. Vi må nøye oss med å gi forsiktige anslag over virkningenes størrelsesorden. En full, nøyaktig nytte-kostnadsanalyse er utenfor prosjektets ramme.

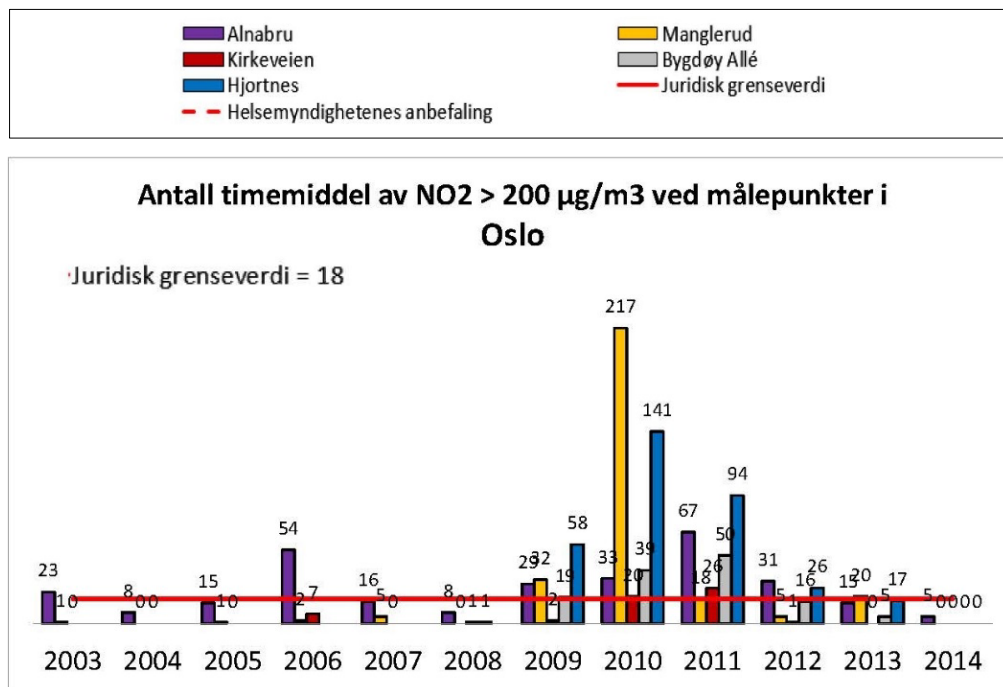
I stedet tas det utgangspunkt i at lovverket skal oppfylles, det vil si at det i perioder med høy luftforurensning skal iverksettes tiltak for å:

- Unngå overskridelser av juridisk fastsatte grenseverdier
- Redusere helsebelastningen for befolkningen
- Unngå ny stevning for EFTA-domstolen.

Vi studerer tre-fire ulike tiltaksstrategier rettet mot disse målene. Ved hjelp av usikre anslag over tiltakenes kostnader og nytte kan vi antyde hvilke strategier som er mest kostnadseffektive.

1.3 Overskridelser av grenseverdiene

Overskridelser av grenseverdiene for akutt luftforurensning av NO₂ i Oslo opptrer sporadisk og styres i stor grad av værforholdene. I løpet av de siste ti årene er det først og fremst i 2009, 2010 og 2011 en har hatt vintre med betydelige overskridelser (Figur 1). Antall overskridelser er sterkt avhengig av meteorologien i vintersesongen.



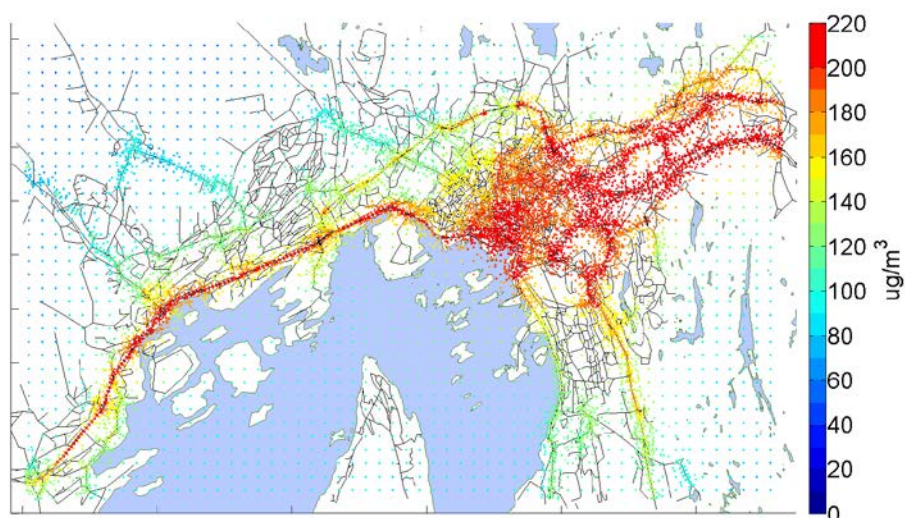
Figur 1. Overskridelser av NO₂ timemiddel ved ulike målestasjoner i Oslo fra 2003–2014 Kilde: www.luftkvalitet.info.

Siden 2010 er overskridelsene blitt gradvis færre. Det er uklart om dette er en tilfældighet, eller om det har sammenheng med utskiftingen av tunge kjøretøy (se kapittel 4 lenger ut i rapporten).

Figur 2 viser hvilke områder i Oslo som er mest utsatt for ekstreme verdier av NO₂.

Forurensningsperiodene må ha en viss varighet for at det skal ha noen hensikt å sette i verk ekstraordinære tiltak som for eksempel forbud mot bruk av dieselmotorer. Oslo kommune har definert at overskridelsene av timemiddel må vare minst to dager

dersom tiltak skal settes i verk. Tabell 1 viser at det har vært seks slike perioder de siste 14 vintrene.



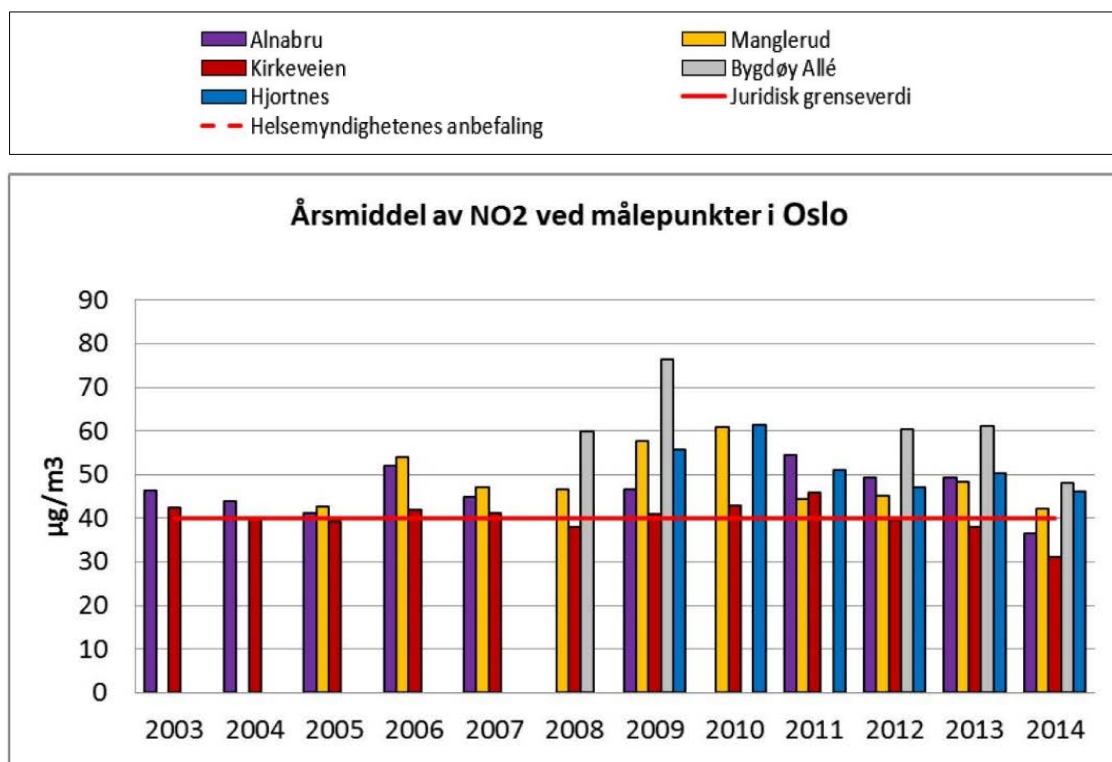
Figur 2. Kartet viser den 19. høyeste timemiddelkonsentrasjonen for NO₂ i Oslo og Bærum. Figuren viser konsentrasjonsfordelingen angitt i µg/m³. Forskriften tillater 18 timer der den midlere NO₂-konsentrasjonen er over 200 µg/m³. I områder med verdier over 200 µg/m³ (røde områder) er forskriftskravet ikke oppfylt. Eksempel fra 2013. Kilde: Høiskar et al. (2015).

Tabell 1. Antall episoder mellom vinteren 2001/2002 og vinteren 2014/2015 hvor grensen for NO₂ timemiddel ble overskredet i en periode på to dager i strekk slik at det ville være aktuelt å sette i verk ekstraordinære tiltak. (Kilde: Bymiljøetaten)

Vintersesong	2001–2002	2002–2003	2003–2004	2004–2005	2005–2006	2006–2007	2007–2008	2008–2009	2009–2010	2010–2011	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2014–2015
Antall episoder	0	1	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0
Dato		6.1.-10.1.			26.1.-3.2.			5.1.-9.1.	4.1.-13.1.	6.12.-15.12. 26.1.-2.2.				
Varighet		5 dager (man-fre)			9 dager (tors-fre)			5 dager (man-fre)	10 dager (man-ons)	10 dager (man-ons)				
										8 dager (ons-ons)				

Høyeste forurensning var det vinteren 2010/2011, da det var til sammen 18 dager med overskridelser som ville ha utløst akutttiltak. Senere har det også forekommet overskridelser, men ingen av varighet over to dager. Neste gang dette kan være aktuelt, er vinteren 2015/2016. Hvis det opptrer da, vil det være fem år siden sist.

Figur 3 viser overskridelse av grenseverdien for årsmiddel NO₂. Dette er et større helseproblem enn akuttforurensningen, siden folk blir eksponert for overskridelsene over et mye lengre tidsrom. Tiltak for å få ned årsmiddeltallet for NO₂ vil i betydelig grad også vil redusere sannsynligheten for overskridelser av timemiddel, men ikke motsatt.



Figur 3. Overskridelser av NO₂ årsmiddel ved ulike målestasjoner i Oslo fra 2003–2014. Kilde: www.luftkvalitet.info.

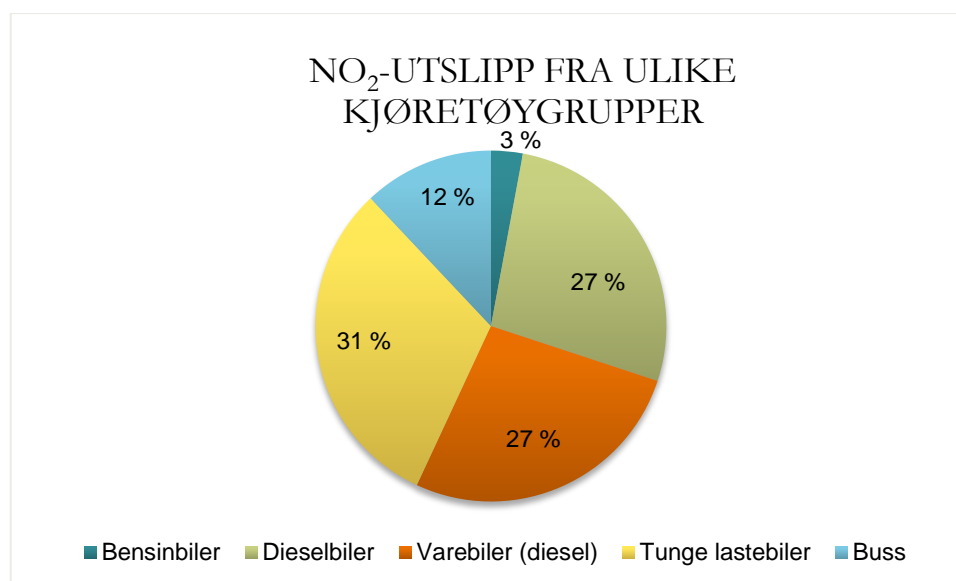
1.4 Utslipp fra ulike kjøretøygrupper

Veitrafikken er den viktigste kilden til NO_x-utslipp. Alle typer kjøretøy, bortsett fra kjøretøy med elektrisk drift, belaster luften med utslipp av NO₂, som er den toksiske delen av NO_x-utslippet. For å redusere utslippene er det rasjonelt med tiltak for å fase ut de kjøretøyene eller kjøretøygruppene som bidrar med mest forurensning, og som samtidig kan erstattes med renere kjøretøy til en lavest mulig kostnad.

Figur 4 viser hvordan ulike kjøretøy i 2011 bidro til NO₂-utslipp i Stor-Oslo. Diagrammet viser utslippet i virkelig trafikk, dvs. det er ikke påvirket av at typegodkjenningmålingene kan avvike fra det reelle utslippet på veien (Hagman et al. 2015).

Diagrammet viser at 85 prosent av utslippene er fordelt noenlunde likt mellom kjøretøyklassene dieselpersonbiler, dieselvarebiler og tunge lastebiler. Bussene står

for 12 prosent av utslippene. Ruter har en strategi for elektrifisering av bussparken innen 2020, og da vil en stor andel av disse utslippene forsvinne.



Figur 4. Andel av det totale NO₂-utslippet som hver kjøretøyklasse slipper ut i Stor-Oslo i 2011. Bearbeidet fra Aas et al. (2012).

Det er ulike kostnader ved å innføre kjørerestriksjoner for de ulike kjøretøygruppene. Av Samferdselsdepartementets brev til Statens vegvesen går det klart fram at man ønsker å skjerme godstransport og næringstransport⁵. Det er det først og fremst restriksjoner på bruk av dieselpersonbiler som sees som aktuelt. Privatpersoner har større fleksibilitet og muligheter for alternative transportløsninger i en akuttsituasjon sammenlignet med godstransport og næringstransport. De kan benytte kollektivtransport, en del har mulighet til å endre destinasjon for reisen, jobbe hjemme, bruke sykkel eller sitte på med naboen. En del hushold har også to biler, og hvis den ene er en bensinbil eller elbil, gir det en betydelig fleksibilitet.

For en eventuelt permanent utslippssone er situasjonen en annen. Tunge lastebiler har en høyere utskiftingstakt enn personbiler. Det er derfor lettere å få til en rask endring i denne kjøretøygruppen enn for personbiler. Nye tunge biler med Euro VI-teknologi har i tillegg svært lave utslipp av NO_x. Det samme gjelder ikke for personbiler med Euro 6-standard, når en måler utslippet i virkelig trafikk (Hagman et al. 2015).

I dette prosjektet ser vi primært på effekten av akuttiltak rettet mot bruk av dieselpersonbiler, samt hvordan et slikt tiltak kan utformes. I siste del av rapporten sammenligner vi effekten av et slikt tiltak med en eventuell permanent lavutslippssone for tunge lastebiler.

⁵ Brev fra Samferdselsdepartementet til Vegdirektoratet «Vurdering av forbud mot bruk av dieselskjøretøy ved fare for overskridelser av grenseverdiene for lokal luftkvalitet», 24.02.2015

2 Definerings av tiltakssoner og effekt på NO₂

2.1 Løsninger som gir lave investeringer, er å foretrekke

Det arbeides med en rekke tiltak for å få ned utslippene av NO_x i Oslo, beskrevet i Tiltaksutredningen for Oslo og Bærum 2015–2020. Alle tiltakene samlet, samt en naturlig fornyelse av bilparken, vil føre til at utslippene gradvis går ned. Sannsynligheten for episoder med ekstreme overskridelser vil dermed gradvis avta (gitt samme meteorologiske forhold).

Dette har konsekvenser for hvordan det er hensiktsmessig å utforme eventuelle akutttiltak. Siden det kan gå flere år mellom hver gang det er nødvendig å innføre restriksjoner mot bruk av dieselpersonbiler, må beredskapen ha lave løpende kostnader. Det er ikke rasjonelt å investere store summer i dyr infrastruktur, hvis tiltaket kommer til å bli brukt sjelden.

Investeringskostnader, for eksempel forbundet med innkjøp av utstyr til håndheving/kontroll, opparbeidelse av innfartsparkeringsplasser, reserve bussmateriell etc., må veies mot hvor ofte dette vil bli brukt. I stedet for å la kostbart utstyr stå i beredskap kan det være aktuelt å gjennomføre for eksempel kontroller på en enklere, mer manuell måte.

2.2 Oslo kommune har vedtatt forbud

Oslo kommune vedtok våren 2015 en handlingsplan for lokal luftkvalitet i Oslo.⁶ Et av tiltakene er «kjøreforbud for diesel personbiler og dieseldrevet varetransport med eldre enn Euro VI/Euro 6-teknologi på de mest forurensede dagene hvor det er fare for negative helseeffekter for et betydelig antall mennesker (ved timeverdier på over 200 µg/m³ i minst to sammenhengende dager over større geografisk område)».

I vedtaket er det også definert en del grupper som bør ha unntak fra forbudet: «Kjøreforbudet vil ha unntak for enkelte kjøretøygrupper (vareleveranser til Oslo, HC-transport, utrykningskjøretøy, kjøretøy som benyttes i offentlig tjeneste, pasienttransport, kjøretøy benyttet til utøvende næringsvirksomhet og av- og påkjøring til utenlandsferger).»

Disse gruppene er også forutsatt unntatt i de beregningene som er skissert i denne rapporten. Gruppene som er innvilget unntak i Oslo, er stort sett de samme som er unntatt i «Forskrift om midlertidige tiltak ved fare for dårlig luftkvalitet i Trondheim

⁶ Byrådssak 81.1 av 14.04.2015

kommune» og forskrift om såkalt datokjøring på dager med akutt luftforurensning i Bergen.⁷

I 2014 ble det innført nye, strengere utslippskrav for kjøretøyer, Euro 6 for personbiler og Euro VI for lastebiler. Utslippsmålinger viser at tunge lastebiler og busser som går på diesel, oppfyller kravene med god margin også i virkelig trafikk (Hagman et al. 2015). Personbiler med dieseldrift oppfyller derimot ikke utslippskravene i virkelig trafikk. En ny dieselpersonbil i Euro 6-klassen har ikke så mye lavere NO_x-utslipp enn Euro 5-klassen at det er saklig grunn for å behandle disse ulikt. I trafikkberegningene i dette prosjektet er det derfor forutsatt at dieselpersonbiler med Euro 6-standard er omfattet av tiltakene, men handikapbiler har dispensasjon.

Euro 6-klassen av dieseldrevne personbiler er imidlertid ikke omfattet av kjøreforbudet som Oslo kommune har vedtatt.

2.3 Ulike sonealternativer

Et tiltak for å begrense bruken av dieseldrevne personbiler på dager med svært høy luftforurensning kan utformes på ulike måter.

En arbeidsgruppe bestående av representanter fra Statens vegvesen Vegdirektoratet, Statens vegvesen Øst og Oslo kommune, Norsk institutt for luftforskning (NILU), Urbanet Analyse AS og Transportøkonomisk institutt, har definert et knippe alternativer.

Det er særlig fire alternativer som gjelder tiltak rettet mot dieselpersonbiler:

- **Forbud for dieselpersonbiler innenfor Ring 3, unntatt for Europaveiene E6 og E18 inkludert Operatunellen.**
A1. Forb_Pdiesel_ring3: Sonen er definert slik at den dekker de mest NO₂-belastede områdene i Oslo (jf. Figur 2). Områdene nordøst i Groruddalen er likevel ikke med i sonen, selv om disse også er svært belastet. Avgrensningen vil være relativt lett å kommunisere til bilistene. Gjennomgangstrafikken (Ring 3, E6 og E18) vil ikke bli rammet. Håndhevingen vil måtte skje ved hjelp av stikkprøver i området foretatt av politi og mannskaper fra Statens vegvesen. I beregningene er det forutsatt at man oppnår 90 prosent etterlevelse. Dette er svært optimistisk, og i spredningsanalysene vil nok dette svare til den maksimale reduksjonen i NO₂ som man vil kunne oppnå med tiltaket.
- **10 ganger økt bompengesats for dieselpersonbiler i bomringen**
*B1. 10*bom_Pdiesel:* Dette er ikke et forbud, men en økning til 10 ganger dagens bomsats på dager med høy luftforurensning vil føre til stor trafikkavvisning. Det er hensikten, men tiltaket gir en viss fleksibilitet, ved at den som *må* bruke dieselbilen, kan betale seg ut av knipen. Bruk av eksisterende infrastruktur vil forenkle iverksetting og håndheving. Scenarioet forutsetter at bompengesystemet AutoPASS videreutvikles slik at man kan skille mellom kjøretøyer med ulike drivstofftyper. (Vi er kjent med at det foregår et arbeid som utreder dette.) Tiltaket vil ikke gi restriksjoner på kjøring innenfor sonen, kun for dem som krysser bomringen. Gjennomgangstrafikk på Ring 3, E6 og E18 vil bli rammet.

⁷ Forskrift om midlertidig trafikkregulerende tiltak for kommunal vei, riks- og fylkesveier ved akutt luftforurensning, Bergen kommune, Hordaland,

- **10 ganger økt bompengesats for dieselpersonbiler i bomringen, pluss 10 ganger dagens sats i Bærumssnittet samt i nyetablerte bomstasjoner med tilsvarende satser ved kommunegrensen i nord, sør og øst.**
*C1. 10*bom_Pdiesel-X:* Dette alternativet utvider restriksjonene til også å gjelde kryssing av kommunegrensen i tillegg til dagens bomring. Dette innebærer at en større del av Groruddalen blir innlemmet i området med restriksjoner.
- **10 ganger økt bompengesats for alle dieselsbiler i bompengeringen, pluss 10 ganger dagens sats i Bærumssnittet samt i nyetablerte bomstasjoner med tilsvarende satser ved kommunegrensen i nord, sør og øst. Kombinert med en permanent lavutslippssone innenfor dagens bomsnitt med forbud for tunge kjøretøy som ikke tilfredsstiller Euro VI.**
*C2. 10*bom_diesel-XL:* Dette alternativet omfatter altså forhøyet sats i to bomsnitt for alle dieselskjøretøy samt en permanent forbudssone for tunge kjøretøy.

I tillegg til effekten av disse scenarioene ble fire andre varianter inkludert for sammenligningen skyld. Tre av dem er tidligere utredet av NILU i Tiltaksutredning for luftkvalitet i Oslo og Bærum 2015–2020.⁸ I tillegg til strakstiltak rettet mot dieseldrevne personbiler ble det også besluttet å se på kombinasjonen av disse strakstiltakene og en permanent lavutslippssone for tunge kjøretøy. NILUs rapport (Høiskar et al. 2015) presenterer utslippseffektene av alle disse tiltakene. Rapporten gir også en nærmere beskrivelse av de ulike scenarioene.

Bestillingen fra Samferdselsdepartementet til Statens vegvesen som ligger til grunn for dette oppdraget, var effekter, kostnader og nytte av et forbud mot dieselpersonbiler på dager med høy luftforurensning. Antall scenarioer ble utvidet til også å omfatte en permanent lavutslippssone for tunge kjøretøy.

⁸ Dato: 1014-12-19. utgitt av Oslo kommune, Bærum kommune og Statens vegvesen

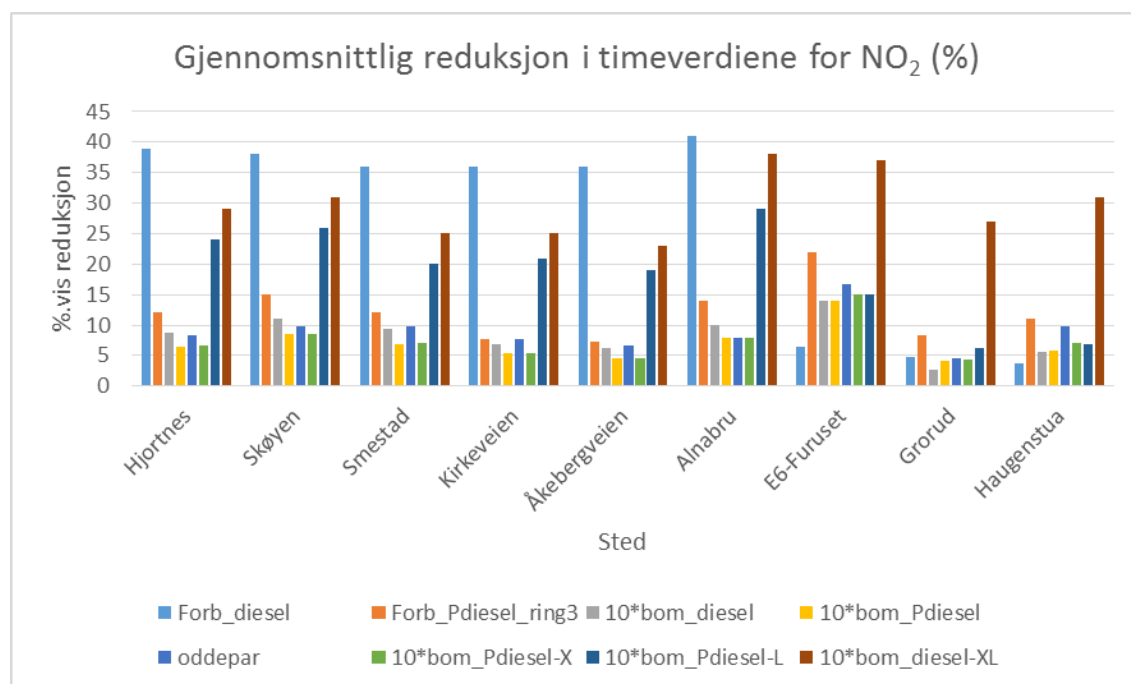
3 Tiltakenes kostnader og nytte

3.1 Utslippsberegninger

Nedenfor oppsummeres kort resultatene av NILUs utslippsberegninger. Disse er mer inngående beskrevet av Høiskar et al. (2015). Reduksjonen i NO₂-konsentrasjon som en følge av de ulike tiltakene er vist i Figur 5.

Tabell 2. Beskrivelse av eksemplene og strakstiltakene som NILU har gjort spredningsanalyser av med hensyn til NO_x. Alternativene med grå bakgrunn er gjort til gjenstand for nytte-kostnads-vurderinger. Kilde: Høiskar et al. (2015).

Eksempel	Tiltak
A0. Forb_diesel	Forbud mot dieseldrevne personbiler, samt tunge kjøretøy eldre enn Euro VI innenfor dagens bomsnitt. Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene.
A1. Forb_Pdiesel_ring3	Forbud for persondieselbiler innenfor Ring 3, unntatt for Europaveiene (E6 og E18), inkludert Operatunnelen. Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene.
B0. 10*bom_diesel	10 ganger økt bompengesats for alle dieseldrevet kjøretøy (tunge og lette, person- og varebiler) Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene.
B1. 10*bom_Pdiesel	10 ganger økt bompengesats for kun persondieselbiler Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene.
D0. Odde-par	Odde-partallskjøring for alle lette biler (personbiler og varebiler) innenfor kommunegrensen. Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene
C1. 10*bom_Pdiesel-X	10 ganger økt bompengesats for kun persondieselbiler Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene. I tillegg er dagens bompengedordning supplert med ekstra bomsnitt på Oslos kommunegrense mot nord, sør og øst.
B2. 10*bom_Pdiesel-L	10 ganger økt bompengesats for kun persondieselbiler. Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene, kombinert med en lavutslippssone for eldre tunge kjøretøy (kun tunge kjøretøy med Euro VI-teknologi er tillatt).
C2. 10*bom_diesel-XL	10 ganger økt bompengesats for alle dieseldrevet kjøretøy. Dagens bomsnitt og takster er lagt til grunn i beregningene. I tillegg er dagens bompengedordning supplert med ekstra bomsnitt på Oslos kommunegrense mot nord, sør og øst, kombinert med en lavutslippssone for eldre tunge kjøretøy (kun tunge kjøretøy med Euro VI-teknologi er tillatt).



Figur 5. Beregnet prosentvis reduksjon i midlere NO₂-konsentrasjon i forhold til referansesituasjonen ved innføring av ulike strakstiltak. Ni målestasjoner. Kilde: Høiskar et al. (2015).

Tiltakene som rammer både tunge og lette kjøretøy, gir betydelig større reduksjon i timeverdiene for NO₂ enn de øvrige tiltakene som er vurdert. For tiltakene som kun rammer dieselpersonbiler, reduseres NO₂-nivåene i snitt med 7–12 prosent på de stasjonene/stedene som er vist, mens tiltakene som er kombinert med et forbud for eldre tyngre kjøretøy (ikke Euro VI), gir en reduksjon i NO₂-nivåene på 20–30 prosent.

Basert på observasjoner i Oslo de siste elleve årene, vil en reduksjon i NO₂-nivåene på 30–35 prosent mest sannsynlig være tilstrekkelig til å unngå overskridelser av timemiddelverdien.

Ingen av de tiltakene som er beskrevet her, gir så store utslippsreduksjoner. Merk at reduksjonene er regnet i forhold til dagens utslipp. En reduksjon som en følge av en naturlig utskiftning av bilparken fram til for eksempel 2018 eller 2020 er ikke tatt med i beregningen.

Av tiltakene som kun rammer persondieslbiler, er det et forbud mot persondieslbiler innenfor Ring 3 som synes å gi best effekt (*Forb_Pdiesel_ring3*), til tross for at dette ikke rammer gjennomgangstrafikken på Ring 3, Europaveiene E6 og E18 inkludert Operatunnelen.

Luftforurensningsproblemene i Oslo og andre byer i Norge vil ikke løses ved strakstiltak alene, men strakstiltak vil bidra til at risikoen for overskridelser av timemiddelverdiene for NO₂ reduseres, samt at befolkningen i mindre grad utsettes for høye NO₂-nivåer. Hovedutfordringen med dagens forskriftskrav er for de aktuelle byene knyttet til årsmiddelverdien for NO₂. For å få ned årsmiddelverdien er det behov for tiltak som fungerer hele eller store deler av året, og som gir en kraftig reduksjon av NO_x-utslippene (NO₂ + NO) i forhold til dagens nivå.

Gjennomføring av et akutt tiltak som midlertidig forbud mot bruk av dieselpersonbiler vil ha en direkte nytteeffekt ved at utslippene blir redusert der og da. Dette er

beregnet ved hjelp av trafikkmodeller og spredningsmodeller. I tillegg vil man sannsynligvis få en mer langsiktig nytteeffekt ved at tiltaket påvirker sammenstillingen av kjøretøyparken. Et forbud mot bruk av dieselpersonbiler i Oslo på dager med høy forurensning, eventuelt signaler om en permanent forbudssone eller andre restriktive virkemidler, vil bidra til at folk som ønsker å kjøre i sentrum, skifter til en mer miljøvennlig bil når dieselbilen er moden for utskiftning. Sannsynligvis vil det også medføre at en viss andel skifter ut dieselbilen sin hurtigere enn de ellers ville ha gjort. Størrelsen på denne effekten er ikke beregnet i dette prosjektet.

3.2 Økte kostnader for trafikantene

Kjørerestriksjoner medfører ulemper for dem som blir berørt. Enten får de ikke gjennomført de reisene de normalt ville ha gjennomført, eller reisene tar lengre tid, på grunn av endringer i rutevalg, overgang til andre reisemidler eller bytte til et fjernere reisemål.

Når en skal verdsette i kroner den ulempen bilistene blir påført, er det, i henhold til prinsippene for nytte-kostnadsanalyse, nok å kjenne bilistenes etterspørselskurve, dvs. sammenhengen mellom deres samlede generaliserte kostnader og den samlede trafikkmengden. I de generaliserte kostnadene inngår reisetid, drivstoffutgifter, samt andre distanseavhengige kostnader som dekkslitasje, forsikring, vedlikehold og en andel avskrivning.

En prinsippsskisse av etterspørselskurven er gitt i Figur 6. I utgangspunktet står bilistene for en trafikkmengde kalt v_0 og har ved denne trafikkmengden en generalisert enhetskostnad k_0 . Etter innføring av tiltaket tvinges trafikken ned til nivået v_1 , og enhetskostnaden går opp til k_1 . Nyttetapet er gitt ved det fargede trapeset i figuren, som kan regnes ut ved hjelp av formelen

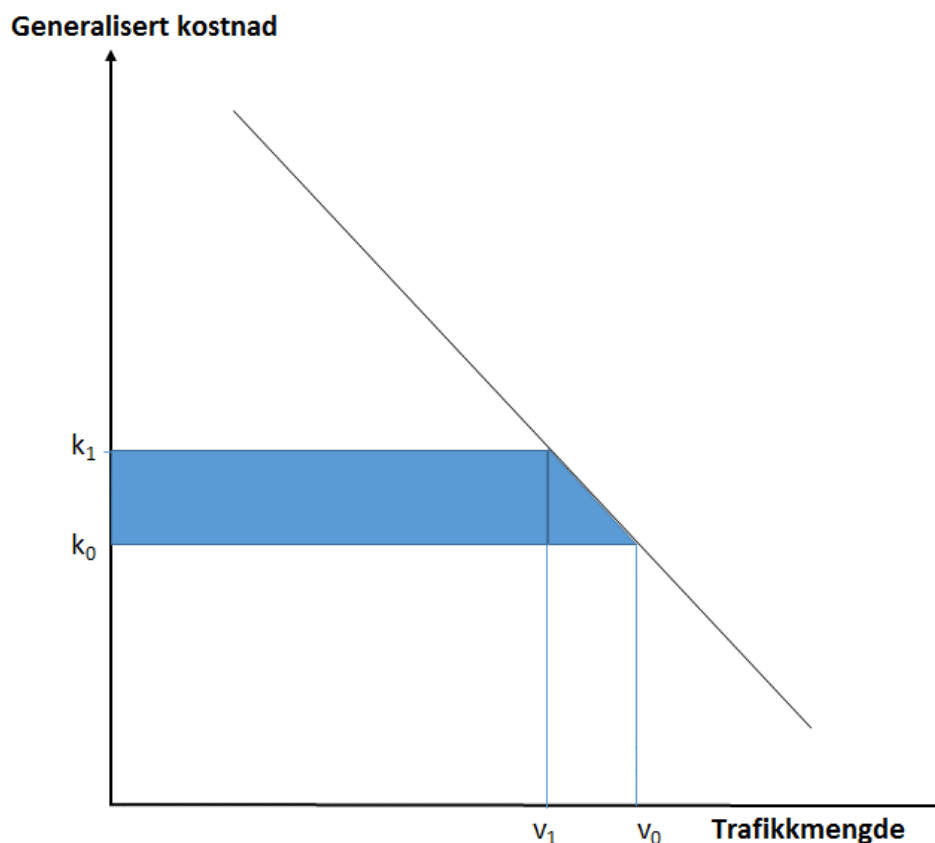
$$N = \frac{(k_1 - k_0)(v_1 + v_0)}{2}.$$

Noen trafikanter får, uten å betale ekstra bompenger, likevel fordel av tiltaket gjennom bedre framkommelighet. Nyttegevinsten for disse reduserer det samfunnsøkonomiske tapet noe. Dette er tatt hensyn til i formelen.

Vi har, ved hjelp av med modellen RTM23+, gjennomført trafikkberegninger for fire ulike scenarioer. I disse beregningene blir størrelsen på trapeset anslått, og nyttetapet blir fordelt på tre måter:

- mellom personreiser og gods,
- mellom tidskostnader, kjøretøykostnader og bompenger- og parkeringsutgifter, og
- mellom ulike transportformål: arbeidsreiser, tjenestereiser, fritidsreiser eller frakt av gods

Ikke alle disse postene er samfunnsøkonomiske kostnader. Bompengene innebærer f.eks. bare en omfordeling: bilistenes utgift er bompengeselskapets inntekt. I henhold til Finansdepartementets (2014) standard for nytte-kostnadsanalyse skal bompengene faktisk innregnes på inntektssiden, ikke i sin helhet, men med 20 prosent av beløpet, da de bidrar til å redusere behovet for å beskatte andre goder. I vår beregning har vi imidlertid ikke tatt dette med i regnestykket.



Figur 6. Trapesregelen for nyttetap ved utenfra påført trafikkbegrensning.

Hvorvidt de innstilte bilreisene fører til flere kollektivreiser, gangturer eller sykkelturer får i utgangspunktet ingen betydning for nytte-kostnadsregnskapet. Dette gjelder dersom rutetilbudet er det samme som før, slik at kollektivtrafikantenes generaliserte kostnader er konstante.

Ved nærmere ettertanke er dette en svært optimistisk forutsetning. Om rutetilbudet opprettholdes på samme nivå, samtidig som det strømmer til mange nye rushtidstrafikanter, vil passasjerene oppleve økt trengsel, redusert komfort og trolig også redusert punktlighet og regularitet (se avsnitt 3.7.1). Dette vil gjelde både gamle og nye kollektivtrafikanter. Disse virkningene er ikke verdsatt i modellberegningene. Det innebærer at nyttetapet knyttet til kjørebegrensningene blir undervurdert i modellen. I beste fall er nyttetapsberegningene således å anse som minimumsanslag.

3.3 Bruk av RTM23+

For å beregne disse kostnadene har vi benyttet den regionale transportmodellen RMT23+. Kjøringene er foretatt av Urbanet Analyse og er de samme som NILU har benyttet som input i sine modeller for å foreta spredningsberegninger av NO_2 .

RTM23+ er en overordnet Regional Transport-Modell som dekker området Akershus, Oslo og tilgrensende områder til Akershus. Trafikkmodellen dekker et større område enn det området som er benyttet i modellen for spredningsberegningene (AirQUIS modellområde), se Figur 7.



Figur 7. Modellområde for RTM23+ modellen. Utstrekningen av modellområdet benyttet i spredningsberegningene (AirQUIS) er indikert med blå firkant

Ca. 51 prosent av trafikken fra RTM23+ foregår internt i AirQUIS' modellområde, ca. 13 prosent går inn og ut av området og 36 prosent av trafikken i RTM23+ foregår utenfor modellområdet.

Trafikkmodellen gir informasjon om trafikken som benyttes i utslippsberegningene, blant annet informasjon om døgntrafikk (ÅDT), kjørehastighet, tungtrafikkandeler, bussandeler og ulik geografisk informasjon om veiene.

Det totale utslippet fra kjøretøyene er avhengig av trafikkarbeidet (antall kjøretøykm) og er en svært viktig input til spredningsberegningene.

Vi har ved hjelp av RTM23+ gjort beregninger for følgende fire scenarier:

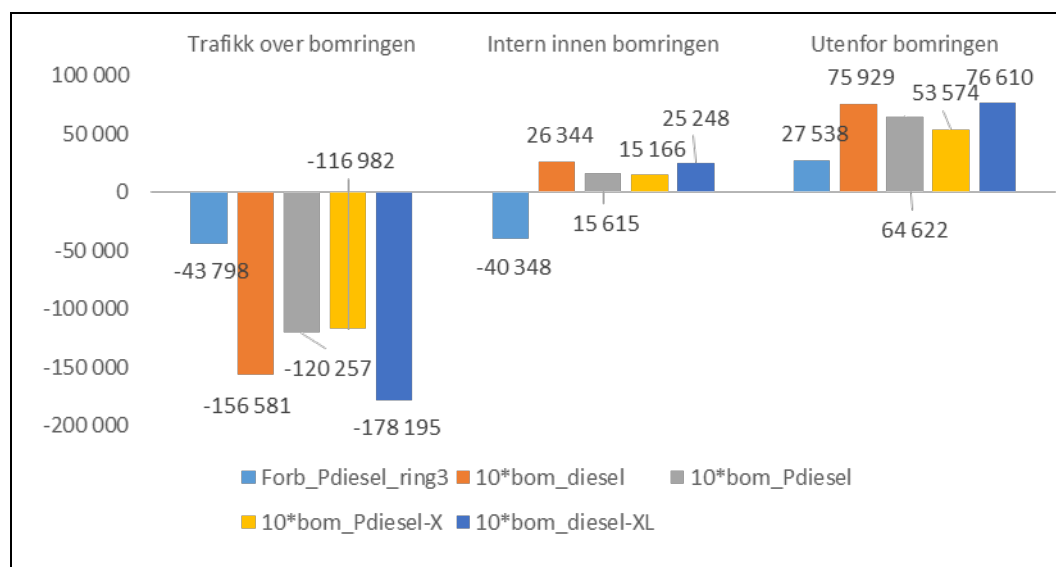
- A1. Forb P diesel ing3: Forbud for persondieserbiler innenfor Ring 3, unntatt for Europaveiene (E6 og E18), inkludert Operatunellen
- B1. 10*bom P diesel: 10 ganger økt bompengesats for diesel personbiler
- C1. 10*bom P diesel-X: 10 ganger økt bompengesats for diesel personbiler i dagens bomsnitt rundt Oslo, pluss 10 ganger dagens sats i Bærumssnittet samt i nytt snitt ved kommunegrensen i nord, sør og øst.
- C2. 10*bom diesel-XL: 10 ganger økt bompengesats for alle dieseldrøyetø i dagens bomsnitt rundt Oslo, pluss 10 ganger dagens sats i Bærumssnittet samt i nytt snitt ved kommunegrensen i nord, sør og øst + lavutslippssone for tunge kjøretø der kun Euro VI er tillatt.

Samtlige scenarier vurderes opp mot et referansescenario, som representerer dagens situasjon, uten spesielle tiltak for trafikk- eller utslippsbegrensning.

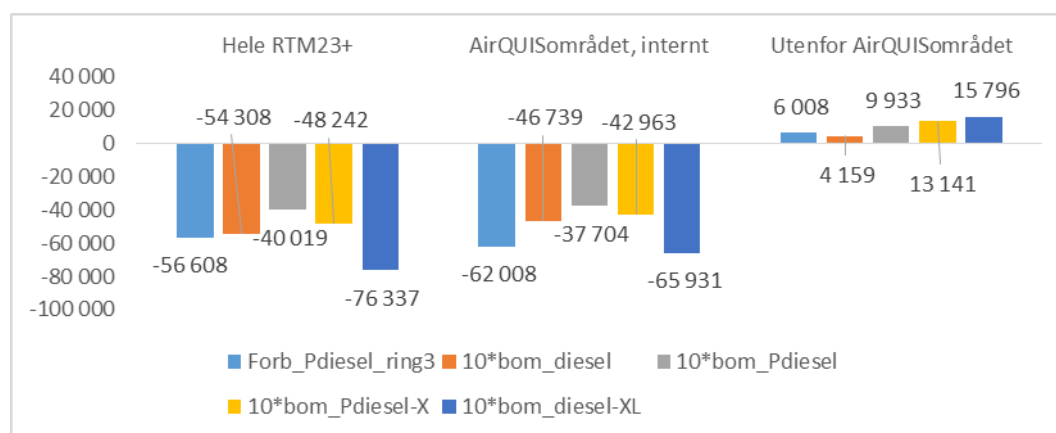
Trafikkmodellen skiller ikke på drivstofftyper, og dette medfører at det har vært nødvendig å gjøre tilpasninger i modellen. Dette er i hovedsak gjort ved å kjøre delberegninger/scenarier der befolkningen er redusert med en prosentsats tilsvarende den andel som antas å bli påvirket av de respektive tiltakene. Det vil si at

dersom det er antatt at 30 prosent av lette kjøretøy vil bli påvirket av tiltaket, så er det kjørt delberegninger for den berørte del av husstandene, der befolkningen teknisk sett er redusert til kun 30 prosent. Resultatet fra delberegningene er til slutt lagt til referansebanen, slik at resultatet kan sammenlignes med en situasjon der all biltrafikk er med.

Figur 8 oppsummerer hvordan de ulike tiltakene påvirker antall personbilturer per virkedag, separat for trafikk over dagens bomring, interne turer innenfor bomringen og turer utenfor bomringen. Karakteristisk for scenarioene som innebærer økte bomkostnader, er at mens det er en reduksjon over bomsnittet, så dempes denne effekten av at det er en økning i trafikk både innenfor og utenfor bomringen. Forbudssonealternativet **A1. Forb_Pdiesel_ring3** gir minst reduksjon i trafikken over bomsnittet, men i motsetning til de andre tiltakene en vesentlig reduksjon i trafikk innenfor bomringen. Samtidig er A1 også det tiltaket som gir minst økning i trafikken utenfor bomringen.



Figur 8. Sammenligning av tiltak i henhold til RTM23+. Endring i personbilturer per virkedag gjennom, innenfor og utenfor bomringen. Kilde: Høiskar et al. (2015).



Figur 9. Sammenligning av tiltak i henhold til RTM23+. Endring i personbilturer per virkedag i RTM23+-området, samt innenfor og utenfor AirQUIS-området. Kilde: Høiskar et al. (2015).

Dersom vi ser på reduksjonen i samlet antall turer per virkedøgn i hele RTM23+-modellens område, er det alternativ **B1. 10*bom_Pdiesel** som har minst virkning, mens **C2. 10*bom_diesel-XL** har størst (Figur 9). Forskjellene er relativt små mellom tiltakene for hele RTM23+-modellen sett under ett og internt i AirQUIS-området. Alle tiltakene gir en liten økning i trafikk utenfor AirQUIS-området. Dette skyldes i hovedsak endret rutevalg/destinasjonsvalg.

RTM23+-modellens relasjoner er basert på sammenlignende analyse av individers og husholds reiseatferd, slik denne framgår av reisevaneundersøkelser. Det innebærer i prinsippet at modellresultatene er å tolke som endringer på mellomlang sikt. Arbeidsreisene kan i modellen endre reisemål, ved at individene bytter jobb dersom arbeidsreisen blir for lang, dyr eller slitsom. Anvendt på en kortsiktig akutt situasjon med kjørerestriksjoner er dette ikke realistisk. Modellen åpner således for flere tilpasningsmuligheter enn en vil ha i praksis. Den undervurderer således kostnadene ved kortsiktige kjørerestriksjoner.

Det beregnede nyttetapet i modell gjelder kun bilistene. Økte kostnader i kollektivtrafikken, på enten operatørselskapenes eller trafikantenes hånd, er ikke beregnet (se avsnitt 3.7.1). Også av denne grunn blir trafikantkostnadene undervurdert.

RTM23+ er en persontrafikkmodell. Det vil si at den beregner endret rutevalg, etterspørsel, reisetider etc. for personreiser. Blant annet for å gi realistiske trafikkvolumer i veinettet er også godstrafikk med. Denne trafikken inngår som statiske matriser, det vil si at etterspørselen etter antall godsturer ikke endrer seg som følge av tiltak som simuleres i modellen. I de tilfeller der godstrafikken kan velge ulike ruter til sin destinasjon, vil endringer i slike valg fanges opp av modellen. Dermed vil endringene for godstrafikken komme med som økt nyttetap, ved at reisekostnadene øker, mens antall turer vil være uforandret. Men modellen fanger ikke opp kostnader som følge av at enkelte godsturer i realiteten ville bli innstilt, eller endre startpunkt eller målpunkt, dersom kjørerestriksjonene skulle bli virkelighet.

Det innebærer at modellberegningene i særlig grad undervurderer kostnaden knyttet til scenarioet C2, som innebærer tidoblet bompengesats også for tunge kjøretøy, og dessuten en permanent lavutslippssone for tunge kjøretøy innenfor dagens bompengering. Lavutslippssonen vil tvinge transportørene til å fornye kjøretøyparken. Kostnadene ved dette kommer heller ikke fram i beregningene med trafikkmodellen.

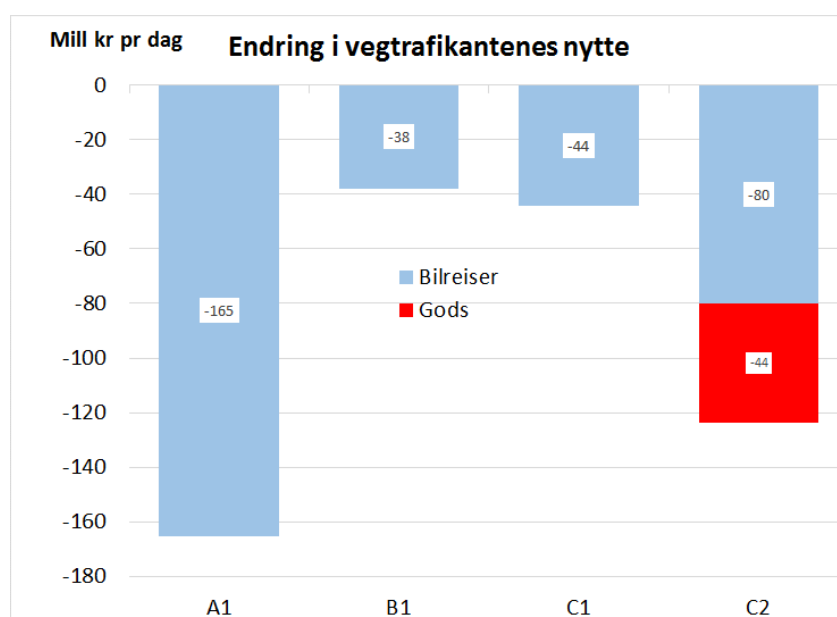
Scenarioet A1, som i prinsippet innebærer at all trafikk med dieseldrevne personbiler i forbudssonen skal opphøre, har budt på særlige beregningsutfordringer. Atferden styres i modellen gjennom et sett kostnads- og nyttefunksjoner. Rene forbud, som i alternativ A1, lar seg ikke uten videre oversette til kostnads- eller nytteendringer. For å imitere en forbudssone har vi i stedet lagt til nærmet prohibitive kostnader på alle veilenker inn i og ut av forbudssonen, og tilsvarende kostnader på parkering i sonen. Dermed får all dieselmotorer i forbudssonen en kraftig økt generalisert kostnad. Tillegget er satt til 750 kr per tur eller parkering. Ved denne kostnaden blir ifølge modellen omtrent 90 prosent av de berørte bilreisene innstilt eller overført til andre reisemidler eller reisemål. De fiktive bom- og parkeringskostnadene framkaller med andre ord en situasjon tilsvarende en forbudssone med 90 prosent etterlevelse, slik NILU har lagt til grunn i A1-alternativet for NO_x-utslipp og spredning av NO₂.

Det viser seg imidlertid at nyttetapsberegningene er svært sensitive for selv moderate endringer i den fiktive bom- og parkeringskostnaden. Det innebærer at resultatene for A1-alternativet må tolkes med særlig forsiktighet. I beste fall gir beregningene en

antydning om trafikantkostnadenes størrelsesorden. I tillegg kommer at en forbuds-
sone meget vel kan medføre kostnader utenfor transportmarkedet, f.eks. gjennom
tap av arbeidskraft og produksjon (se avsnitt 3.7.2). Slike kostnader framkommer
ikke i trafikkmodellen.

3.4 Samfunnsøkonomiske trafikantkostnader

I Figur 10 vises den modellberegnete endringen i trafikantnytte i scenarioene A1, B1,
C1 og C2. Nyttetapet er verdsatt til ca. 165 mill kr per dag i alternativ A1, snaut 40
mill kr i alternativ B1, nesten 45 mill kr i alternativ C1, og over 120 mill kr i scenario
C2. Det siste scenarioet berører også godstrafikken.



Figur 10. Modellberegnet nytteendring for veitrafikantene i fire alternativ, sammenlignet med referansealternativet.

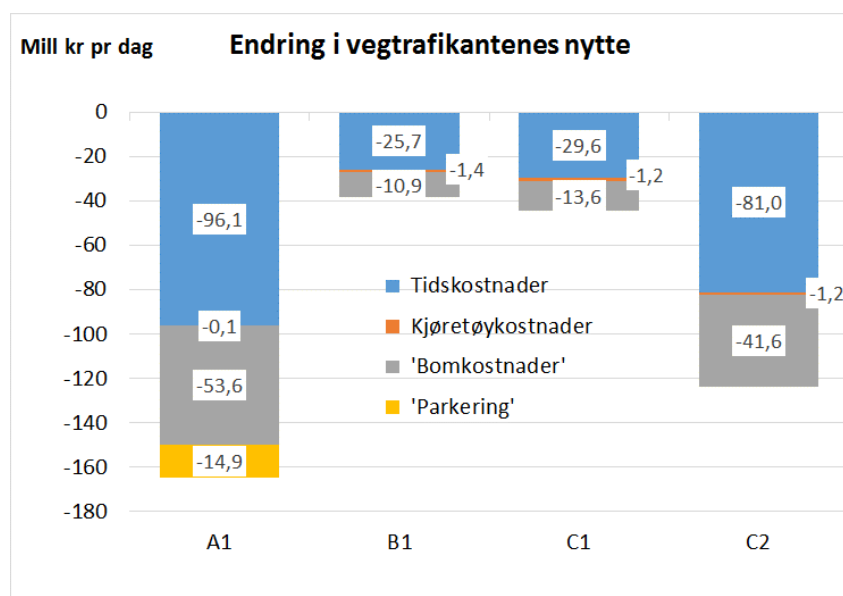
Merk at alle samfunnsøkonomiske kostnader ikke er tatt med. På den annen side er
parkerings- og bomkostnadene ikke samfunnsøkonomiske kostnader, kun
overføringer mellom privat og offentlig sektor. Dette gjelder uavhengig av om disse
kostnadene er fiktive, som i alternativ A1, eller reelle, som i de øvrige tre alternativ.
Dette er nærmere drøftet i avsnitt 3.7.

Fordelingen mellom tidskostnader, kjøretøykostnader, bom- og parkeringsutgifter
framgår av Figur 11. Tidskostnadene dominerer i alle alternativ. Det er først og
fremst disse som er av interesse med tanke på samfunnsøkonomisk
kostnadseffektivitet.

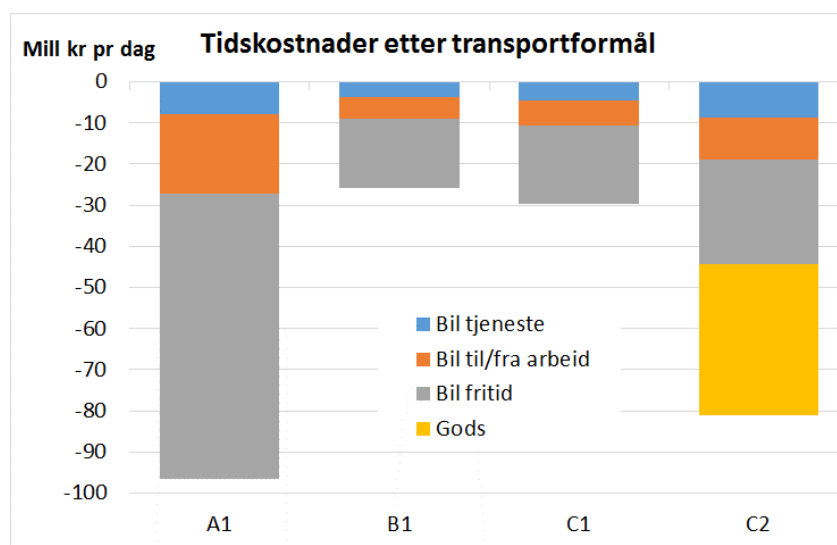
En ytterligere oppsplitting av tidskostnadene er vist i Figur 12. Fritidsreisene viser seg
å stå for størstedelen av nyttetapet på persontransportsiden. Dette reflekterer trolig at
arbeids- og tjenestereisene er mindre prisfølsomme og derfor i mindre grad blir inn-
stilt eller overført til kollektivtransport, sykkel eller gange, selv om bompengesatsen
tidobles.

Tidskostnadene utgjør snaut 100 mill kr per dag i alternativet med forbudssone (A1), drøyt 25 mill ved tidoblet sats i dagens bomring (B1), snaut 30 mill ved tidoblet sats både i dagens bomring og i en forlenget bærumsring (C1), og drøyt 80 mill per dag dersom også de tunge godsbilene får tidoblet sats i begge bomringer, og dessuten permanent lavutslippssone innenfor dagens bomring (C2). I det siste alternativet står godsbilene for nærmere halvparten av det beregnede nyttetapet. Som nevnt er dette tapet særlig konservativt anslått.

Merk at Figur 10 til 12 angir kostnader per dag. For en tiltaksperiode på for eksempel én uke vil kostnadene være grovt regnet fem til sju ganger så høye.



Figur 11. Modellberegnet nytteendring for veitrafikantene i fire alternativ, etter kostnadsart, sammenlignet med referansealternativet.



Figur 12. Modellberegnet endring i tidskostnader for veitrafikantene i fire alternativ, etter transportformål, sammenlignet med referansealternativet. Negativ endring betyr økte kostnader.

3.5 Nytte – bedre helse

Thune-Larsen et al. (2014) har som referert i kapittel 1.2 beregnet marginale eksterne kostnader av luftforurensning med utgangspunkt i nasjonale- og internasjonale studier. Den største kostnadskomponenten er knyttet til negative helseeffekter.

I Tabell 3 oppgis det totale beregnede utslipp av NO_x i de ulike scenarioene over hele beregningsområdet (Stor-Oslo) og beregningsperioden på åtte dager. Utslipet i referansescenarioet blir da 151,5 tonn, som er 18,9 tonn per dag i gjennomsnitt. Kronebeløpene er framkommet ved å regne 300 kr per kg NO_x, i samsvar med avrundet anslag gitt av Thune-Larsen et al. (2014).

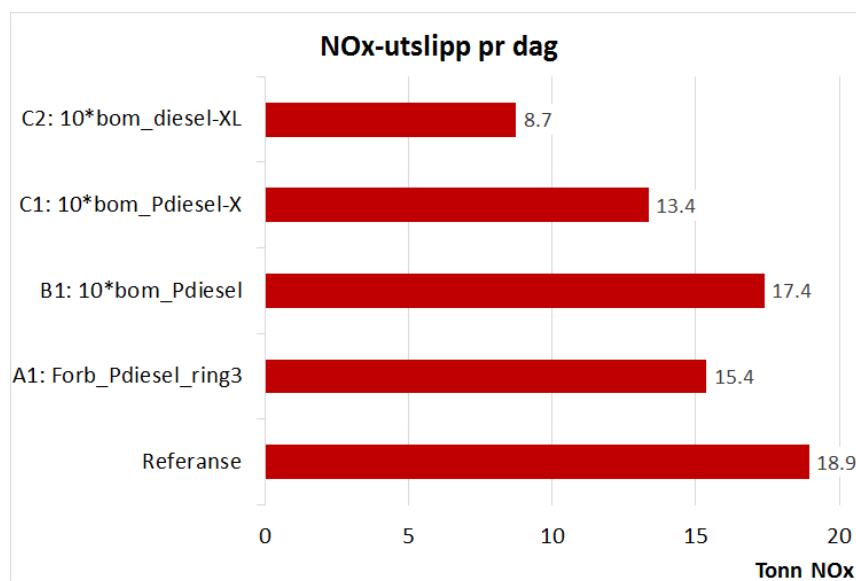
Av de fire scenarioene en har nytte-kostnadsberegnet, innebærer bare ett (C2) at NO_x-utslippet blir mer enn halvert (Figur 13). For alternativene A1, B1 og C1 er utslippsreduksjonen sammenlignet med referansesituasjonen henholdsvis 19, 8 og 30 prosent.

Satsen på kr 300 per kg NO_x er å forstå som et anslag over den gjennomsnittlige skadekostnaden i byer med enn 100 000 innbyggere. Som nevnt i avsnitt 1.2 kan det stilles spørsmål om hvor representativt dette anslaget er for en situasjon der det er aktuelt å innføre straktiltak mot NO_x-utslipp i Oslo. Situasjonen vil være preget av langt over gjennomsnittlig NO₂-konsentrasjon, og det er tenkelig at den marginale effekten av nye NO_x-utslipp vil være betydelig kraftigere enn på en gjennomsnittsdag.

Tabell 3. Åtte dagers utslipp av NO_x i modellområdet AirQUIS for ulike scenarioer og perioder, samt kostnad beregnet ut fra 300 kr/kg NO_x.

Scenario	Tonn NO _x -utslipp	Beregnet kostnad mill kr	Reduksjon sml. med referanse
A0. Forb_diesel	101,3	30,4	33 %
A1. Forb_Pdiesel_ring3	123,0	36,9	19 %
B0. 10*bom_diesel	135,9	40,7	10 %
B1. 10*bom_Pdiesel	139,1	41,7	8 %
B2. 10*bom_Pdiesel-L	138,0	41,4	9 %
C1. 10*bom_Pdiesel-X	106,8	32,0	30 %
C2. 10*bom_diesel-XL	69,9	21,0	54 %
D0. Forb odde/partall	131,3	39,5	13 %
Referanse	151,5	45,5	0 %

Det foreligger imidlertid ikke verifiserbar informasjon om hvordan marginal-kostnaden av NO_x-utslipp varierer med utgangsnivået for NO₂-konsentrasjon. Skadekostnaden vil være avhengig av to forhold: (i) hvor mange personer som berøres av helseskadelig NO₂-konsentrasjon, og (ii) hvor høyt NO₂-nivå disse utsettes for. Den første effekten må antas å være ikke-lineær, dvs. at antallet personer berørt stiger stadig brattere når utslippet øker, i hvert fall i visse intervall. Den andre effekten er, ifølge en fersk studie fra Göteborg (Stockfelt et al. 2015), på lang sikt lineær.



Figur 13. Beregnet daglig utslipp av NO_x i referansesituasjonen og i fire scenarier. Kilde: Utslippetsdata fra NILU bearbejdet av TØI.

Et høyere anslag for skadekostnaden vil innebære proporsjonalt større helsegevinst ved begrensning av NO_x-utslippet. Er den marginale skadekostnaden f.eks. 600 kr per kg NO_x ved innføringen av strakstiltak, vil verdien av helsegevinsten bli dobbelt så stor som vist i Tabell 3.

Siden det ikke foreligger grunnlag for å anslå denne marginalkostnaden, kommer en ikke lenger enn til å gjøre en enkel sensitivitetsanalyse, der en får fram hvordan nyttekostnadsregnskapet blir under ulike forutsetninger.

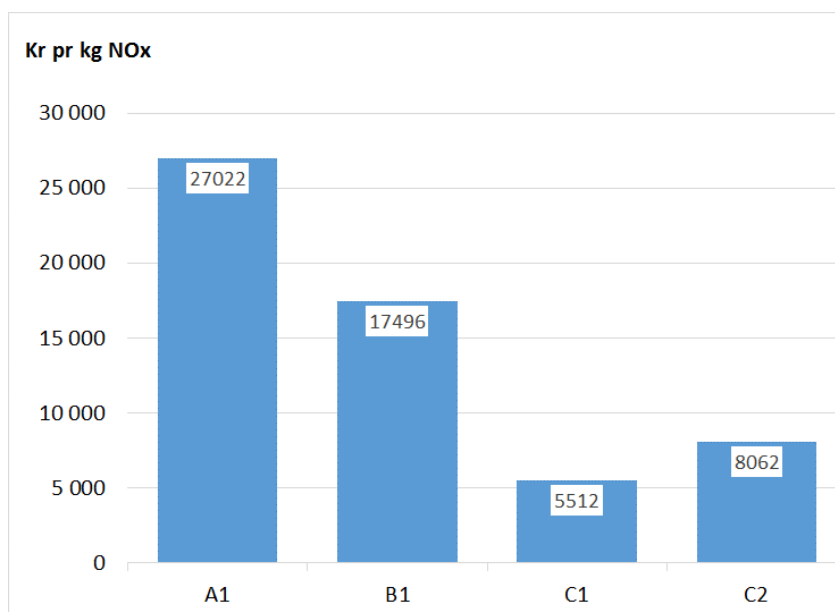
3.6 Kostnadseffektivitet

3.6.1 Kostnad per tonn unngått NO_x

Ved å regne samfunnsøkonomisk nyttetap i trafikken (Figur 11) per krone unngått NO_x-kostnad (Tabell 3) får vi et (omvendt) mål på de ulike tiltaksalternativenes kostnadseffektivitet. En slik beregning er vist i Figur 14. Tallene må, i lys av den usikkerhet som gjelder på så vel nytte- som kostnadssiden (se avsnitt 3.7), tolkes med stor forsiktighet. Særlig gjelder dette scenario C2, der det vil påløpe store kostnader knyttet til godstransporten, hvorav bare en mindre del er tatt hensyn til i beregningene. Det forutsettes dessuten opprettet en ny bomring langs kommunegrensen i forlengelsen av Bærumsringen. Kostnadene ved dette er ikke tatt hensyn til. Det siste momentet gjelder også for scenario C1.

Forbudsscenariet A1 er som nevnt simulert ved at en har lagt høye, fiktive bom- og parkeringsutgifter på kostnadsfunksjonene i modellen. Beregningen er usikker og lite robust overfor endringer i forutsetningene.

Sammenligningen mellom alternativene er derfor ikke helt fair.

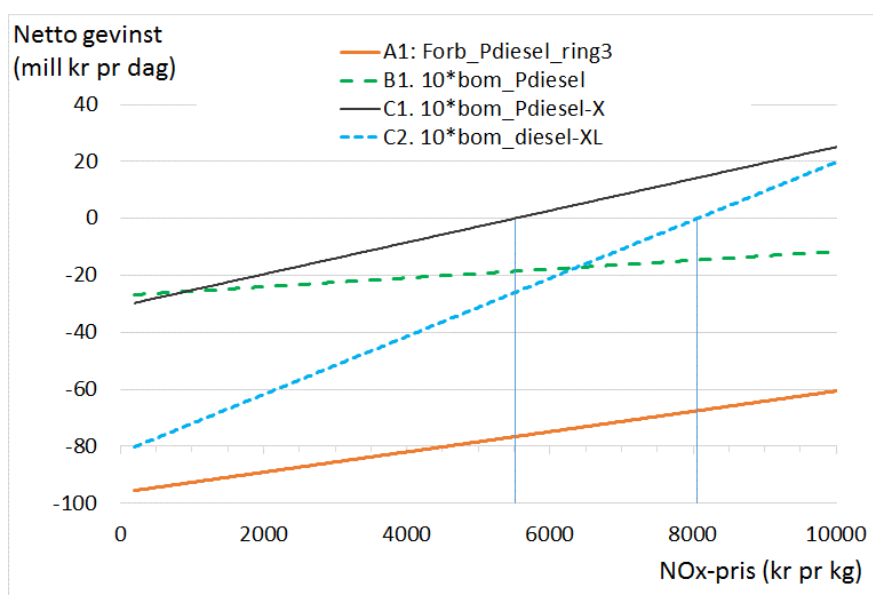


Figur 14. Trafikantenes tids- og kjøretøykostnader per unngått kg NOx, i fire alternativer.

Figuren omfatter tidskostnader og kjøretøykostnader, men ikke bompenger og parkeringsutgifter, som ikke er samfunnsøkonomiske kostnader. Ved en 'pris' på 300 kr per kg NOx er de samfunnsøkonomiske kostnadene ved strakstiltakene grovt regnet 20 til 60 ganger så høye som de beregnede helsegevinstene.

Under disse forutsetninger er alle tiltakene A1, B1, C1 og C2 utvetydig tapsbringende i samfunnsøkonomisk forstand.

I Figur 15 vises hvordan den beregnede nettogevinsten ved tiltakene varierer med NOx-prisen. Merk at kostnadene er forsiktig anslått, blant annet ved at trengselskostnadene i kollektivtrafikken ikke er medregnet (se avsnitt 3.7).



Figur 15. Sammenheng mellom antatt skadekostnad per kg NOx og beregnet netto samfunnsøkonomisk gevinst, i fire scenarioer for strakstiltak.

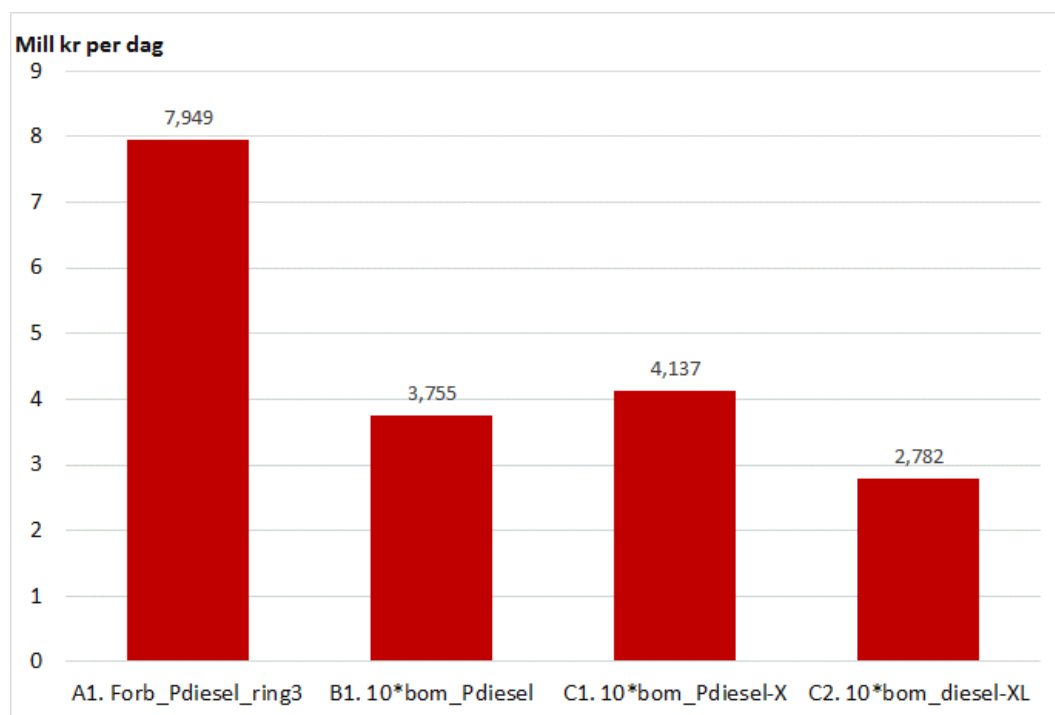
Alternativ C1 går i pluss dersom NO_x-skadekostnaden overstiger kr 5512 per kg. For C2 er terskelen kr 8062. Alternativene A1 og B1 vil ikke være lønnsomme for noen NO_x-pris under kr 10 000.

C2-alternativet gir størst reduksjon i NO_x-utslipp, med 54 prosent. Derfor er nettogevinsten av dette tiltaket mer avhengig av NO_x-prisen enn tilfellet er for de andre scenarioene, og C2-kurven stiger brattere enn de andre to. Nest størst effekt, med 30 prosent, og nest brattest stigning, har C1-alternativet. B1-alternativet gir bare 8 prosent reduksjon i utslippet, og gir derfor bare liten økning i gevinsten selv om NO_x-prisen skulle stige.

3.6.2 Kostnad per prosent reduksjon i NO₂-nivået

En annen måte å måle kostnadseffektiviteten på ville være å anslå kostnaden per prosent oppnådd reduksjon i NO₂-konsentrasjonen. Her møter en imidlertid det problem at det ikke finnes representative tall for hvor høy NO₂-konsentrasjon befolkningen er eksponert for. NILUs målinger gjøres på ni ulike stasjoner spredt omkring i Oslo. Disse utgjør ikke noe randomisert utvalg, slik at en uten videre kan anse tallene som representative og generaliserbare.

I Figur 16 har vi likevel brukt det beregnede gjennomsnittet for de ni målestasjonene i de fire tiltaksscenarioene og regnet kostnadene per prosent reduksjon i NO₂-konsentrasjonen.



Figur 16. Beregnet tids- og kjøretøystkostnad for å redusere det gjennomsnittlige NO₂-nivået med én prosent, i fire tiltaksalternativ.

Alternativene A1, B1 og C1 gjelder alle tiltak kun rettet mot dieselpersonbiler og er derfor direkte sammenlignbare. Av disse kommer alternativ B1 (10 ganger forhøyet takst i dagens bomring) ut som det mest kostnadseffektive tiltaket når en ser på NO₂-nivået. Kostnaden for å redusere det gjennomsnittlige NO₂-nivået med en prosentenhet er ca. 3,7 mill. kr per dag. Dette tiltaket er av NILU beregnet til å kunne redusere NO₂-nivået med ca. 7 prosent i forhold til referansealternativet.

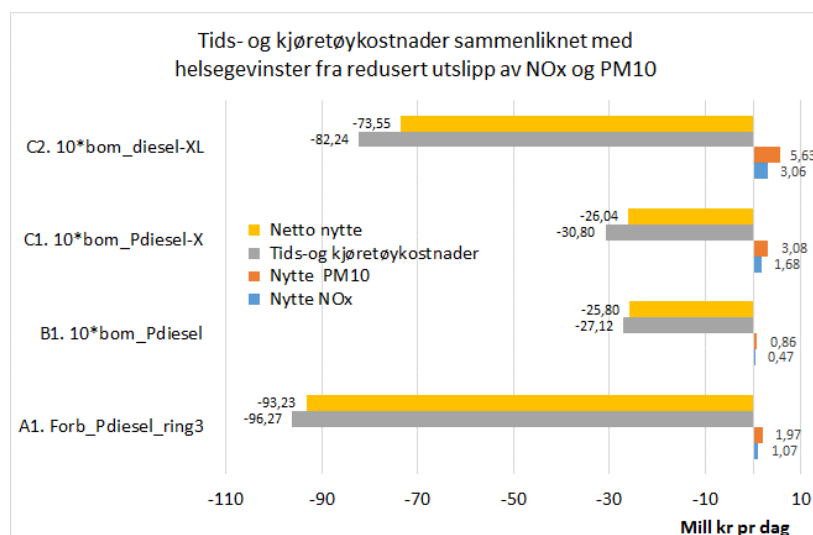
Et tiltak som kjøreforbud for dieselpersonbiler innenfor Ring 3 (A1) har en anslått kostnad som er vel dobbelt så høy per prosentenhet reduksjon av NO₂-nivåene, sammenlignet med forhøyet takst i bomringen. Denne løsningen er altså dyrere, men har samtidig et større potensial. NILU har beregnet at et slikt forbud vil redusere NO₂-nivåene med ca. 12 prosent, forutsatt 90 prosent etterlevelse av forbudet.

Alternativ C1 beskriver et alternativ med forhøyet takst i dagens bomring (som B1), men i tillegg en ekstra bomring på kommunegrensen hvor det også er forhøyet takst. Dette alternativet har litt dårligere lønnsomhet enn kun å bruke dagens bomring, selv om en ikke belaster tiltaket med kostnader knyttet til ny bomring, og tiltaket gir heller ikke vesentlig større reduksjon i NO₂-nivået.

Alternativ C2 forutsetter restriksjoner mot alle typer dieslbiler (også varebiler) bortsett fra tunge biler med Euro VI-teknologi. Dette er ikke et særlig realistisk scenario. Det er vanskelig å se for seg forbud mot dieseldrevne varebiler og annen godstransport på dager med høy forurensning. En mer effektiv strategi overfor denne kjøretøygruppen ville trolig være permanente soner hvor aktørene etter en tid tvinges til å skifte til mer miljøvennlige kjøretøy. Modellberegningene fanger ikke opp noen særlig stor del av de kostnader som ville påløpe for transportørene.

3.6.3 Redusert svevestøv en positiv bivirkning

Tiltakene mot NO₂-forurensning vil medføre en del positive bivirkninger, først og fremst i form av mindre svevestøv. I Figur 17 er dette tatt i betraktning.



Figur 17. Beregnede trafikantkostnader sammenliknet med helsegevinster fra redusert utslipp av NO_x og PM₁₀, forutsatt 300 kr per kg NO_x og 5000 kr per kg PM₁₀.

Reduksjonen i PM10-forekomst er anslått ved å anta et fast forhold mellom dieselbilenes innvirkning på henholdsvis NO_x- og PM10-konsentrasjon i tettsteder med over 100 000 innbyggere, slik disse tallene framgår av Thune-Larsen et al. (2014: Tab. 3.1.7a). Skadepåkostnaden er, i samsvar med Thune-Larsen et al., satt til 300 kr per kg NO_x og 5000 kr per kg PM10.

Under disse forutsetningene ser vi at helsegevinsten av redusert svevestøv-konsentrasjon er grovt regnet dobbelt så stor som for NO_x. Det innebærer at kostnytte-forholdet knyttet til hvert av tiltakene blir bare en tredjedel så stort som antydnet i Figur 14 og 16, dersom en tar hensyn til helsegevinsten av mindre svevestøv.

3.7 Utelatte kostnader

De administrative kostnadene ved å gjennomføre tiltakene er ikke inkludert i analysen. Disse kostnadene vil uansett være relativt lave sammenlignet med kostnadene som påføres trafikantene. Nedenfor følger anslag for gjennomføringskostnader og drøfting av andre kostnader som ikke er med i analysen.

3.7.1 Trengsel

Som nevnt i avsnitt 3.2 er de økte trengselskostnadene i kollektivtrafikken ikke medregnet. Både sittende og stående passasjerer opplever ubehag i overfylte vogner. Wardman og Wheelan (2011) oppsummerer mange års forskning på dette området ved å anslå at (den opplevde) tidskostnaden for stående passasjerer er 1,6 til 2 ganger så høy som for sittende med god plass, dersom det er én stående passasjer per kvadratmeter, og 1,9 til 2,4 ganger så høy dersom det er fire stående per m². For sittende passasjerer er trengselsfaktoren 1,4 til 2 dersom det er fire stående per kvadratmeter.

Dette innebærer at de generaliserte kostnadene for kollektivtrafikantene vil øke betydelig i en situasjon der mange flere vil ta T-banen, bussen eller trikken. Særlig stor vil økningen være i rushtiden.

I tillegg til trengselsulempen kommer de mulige ulempene ved at noen kan bli frakjørt på holdeplassen fordi bussen er full, og at reisetiden øker fordi påstigning og avstigning tar lengre tid. Dersom kollektivtilbudet blir utvidet, vil dette medføre kostnader på operatørsiden, men trengselskostnadene vil til gjengjeld øke mindre.

Kjørerestriksjonene for dieselmotorer vil gi bedre trafikkflyt, også for busser. Reisetiden kan derfor komme til å gå noe ned. Dette reduserer kollektivtrafikantenes opplevde kostnader, men vil ikke på langt nær kunne oppveie de økte trengselsulempene.

3.7.2 Kostnader utenfor transportmarkedet

Kostnadsberegningene gjelder virkninger som oppstår i transportmarkedet. I de fleste tilfeller er dette tilstrekkelig til å fange opp det alt vesentlige av den samfunnsøkonomiske kostnaden, i alle fall på kort sikt.

I situasjoner der transporten møter ikke-økonomiske restriksjoner, som f.eks. lavutslippssoner eller andre former for betingede kjøreforbud, vil det kunne oppstå virkninger i andre markeder – mest åpenbart i arbeidsmarkedet. Dersom en

arbeidstaker rammet av kjøreforbud ikke finner noen alternativ måte å nå arbeidsplassen på, vil arbeidsgiveren i gitte situasjoner kunne lide betydelige tap.

Slike virkninger er mindre sannsynlige dersom trafikken reguleres ved hjelp av prismekanismen, slik det er forutsatt i våre scenarioer B1, C1 og C2. En må anta at dersom alternativet er betydelig tap på arbeidsgivers hånd, vil de fleste arbeidstakere velge å betale den høyere bompengavgiften, enten av egen lomme eller etter avtale om at arbeidsgiver refunderer. I alternativ A1, derimot, kan en ikke se bort fra det vil oppstå slike virkninger, som ikke er oppfanget i modellberegningene.

3.7.3 Kontrollkostnader

Tiltak i form av økte eller differensierte satser i den nåværende bomringen, som i scenarioene B1 og C1, vil ha begrensede kontrollkostnader, men muligens noe større ressursbruk for å behandle klager fra AutoPASS-abonnentene og andre passerende.

Et betinget kjøreforbud, som i scenarioene A1 og C2, vil imidlertid måtte håndheves og kontrolleres for å ha legitimitet og være effektivt.

Dersom Trafikant- og kjøretøyavdelingen i Statens vegvesen stiller 16 mann i 3 dager blir kostnaden ca. 250 000 kroner. Gitt at politiet og Oslo kommune hver for seg stiller like mange personer, vil lønnskostnadene totalt beløpe seg til ca. kr 750 000 over tre dager. Dersom forbudet forlenges, vil det påløpe ca. kr 250 000 kroner per dag i kontrollkostnader.

3.7.4 Bruk av bomringen

Dersom tiltaket som iverksettes har form av økte bompenger, vil det ikke være behov for manuell kontroll og håndheving.

Bomringen er et veletablert system for innkreving av avgifter. Pr i dag er ikke systemet laget slik at det kan skille mellom kjøretøyer avhengig av drivstoff. Det er også juridiske hindringer knyttet til å bruke systemet til andre formål enn det er designet for, nemlig å kreve inn bompenger for å finansiere vei- og kollektivprosjekter. Det utredes imidlertid hvordan systemet AutoPASS kan videreutvikles slik det er mulig å innføre miljødifferensierte bomsatser. AutoPASS vil i så fall også kunne brukes ved ekstrem luftforurensning, for eksempel ved at avgiften for dieselpersonbiler økes til ti ganger normal sats.

Fordelen med bruk av bomringen er at det er vanskelig å unndra seg avgiften, og at det derfor vil bli nær 100 prosent etterlevelse. Ulempen er at man ikke legger restriksjoner på biler som allerede befinner seg innenfor bomringen, eller for den saks skyld holder seg utenfor.

Det vil ikke være realistisk å etablere et nytt bomsnitt kun for å gjennomføre et midlertidig strakstiltak. Implisitt i scenarioene C1 og C2 er det derfor antatt at en slik ytre ring er blitt etablert for andre formål, for eksempel i forbindelse med en permanent lavutslippssone, innføring av køprising eller et endret bompengeregime.

3.7.5 Skiltkostnader

Utgiftene til oppsetting av opplysningstavler (skilt 560) kan grovt anslås til kr 30 000 per skiltpunkt. Om det settes opp inntil 20–30 skilt (opplysninger innhentet fra Statens vegvesen), vil samlet utgift bli 600–900 000 kr.

Denne kostnaden påløper også dersom en bruker prismekanismen som virkemiddel, det vil si benytter bomringen som sone, men skiltbehovet vil kanskje være noe lavere. Trafikantene må opplyses om at bompengetaksten er forhøyet.

Både kontroll- og informasjonstiltakene legger beslag på arbeidskraft og andre ressurser og er derfor reelle samfunnsøkonomiske kostnader. Men kostnadene er små i forhold til verdien av de ulemper trafikantene blir påført.

For det offentliges økonomi som helhet vil et tiltak i form av økte bompenger for dieseldrevne personbiler gå i pluss. De ekstra bompenginntektene vil bli på over 10 millioner kr per dag.

3.7.6 Utskifting av kjøretøy

Midlertidige eller permanente forbud eller pristiltak for å begrense adgangen for visse typer kjøretøy vil gjøre slike kjøretøy mindre attraktive. En del husholdninger vil f.eks. ønske å kvitte seg med sin diesebil, dersom det er utsikt til at denne rammes av kjøreforbud eller økte bompenger. Dette vil få virkninger i bruktbilmarkedet. Prisen på diesebiler vil synke, og noen husholdninger vil lide tap i form av større verdifall på bilen enn normalt.

Forsiden av denne medaljen er at noen vil kunne skaffe seg en billigere bruktbil enn de ellers ville hatt mulighet til. I det typiske tilfellet vil bilen bli solgt fra en eier bosatt i eller rundt Oslo til en familie bosatt et annet sted på Østlandet, uten behov for å bruke bilen i Oslo by. Verditapet er i dette tilfellet ikke en samfunnsøkonomisk kostnad, bare en omfordeling mellom by og land.

Men det raskere verdifallet på diesebiler vil ventelig også føre til at levetiden forkortes noe, idet forskjellen mellom vrakpanten og restverdien på eldre diesebiler minker. At bilene lever kortere er en reell kostnad for det norske samfunnet, som ikke er tatt med i vårt regnestykke. Det samme gjelder dersom diesebilene blir eksportert til utlandet, til redusert pris. Siden en fra og med 2015 får refundert deler av engangsavgiften ved eksport av brukte kjøretøy, kan denne handelen komme til å få et visst omfang.

For tunge kjøretøy er omløpshastigheten vesentlig høyere enn for personbiler. Som vist av Caspersen og Hovi (2015) er NO_x-utslippene fra den tunge kjøretøyparken på rask vei nedover (se kapittel 4 nedenfor). Kostnadene ved utskifting av godsbilene vil avhenge av hvor raskt utskiftingen må skje, med andre ord av hvor lang frist transportørene får før restriksjonene trer i kraft.

3.8 Kontroll og håndheving

Et betinget kjøreforbud, som i scenarioene A1 og C2, vil måtte håndheves og kontrolleres.

Håndhevingen vil måtte basere seg på bruk av mobile kontrollteam. Moderne teknologi gjør det mulig å kontrollere kjøretøyene i fart, der registreringsnummeret

avleses og sjekkes mot kjøretøyregisteret, hvor man også har data om drivstofftype. En slik stab på over 45 personer vil kunne kontrollere et betydelig antall kjøretøy. Risikoen for å bli tatt vil likevel være begrenset, ikke minst fordi det tar tid å skrive ut forenklede forelegg/bøter.

Utekontrollseksjonen i Statens vegvesen sier det er svært vanskelig å anslå hvor mange prosent som vil rette seg etter et slikt forbud. Det avhenger mye av opplevd oppdagelsesrisiko. Er det mye informasjon i forkant med fokus på kontrolltiltak, og hvis alle etater er samkjørte, mener de imidlertid at andelen som følger forbudet kan bli ca. 90 prosent.



Figur 18. Faksimile av artikkel i VG onsdag 12. september 2012.

VG presenterte onsdag 12. september 2012 en spørreundersøkelse foretatt av InFact om aksept i befolkningen for et dieselforbud (Figur 18). 40 prosent av dem som ville bli berørt, svarte at de ikke ville respektere et forbud mot bruk av diesebil på spesielt forurensede dager. 38 prosent svarte at de ville respektere forbudet, mens 21 prosent svarte de ikke visste hva de ville gjøre. 86 prosent svarte at de ikke ville jobbe mer hjemme. 51 prosent av befolkningen ga også uttrykk for at de ikke tror det blir bedre luft ved å forby dieselmotorer i byene på dager med stor forurensning.

I Bergen vinteren 2010 opplevde man at det var svært vanskelig å få folk til å sette bilen hjemme til tross for en massiv informasjonsinnsats og en rekke andre tiltak. Det var først da man innførte par-/oddetallskjøring (datokjøring) 15. januar at man fikk en merkbar nedgang i trafikken, men den var ikke større enn 25–30 prosent. At datokjøringen ikke førte til større trafikkreduksjon kan skyldes at politiet gjennom Bergens Tidende ga til kjenne at de ikke hadde til hensikt å håndheve ordningen.

Viktige faktorer for å øke etterlevelsen av et forbud:

1. God informasjon, slik at befolkningen skjønner at dette er en krisesituasjon.
2. Håndheving av forbudet. Det må være en reell risiko for å bli oppdaget. Størrelsen på det forenklede forelegget som det er mulig å ilegge, er kr 1500. Det er viktig at alle etater spiller sammen.
3. Sosial kontroll. Siden det er vanskelig å se på en bil om den går på bensin eller diesel, vil man ikke kunne dra nytte av sosial kontroll for å øke etterlevelsen. Det øker etterlevelsen dersom det er åpenbart for alle dersom loven brytes.

3.9 Varsling og informasjon

Effektiv informasjon er viktig for at restriksjoner på bruk av dieseldrevne personbiler skal fungere effektivt. Meteorologisk institutt kan varsle 48 timer i forkant dersom det er fare for akutt forurensning og overskridelse av timemiddel for NO₂. Det er viktig å kunngjøre forbudet så lang tid i forveien at folk får tid til å planlegge alternativ transport. På den annen side er det viktig at man ikke slår falsk alarm for ofte, det vil si at tiltaket viser seg ikke å bli nødvendig. Dersom man har for mange slike «avlysninger», vil det gjøre det vanskeligere å få folk til å reagere når det først er alvor.

Informasjonsstrategien må både ha som mål å påvirke holdninger og informere om konkrete tiltak (hvordan folk skal forholde seg).

Det er mye å lære av hvordan Bergen kommune informerte da de hadde en langvarig periode med høy forurensning vinteren 2010 – og datokjøring ble tatt i bruk som virkemiddel for første gang i Norge. Informasjonsinnsatsen er evaluert og oppsummert av Strand et al. (2010).

Informasjonspakken kan bestå av en rekke elementer (de som nevnes her er særlig knyttet til forhold som vil bidra til at gjennomføring av et forbud mot dieslbiler blir effektivt).

Informasjon til media for å sikre redaksjonell omtale

Første gang det blir aktuelt å innføre kjøreforbud for diesel personbiler vil det være lett å få redaksjonell omtale. Dette vil være en situasjon som oppfyller en rekke nyhetskriterier; det er en form for krise, det har et dramatisk element, mange enkeltpersoner blir berørt og situasjonen vil også inneholde flere typer konflikter. Utfordringen vil derfor ikke i første rekke være å få oppmerksomhet, men å formidle et klart budskap. Dette krever en fast hånd og god organisering.

I Bergen i 2010 var det byrådslederen selv som tok initiativ til å innkalle de ulike etatene til en kriseledelse som møttes hver morgen og det var byrådslederen selv som frontet mange av tiltakene. Informasjonsavdelingen i kommunen bidro sterkt til å utforme budskapene som skulle kommuniseres.

Informasjon på kommunens nettsider

Det er viktig å etablere en nettside hvor folk kan få saklig informasjon, både om forurensningssituasjonen generelt, helsefare etc., men også konkret om tiltak (detaljer om kjøreforbud, styrket kollektivtransport etc.) og hvordan den enkelte skal forholde seg.

Etablering av svartjeneste

Ved innføring av et forbud mot dieslbiler vil det være mange som har spørsmål som de ønsker svar på, ikke minst vedrørende unntak etc. I Bergen oppbemannet de kommunens sentralbord på kvelden og natten gjennom en stor frivillig mobilisering.

Annonser i aviser og etermediene

I tillegg til redaksjonell omtale er det viktig med annonser der myndighetene har full kontroll med budskapet (evt. henviser til mer informasjon på nettsidene).

Brev og SMS

I Bergen informerte man også gjennom brev til alle husstander. I tillegg brukte man SMS. Dette er kanaler som i stor grad sikrer at informasjonen kommer fram til den enkelte, selv om det kan være problemer med at en del har telefon betalt av jobben

og at en del barn har telefon registrert på foreldrenes navn. Krever en beredskap i form av gode lister.

Variable informasjonstavler

I Bergen brukte man også variable informasjonstavler for å oppfordre bilistene til å sette bilen hjemme, og til å kunngjøre datokjøringen da den ble innført. På veiene inn til Oslo er det også slike tavler. Budskap som går på sikkerhet har prioritet på disse tavlene, og man kan derfor ikke basere seg kun på dem. Men i de fleste tilfeller vil disse tavlene være tilgjengelige for å informere om et eventuelt kjøreforbud.

Opphenging av opplysningsskilt som varsler kjøreforbudet

Dette er juridisk nødvendig for å kunne håndheve forbudet.

Utforming av budskap

Prinsippene for informasjonsarbeidet vil være de samme om man velger en forbudssone innenfor Ring 3 eller man velger å bruke bompengeringen. Budskapet vil være enklere om man bruker bomringen fordi denne er godt kjent for folk. Ved at folk kan «kjøpe seg ut av problemet» ved å betale ti ganger bompengesatsen den aktuelle dagen, blir antallet dispensasjoner også færre.

Ring 3 er valgt som sonegrense i det andre tilfellet, fordi dette er en grense som det er relativt lett for folk å forholde seg til. Men dispensasjoner vil være omfattende å administrere. Selv om man legger bevisbyrden på den enkelte trafikant, at man er pliktig til å kunne bevise at man er berettiget til dispensasjon, vil det fort bli spørsmål om hva slags dokumentasjon som er gyldig etc.

Kostnader

Hva et informasjonsopplegg vil koste, er helt avhengig av hvordan det utformes. I Bergen i 2010 brukte man både annonser i avisene, SMS til beboerne, informasjonsbrev til alle husstander, omfattende pressekontakt og rokering av interne arbeidsressurser. Informasjonsseksjonen fikk en tilleggsbevilgning på 600 000 kroner, og man anslo at kommunikasjonsopplegget kanskje kostet 1-1,5 mill kroner totalt, men tallene er usikre.⁹

Vanlig pris på masseutsendelse av SMS er 20–40 øre per melding. Ideelt sett ville det være nok kun å sende SMS til eiere av dieslbiler. I Bergen opplevde man at mange ikke ble nådd fordi de hadde telefon gjennom jobben, samt at mange mindreårige fikk meldingen fordi abonnementet sto registrert på foreldrene. Gode lister må lages i forkant.

Dersom man sender ut SMS til 500 000 personer vil det koste mellom 100.000 og 200.000 kroner.

En annonse nederst på førstesiden i Aftenposten (ca. 7 cm høy) koster ca. kr 180.000 kroner. Skal man lage et annonseopplegg vil det fort koste i størrelsesorden 4-500.000 kroner.

Dersom man skal leie inn assistanse fra et kommunikasjonsbyrå til å bistå i planlegging og gjennomføring—til sammen to ukeverk, utgjør det fort ca. 100 000 kroner. I tillegg kommer for eksempel etablering av svartjeneste for publikum med ekstra bemanning og åpningstid, anslått til ca. 100 000 kroner. Disse eksemplene

⁹ Opplysninger gitt av daværende informasjonsdirektør Robert Rastad i intervju 7. sept. 2010 i forbindelse med evaluering som TØI gjennomførte.

betyr at kostnadene til et informasjonsopplegg kan være i størrelsesorden 0,5 til 1 mill kroner, avhengig av hvordan man utformer det.

3.10 Organisering av alternativ transport

Restriksjoner på bruk av dieseldrevne personbiler medfører store utfordringer for kollektivtransporten.

Rambøll (2012) utredet på oppdrag fra Statens vegvesen konsekvenser av midlertidige trafikkregulerende tiltak ved høy luftforurensning i Oslo. Antall kollektivreisende kan komme til øke med 30 prosent i rushtiden. Utgangspunktet for beregningene er at ca. 40 prosent av personbilene i Oslo er dieseldrevne. Rambøll kommer til at det i makstimen om morgenen er et sted mellom 1400 og 1700 som trenger alternativ transport fra vest, 1900 til 2200 fra nordøst og 800 til 1700 fra sør.

Tallene fra Rambøll er lagt til grunn når Ruter har utarbeidet sin beredskapsplan for å takle et eventuelt kjøreforbud for dieselpersonbiler (Beredskapsplan for buss, 2012). For at et transportopplegg skal fungere må det settes inn shuttlebusser inn til sentrum. Det krever etablering av innfartsparkeringsplasser.

Rapporten konkluderer med at innføring av forbud mot bruk av dieseldrevne kjøretøyer på dager med akutt luftforurensning vil føre til et økt behov på mellom 100 og 350 busser. Antallet vil blant annet være avhengig av hvordan man velger å bruke ekstra-innsatsen. Det er i praksis lite ledig kapasitet inn til Oslo med buss og jernbane i rushtiden. Trikk og T-banenettet har ledig kapasitet i vest og store deler av T-baneringen har også ledig kapasitet. Hovedinnsatsen må derfor settes inn på tverrgående ruter i Oslo og inn fra nord og sør.

En utfordring er å leie inn busser med sjåfører. Det er i dag lite ledig kapasitet, og NSB har avtaler med de fleste som kan tilby dette. Å skaffe flere busser vil derfor trolig forutsette at operatørene må anskaffe busser spesielt for dette formålet, et tiltak som krever anbudsutlysning, ifølge rapporten.

Pr i dag har Ruter kun om lag 25 ekstra busser tilgjengelig. I tillegg kan mellom 15 og 20 busser frigjøres ved at alle halvpendlende regionbusser fra vest stoppes ved Nationaltheatret.

3.11 Folk har større fleksibilitet enn man har trodd?

Rehabiliteringen av Smestadtunnelen i Oslo, som startet i juni 2015, har vist at folk kanskje har større fleksibilitet enn man har trodd når det gjelder hverdagsreiser. Stengningen av en kjørebane i hver retning fikk massiv medieomtale i forkant, der man varslet kø og kaos. Resultatet var at mange bilister tok sine forholdsregler og fant andre måter å reise på. Første dag var det 33 prosent reduksjon i biltrafikken på Ring 3, og Fjellinjen registrerte 8 prosent færre passeringer gjennom bomringen den første dagen da arbeidene begynte (sammenlignet med uka før). Uka etter at arbeidet begynte, var det fortsatt mellom 20 og 25 prosent mindre trafikk på Ring 3 sammenlignet med uka før stengingen av feltene (Dagsavisen 11.06.2015).

I forbindelse med starten av rehabiliteringsarbeidene ble det også registrert en sterk økning i bruken av sykkel, og Ruter solgte cirka 30 prosent flere billetter. Fordi det var mindre biltrafikk i hele byen, kom også bussene raskere fram enn før.

TØI gjennomfører en mer systematisk analyse av trafikkendringene, men den er ennå ikke ferdigstilt. De umiddelbare inntrykkene er imidlertid at folk kanskje har større fleksibilitet når det gjelder å ordne de daglige reisene, enn man har trodd.

Det er ingen tvil om at et forbud mot bruk av dieselpersonbiler på dager med høy forurensning vil skape store transportutfordringer. Men mye er også avhengig av hvordan «krisen» kommuniseres til publikum. Hvis dette blir en felles dugnad der folk hjelper hverandre, vil det kunne lette noe av trykket på kollektivtrafikken. Det er f.eks. en stor ubrukt kapasitet i morgenrushet ved at flertallet kjører alene i bilen.

Sykkel er for mange et uaktuelt alternativ om vinteren.

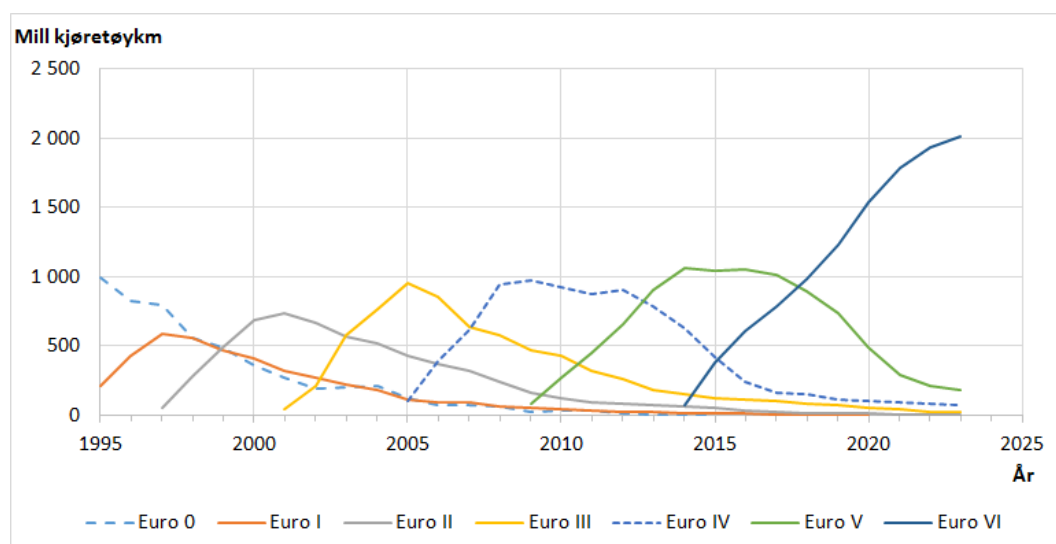
4 Permanent lavutslippssone for tunge lastebiler

NILUs spredningsanalyser viser at de ulike tiltakene som kun rammer dieseldrevne personbiler, reduserer NO₂-nivåene med 7–12 prosent i gjennomsnitt. Rapporten viser videre at strakstiltak for dieselpersonbiler kombinert med en permanent lavutslippssone for tunge lastebiler eldre enn Euro VI gir en reduksjon i timeverdiene for NO₂ på 20–30 prosent.

Tiltak rettet mot tunge lastebiler har altså større effekt enn et strakstiltak rettet mot dieseldrevne personbiler. En slik sone virker dessuten hele året og har dermed en mye mer langsiktig effekt enn et strakstiltak. En stor del av denne utslippsreduksjonen vil imidlertid komme uansett som en følge av naturlig utskifting av bilparken. Lastebiler har raskere utskiftingstakt enn personbiler, og nye tunge kjøretøy Euro VI har som nevnt svært lave utslipp av NO_x.

Caspersen og Hovi (2015) har studert utskiftingen av tunge godskjøretøy og sett på hvilken effekt en forsert utskifting av lastebilparken vil ha for NO_x-utslippene.

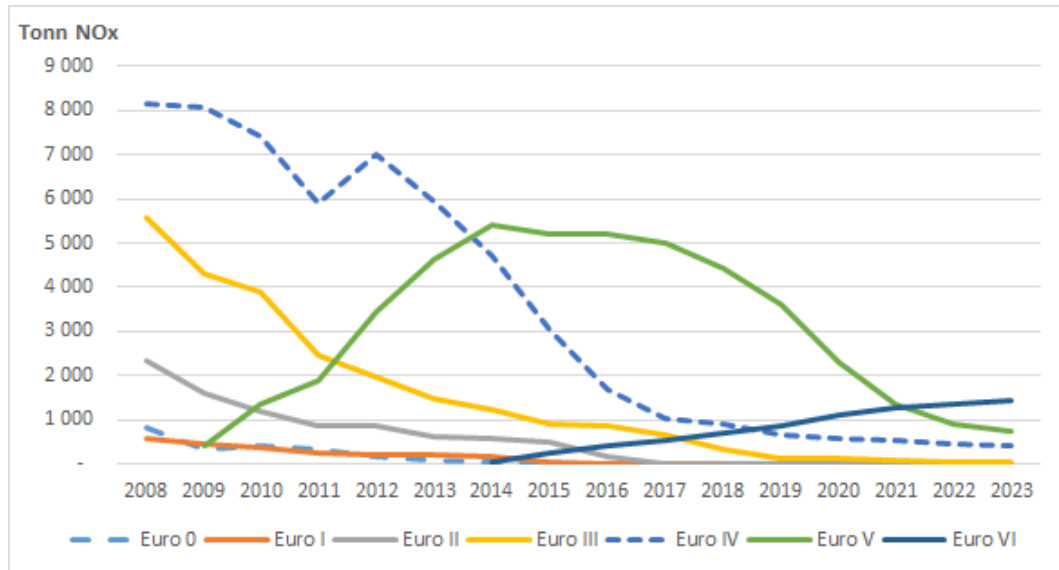
Figur 19 viser nasjonalt trafikkarbeid i Norge for tunge lastebiler fordelt på Euroklasse, med framskrivninger til 2025. Fra 2015 vil en stadig større andel av trafikkarbeidet foregå med Euro VI-kjøretøy



Figur 19: Nasjonalt trafikkarbeid (mill kjøretøykm) for lastebiler av Euroklasse I til VI. Historiske tall samt prognose. Kilde: Caspersen og Hovi (2015).

Figur 20 viser den tilsvarende utvikling i NO_x-utslippene.

Ifølge beregningene for 2023 vil kjøretøyer eldre enn Euro VI da stå for 46 prosent av NO_x-utslippene, men kun 11 prosent av trafikkarbeidet.



Figur 20: NO_x-utslipp fra lastebiler av Euroklasse I til VI. Historiske tall samt prognose. Kilde: Caspersen og Hovi (2015).

Det er de tunge bilene som brukes i langtransport, som erfaringsmessig skiftes ut først. Lastebiler med mindre kjørelengde har lavere utskiftingstakt, og det er de eldste bilene med lav kjørelengde som etter hvert vil stå for en stor del av NO_x-utslippene. I 2013 var det 12 914 Euro V-lastebiler i Oslo og Akershus. Disse kjørte i gjennomsnitt 58 600 km per år. Tilsvarende var det 822 lastebiler fra før Euro-klassifiseringen ble innført (1988). Disse kjørte i gjennomsnitt 4179 km per år, altså mye kortere enn de nyeste bilene.

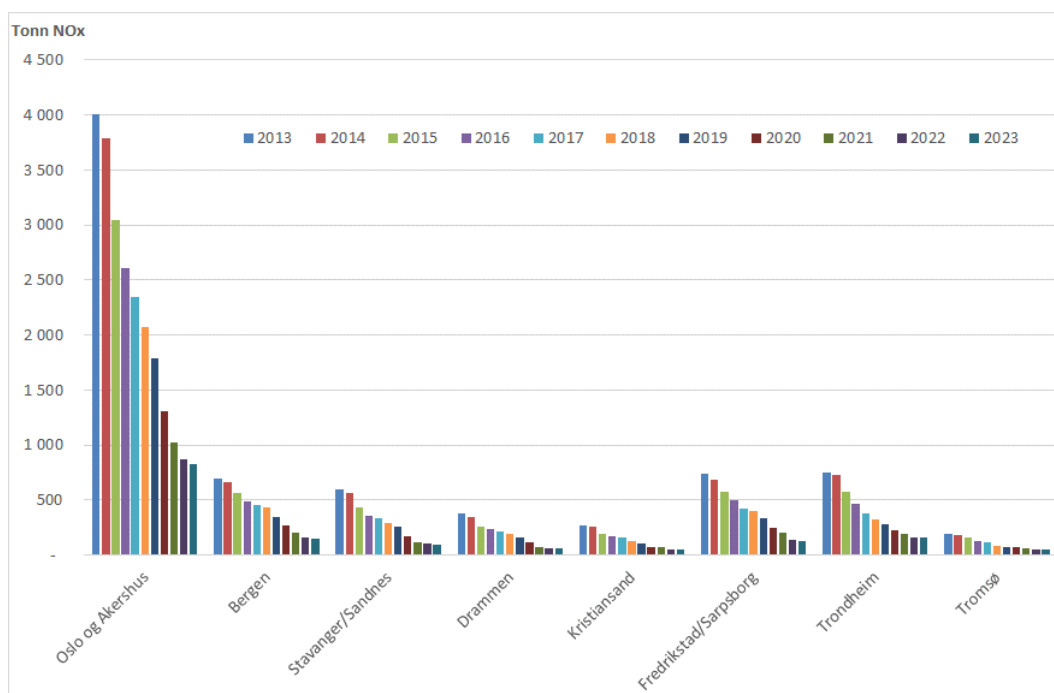
De tunge bilene med lave kjørelengder brukes ofte i nærtransporten, for eksempel til distribusjonskjøring i byene. Den teknologiske utskiftningen vil altså sannsynligvis komme senere i byene enn i langtransport.

Figur 21 viser forventet reduksjon i NO_x-utslippene fra lastebiler i ulike byområder i perioden 2014–2023.

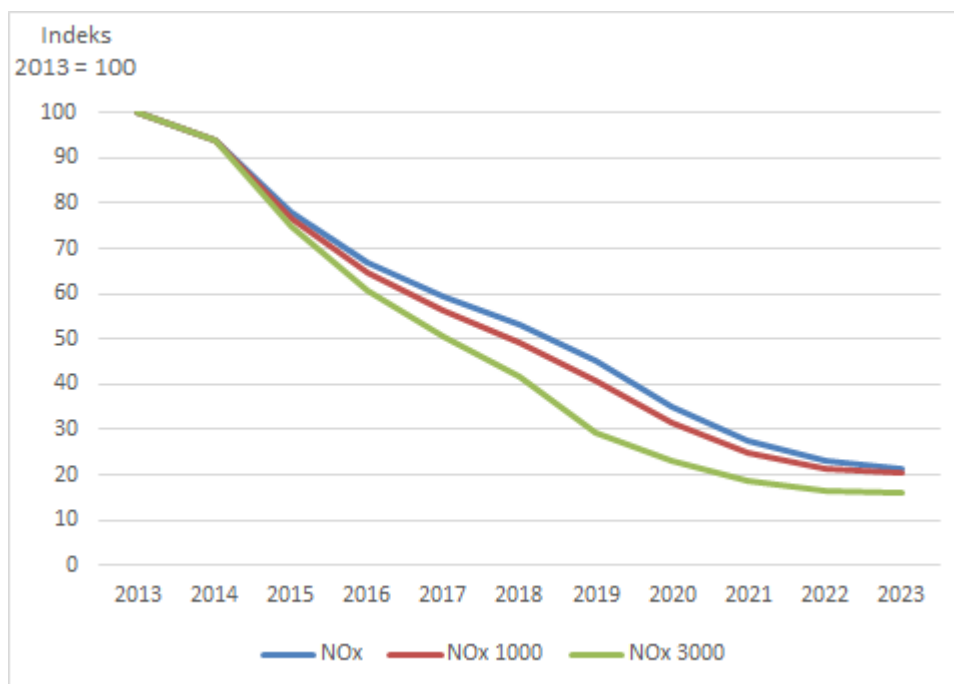
Den største årlige reduksjonen ser ut til å være mellom 2014 og 2015, noe som kan forklares med at Euro VI trådte i kraft 1.1.2014. Grafen for Oslo og Akershus viser at NO_x-utslippene i 2018 vil være nær halvert i forhold til utslippene i 2013. I 2020 vil utslippene kun være ca. en tredjedel av utslippene i 2013. Deretter reduseres utslippene langsommere.

Figur 22 viser hvordan NO_x-utslippene fra lastebiler kan forventes å synke fram til 2023, samt hvordan utslippene vil påvirkes av forsert utskiftning.

NO_x-utslippene fra lastebiler vil synke til under halvparten fra 2013 til 2019 selv med dagens utskiftingstakt. Forsert utskiftning av 3000 tunge kjøretøy per år fram til 2019 vil føre til at utslippene i 2019 er kommet ned på samme nivå som ellers ville nådd i 2021. Gevinsten er altså at man oppnår samme utslippsnivå to år tidligere enn hva som ellers ville være tilfelle.



Figur 21. NOx-utslipp fra lastebiler i 2013 og predikert utvikling for perioden 2014–2023. Utvalgte byområder. Kilde: Caspersen og Hovi (2015).



Figur 22. Effekten på NOx-utslipp av en forsert utskiftning av norskregistrerte lastebiler 2013 til 2023. 2013=100, Blå kurve er naturlig utskiftning, rødt kurve er forsert utskiftning av 1000 kjøretøyt per år i perioden 2015 til 2019, grønn kurve indikerer forsert utskiftning av 3000 kjøretøyt per år i samme periode. Kilde: Caspersen og Hovi (2015).

En lavutslippssone er et alternativ til en forsert utskiftning ved hjelp av økonomiske insentiver. En slik sone vil også bidra til  forserte en utvikling som uansett vil

komme. Vi ser imidlertid at reduksjonen i utslippene flater ut, og at i 2023 vil den lille andelen kjøretøyer eldre enn Euro VI stå for nær halvparten av NO_x-utslippene.

Det er ikke noen selvfølge at slike biler skal kunne trafikkere de sentrale byområdene når det finnes renere alternativer. Jo tidligere en innfører en lavutslippssone, desto større effekt vil den ha. Samtidig trenger lastebilnæringen en viss tid til å forberede seg. Større transportører med mange biler vil i noen grad kunne disponere bilflåten slik at eldre biler brukes utenfor byen, mens nye biler med Euro VI-standard trafikkerer sentrum.

5 Drøfting og konklusjon

5.1 Tiltaksstrategier

I samarbeid med NILU og Urbanet Analyse AS har TØI studert ulike strakstiltak for å begrense NO₂-utslipp fra trafikk i Oslo. I denne rapporten har vi konsentrert oss om fire strakstiltak:

A1. Lavutslippssone i form av forbud mot dieseldrevne **personbiler** innenfor Ring 3, med unntak for E6 og E18 inkl. Operatunnelen

B1. Tidoblet sats for dieseldrevne **personbiler** i dagens bomring

C1. Tidoblet sats for dieseldrevne **personbiler** i dagens bomring samt i et nyetablert bomsnitt langs bygrensen i forlengelsen av Bærumsringen.

C2. Tidoblet sats for **alle dieseldrevne kjøretøy** i dagens bomring samt i et nyetablert bomsnitt langs bygrensen i forlengelsen av Bærumsringen. I tillegg permanent lavutslippssone for **tunge kjøretøy** eldre enn Euro VI innenfor bomringen.

Alle alternativ er vurdert opp mot en referansesituasjon som representerer det normale trafikkbildet.

For dieselpersonbilene er forskjellen i NO_x-utslipp i virkelig trafikk liten mellom Euro 5 og Euro 6-standarden. Det virkelige utslippet fra Euro 6-biler er mange ganger så høyt som ifølge typegodkjenningen – på vinterstid typisk 10–12 ganger så høyt. Det er således liten saklig grunn til å unnta dieseler i Euro 6-klassen fra eventuelle forbud eller prisvirkemidler.

5.2 Utslippsvirkninger

For tiltakene som kun rammer dieselpersonbiler, reduseres midlere NO₂-konsentrasjon på de aktuelle målestasjonene med 7–12 prosent, mens tiltakene som er kombinert med et forbud for tyngre kjøretøy eldre enn Euro VI, gir en reduksjon på 20–30 prosent.

I løpet av de siste elleve år har det vært seks episoder der timemiddelverdien for NO₂-konsentrasjon er blitt overskredet i en periode på to dager i strekk. Ifølge NILU vil en reduksjon i NO₂-nivåene på 30–35 prosent mest sannsynlig være tilstrekkelig til å unngå nye overskridelser av timemiddelverdien.

Ingen av de tiltakene som er nevnt ovenfor, gir så store reduksjoner i NO₂-nivå.

Målt etter samlet NO_x-utslipp beregnes alternativene A1, B1, C1 og C2 å gi en forbedring på henholdsvis 19, 8, 30 og 54 prosent.

5.3 Samfunnsøkonomiske trafikantkostnader

Nettverksmodellen RTM23+ er blitt brukt til å beregne hvordan alternativene A1, B1, C1 og C2 påvirker trafikkbildet. Modellen beregner også samfunnsøkonomisk kostnad i form av nyttetap for bilistene. Den fanger imidlertid ikke opp eventuelle økte trengselsulemper for nye og 'gamle' kollektivtrafikanter. Generelt er modellberegningen beheftet med betydelig usikkerhet. Særlig gjelder dette alternativ C2, som også involverer godstrafikken. En har dårlig grunnlag for anslå hvilke kostnader som vil påløpe for næringstransporten. Også alternativ A1 er beheftet med stor usikkerhet, da en har måttet utøve en stor grad av oppfinnsomhet og skjønn ved modellsimulering av en tenkt forbudssone innenfor Ring 3. Løsningen har vært å imitere en forbudssituasjon ved hjelp av tilnærmet prohibitive kostnader.

Beregningene viser at en forhøyet sats i dagens bomring (B1) er et godt alternativ om man ønsker å innføre restriksjoner på bruk av dieseldrevne personbiler på dager med høy luftforurensning. Et forbud mot kjøring innenfor Ring 3 (A1) gir over dobbelt så høye trafikantkostnader per redusert prosentenheter NO_2 på målestasjonene. Også når det gjelder kostnader per unngått tonn NO_x kommer alternativ B1 bedre ut enn A1. Men ifølge NILU vil tiltak B1 med forhøyet sats i bomringen gi kun en reduksjon i NO_2 -nivået på 7 prosent i gjennomsnitt over de aktuelle målestasjonene, mens et kjøreforbud innenfor Ring 3 vil gi en reduksjon på 12 prosent.

Om en regner på kostnadene per tonn reduserte NO_x -utslipp, kommer imidlertid alternativ C1 med en ekstra bomring med forhøyet sats på kommunegrensen best ut. Men det forutsettes at et slikt bomsnitt etableres av andre grunner.

Den samfunnsøkonomiske kostnaden ved lavutslippssoner for dieselpersonbiler som strakstiltak er uforutsigbar. Det er ikke nok å måle virkningen i transportmarkedet. Det kan i gitte tilfeller oppstå store tap i arbeid og produksjon. Ved bruk av prismekanismen unngår en dette, siden kostnaden for den enkelte ikke vil være større enn den forhøyede bompengesatsen.

Bruk av prismekanismen er således et smidigere og mindre inngripende virkemiddel enn forbud. Velferdskostnadene ved en betalingsordning blir lavere enn ved et absolutt forbud. Den forhøyede bompengesatsen vil utgjøre et tak for hvor stort nyttetap den enkelte trafikant vil kunne lide. Sammenlignet med forbudsalternativet har en kappet toppen av ulempekostnaden. Bruk av prismekanismen medfører dessuten vesentlig mindre kontroll- og håndhevingskostnader.

5.4 Håndheving og kontroll

Kjøreforbud innenfor Ring 3 har bedre virkningsgrad enn økt sats i bomringen, men er til gjengjeld atskillig vanskeligere å håndheve. Det krever stikkprøvekontroll. Lønnskostnadene for manuell håndheving er beregnet til ca. 750 000 kroner for et forbud som varer i to dager, og deretter ca. 250 000 kroner per dag. Det er basert på at Statens vegvesen, politiet og Oslo kommune stiller 16 personer hver til rådighet. Vi har forutsatt at overvåkingsutstyr etc. allerede finnes tilgjengelig i etatene. Dersom dette ikke er tilfelle, vil ytterligere kostnader påløpe.

Dersom man bruker bomringen, vil denne manuelle kontrollinnsatsen være overflødig. Dette scenarioet betinger riktignok at man utvikler AutoPASS slik at det er mulig å avlese drivstofftype og Euroklasse for de ulike kjøretøyene.

Alternativene med ny ytre bomring ved bygrensen forutsetter at det er gjort investeringer i fysiske installasjoner. Vi legger til grunn at det er uaktuelt å gjennomføre noe slikt kun av hensyn til begrensning i NO_x-utslippet, og at kostnadene ved etablering av bomringene derfor blir å henføre til andre formål.

5.5 Skilting og informasjon

Alle tiltaksstrategiene forutsetter at det settes opp skilt som opplyser om henholdsvis forbudet eller den forhøyede bomavgiften. Det trengs muligens noe færre skilt om man bruker bomringen. Om det settes opp inntil 20–30 skilt, vil samlet utgift bli 600–900 000 kr.

Utslippsberegningene knyttet til kjøreforbud for dieslbiler innenfor Ring 3 har forutsatt at 90 prosent overholder forbudet. Dette er et høyt krav, som krever meget sterk informasjonsinnsats og kriseforståelse i befolkningen, når man kun baserer seg på stikkprøvekontroll. Vi har grovt anslått at informasjonsinnsatsen for et to dagers forbud vil koste mellom 0,5 og 1 million kroner.

Da man i Bergen innførte datokjøring i 2010, bemannet man opp kommunens sentralbord for å besvare spørsmål. Forhøyet sats i bomringen er et mer fleksibelt system, som sannsynligvis vil gi færre henvendelser enn et kjøreforbud innenfor Ring 3.

5.6 Midlertidige eller permanente tiltak?

En permanent lavutslippssone rettet mot tunge biler eldre enn Euro VI kan muligens være et mer kostnadseffektivt tiltak enn et permanent forbud mot bruk av diesel-drevne personbiler – i hvert fall dersom tiltaket varsles god tid, dvs. minst et år, i forveien. Grunnen er at de mest moderne lastebilene har vesentlig lavere NO_x-utslipp enn de eldre, også i virkelig trafikk, faktisk også lavere enn personbiler av Euro 6-klassen. Det finnes altså en alternativ moderne teknologi tilgjengelig. Utskiftingstakten for vare- og lastebiler er såpass høy at det bare skal en moderat forsering til før utslippet går raskt nedover.

En permanent lavutslippssone vil dessuten virke hele året og bidra til å redusere overskridelsene av årsmiddel. Disse overskridelsene er et større helseproblem enn overskridelsene av timemiddel.

I London har en vedtatt innføring av en 'Ultra Low Emission Zone – ULEZ' med virkning fra 2020. Ordningen omfatter både tunge og lette kjøretøy og innebærer høye bompenger (£12,50) for visse typer kjøretøy, men ingen absolutte forbud (Cheriyen 2015, Greater London Authority 2015). På personbilsiden får alle bensinbiler av Euro 4-klassen eller eldre høyeste bompengesats, i likhet alle dieslbiler til og med Euro 6-klassen. Vurderingene gjort i forbindelse med dette vedtaket kan være relevante også for norske byer.

Den forventede, kommende reduksjon i NO_x-utslippet fra lastebiler kan innebære at episodene med NO₂-konsentrasjon som overskrider grenseverdiene blir stadig mindre hyppige, og i beste fall forsvinner helt i løpet av de neste 5–10 år. Det innebærer at det kan være tilstrekkelig med en beredskapsplan for midlertidige akutttiltak. I motsatt retning trekker at diesebilenes andel av personbilparken vil fortsette å øke i mange år framover, fordi det vrakes langt færre eldre dieslbiler enn

det anskaffes nye. For nyere generasjoner dieseldrevne personbiler går NO_x-utslippet per km dessuten bare langsomt nedover.

5.7 Forslag til videre forskning

Hovedproblemet når en skal anslå hvordan strakstiltak i trafikken vil virke på utslippsrelaterte helseskader, er å kvantifisere sammenhengen mellom løpende marginale NO_x-utslipp og nivået på NO₂-konsentrasjonen langs veinettet og i bolig- og arbeidsplassområdene.

Det er tenkelig at en kunne få svært god informasjon om dette ved å estimere en økonometrisk modell som relaterer NO₂-målingene på de enkelte målestasjoner direkte til trafikkmengden, slik denne måles ved de ulike bompengestasjonene. Det vil være god variasjon i begge typer dataserier – over døgnet, uken og året. Modellen vil måtte ta hensyn til loggede observasjoner et stykke bakover i tid, slik at en f.eks. fanger opp kumuleringseffekten ved inversjonslokk.

Ved å inkludere meteorologiske variable i modellen vil en ventelig kunne få god forklaringskraft. Men siden trafikkmengden trolig bare er svakt korrelert med værforholdene, vil en selv uten værvariable i modellen kunne få fram nokså presis informasjon om sammenhengene mellom trafikkmengde og NO₂-nivå.

6 Referanser

- Caspersen E & Høvi I B (2015). *NO_x-utslipp fra lastebiltransport—effekter av forsert utskifting av lastebilparken*. TØI-rapport 1410, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Cherian C (2015). London's Ultra Low Emission Zone: the evidence and analysis behind the policy development. Paper presentert ved European Transport Conference (ETC), Frankfurt, 28.-30.9.2015.
- EFTA Court (2015). *Failure by an EFTA State to fulfil its obligations – Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe – Limit values for certain pollutants in ambient air – Air quality plan*. Judgment of the Court in Case E-7/15, 2 October 2015.
- Finansdepartementet (2014). *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv*. Rundskriv R-109/14.
- Greater London Authority (2015). [Driving away from diesel. Reducing air pollution from diesel vehicles](#). Environment Committee, London Assembly.
- Hagman R, Weber C & Amundsen A A (2015). *Utslipp fra nye kjøretøyer—holder de hva de lover? Avgassmålinger Euro 6/VI—status 2015*. TØI-rapport 1407, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Høiskar B A K, Sundvor I, Haug T W, Solli H, Santos G S & Vogt M (2014). *Utredning av trafikkreduserende tiltak og effekten på NO₂*. NILU-rapport OR50/2014, Norsk institutt for luftforskning, Oslo.
- Høiskar B A K, Sundvor I, Haug T W & Santos G S (2015). *Effekt av strakstiltak på dager med høy luftforurensning og effekt for NO₂*. NILU-rapport OR22/2015, Norsk institutt for luftforskning, Oslo.
- Rambøll (2012). Midlertidige trafikkregulerende tiltak ved høy luftforurensning i Oslo, trafikale konsekvenser.
- Ruter (2011). Sårbarhetsanalyse, Samfunnsøkonomisk konsekvens av hendelser, Ruterrapport 2011:7, April 2011.
- Slørdahl L H (1998). *Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregninger av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for vinteren 1995–1996*. NILU-rapport OR 38/98, Norsk institutt for luftforskning, Kjeller.
- Stockfelt L, Andersson E M, Molnár P, Rosengren A, Wilhelmsen L, Sallsten G, Barregard L (2015). Long term effects of residential NO_x exposure on total and cause-specific mortality and incidence of myocardial infarction in a Swedish cohort. *Environmental Research* **142**: 197–206.
- Strand A, Aas H, Christiansen P, Nenseth V & Fearnley N (2010). *Bergen vinteren 2010. Evaluering av tiltak mot lokal luftforurensning*. TØI-rapport 1091, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Thune-Larsen H, Veisten K, Rødseth K L, Klæboe R (2014). *Marginale eksterne kostnader ved veitrafikk*. TØI-rapport 1307, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Wardman M & Whelan G (2011). Twenty Years of Rail Crowding Valuation Studies: Evidence and Lessons from British Experience. *Transport Reviews* **31**(3): 379–398.

Aas H, Hagman R, Olsen S, Andersen J & Amundsen A (2012). *Lavutslippssoner. Tiltak for å redusere NO₂-utslippene*. TØI-rapport 1216, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no