



Vestlandsforskning

Boks 163, 6851 Sogndal

Tlf. 57 67 61 50

Internett: www.vestforsk.no

VF-rapport 14/98

Svevestøv fra persontransport i Oslo.

En beregning av mengder og kostnader

**Av
Otto Andersen**

Rapport tittel Svevestøv fra persontrafikk i Oslo. En beregning av mengder og kostnader.	Rapportnr. 14/98
	Dato Nov 1998
	Gradering: Åpen
Prosjekttittel Utslipp og økonomiske konsekvenser av svevestøv fra persontransporten i Oslo. Status og framtidige vurderinger.	Tal sider 32
	Prosjektnr
Forskarar: Otto Andersen	Prosjektansvarleg: Karl G Høyer
Oppdragsgjevar: Oslo Sporveier	Emneord Persontransport, partikkelutslipp, økonomiske konsekvenser, bærekraftig mobilitet
Samandrag Dette er en rapport fra et prosjekt om svevestøv fra persontransport i Oslo-regionen. Prosjektet omfatter beregning av mengder og økonomiske konsekvenser av utslipp av svevestøv (partikler) fra persontransport i Oslo. I rapporten presenteres kunnskapsstatus og metodiske forutsetninger for beregningene for 3 ulike utviklingsforløp (scenarier) for persontransport i Oslo fram til år 2016. De 3 scenariene er et personbilsenario, et kollektivscenarier og et bærekraftscenarier. I tillegg presenteres det tall for 1996. Resultatene viser at personbil/drosje i 1996 stod for det aller meste (over 90 %) av partikkelutslippet i persontransport i Oslo. Det totale utslippet fra persontransport i Oslo blir redusert i alle 3 scenariene sammenlignet med situasjonen i 1996. Reduksjonen er minst i personbilsenariet og størst i bærekraftscenariet. Rapporten bygger på tidligere beregninger av dagens persontransportarbeid i Oslo og fastsetting av energiforbruks- og utslippsfaktorer (Lundli et al, 1998a og 1998b).	
Andre publikasjoner frå prosjektet Transportscenarier for Oslo. Grunnlagsnotat. Hans-Einar Lundli, Karl G Høyer og Erling Holden. Vestlandsforskning prosjektnotat 5/98. Sogndal 1998 Transportscenarier for Oslo. 1996-2016. Konsekvenser for miljø, areal og tidsbruk. En sammendragsrapport. Hans-Einar Lundli og Karl G Høyer. VF-rapport 8/98. Sogndal 1998. Transportscenarier for Oslo. 1996-2016. Konsekvenser for areal, tidsbruk, og utslipp av CO ₂ , NO _x og svevestøv. En sammendragsrapport. Hans-Einar Lundli, Otto Andersen og Karl G Høyer. VF-rapport 13/98. Sogndal 1998	
ISBN nr: 82-428-0160-6 ISSN: 0803-4354	Pris 100,-

Forord

På oppdrag fra Oslo Sporveier har vi tidligere utført et prosjekt om miljø- og økonomiske konsekvenser ved ulike scenarier for utviklingen av persontransport frem mot år 2016. Resultatene fra det tidligere arbeidet er publisert i to rapporter:

- Lundli, H. E., K. G. Høyen og E. Holden (1998a): *Transportscenarier for Oslo. Grunnlagsnotat*. VF-notat 5/98. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Lundli, H. E., K. G. Høyen (1998): *Transportscenarier for Oslo. 1996-2016. Konsekvenser for miljø, areal og tidsbruk. En sammendragsrapport*. VF-rapport 8/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

Disse to tidligere publikasjoner presenterer de antagelser og forutsetninger som de tre scenariene bygger på. De omfatter videre en klargjøring av hvordan persontransportarbeidet er beregnet. De presenterer videre miljø- og ressurskonsekvenser samt økonomiske konsekvenser av persontransport for :

- Energiforbruk
- Utslipp av NO_x
- Utslipp av CO₂

I tillegg gir de forutsetninger for og resultater av beregning av økonomiske konsekvenser av:

- Arealbruk til persontransportformål
- Tidsbruk til persontransportformål

Denne rapporten er en fortsettelse av det tidligere arbeidet med å beregne miljø- og økonomiske konsekvenser av persontransport og omfatter:

- Utslipp av svevestøv (partikler)

Sammendraget og hovedkonklusjonene fra dette arbeidet er inkludert i følgende rapport:

- Lundli, H. E., O. Andersen og K. G. Høyen (1998b): *Transportscenarier for Oslo. 1996-2016. Konsekvenser for areal, tidsbruk og utslipp av CO₂, NO_x og svevestøv. En sammendragsrapport*. VF-rapport 13/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

Prosjektet er finansiert av Oslo Sporveier.

Rapporten er skrevet av Otto Andersen. Faglig ansvarlig for prosjektet har vært Karl Georg Høyen mens Erling Holden og Hans Einar Lundli har bidratt med grunnlagsdata og nyttige kommentarer underveis.

Sogndal, Nov 1998
Karl G Høyen

Innholdsfortegnelse

1. FORKORTELSER OG DEFINISJONER	1
2. SAMMENDRAG	2
3. BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLINGER.....	5
4. METODE FOR ANALYSEN	7
4.1. SCENARIER SOM METODE.....	7
5. PERSONTRANSPORTVOLUM I OSLO.....	8
5.1. PERSONTRANSPORTARBEIDET I 1996	8
5.2. PERSONBILSCENARIET	8
5.3. KOLLEKTIVSCENARIET.....	8
5.4. BÆREKRAFTSCENARIET	9
5.5. UTVIKLING I TRANSPORTVOLUM OG PERSONMOBILITET	9
6. KARAKTERISTIKA VED PARTIKLER	11
6.1. KARAKTERISTIKA VED EKSOSEPARTIKLER.....	11
6.2. KARAKTERISTIKA VED PARTIKLER FRA VEISLITASJE.....	12
6.3. KARAKTERISTIKA VED PARTIKLER FRA SLITASJE AV BILDEKK	12
6.4. KARAKTERISTIKA VED PARTIKLER FRA BREMSESLITASJE.....	13
6.5. KARAKTERISTIKA VED PARTIKLER FRA KNUSING OG OPPHIVIRVLING	13
7. KONSEKVENSER FOR MILJØ.....	14
7.1. UTSLIPP AV PARTIKLER I EKSOSE	14
7.1.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra eksosutslipp.....	14
7.1.2. Beregninger i eksosutslipp fra personbiler	15
7.1.3. Beregninger av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksosutslipp fra drosjer	16
7.1.4. Beregninger av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksosutslipp fra busser	16
7.1.5. Beregnede totale utslipp av partikler i eksos fra persontransport	17
7.2. UTSLIPP AV PARTIKLER FRA VEISLITASJE.....	18
7.2.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra veislitasje	18
7.2.2. Beregning av mengder PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra veislitasje.....	19
7.2.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra veislitasje av persontransport	20
7.3. UTSLIPP AV PARTIKLER FRA SLITASJE AV BILDEKK	21
7.3.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra dekkslitasje.....	21
7.3.2. Beregning av mengder PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra dekkslitasje.....	21
7.3.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra slitasje av dekk brukt i persontransport	21
7.4. UTSLIPP AV PARTIKLER FRA BREMSE- OG CLUTCHSLITASJE	22
7.4.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra bremse- og clutchslitasje.....	22
7.4.2. Beregning av mengder PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra bremse- og clutchslitasje.....	22
7.4.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra slitasje av bremser.....	23
7.5. UTSLIPP AV PARTIKLER FRA KNUSING OG OPPHIVIRVLING	23
7.5.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra knusing og opphvirvling.....	23
7.5.2. Beregning av mengder PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra resuspensjon.....	24
7.5.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra knusing og opphvirvling	24
7.6. TOTALE UTSLIPP AV PM_{10} OG $PM_{2,5}$	25
8. ØKONOMISKE KONSEKVENSER.....	29
REFERANSER.....	31

1. Forkortelser og definisjoner

NILU	Norsk institutt for luftforskning
Nitro-PAH	Oksydasjonsprodukter av polysykliske aromatiske hydrokarboner som inneholder nitro-grupper
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PM ₁₀	Partikulært materiale med aerodynamisk diameter mindre enn 10 mikro-meter
PM _{2,5}	Partikulært materiale med aerodynamisk diameter mindre enn 2,5 mikro-meter, (finfraksjon)
PM _{2,5-10}	Partikulært materiale med aerodynamisk diameter mellom 2,5 og 10 mikrometer (grovfraksjon)
Respirable partikler	Partikulært materiale med aerodynamisk diameter mindre enn 5 mikro-meter
SPS	Spesifikk piggdekkslitasje
TPM	Totalt partikulært materiale

2. Sammendrag

I denne studien har vi beregnet utslippet av svevestøv fra persontransport i Oslo. Vi har beregnet utslippet i 1996 (basisår) og ved 3 ulike scenarier for transportutvikling i Oslo fram mot år 2016. I *personbilscenariet* antar vi at all vekst i persontransportarbeidet i Oslo fram til år 2016 tas hånd om av personbil og drosje. *Kollektivscenariet* bygger på en forutsetning om at man i år 2016 har en situasjon hvor 1/3 av personreisene utføres med kollektive transportmidler, 1/3 med personbil/drosje og 1/3 til fots eller med sykkel. *Bærekraftscenariet* forutsetter en nedgang i den totale personmobiliteten fram til år 2016.

Prosjektets overordnede målsetning har vært å sammenligne mengder svevestøv ved de tre scenariene. Prosjektet har i tillegg tallfestet hvilke økonomiske konsekvenser de ulike alternativene for persontransport i Oslo har, basert på utslippet av svevestøv ved hvert av scenariene.

Vi har kun befattet oss med den delen av svevestøvet som har størst helsemessig betydning. Dette dreier seg i første rekke om partikulært materiale med diameter mindre enn 10 mikrometer (μm). Det øvrige svevestøvet – med diameter større enn 10 μm – antas ikke å ha særlig helsemessig betydning (fordi de større partiklene ikke er inhalerbare). Partiklene med diameter mindre enn 10 μm har betegnelsen PM_{10} . Denne delen av svevestøvet deles igjen i to fraksjoner: *grovfraksjon* (diameter mellom 2,5 og 10 μm) og *finfraksjon* (diameter mindre enn 2,5 μm). Finfraksjonen har betegnelsen $\text{PM}_{2,5}$. Finfraksjonen er spesielt alvorlig i helsemessig sammenheng. Det er knyttet til at de mindre partiklene ikke bare er inhalerbare, men også er respirable (dvs. føres helt ned i nedre luftveier og lungeblærer). I rapporten er det gjort miljømessige- og økonomiske beregninger av utslippene av *begge fraksjoner*, på følgende måte:

- Utslipp av PM_{10} (d.v.s. partikler mindre enn 10 μm)
- Utslipp av $\text{PM}_{2,5}$ (d.v.s. partikler mindre enn 2,5 μm . $\text{PM}_{2,5}$ utgjør en del av PM_{10})

I rapporten er det beregnet partikkelutslipp fra buss, personbiler og drosje. Utslipp av partikler fra skinnegående transport er ikke tatt med i rapporten, fordi dette hovedsak er knyttet til eksosutslipp fra dielseldrevne tog. Ettersom togtransporten i Oslo-regionen er elektrifisert, kan disse utslippene antas å være uten betydning.

Det er fem viktige kilder til partikkelutslipp fra persontransport i Oslo:

- *Eksos fra forbrenning av drivstoff*. Partiklene i eksos er svært små, ca 0,1 – 0,2 μm . De består hovedsakelig av fast karbonmateriale dekket med organiske forbindelser. Av det organiske innholdet er det spesielt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og nitro-PAH som har helsemessig betydning. Vi har beregnet at det totale utslippet av PM_{10} i eksos fra persontransporten i 1996 var 133 tonn. $\text{PM}_{2,5}$ utgjorde 127 tonn av dette utslippet. 73 % av utslippet av PM_{10} og 75 % av utslippet av $\text{PM}_{2,5}$ er fra personbilbruk. De resterende 25-27 % slippes ut fra drosjer og busser. For alle tre scenariene forventer vi en kraftig reduksjon (84-92%) i utslippet av PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ i eksos fram til år 2016. Teknologiutvikling i samspill med stadig strengere krav til utslipp av fra kjøretøyer vil bidra til denne utviklingen.

- Slitasje av veidekke.* Slitasje av veidekke gir utslipp av større partikler, og vi har regnet at kun 1 % av massen som slites bort er i form av PM_{10} . Innholdet i partiklene er bestemt av sammensetningen av veidekket. Asfalt inneholder 5 % bitumen som er en kilde til utslipp av bl.a. PAH og klorerte organiske forbindelser. Vi har beregnet at det totale utslippet av PM_{10} fra slitasje av veidekke fra persontransport i 1996 var 179 tonn. $PM_{2,5}$ utgjorde 89 tonn av dette utslippet. 93 % av utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ er fra personbilbruk. De resterende 7 % slippes ut fra drosjer og busser. For alle tre scenariene forventer vi en kraftig reduksjon (35-71 %) i utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksos fram til år 2016. En reduksjon i bruken av piggdekk til 20 % av personbilparken i 2016 er hovedårsaken til denne utviklingen.
- Slitasje av bildekk.* Ettersom bildekk brukt på personbiler, drosjer og busser slites vil ca 30 % av massen som slites vekk slippes ut som partikler med diameter mindre enn 10 μm . Disse partiklene inneholder svovel, sink, kadmium og bly som kilde til forurensning og helseskader. Vi har beregnet at det totale utslippet av PM_{10} fra slitasje av bildekk brukt i persontransport i 1996 var 116 tonn. $PM_{2,5}$ utgjorde 93 tonn av dette utslippet. 93 % av utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ er fra personbilbruk. De resterende 7 % slippes ut fra drosjer og busser. For bærekraftscenariet forventes en reduksjon på 36 % og 49 % i utslippet av henholdsvis PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av dekk. For personbil- og kollektivscenariet forventes en økning på henholdsvis 42 % og 21 % i utslippet av PM_{10} fra slitasje av dekk.
- Slitasje av bremses.* Bremsesklosser- og bremsesko (bremsebånd) bidrar til utslipp av partikler når de slites ved bremsing. Asbest- og metallinnholdet i bremsebånd kan dermed bidra til partikkel-assosiert luftforurensning. Vi har beregnet at det totale utslippet av PM_{10} fra slitasje av bremsebånd i persontransport i 1996 var 55 tonn. Av dette utgjorde $PM_{2,5}$ 44 tonn. 90 % av utslippet av PM_{10} fra bremseslitasje stammer fra bruk av personbiler. De resterende 10 prosent slippes ut fra drosjer og busser. For personbilscenariet forventer vi en økning på 41 % og for kollektivscenariet en økning på 21 % i utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av bremses fram til år 2016. For bærekraftscenariet forventes en reduksjon på henholdsvis 34 % og 48 % i utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av bremses.
- Finknusing og opphvirvling.* Partikler med diameter større enn 10 μm bidrar også til utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$. Dette skjer ved at de større partiklene som er deponert i veibanen knuses om og om igjen ved at biler kjører over dem. Veistøvet finnes til stadig mindre partikler, som hvirvles opp i luften. Det er stor usikkerhet om hvor store mengder mindre partikler som blir til på denne måten, men det er på tørre dager estimert at mengden PM_{10} og $PM_{2,5}$ som knuses og hvirvles opp er like stor som den totale mengden som kommer fra eksosrøret. Ut fra dette estimatet har vi beregnet at dette i 1996 utgjorde 78 tonn PM_{10} . Av dette var 39 tonn $PM_{2,5}$. 94 % av dette utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ stammer fra personbilbruk. De resterende 6 prosent er fra bruk av drosjer og busser. For alle tre scenariene forventer vi en kraftig reduksjon (65-84 %) i dette utslippet fram til år 2016. En reduksjon i bruken av piggdekk er hovedårsaken til denne utviklingen.

Vi har benyttet en skadekostnadtilnærning ved beregning av de økonomiske konsekvensene av partikkelutslippene. Kostnadene er hovedsakelig forbundet med økt dødelighet og større hyppighet av kroniske lungesykdommer.

Det må understrekes at de økonomiske tallene som er framkommet må brukes med varsomhet. I vår sammenheng avgrenses bruken av de økonomiske tallene til å *illustrere forskjellene mellom alternative transportsituasjoner i Oslo*. De gir *ikke* et eksakt bilde av de absolutte miljøkostnadene som knytter seg til alternativene.

Vi har beregnet de totale kostnadene fra partikkelutslipp fra persontransport i Oslo i 1996 til 689 mill. kr. Av dette utgjorde kostnadene forbundet med PM_{2,5} -utslipp alene 603 mill. kr. Kostnadene ved personbil, kollektiv- og bærekraft- scenariene er beregnet til å utgjøre henholdsvis 501, 430 og 230 mill 1996-kr. Reduksjon i forhold til 1996 er dermed minst i personbilscenariet (27 %), og klart størst i bærekraftscenariet (67 %). Reduksjonen i kostnadene i kollektivscenariet er på 38 %.

3. Bakgrunn og problemstillinger

Svevestøv består av partikler som svever i luften en viss tid. Partiklene har diameter mindre enn 75 mikrometer, og er ved siden av NO_x den forurensningskomponenten som gir de største lokale luftforurensnings-problemene i Norge. Veitransporten er en viktig kilde til utslipp av svevestøv i norske byer. Innenfor veitransporten igjen er det 5 hovedkategorier av utslippskilder:

- Utslipp fra eksos
- Utslipp fra veislitasje (inkludert utslipp forårsaket av piggdekkslitasje)
- Utslipp fra dekkslitasje
- Utslipp fra slitasje av bremses og clutch
- Utslipp fra knusing til finere partikler med påfølgende opphvirvling

I denne rapporten er det gjort beregninger av alle 5 kategorier.

I utgangspunktet bør både direkte og indirekte utslippskildene til partikler vurderes. Ettersom de indirekte kildene i det vesentlige er spredd både nasjonalt og internasjonalt, kan de imidlertid antas å være uten betydning i denne sammenheng. Det har sammenheng med at det i første rekke er konsentrasjonene av svevestøv i byene som har miljømessig betydning. Dette innebærer at det ikke er benyttet et livsløpsperspektiv i beregning av partikkelutslipp i denne rapporten.

Svevestøv omfatter en rekke ulike typer og størrelsesgrupper av partikler. Det er vanlig å bruke PM_{10} som indikator for de delene av svevestøvet som har størst helsemessig betydning. PM_{10} omfatter partikler med diameter mindre enn $10\mu\text{m}$. Det øvrige svevestøvet – med diameter større enn $10\mu\text{m}$ – kan også ha miljømessige konsekvenser, men det antas ikke å ha særlig helsemessig betydning (fordi de større partiklene ikke er inhalerbare). Dette er bakgrunnen for at rapporten er avgrenset til beregninger av *utslippene av PM_{10}* , hvilket også er i samsvar med det som er vanlig både nasjonalt og internasjonalt.

PM_{10} er en sammensatt gruppe partikler. Den inndeles gjerne i 2 fraksjoner: *grovfraksjon* (diameter mellom 2,5 og $10\mu\text{m}$) og *finfraksjon* (diameter mindre enn 2,5 μm , $\text{PM}_{2,5}$). Finfraksjonen er spesielt alvorlig i helsemessig sammenheng. Det er knyttet til at de mindre partiklene ikke bare er inhalerbare, men også er respirable (dvs. føres helt ned i nedre luftveier og lungeblærer). Rapporten omfatter beregninger av utslippene av *begge fraksjoner*, på følgende måte:

- Utslipp av PM_{10}
- Utslipp av $\text{PM}_{2,5}$

Vi har i studien beregnet utslippet av PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ fra svevestøv forårsaket av persontransport i Oslo. Vi har beregnet utslippet i 1996 og ved 3 scenarier for transportutviklingen i Oslo fram mot år 2016. I *personbilscenariet* antar vi at all vekst i persontransportarbeidet i Oslo fram til år 2016 tas hånd om av personbil og drosje. *Kollektivscenariet* bygger på en forutsetning om at man i år 2016 har en situasjon hvor 1/3 av *personreisene* utføres med kollektive transportmidler, 1/3 med personbil/drosje og 1/3 til fots eller med sykkel. *Bærekraftscenariet* forutsetter en nedgang i den totale personmobiliteten fram til år 2016.

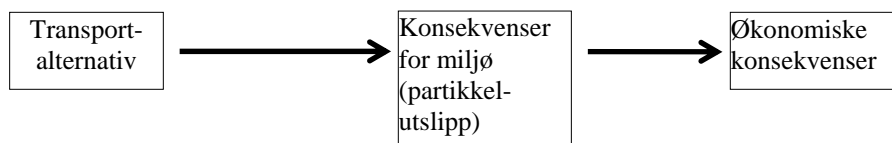
Prosjektets overordnede målsetning har vært å sammenligne de tre scenariene med hensyn til utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$.

Prosjektet har i tillegg søkt å tallfeste hvilke økonomiske konsekvenser partikkelutslipp har for de ulike alternativene for persontransport i Oslo.

4. Metode for analysen

Hovedstrukturen i analysen er gitt i Figur 1.

Figur 1 Hovedstrukturen i analysen



Analysen omfatter utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$, men går ikke i dybden på hvilke konsekvenser disse har for natur og menneske, unntatt tallfestingen av økonomiske konsekvenser for mennesker. Hvert transportalternativ uttrykker ulike typer transportmessige forutsetninger.

Følgende hovedvariable inngår i analysen:

- Samlet persontransportarbeid (personkm/år)
- Fordeling av persontransportarbeidet på ulike typer transportmidler
- Gjennomsnittlig kapasitetsutnyttning for ulike typer transportmidler

Studien omfatter persontransport som blir utført innenfor fylkesgrensen til Oslo, uavhengig av den reisendes bosted. Følgende transportmidler inngår i analysen: personbil, drosje og buss. Det skjer også utslipp av svevestøv fra skinnegående transport. Dette er vesentlig knyttet til eksosutslipp fra dieseldrevne tog. Ettersom togtransporten i Oslo-regionen er elektrifisert, kan disse utslippene antas å være uten betydning.

4.1. Scenarier som metode

Scenarie-metoden egner seg først og fremst til å anskueliggjøre utviklingsforløp i et noenlunde langt tidsperspektiv, samt integrere ulike faktorer som må henge sammen om utviklingsforløpet skal virke troverdig. Her kan man altså legge inn både forutsetninger og effekter. Ved en scenarietilnærming står man friere enn i mer tradisjonelle metoder (prognoser, modellframskrivninger) til å vurdere ulike aspekter ved virkeligheten, og man er ikke begrenset til det som lar seg lovmessig beskrive og modellere. Ikke minst er metoden godt egnet til å reise diskusjon om litt uventede effekter, altså aspekter man bevisst ser bort fra i kvantitative modellkjøringer.

En utfyllende beskrivelse av de tre scenariene finnes i Lundli et. al (1998a og 1998b). I denne rapporten er kun en beskrivelse av hovedtrekkene ved de tre scenariene tatt med, og bare utviklingen for de tre transportmidlene som denne analysen omfatter (personbil, drosje og buss).

5. Persontransportvolum i Oslo

5.1. Persontransportarbeidet i 1996

Vestlandsforskning har tidligere beregnet fordelingen av persontransportarbeidet i 1996 på de transportmidlene som inngår i analysen. Dette er vist i tabell 1.

Tabell 1 Persontransportarbeidet i Oslo i 1996, fordelt på de transportmidlene som inngår i analysen (millioner personkilometer)

Transportmiddel	Mill pkm
Personbil	3280
Drosje	160
Buss	253

Kilde: Lundli et. al 1998a

Vestlandsforskning har også anslått gjennomsnittlige personbelegg per vognkilometer for Oslo i 1996. Disse er vist i tabell 2.

Tabell 2 Personbelegg for Oslo i 1996, fordelt på de transportmidlene som inngår i analysen (personer per vognkilometer)

Transportmiddel	Personbelegg
Personbil	1,6
Drosje	1,3
Buss	13,5

Kilde: Lundli et. al 1998a

5.2. Personbilscenariet

I personbilscenariet antas at all vekst i persontransportarbeidet i Oslo fram til år 2016 tas hånd om av personbil og drosje. De ulike kollektive transportmidlene og gang/sykkel utfører det samme persontransport-arbeidet i 2016 som i 1996. Kollektivtransportens andel av det totale persontransportarbeidet i Oslo vil dermed falle fram til 2016. I personbilscenariet er det antatt at det gjennomsnittlige personbelegget i personbil faller fra 1,6 i 1996 til 1,4 i 2016 for kjøring på vegnettet i Oslo.

For drosje er det antatt at passasjerbelegget holder seg konstant i hele perioden.

5.3. Kollektivscenariet

Kollektivscenariet bygger på en forutsetning om at man i år 2016 har en situasjon hvor 1/3 av personreisene utføres med kollektive transportmidler, 1/3 med personbil og 1/3 til fots eller med sykkel. Dette innebærer en 0,3 prosent årlig økning i persontransportarbeidet utført av personbil og drosje i perioden 1996-2016. Videre innebærer det en 2,7 prosent årlig økning i persontransportarbeidet utført av buss i perioden 1996-2016. Kollektivscenariet er i samsvar med Oslo Sporveiers egen målsetning.

5.4. Bærekraftscenariet

I bærekraftscenariet antas at Oslo oppnår et bærekraftig transportsystem i år 2050. I et bærekraftig transportsystem i en storby er det ikke plass for personbiler eller drosjer (Høyer, 1996). "Kvoten" med bilbruk som eventuelt kan aksepteres innenfor et bærekraftig samfunn prioriteres distriktene. Persontransportarbeidet i Oslo utført av personbil og drosje er derfor satt til 0 i år 2050. Det tilsvarende persontransportarbeidet utført i 2016 er anslått ved hjelp av en lineær framskrivning av persontransporttallene for 1996 og 2050.

Den samlede mobiliteten per innbygger i Oslo vil bli redusert betydelig i forhold til personbil- og kollektivscenariet.

I 1995 var personmobiliteten i Norge på ca 35 km pr dag og innbygger, ikke medregnet gang og sykkel. Det er ved tidligere arbeider i Vestlandsforskning kommet fram til en mobilitet på 16 km per dag og innbygger i 2050, ikke medregnet gang og sykkel. Oslo (og andre store byer) må ta en større del av reduksjonen i mobilitet enn hva distriktene kan ta. Dette betyr at mobiliteten per dag og innbygger i Oslo må være lavere enn 16 km i 2050. Persontransport-tallene for Oslo inkluderer imidlertid ikke de lange reisene. Dette medfører at mobiliteten må ytterligere ned i forhold til det nasjonale gjennomsnittet. Det totale mobilitetsnivået per innbygger i Oslo i 2050 må ned mot 11 km per dag (uten gang/sykkel), som følge av at de lange reisene ikke er inkludert. Persontransportarbeidet i 2016 beregnes så ved å anta en lineær utviklingstakt for perioden 1996-2050. Til grunn for beregningene ligger en framskrivning av folketallet gjort av Statistisk kontor i Oslo kommune.

Det er valgt å anta at persontransportarbeidet for kollektive transportmidler er identiske i bærekraftscenariet og kollektivscenariet.

Hovedforskjellen mellom kollektiv- og bærekraftscenariet er iverksetting av en rekke virkemidler i bærekraftscenariet for å redusere den personbilbaserte mobiliteten.

5.5. Utvikling i transportvolum og personmobilitet

De tre scenariene innebærer en ulik utvikling av persontransportarbeidet for de enkelte transportmidlene.

Personbilens (inkludert drosje) andel av det totale persontransportarbeidet i Oslo vil øke fra 77 prosent i 1996 til 81 prosent i 2016 i personbilscenariet. Personbilscenariet medfører en nedgang i kollektivandelen fra 19 prosent til 15 prosent av det totale persontransportarbeidet.

Kollektivscenariet innebærer en utvikling hvor personbilens andel av det totale persontransportarbeidet faller fra 77 prosent i 1996 til 69 prosent i 2016 mens den kollektive andelen øker fra 19 til 27 prosent.

Bærekraftscenariet gir en enda kraftigere nedgang i personbilbruken enn i kollektivscenariet. I dette scenariet står personbilen for kun 53 prosent av persontransportarbeidet, mens de kollektive transportmidlene har økt sin andel til hele 35 prosent.

Tabell 3 viser tall for persontransportarbeid i år 2016 og 1996 for de tre scenariene.

Tabell 3 Persontransportarbeid for 1996 og de 3 scenariene (mill personkm)

Transport middel	1996	Personbil 2016	Kollektiv 2016	Bærekraft 2016
Personbil	3280	4096	3505	2065
Drosje	160	222	171	101
Buss	253	253	438	438

Kilde: Lundli et. al 1998a

Tabell 4 viser tall for kapasitetsutnytting i år 2016 og 1996 for de tre scenariene.

Tabell 4 Kapasitetsutnytting for de 3 scenariene, ulik benevning

Transportmiddel	1996	Personbil 2016	Kollektiv 2016	Bærekraft 2016
Personbil (pers)	1,6	1,4	1,4	1,6
Drosje (passasj.)	1,3	1,3	1,3	1,3
Buss (passasj.)	13,5	13,5	20,0	20,0

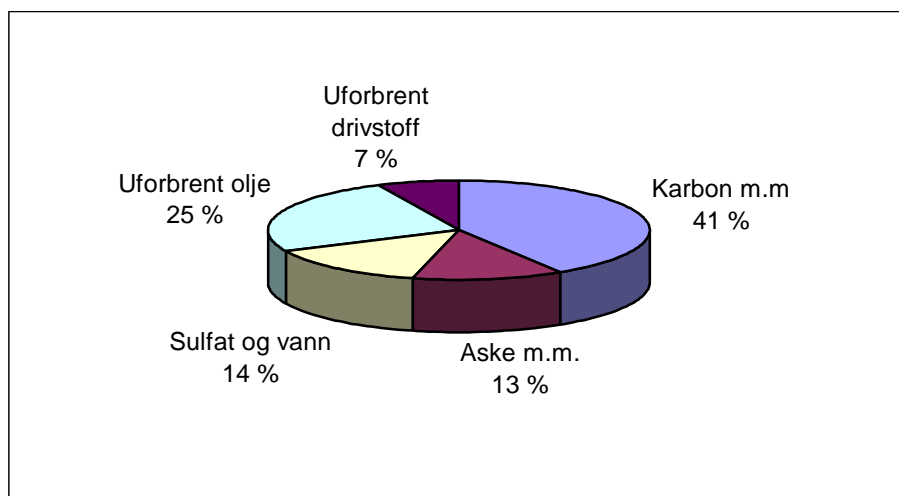
Kilde: Lundli et. al 1998a

6. Karakteristika ved partikler

6.1. Karakteristika ved eksospartikler

Eksospartikler består i hovedsak av agglomerert fast karbonmateriale og aske, flyktige organiske forbindelser og svovel-forbindelser. Faste karbonpartikler dannes under forbrenningen, spesielt ved rike blandingsforhold mellom drivstoff og luft. Det meste av dette oksyderes, men restene blir sluppet ut i eksosen i form av agglomerater. En liten del av drivstoffet og motorolje unngår oksyderingen og slippes ut i aerosolform som flyktige eller løselige organiske forbindelser i eksosen. Motoroljerestene er en kilde til utslipp av partikkelbundne tungmetaller. Metallforbindelsene i drivstoffet og motoroljen fører til dannelse av små mengder uorganisk aske i eksosen. Hovedmengden av svevelet i drivstoffet blir oksydert til SO_2 , men en mindre mengde blir oksidert til SO_3 , som omdannes til svovelsyre og sulfater i eksospartiklene. Figur 2 viser en representativ sammensetning av partikulært materiale fra dieselmotor testet ved en U.S. heavy duty transient test (Kittelson, 1998).

Figur 2 Typisk sammensetning av partikulært materiale fra dieselmotor testet på en heavy duty transient test syklus.



Når eksosen fortynnes og avkjøles vil flyktig materiale omdannes til partikler i fast og flytende (aerosol) form. Dette skjer ved en blanding av kjernedannelse, kondensering og adsorpsjon. I eksosrøret, hvor temperaturene er høye, er mesteparten av det flyktige materialet i gassfase. Forholdene rundt fortynningen og avkjølingen er av betydning for hvor stor del av materialet som adsorberer eller kondenserer på eksisterende partikler, eller kjernedanner til nye partikler.

Partikkelutslippet fra motoren utgjøres i all hovedsak av nanopartikler med størrelse omkring 100-200 nm. Agglomerering av nanopartiklene på vei ut mot utløpet av eksosrøret fører til at ca 10 % av partikkelmengden ved eksosutslippet har diameter over 2,5 mikrometer.

Det aller meste av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i deponert svevestøv ved vegene finnes på partikler med diameter mindre enn ca. 3 mikrometer. Det meste av dette igjen finnes på partikler mindre enn 0,5 mikrometer (Anda og Larsen, 1982). Mengden PAH i partikler fra eksosutslipp fra bensin- og dieselmotorer er i området 0,4 % - 1,6 % (NRC, 1982). Det finnes også 0,6 % - 2,4 % oksidasjonsprodukter av PAH, bl.a nitro-PAH. Nitro-PAH (for eksempel nitropyrener) er direkte-virkende (d.v.s uten aktivering gjennom metabolismen) mutagener og har fått oppmerksomhet på grunn av dette. Det har vært målt konsentrasjoner av nitro-PAH opp til 0,17 % i eksospartikler. (Levsen, 1988).

6.2. Karakteristika ved partikler fra veislitasje

Sammensetningen av partiklene fra veislitasje kan best beskrives ved å vurdere veidekkets sammensetning. I asfalt er ca 90 % stein, 5 % filler (steinstøv) og ca 5 % bindemidler (bitumen). Hvis steinsorten som benyttes som hovedkomponent i asfalten er kvarts, kan partiklene fra veislitasjen inneholde store mengder silisium, og dette kan innebære en potensiell helserisiko i form av sykdommen silikose. I Oslo benyttes imidlertid i stor grad basalt som steininnslag, slik at dette er en mindre aktuell risiko enn for eksempel i Trondheim (se SINTEF, 1994).

Bitumen i asfalten inneholder en rekke forbindelser som kan ha miljø- og helsemessig betydning ved spredning når forbindelsene er adsorbent på partikler. Innholdet av en del av disse forbindelsene for en vanlig bitumen-type er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Innholdet av en del forbindelser av miljø- og helsemessig betydning i en vanlig bitumen-type.

Forbindelse	Innhold (%)
Nikkel	0,002 - 0,01
Vanadium	0,005 - 0,06
Svovel	4
Nitrogen	0,5
Klorerte organiske forbindelser	0,0007
PAH	0,001 - 0,007

Kilde: Bækken (1993)

6.3. Karakteristika ved partikler fra slitasje av bildekk

Innholdet i den delen av bildekkene som slites bort under kjøring er vist i Tabell 6.

Tabell 6 Innhold i slitasjeproduktene fra bildekkene.

Komponent	Innhold (%)
Polymerer (naturgummi og syntetisk gummi)	40-60
Sot	25-35
Mykningsmiddel	25-30
Vulkaniseringsmiddel (svovel)	1-2
Akseleratorer (Cu, Zn og Pb)	0,5-2
Aktivatorer (bl.a. sinkoksid)	2-5
Elastisitettsmiddel (for eksempel stearinsyre)	<1
Antioksidanter	1-2
Herdere	0-3
Andre tilsetninger	<1

Kilde: DIR (1997), Bækken (1993)

Partiklene som slites av fra bildekk inneholder altså ca. 1-2 % svovel, 2-5 % sink samt en rekke andre sporstoffer. I tillegg finnes kadmium (1,25 ppm) og bly (15 ppm) som forurensning i sinkoksid.

Slitasje av piggene i piggdekk gir utslipp av partikkelbundet wolfram og titan. Nye piggetyper inneholder lettmetaller og plaststoffer som også vil slites av og bidra til partikkelbundet luftforurensning av disse stoffene.

6.4. Karakteristika ved partikler fra bremseslitasje

Bremseklosser og -sko er sammensatt av asbest og/eller halvmetall-karbon blandinger. Utslipp fra bremseslitasje kan utgjøres av opptil 80 % asbest (CaSiO_3 / MgSiO_3) (Gaffney, 1998). Størrelsen på asbestfibrene er under 2,5 mikrometer og kan derfor betraktes å inkluderes innenfor kategorien $\text{PM}_{2,5}$. Asbest fra clutch-slitasje utgjør noen få prosent i forhold til den mengden asbest som kommer fra bremsene. Cu er tilsatt bremses og kan utgjøre utslipp på 80 mikrogram per akselkilometer (Anda og Larssen, 1982). Cr, Ba og Mn benyttes også i bremsebånd, og er funnet i partikler fra slitasje av bremses (Watson og Chow, 1994). Cooper et.al. (1987) har undersøkt sammensetningen av partikler fra slitasje av halv-metall bremsebånd og funnet ca. 45 % Fe, ca. 2 % Cu, 0,5 % Sn, 3 % Ba og 0,5 % Mo.

6.5. Karakteristika ved partikler fra knusing og opphvirvling

Større partikler enn PM_{10} er ikke tatt med i beregningene våre hittil. En del av disse partiklene vil imidlertid bli deponert i veibanen og senere omdannet til PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ ved gjentatt knusing i veibanen med påfølgende opphvirvling. Sammensetningen av partiklene som finknuses og opphvirvles kan antas i hovedsak å utgjøres av en blanding av partikler fra veislitasje og dekkslitasje.

7. Konsekvenser for miljø

7.1. Utslipp av partikler i eksos

7.1.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra eksosutslipp

Dette kapittelet gir data for utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksos fra henholdsvis personbiler, drosjer og busser i årene 1996 og 2016. Data oppgis som et gjennomsnitt for alle kjøretøyer for hvert transportmiddel i hvert av årene. For eksempel vil utslippstall for personbiler i år 2016 reflektere et gjennomsnittsutslipp for nye personbiler solgt i det året og gamle biler som fremdeles er i drift. Dersom det ikke er angitt noe annet, er forbrukstallene som er benyttet hentet fra Lundli et. al. (1998a).

Data for forholdet mellom $PM_{2,5}$ og PM_{10} i eksos

Partiklene som slippes ut fra en dieselmotor er små partikler, i all hovedsak nanopartikler. Det kan derfor regnes at 100 % av totalt partikkelutslipp fra eksosrøret hos dieseldrevne kjøretøy faller innenfor størrelsbegrensingen på 10 mikrometer, d.v.s kan regnes som PM_{10} . Ca 10 % av det totale utslippet av partikler fra dieseleksos ligger imidlertid i størrelsesområdet 2,5-10 mikrometer (CARB, 1998). For bensindrevne biler regnes 100 % av partikkelutslippet fra eksosrøret å være mindre enn 2,5 mikrometer (ibid.).

Data for 1996

Som grunnlag for beregningen av utslipp for 1996 er det benyttet tall for PM_{10} -utslipp hentet fra SSB-rapport 97/7 "Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge" (SSB 1997).

Data for bensindrevne biler for 2016

For beregning av utslipp av PM_{10} fra *bensindrevne* kjøretøy i 2016 har vi lagt til grunn estimer utført av California Air Resources Board (CARB, 1998). Estimatet for utslipp av PM_{10} i år 2010 er 2.7 mg/vkm for nasjonalt gjennomsnitt. Ved å anta at forholdet mellom utslippet av PM_{10} ved bykjøring og ved nasjonalt gjennomsnitt er proporsjonalt med forholdet mellom drivstofforbruket (0,89/1,28), kommer man fram til et utslipp på 3,9 mg PM_{10} /vkm i bykjøring. Det er mulig at det i perioden mellom 2010 og 2016 vil kunne komme vesentlige reduksjoner i partikkelutslipp hvis ny teknologi blir tilgjengelig. Det er imidlertid også mulig at nye målemetoder gjør at utslippsfaktorene vil gå opp i forhold til tidligere krav. I stedet for å spekulere i utslippsfaktorer for 2016 har vi valgt å holde disse konstante i forhold til år 2010.

Data for dieseldrevne personbiler for 2016

For beregning av utslipp av PM_{10} fra dieseldrevne kjøretøy i 2016 har vi lagt til grunn de avgasskravene som kommer til nye kjøretøy i år 2005 ("EURO IV"). Vi forutsetter at hele bilparken i 2016 oppfyller EURO IV –kravene.

7.1.2. Beregninger i eksosutslipp fra personbiler

Bensindrevne personbiler

Vi får et utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksos fra bensindrevne personbiler som vist i Tabell 7.

Tabell 7 Gjennomsnittlige PM_{10} og $PM_{2,5}$ -utslipp for alle bensindrevne personbiler i bykjøring i årene 1996 og 2016 (milligram/km).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Personbiler (bensin)	37,9 ¹	37,9	3,9	3,9

Dieseldrevne personbiler

EURO IV–kravene er på 25.0 milligram PM_{10} /vkm. Vi får dermed et utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksos fra dieseldrevne personbiler som vist i Tabell 8.

Tabell 8 Gjennomsnittlige PM_{10} og $PM_{2,5}$ -utslipp for alle dieseldrevne personbiler i årene 1996 og 2016 (milligram/km).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Personbiler (diesel)	176,5 ²	158,8	25,0	22,5

Personbiler gjennomsnitt

Gjennomsnittlige utslipp for personbiler (inkluderer både bensindrevne og dieseldrevne) beregnet som et veiet snitt mellom 7 % dieseldrevne og 93 % bensindrevne. Vi får dermed et gjennomsnittlig utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksos fra personbiler som vist i Tabell 9.

Tabell 9 Gjennomsnittlige PM_{10} og $PM_{2,5}$ -utslipp for personbiler i årene 1996 og 2016 (milligram/km).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Personbiler (bensin og diesel – gj.snitt)	47,6	46,4	5,4	5,2

¹ Kilde: SSB (1997). Beregnet ut fra et PM_{10} -utslipp på 0,4 g PM_{10} /kg bensin, tetthet 0,74 kg/l og forbruk på 1,28 l/mil. Tallet inkluderer et stort antall personbiler uten katalysator.

² Beregnet ut fra en tetthet på 0,84 kg/liter, forbruk 1,1 liter/mil og et PM_{10} -utslipp på 1,91 g/kg.

7.1.3. Beregninger av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksosutslipp fra drosjer

Gjennomsnittlige utslipp for drosjer (inkluderer både bensindrevne og dieseldrevne) beregnet som et veiet snitt mellom 66 % dieseldrevne personbiler og 34 % bensindrevne personbiler. Vi får dermed et gjennomsnittlig utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksos fra drosjer som vist i Tabell 10.

Tabell 10 Gjennomsnittlige PM_{10} og $PM_{2,5}$ -utslipp for drosjer i bykjøring i årene 1996 og 2016 (milligram/km).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Drosjer	129,4	117,7	17,8	16,2

7.1.4. Beregninger av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i eksosutslipp fra busser

I år 2000 vil det bli innført nye avgasskrav til tyngre dieselmotorer, såkalt "EURO III-krav". Kravene er foreløpig ikke fastsatt, men det er antatt at utslippskravene vil innebære en reduksjon på 30 % i forhold til "EURO II-krav" (trådte i kraft 1. oktober 1996 for nyregistrerte kjøretøyer). EURO II-kravene er $150 \text{ mg } PM_{10}/kWh$, hvilket innebærer at EURO III-kravene vil ligge på $110 \text{ mg } PM_{10}/kWh$. I år 2005 vil EURO IV -kravene komme. Disse er heller ennå ikke fastlagt, men vi antar at de vil innebære en ytterligere reduksjon på 30 % i forhold til EURO III-kravene, og dermed ligge på ca. $90 \text{ mg } PM_{10}/kWh$. Dette partikkelutslippet antar vi vil ligge til grunn for et gjennomsnitt for alle busser i år 2016.

Omregning fra utslipp i mg/ kWh til mg/vkm skjer på følgende måte:

$$\text{Utslipp av } PM_{10} = \frac{\text{EURO - krav}}{\text{spesifikt forbruk}} * \text{tetthet} * \text{drivstofforbruk}$$

hvor de følgende enhetene (som vist i Tabell 11) benyttes:

Tabell 11 Enheter som benyttes ved omregning fra utslipp i mg PM_{10}/kWh til mg PM_{10}/vkm

Parameter	Enhet
Utslipp av PM_{10}	Milligram PM_{10}/vkm
EURO-krav	Milligram PM_{10}/kWh
Spesifikt forbruk	Gram diesel / kWh
Tetthet ³	Gram diesel / liter diesel
Drivstofforbruk	Liter diesel / vkm

Gjennomsnittlige tall for drivstofforbruk er vist i Tabell 12.

³ Det er benyttet en tetthet på 0,84 g/l

Tabell 12 Gjennomsnittlige forbrukstall for alle busser i årene 1996 og 2016 (liter diesel per mil).

	1996	2016
Drivstofforbruk	4,81	4,25

Kilde: Lundli et. al 1998a

Spesifikk drivstofforbruk for busser i 2016 er tidligere beregnet til 263 gram diesel/kWh (Lundli et. al 1998a).

Det beregnede gjennomsnittlige utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra busser i bykjøring blir dermed som vist i Tabell 13.

Tabell 13 Gjennomsnittlige utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} for alle busser i bykjøring i årene 1996 og 2016 (milligram per vognkm).

Kjøretøy	1996 ⁴		2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Busser	1034,3	930,9	122,2	110,0

7.1.5. Beregnede totale utslipp av partikler i eksos fra persontransport

Dette avsnittet gir beregnede mengder utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} i eksos fra henholdsvis personbiler, drosjer og busser i årene 1996 og for de tre scenariene i 2016. Disse er framstilt i Tabell 14.

Tabell 14 Beregnet utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra eksosrør (tonn/år)

Kjøretøy	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Personbiler	97,6	95,0	15,7	15,2	13,4	13,0	6,9	6,7
Drosjer	15,9	14,5	3,0	2,8	2,3	2,1	1,4	1,3
Busser	19,4	17,4	2,3	2,1	2,7	2,4	2,7	2,4
Sum	132,9	127,0	21,0	20,0	18,4	17,5	11,0	10,4

Utslipet av PM₁₀ i eksos fra persontransport i Oslo var i 1996 på 132,9 tonn. Av dette utgjorde PM_{2,5} 127,0 tonn. 73 prosent av utslippet av PM₁₀ og 75 prosent av utslippet av PM_{2,5} stammer fra personbilbruk. For alle tre scenariene forventer vi en kraftig reduksjon (84-92%) i utslippet av PM₁₀ og PM_{2,5} i eksos fram til år 2016.

Teknologiutvikling i samspill med stadig strengere krav til utslipp av fra kjøretøyer vil bidra til denne utviklingen.

⁴ Kilde: SSB (1997). Beregnet ut fra et PM₁₀-utslipp på 2,56 g PM₁₀/kg diesel, tetthet 0,84 kg/l og forbruk på 4,81 l/mil

7.2. Utslipp av partikler fra veislitasje

7.2.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra veislitasje

Utslipp av partikler fra vegslitasje er beregnet både for bruk av piggdekk og slitasje av veibanen forårsaket av kjøring med piggfrie dekk. Spesifikk piggdekksslitasje (SPS) er en betegnelse som brukes på den slitasjen som forårsakes av piggdekk. For asfalt ligger SPS på omkring 20-25 g/personbilkilometer. For å ta hensyn til at noe av kjøringen i Oslo foregår på brostein og betong, som er et mer slitesterkt veidekke enn asfalt, har vi valgt å bruke en SPS-verdi på 20 for våre beregninger. Vi har videre gått ut fra at piggdekkbruk blir redusert fra 80 % av bilparken i 1996 til kun å omfatte 20 % i 2016. Det er forutsatt at busser i Oslo ikke benytter piggdekk.

Størrelsen på den delen av veislitasjen som fører til generering av PM_{10} og $PM_{2.5}$ er problematisk å fastslå. De største partiklene i vegstøvet vil ikke være luftbårne lenge, og vil avsettes langs vegbanen raskt. Lettere partikler kan være luftbårne i flere dager og fanges dermed ikke opp i tilsvarende grad som de større partiklene ved målinger av partikkelsammensetningen i vegstøvdepoter langs vegene. Analyse av prøver fra veistøvdepotet, tatt fra vei- og fortauskant i Oslo i desember 1998, tilsier at PM_{10} utgjør kun 0,1 % av depoet (Larssen, 1987). Størrelsesfordelingen av partiklene i vegstøvdepoet på bakken er imidlertid ikke representativt for utslippet fra veislitasjen. Små partikler er underrepresentert, fordi disse er luftbårne over lengre tid, og ikke vil deponeres i like stor grad som større partikler nær veibanen. Vegdirektoratet oppgir at omtrent 1 % av massen i veistøvdepotet er respirable partikler, d.v.s mindre enn 5 mikrometer (Vegdirektoratet, 1997). Målinger gjort i Trondheim av vegstøv i tunneller er trolig mer representative for totalt utslipp fra vegslitasje i og med at de minste partiklene ikke i like stor grad er "blåst" bort før deponering. Disse prøvene viser at PM_{10} og $PM_{2.5}$ utgjør henholdsvis 2% og 1% av vegstøvdepotet (SINTEF, 1994). Tall fra Trondheim kan imidlertid ikke uten videre benyttes for Oslo, ettersom veidekkene er av forskjellig type. Vi har imidlertid valgt å benytte et tall for PM_{10} som er mer i samsvar med Vegdirektoratet sine vurderinger, men ligger betydelig lavere enn Trondheim-tallene. Vi har benyttet et estimat om at utslipp av PM_{10} fra veislitasje forårsaket av piggdekkbruk i Oslo utgjør 1 % av den spesifikke piggdekksslitasjen (SPS).

For piggdekkenes bidrag til den totale veislitasjen har vi benyttet et estimat om at 90 % av veislitasjen i 1996 var forårsaket av piggdekkbruk. De resterende 10 % er forårsaket av slitasje fra biler uten pigger. Vi har ikke belegg for å forutsi forandringer i slitestyrken på veidekket fram til 2016.

Vi har antatt at slitasjen per vognkilometer fra drosjer er like stor som slitasjen per vognkilometer for personbiler. For busser har vi basert beregningene på et estimat om at slitasjen på vegbanen per vognkilometer er 4x større enn slitasjen per vognkilometer for personbiler (Larssen, 1997a).

Forholdet mellom mengdene av PM_{2,5} og PM₁₀ fra veislitasje

NILU har beregnet at i luften ved gater i Oslo utgjør mengden av PM_{2,5} i veistøvet omtrent halvparten av mengden av PM₁₀ (Anda og Larsen, 1997). Vi har benyttet dette estimatet (50 % PM_{2,5} i PM₁₀) i beregningene av PM_{2,5} i partiklene fra slitasje av veibanen.

7.2.2. Beregning av mengder PM₁₀ og PM_{2,5} fra veislitasje

Beregninger for piggdekkbruk

Det beregnede utslippet av PM₁₀ og PM_{2,5} fra piggdekkbruk er vist i Tabell 15:

Tabell 15 PM₁₀ og PM_{2,5} fra piggdekkbruk (milligram per vognkm kjørt med piggdekk).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Personbil	200,0	100,0	200,0	100,0
Drosje	200,0	100,0	200,0	100,0
Buss	0,0	0,0	0,0	0,0

Beregninger for utslipp fra bruk av piggfrie dekk

Videre får vi et utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra bruk av dekk uten pigger som vist i Tabell 16:

Tabell 16 PM₁₀ og PM_{2,5} fra slitasje av veibanen fra bruk av dekk uten pigger (milligram per vognkm kjørt med piggfrie dekk).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Personbil	22,2	11,1	22,2	11,1
Drosje	22,2	11,1	22,2	11,1
Buss	88,9	44,4	88,9	44,4

Gjennomsnittlig slitasje om vinteren

Gjennomsnittlig slitasje i de 5 vintermånedene blir regnet som et veiet snitt av 80 % m/pigg og 20 % u/pigg i 1996, 20 % m/pigg og 80 % u/pigg i 2016. Beregnede mengder er vist i Tabell 17:

Tabell 17 PM_{10} og $PM_{2.5}$ fra slitasje av veibanen i de 5 vintermånedene (milligram per vognkm).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Personbil	164,4	82,2	57,8	28,9
Drosje	164,4	82,2	57,8	28,9
Buss	88,9	44,4	88,9	44,4

Gjennomsnittlig slitasje hele året

Gjennomsnittlig slitasje hele året blir regnet som et veiet snitt (5 måneder med gjennomsnittlig slitasje om vinteren og 7 måneder med kun slitasje fra piggfrie dekk). Mengdene er vist i Tabell 18:

Tabell 18 PM_{10} og $PM_{2.5}$ fra slitasje av veibanen i gjennomsnitt hele året (milligram per vognkm).

Kjøretøy	1996		2016	
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Personbil	81,5	40,7	37,0	18,5
Drosje	81,5	40,7	37,0	18,5
Buss	88,9	44,4	88,9	44,4

7.2.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra veislitasje av persontransport

Dette avsnittet gir beregnede mengder utslipp av PM_{10} og $PM_{2.5}$ fra veislitasje forårsaket av henholdsvis personbiler, drosjer og busser i årene 1996 og for de tre scenariene i 2016. Disse er vist i Tabell 19.

Tabell 19 Beregnet utslipp av PM_{10} og $PM_{2.5}$ fra veislitasje (tonn/år)

Kjøretøy	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Personbiler	167,0	83,5	108,4	54,2	92,7	46,4	47,8	23,9
Drosjer	10,0	5,0	6,3	3,2	4,9	2,4	2,9	1,4
Busser	1,7	0,8	1,7	0,8	1,9	1,0	1,9	1,0
Sum	178,7	89,4	116,4	58,2	99,5	49,8	52,6	26,3

Utslipet av PM_{10} forårsaket av veislitasje fra persontransport i Oslo var i 1996 på 178,7 tonn. Av dette utgjorde $PM_{2.5}$ 89,4 tonn. 93 prosent av utslippet av PM_{10} og $PM_{2.5}$ fra veislitasje stammer fra personbilbruk. For alle tre scenariene forventer vi en kraftig reduksjon (35-71 %) i utslippet av PM_{10} og $PM_{2.5}$ fra veislitasje fram til år 2016. En reduksjon i bruken av piggdekk er hovedårsaken til denne utviklingen.

7.3. Utslipp av partikler fra slitasje av bildekk

7.3.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra dekkslitasje

For beregning av utslippsmengder som skyldes slitasje av dekk, d.v.s. partikler som løsrives fra bildekk, har vi basert oss på beregninger gjort av CARB (CARB, 1987 og Gaffney, 1998). Dekkslitasje på 43,6 mg per dekkilometer for personbildekk og 100,3 mg per dekkilometer for slitasje av bussdekk er utgangspunktet. Av denne slitasjen regnes 30% å utgjøres av partikler mindre enn 10 mikrometer.

Vi har antatt at slitasjen per vognkilometer fra drosjer er like stor som slitasjen per vognkilometer for personbiler. Det er ikke forventet at disse faktorene vil forandre seg vesentlig fram til år 2010, som er slutt punktet for CARB-beregningene. Vi har heller ikke belegg for å forutsi ytterligere forandringer fram til 2016.

Forholdet mellom mengdene av PM_{2,5} og PM₁₀ fra dekkslitasje

80% av PM₁₀ -fraksjonen i partikler fra dekkslitasje regnes å utgjøres av PM_{2,5} (Gaffney, 1998).

7.3.2. Beregning av mengder PM₁₀ og PM_{2,5} fra dekkslitasje

Vi får dermed et utslipp av PM_{2,5} og PM₁₀ fra dekkslitasje som vist i Tabell 20:

Tabell 20 PM₁₀ og PM_{2,5} fra dekkslitasje (milligram per vognkm).

År	1996		2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Personbil	52,3	41,9	52,3	41,9
Drosje	52,3	41,9	52,3	41,9
Buss	120,4	96,3	120,4	96,3

7.3.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra slitasje av dekk brukt i persontransport

Dette avsnittet gir beregnede mengder utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra slitasje av bildekk brukt på personbiler, drosjer og busser i årene 1996 og for de tre scenariene i 2016. De beregnede mengder er framstilt i Tabell 21.

Tabell 21 Beregnet utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra dekkslitasje (tonn/år)

Kjøretøy	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Personbiler	107,2	85,8	153,1	122,5	131,0	104,8	67,5	54,0
Drosjer	6,4	5,2	8,9	7,1	6,9	5,5	4,1	3,3
Busser	2,3	1,8	2,3	1,8	2,6	2,1	2,6	2,1
Sum	116,0	92,8	164,3	131,5	140,5	112,4	74,2	59,4

Utslippet av PM_{10} som består av slitasjeprodukter fra bildekkene i persontransport i Oslo var i 1996 på 116,0 tonn. Av dette utgjorde $PM_{2,5}$ 92,8 tonn. 93 % av utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra dekkslitasje stammer fra personbilbruk. De resterende 7 % slippes ut fra drosjer og busser. For personbilscenariet forventer vi en økning på 42 % og for kollektivscenariet en økning på 21 % i utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av dekk fram til år 2016. For bærekraftscenariet forventes en reduksjon på 36 % og 49 % i utslippet av henholdsvis PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av dekk.

7.4. Utslipp av partikler fra bremse- og clutchslitasje

7.4.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra bremse- og clutchslitasje

NILU rapporterte tidlig på 80-tallet at partikkelbidraget fra bremseslitasje er svært lite (Anda og Larssen, 1982). Antakelsene er basert på en referanse til en undersøkelse fra 1966 hvor slitasjestøv ble forsøkt fanget opp i en innkapslet bremsetrommel. Her ble det funnet kun 17,8 mikrogram støv totalt per km personbil. Nyere utslippsestimater tillegger imidlertid utslipp fra bremseslitasje mye større vekt (CARB, 1978; Gaffney, 1998 og CARB, 1998). Vi har for vår beregning av partikkelutslippet som skyldes slitasje av bremseser basert oss på disse nyere data ettersom vi regner at de bedre reflekterer dagens situasjon. Vi benytter et gjennomsnittlig partikkelutslipp fra bremseslitasje av personbiler på 24,3 mg/vkm. For busser regnes en bremseslitasje på 130,4 mg/vkm.

Forholdet mellom mengdene av $PM_{2,5}$ og PM_{10} fra bremse- og clutchslitasje

For bremseslitasje regnes 100 % av utslippet å utgjøres av PM_{10} mens 80 % av dette utgjøres av $PM_{2,5}$.

Utslippet fra clutch er beregnet til å utgjøre kun noen få prosent av de partiklene som kommer fra bremseser (Anda og Larssen, 1982). Utslippet fra clutch er derfor ikke tatt med i de videre beregningene.

7.4.2. Beregning av mengder PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra bremseslitasje

De beregnede mengdene av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra bremseslitasje er vist i Tabell 22.

Tabell 22 PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra bremseslitasje (milligram per vognkm)

År	1996		2016	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Personbil	24,3	19,4	24,3	19,4
Drosje	24,3	19,4	24,3	19,4
Buss	130,4	104,3	130,4	104,3

7.4.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra slitasje av bremses

Dette avsnittet gir beregnede mengder utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av bremses brukt på personbiler, drosjer og busser i årene 1996 og for de tre scenariene i 2016. De beregnede mengder for utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av bremses er framstilt i Tabell 23.

Tabell 23 Beregnet utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av bremses (tonn/år)

Kjøretøy	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Personbiler	49,8	39,8	71,1	56,9	60,8	48,7	31,4	25,1
Drosjer	3,0	2,4	4,1	3,3	3,2	2,6	1,9	1,5
Busser	2,4	2,0	2,4	2,0	2,9	2,3	2,9	2,3
Sum	55,2	44,2	77,7	62,1	66,9	53,5	36,1	28,9

Utslipet av PM_{10} forårsaket av slitasje av bremses i persontransport i Oslo var i 1996 på 55 tonn. Av dette utgjorde $PM_{2,5}$ 44 tonn. 90 % av utslippet av PM_{10} stammer fra slitasje av bremses benyttet i personbiler. For personbilscenariet forventer vi en økning på 41 % og for kollektivscenariet en økning på 21 % i utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av bremses fram til år 2016. For bærekraftscenariet forventes en reduksjon på henholdsvis 34 % og 48 % i utslippet av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra slitasje av bremses.

7.5. Utslipp av partikler fra knusing og opphvirvling

7.5.1. Metode og forutsetninger for beregning av partikler fra knusing og opphvirvling

Det er på tørre dager estimert at mengden PM_{10} og $PM_{2,5}$ som resuspenderes ved opphvirvling er like stor som den totale mengden som kommer fra eksosrøret (Larssen, 1987). Vi har brukt dette estimatet som utgangspunkt for beregningene for 1996 og 2016.

Vi har benyttet det totale utslippet fra eksosrør som vi har beregnet i Tabell 14 som utgangspunkt for å beregne resuspenderte mengder ved å sette disse like store. Vi har kun beregnet resuspendert materiale på tørre dager. Et gjennomsnittså i Oslo har 60 % tørre dager (Larssen, 1987). Det er videre forutsatt at personbiler og drosjer forårsaker like mye opphvirvling pr. kjørte kilometer, og at busser forårsaker 4 ganger så mye som

personbiler eller drosjer. For scenariene fram til 2016 har vi korrigert for den reduserte veislitasjen som følge av mindre piggdekkbruk. Vi har gjort dette ved å redusere mengden veistøv tilsvarende den mengden som er forårsaket av piggdekkbruk.

Forholdet mellom mengdene av PM_{2,5} og PM₁₀ fra knusing og opphvirvling

Forholdet mellom PM₁₀ og PM_{2,5} i opphvirvlet støv er forskjellig fra forholdet i eksosen. PM_{2,5} vil utgjøre en mindre del av PM₁₀ enn forholdet er i eksosen. Vi har benyttet data fra målinger på luftbåret støv utført av NILU (Larssen, 1987) som viser at i resuspendert materiale utgjør PM_{2,5} 50 % av PM₁₀.

7.5.2. Beregning av mengder PM₁₀ og PM_{2,5} fra resuspending

Vi får dermed et utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra knusing av større partikler med påfølgende opphvirvling som vist i Tabell 24.

Tabell 24 Beregning av PM₁₀ og PM_{2,5} fra resuspending.

Kjøretøy	Totalt eksos-utslipp av PM ₁₀ (tonn)	1996		2016	
		Resuspendert PM ₁₀ (mg/vkm)	Resuspendert PM _{2,5} (mg/vkm)	Resuspendert PM ₁₀ (mg/vkm)	Resuspendert PM _{2,5} (mg/vkm)
Personbil	97,6	35,5	17,7	8,9	4,4
Drosje	15,9	17,7	8,9	4,4	2,2
Buss	19,4	141,8	70,9	35,5	17,7

7.5.3. Beregnede totale utslipp av partikler fra knusing og opphvirvling

Dette avsnittet gir beregnede mengder utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra knusing av veistøv til finere partikler med påfølgende opphvirvling fra bruk av personbiler, drosjer og busser i årene 1996 og for de tre scenariene i 2016. De beregnede mengder for utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra knusing med påfølgende opphvirvling er framstilt i Tabell 25.

Tabell 25 Beregnet utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra knusing til finere partikler med påfølgende opphvirvling (tonn/år)

Kjøretøy	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Personbiler	72,7	36,3	25,9	13,0	22,2	11,1	11,4	5,7
Drosjer	2,2	1,1	0,8	0,4	0,6	0,3	0,3	0,2
Busser	2,7	1,3	0,7	0,3	0,8	0,4	0,8	0,4
Sum	77,5	38,8	27,4	13,7	23,6	11,8	12,6	6,3

Utslippet av PM₁₀ forårsaket av knusing av veistøv til finere partikler med påfølgende opphvirvling i persontransport i Oslo var i 1996 på 77,5 tonn. Av dette utgjorde PM_{2,5} 38,8 tonn. 94 % av dette utslippet av PM₁₀ og PM_{2,5} stammer fra personbilbruk. De resterende 6 prosent er fra bruk av drosjer og busser. For alle tre scenariene forventer vi en kraftig reduksjon (65-84 %) i utslippet av PM₁₀ og PM_{2,5} forårsaket av knusing av veistøv til finere partikler med påfølgende opphvirvling fram til år 2016. En reduksjon i bruken av piggdekk er hovedårsaken til denne utviklingen.

7.6. Totale utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5}

I tabell 26-28 nedenfor har vi presentert de totale utslippene av PM₁₀ og PM_{2,5} fra persontransport i Oslo fra de fem hovedkildene. De totale utslippene fra hovedkildene er vist fordelt på bidragene fra tre transportformene; personbiler (Tabell 26), drosje (Tabell 27) og buss (Tabell 28). Totalt utslipp fra kildene er vist i Tabell 29.

Tabell 26 Utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra de viktigste kildene for personbiler i de 3 scenariene (tonn/år)

Kilde	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Personbil-utslipp								
Eksos	97,6	95,0	15,7	15,2	13,4	13,0	6,9	6,7
Vegslitasje	167,0	83,5	108,4	54,2	92,7	46,4	47,8	23,9
Dekkslitasje	107,2	85,8	153,1	122,5	131,0	104,8	67,5	54,0
Bremse-slitasje	49,8	39,8	71,1	56,9	60,8	48,7	31,4	25,1
Knusing og opphvirvling	72,7	36,3	25,9	13,0	22,2	11,1	11,4	5,7
Sum	494,3	340,4	374,2	261,8	320,1	224,0	165,0	115,4

Som det framgår av Tabell 26 var i 1996 vegslitasje den største kilden til utslipp av PM₁₀ for personbilbruk (34 %). Dekkslitasjen utgjorde den nest største kilden (22 %), mens eksosutslippet utgjorde den tredje største (20 %). For utslipp av PM_{2,5} var eksos den største kilden (28 %), mens dekkslitasje (25 %) og vegslitasje (25 %) var de to nest største kildene. Bremseslitasje og knusing med påfølgende opphvirvling ga mindre bidrag til PM₁₀ og PM_{2,5} (10-15 %). For alle tre scenariene i 2016 vil dekkslitasjen øke sitt relative bidrag og utgjøre den største kilden til PM₁₀ og PM_{2,5} (41-47 %), mens vegslitasje (21-29 %) og bremseslitasje (19-22 %) vil være de nest største kildene. Det relative bidraget fra utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} i eksos vil bli redusert til kun å utgjøre 4-6 %.

Tabell 27 *Utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra de viktigste kildene for drosje i de 3 scenariene (tonn/år)*

Kilde	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Drosje-utslipp								
Eksos	15,9	14,5	3,0	2,8	2,3	2,1	1,4	1,3
Vegslitasje	10,0	5,0	6,3	3,2	4,9	2,4	2,9	1,4
Dekkslitasje	6,4	5,2	8,9	7,1	6,9	5,5	4,1	3,3
Bremse-slitasje	3,0	2,4	4,1	3,3	3,2	2,6	1,9	1,5
Knusing og opphvirvling	2,2	1,1	0,8	0,4	0,6	0,3	0,3	0,2
Sum	37,5	28,2	23,1	16,8	17,9	12,9	10,6	7,7

For drosjer var det som vist i Tabell 27 eksosutslipp som var den største kilden til både PM₁₀ (42 %) og PM_{2,5} (51 %) i 1996. Som for personbiler vil dekkslitasje være den største kilden for drosjer i alle scenariene for 2016 (39-43 %). Vegslitasje (18-27 %) og bremseslitasje (18-20 %) vil også for drosjer være de to nest største kildene. Eksosutslippet av PM₁₀ og PM_{2,5} (13-17 %) vil i 2016 utgjøre en relativt større kilde enn tilfellet er i personbiler.

Tabell 28 *Utslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} fra de viktigste kildene for buss i de 3 scenariene (tonn/år)*

Kilde	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Buss-utslipp								
Eksos	19,4	17,4	2,3	2,1	2,7	2,4	2,7	2,4
Vegslitasje	1,7	0,8	1,7	0,8	1,9	1,0	1,9	1,0
Dekkslitasje	2,3	1,8	2,3	1,8	2,6	2,1	2,6	2,1
Bremse-slitasje	2,4	2,0	2,4	2,0	2,9	2,3	2,9	2,3
Knusing og opphvirvling	2,7	1,3	0,7	0,3	0,8	0,4	0,8	0,4
Sum	28,5	23,3	9,4	7,0	10,9	8,2	10,9	8,2

Som vist i Tabell 28 var eksos den klart største kilden til utslipp av PM₁₀ (68 %) og PM_{2,5} (75 %) fra buss i 1996. I scenariene for 2016 blir det relative bidraget fra eksos redusert til å utgjøre 25 % av PM₁₀-utslippet og 29 % av PM_{2,5}-utslippet. Bremseslitasje vil utgjøre 26-27 % av PM₁₀-utslippet og 28-29 % av PM_{2,5}-utslippet, mens tilsvarende bidrag fra dekkslitasje vil være 24-25 % og 26 %. Vegslitasje (17-18 % av PM₁₀-utslippet og 11-12 % av PM_{2,5}-utslippet) og knusing med påfølgende opphvirvling (7 % av PM₁₀-utslippet og 4-5 % av PM_{2,5}-utslippet) vil være mindre kilder.

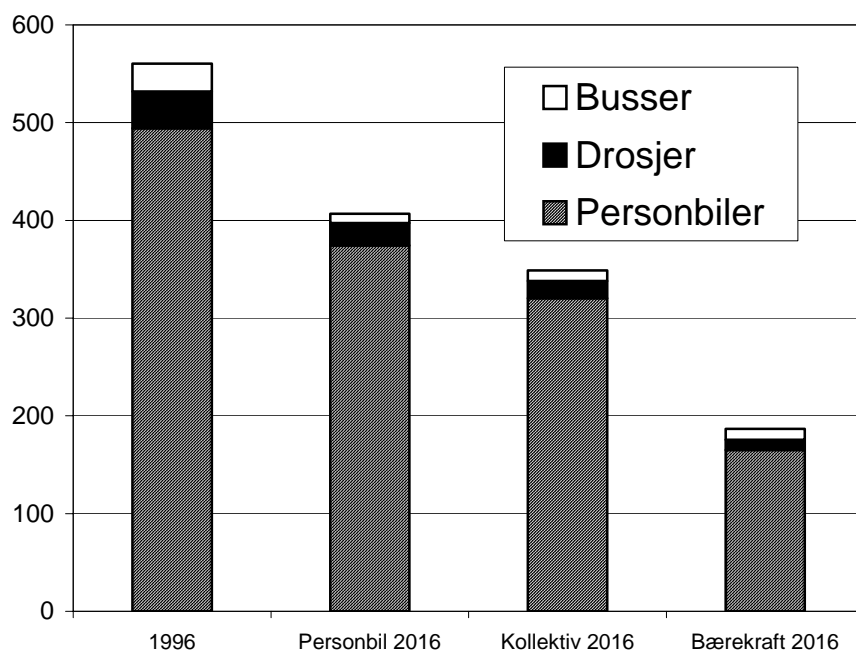
Tabell 29 Totalt utslipp av PM_{10} og $PM_{2,5}$ fra de viktigste kildene for persontransport i de 3 scenariene (tonn/år)

Kjøretøy	1996		Personbil 2016		Kollektiv 2016		Bærekraft 2016	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Personbiler	494,3	340,5	374,2	261,7	320,1	223,9	165,1	115,4
Drosjer	37,5	28,2	23,1	16,7	17,9	13,0	10,6	7,7
Busser	28,4	23,4	9,3	7,0	10,9	8,2	10,9	8,2
Sum	560,2	392,1	406,6	285,5	348,9	245,1	186,6	131,3

Vi ser av Tabell 29 at personbil/drosje i 1996 stod for 95 % av PM_{10} og 94 % av $PM_{2,5}$ -utslippet. Det totale PM_{10} og $PM_{2,5}$ -utslippet fra persontransport i Oslo blir redusert i alle 3 scenariene sammenlignet med situasjonen i 1996. Reduksjonen er minst i personbilscenariet og størst i bærekraftscenariet.

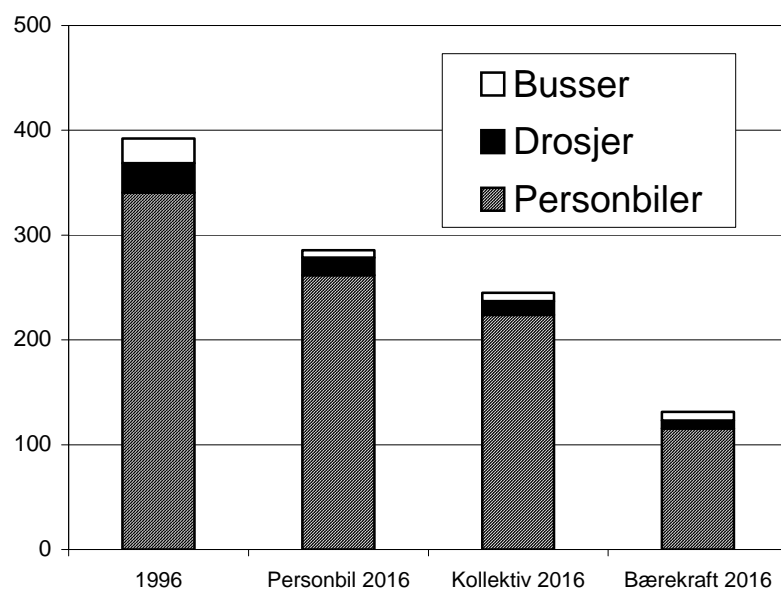
I Figur 3 er vist totale utslipp av PM_{10} for hovedkategorier transportmidler i 1996 og for de tre scenariene for 2016.

Figur 3 Utslipp av PM_{10} for hovedkategorier transportmidler. Mengder i 1996 og 2016. (Mengder i tonn/år)



I Figur 4 er vist totale utslipp av $PM_{2,5}$ for hovedkategorier transportmidler i 1996 og for de tre scenariene for 2016.

Figur 4 Utslipp av $PM_{2.5}$ for hovedkategorier transportmidler. Mengder i 1996 og 2016. (Mengder i tonn/år).



Søylene i Figur 3 og Figur 4 viser at PM_{10} og $PM_{2.5}$ -utslippene fra persontrafikk vil bli kraftig redusert i årene fram til 2016. Teknologisk “fiks” vil gi betydelige reduksjoner i utslippene. Den teknologiske utviklingen er imidlertid nødt til å bli støttet opp av politiske vedtak om stadig strengere krav til PM_{10} og $PM_{2.5}$ -utslipp fra kjøretøy.

8. Økonomiske konsekvenser

I dette kapitlet gjøres det rede for metodiske tilnærminger og forutsetninger i beregningene av økonomiske konsekvenser for 1996-situasjonen og for de tre 2016-scenariene.

Det må understrekes at de økonomiske tallene som fremkommer i dette kapitlet må brukes med varsomhet. I vår sammenheng avgrenses bruken av de økonomiske tallene til å *illustrere forskjellene mellom alternative transportsituasjoner i Oslo*. De gir ikke et eksakt bilde av de absolutte miljøkostnadene som knytter seg til alternativene.

Beregningen av partikkelutslipp i denne rapporten er basert på *massen* til partiklene. Det er beregnet tonn utslipp pr.år. Det er imidlertid sannsynlig at en beregning basert på *antall* partikler ville gi bedre korrelasjon med helseeffekter. Det har p.g.a. strengere avgasskrav til dieselmotorer skjedd store reduksjoner i den totale partikkelmassen som slippes ut. Nyere studier viser imidlertid at enkelte lavutslippsmotorer slipper ut mye høyere konsentrasjoner av nanopartikler enn eldre typer motorer (Kittelson, 1998). Mange nyere undersøkelser viser at ved de samme massekonsentrasjonene, gir nanopartikler større helsekader enn mikropartikler. Dette innebærer at ved å benytte massebaserte kostnadsberegninger vil man *underestimere* kostnadene forbundet med partikkelutslipp, sammenlignet ved å la beregningene være antallbaserte. Usikkerhetene i antallbaserte målinger er imidlertid for stor til at slike data kan benyttes som grunnlag for våre beregninger.

Beregningene av kostnader er basert på utslipp av *total partikkelmasse*. Vi har ikke beregnet kostnadene av de *individuelle helseskadelige komponentene* partiklene består av. Dette innebærer at partiklenes innhold av PAH, nitro-PAH, asbest, tungmetaller og andre miljø- og helseskadelige stoffer ikke er inkludert i beregningene. Det er imidlertid i kapittel 6 gitt noen antydninger om innholdet av slike komponenter i partiklene, for å gi et grunnlag for en eventuell senere beregning av hva slags kostnader disse komponentene forårsaker.

I prissettingen av PM₁₀ og PM_{2,5}-utslipp har vi lagt en skadestilnærming til grunn. For beregningen har vi benyttet som utgangspunkt beregninger utført av SSB (Rosendahl, 1998). Sosiale kostnader forbundet med partikkelutslipp er her beregnet å innebære en årlig kostnad på 2020 NOK per kilo PM₁₀. Vi har valgt å benytte dette estimatet for alle tre scenariene. Kostnadene er det vesentlige knyttet til og økt dødelighet og helseskader, hvorav det økte innslaget av kroniske lungesykdommer utgjør mesteparten.

Kostnadene forbundet med økt dødelighet som følge av *langvarig* partikkelforurensning er også beregnet. Dette er gjort ved å vurdere hvilken effekt på økonomien det har at personer i arbeidsstyrken dør før de når pensjonsalder. Disse kostnadene er her beregnet til 30 kr i tillegg per kilo PM₁₀. Her er det imidlertid ikke tatt med sykdomsperioden i forkant av dødstidspunktet, som trolig kan være av enda større betydning.

Som en følge av at $PM_{2,5}$ er vist å være en bedre indikator på helseskader fra partikkelforurensinger enn PM_{10} er det rimelig å anta at størsteparten av disse kostnadene kan tillegges $PM_{2,5}$. Vi har valgt å dele kostnadene forbundet med PM_{10} – utslippene opp i et bidrag på 75% av kostnadene fra $PM_{2,5}$ og 25 % fra $PM_{2,5-10}$.

De økonomiske konsekvensene er vist i Tabell 30.

Tabell 30 Kostnader fra PM_{10} og $PM_{2,5}$ -utslipp fra persontransport for de tre scenariene. (Millioner 1996-kroner).

	1996	Personbil 2016	Kollektiv 2016	Bærekraft 2016
Personbiler	602	460	394	203
Drosjer	48	29	22	13
Busser	39	12	14	14
Sum	689	501	430	230

Vi ser av Tabell 30 at de økonomiske konsekvensene av PM_{10} og $PM_{2,5}$ -utslipp i alle scenariene gir en kraftig reduksjon fra 1996 i kostnadene knyttet til PM_{10} og $PM_{2,5}$ – utslipp. Bærekraftscenariet gir den klart største reduksjonen (67 %), mens personbilsceariet gir den minste reduksjonen (27 %). Reduksjonen i kostnadene i kollektivscenariet er på 38 %.

Referanser

- Anda, O. og S. Larssen (1982): *Luftforurensninger fra vegtrafikk: Slitasje av vegdekke, bildekk og bremsebånd*. OR 31/82, Norsk Institutt for Luftforskning, Kjeller.
- Bækken, T. (1993): *Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje*. Rapport O-92090, Norsk Institutt for Vannforskning, Korsvoll, Oslo.
- Cadle, S. H. and R.L. Williams (1978): *Gas and particle emissions from automobile tires in laboratory and field experiment*. J. Air Poll. Contr. Ass. 28: 502-507.
- CARB (1979): *Fine particle emissions from stationary and miscellaneous sources in the south coast air basin*. Final report, KVB5806-783, California Air Resources Board, Sacramento, California.
- CARB (1998): *Emissions factors scenario. Predicted California vehicle emissions. Ozone planning inventory. Scenario MVE17G*, California Air Resources Board, Sacramento, California.
- Cooper, J.A., D.C. Redline, J.R. Sherman, L.M. Valdovinos, W.L. Pollard, L.C. Scavone and C. Badgett-West (1987): *PM₁₀ source composition library for the South Coast Air Basin: Volume I, Source profile development documentation*. Final report. El Monte, California: South Coast Air Quality Management District, July 15.
- DIR (1997): *Miljøbeskrivning av däck*. Däckbranchens Informasjonsråd, Varberg, Sverige.
- Gaffney, P. (1998): Personlig meddelelse fra Patrick Gaffney (pgaffney@cleanair.arb.ca.gov) ved California Air Resources Board.
- Høyer, Karl Georg (1996): *Bærekraftig mobilitet*, i ProSus - tidsskrift for et bærekraftig samfunn. Nr. 4, ss 5-12.
- Kittelson, D.B. (1998): *Engines and nanoparticles: A review*. J. Aerosol Sci. Vol. 29, No. 5/6, pp. 575-588.
- Larssen, S. (1987): *Støv fra asfaltveier. Karakterisering av luftbåret veistøv. Fase 1: Målinger i Oslo, våren 1985*. OR 53/87, Norsk Institutt for Luftforskning, Kjeller.
- Larssen, S. (1997a): *Har piggdekk virkelig skylden for all luftforurensing i de store byene?* Foredrag presentert på STOR-seminaret 1997 – the Scandinavian Tire and Rim organization, Høvik, 11. desember 1997. F 26/97, Norsk Institutt for Luftforskning, Kjeller.
- Larssen, S. og L.O. Hagen (1997b): *Partikkelforurensing fra piggdekk*. OR 16/97, Norsk Institutt for Luftforskning, Kjeller.
- Levsen, (1988): *The analysis of diesel particulate*. Fresenius Z Anal Chem 331: 467-478.
- Lundli, H. E., K. G. Høyer og E. Holden (1998a): *Transportscenarier for Oslo. Grunnlagsnotat*. VF-notat 5/98. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Lundli, H. E., O. Andersen og K. G. Høyer (1998b): *Transportscenarier for Oslo. 1996-2016. Konsekvenser for areal, tidsbruk og utslipp av CO₂, NO_x og svevestøv. En sammendragsrapport*. VF-rapport 13/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

- NRC (1982): *Diesel cars: Benefits, risks and public policy*. Final report of the Diesel Impacts Study Committee. National Research Council. Washington DC: National Academy Press.
- Rosendahl, K.E. (1998): *Social costs of air pollution and fossil fuel use – A macroeconomic approach*. Social and Economic Studies 99, Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- SINTEF (1994): *Vegstøvdepot i Trondheim – partikkelstørrelsesfordeling, kjemisk og mineralogisk sammensetning*. STF36 A94037, SINTEF Bergteknikk, Trondheim.
- Vegdirektoratet (1997): *Veg-grepsprosjektet. Delprosjekt 5.4: Vegstøv – helseskader og kostnader. Økonomiske konsekvenser av endret piggdekkbruk, helse og trivsel*. Intern rapport nr. 1980, Statens vegvesen, Veglaboratoriet, Oslo.
- Walker, S. E. (1997): *Beregning av personvektet årsmiddelkonsentrasjon i Oslo av $PM_{2.5}$, PM_{10} og NO_2* NILU OR 3/97, Norsk institutt for luftforskning, Kjeller.
- Watson, J.G. og J.C. Chow (1994): *Clear sky visibility as a challenge for society*. Annu. Rev. Energy Environ. 19:241-266.