



Statens vegvesen

MILJØVENNLIGE VEGDEKKER

Statusrapport på støv for Norge, Sverige og Finland

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2513



Vegteknologiseksjonen
Dato: 2008-03-26



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2513

Tittel

MILJØVENNLIGE VEGDEKKER Statusrapport på støv for Norge, Sverige og Finland

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Brynhild Snilsberg (Statens vegvesen)

Mats Gustafsson (VTI)

Heikki Tervahattu (Nordic Envicon)

Dato:

2008-03-26

Saksbehandler

Brynhild Snilsberg

Prosjektnr:

600740

Kontrollert av

Jostein Aksnes

Antall sider og vedlegg:

412

Sammendrag

Arbeidspakke Støv i Miljøvennlige vegdekker fikk i 2006 laget en litteraturoversikt/status innen vegstøvproblematikken for landene Norge, Sverige og Finland. Denne rapporten er delt inn i tre deler; del 1 omhandler Norge, del 2 Sverige og del 3 Finland.

Summary

Work package Road dust of the Environmentally friendly pavements project made a literature study on Norway, Sweden and Finland in 2006. Part one presents Norway, part two Sweden and part three Finland.

Emneord:

Svevestøv, vegstøv, litteraturstudie

NORGE

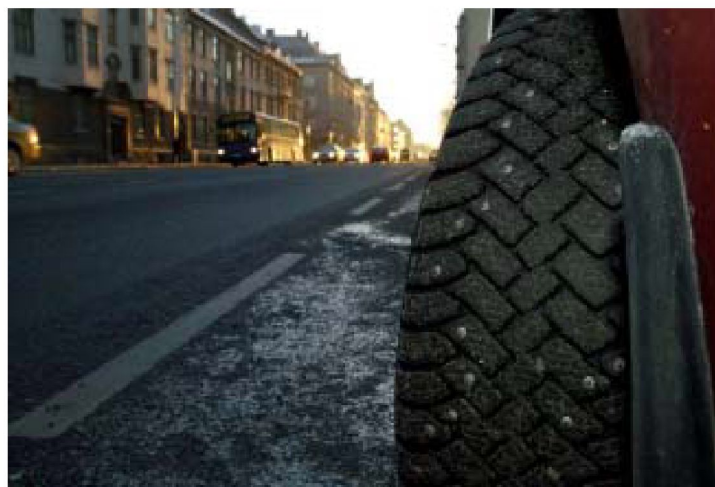


Statens vegvesen

Litteratursøk på vegstøv i Norge

**En gjennomgang av relevant litteratur med sammendrag
fra hver publikasjon**

**Miljøvennlige vegdekker
2006**



Forord

Vegtrafikk er årsak til betydelig miljøbelastning. Beregninger viser at vegtrafikken er den desidert største kilden til støyplager i Norge samtidig som målinger av luftkvalitet i våre største byer viser at vegtrafikken og piggdekkbruk er hovedårsak til høye svevestøvkonsentrasjoner på tørre vinterdager. Stortinget har vedtatt ambisiøse mål for å redusere miljøbelastningen. Strategien er rettet mot tiltak som kan redusere plagene ved kilden. Det er bakgrunnen for Statens vegvesens satsing på forsknings- og utviklingsprosjektet Miljøvennlige vegdekker - Vegdekkers støv- og støyegenskaper. FoU-prosjektet Miljøvennlige vegdekker går over fire år: 2004-2008. Ansvar for prosjekt gjennomføringen ligger hos Vegdirektoratets teknologiavdeling, Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim. Arbeidet utføres i nært samarbeid med Utbyggingsavdelingen og Veg- og trafikkavdelingen.

I denne rapporten er det samlet litteratur fra Norge innen temaet svevestøv, vegslitasje og piggdekk for å prøve å kartlegge hva som er gjort i frem til nå her i landet. Fokus er altså bare på den trafikkgenererte delen av svevestøvet. Det er gitt et sammendrag fra hver rapport (så langt det har vært mulig å fremskaffe rapporten), og referansene er organisert etter kilde og årstall for lettere å se utviklingen i arbeidet på svevestøv.

Rapporten er nok langt fra fullstendig selv om en systematisk gjennomgang av relevante forskningsmiljø i Norge er forsøkt. Flere av referansene er tidels gamle, og mange har vært vanskelig å skaffe tilveie.

Trondheim, desember 2006

Brynhild Snilsberg

Innledning

Det har i flere tiår vært oppmerksomhet om luftforurensning i Norge. På 60- og 70-tallet vakte konsentrasjonene av SO₂, sot og bly bekymring, og det ble iverksatt ulike tiltak for å forbedre situasjonen. Luftkvaliteten har de siste 30 årene blitt stadig bedre. Spesielt gjelder dette for SO₂, partikler inkl. PM₁₀ (basert på sotmålinger) og bly.

PM₁₀-nivået (målt som sot) er betydelig redusert. Nedgangen var størst tidlig i 1960-årene, mens den var mindre tydelig på 80-tallet. På 90-tallet var det igjen nedgang. Konsentrasjonsnivået (årsmiddelverdi) er under grenseverdiene i gjeldende forskrift for luftkvalitet, men antall overskridelser av døgnmiddelverdien er for stor i de største norske byene om vinteren.

Den positive utviklingen kan imidlertid synes å ha stanset noe opp og har ikke vært like god de siste årene. Tiltak for å bedre luftkvaliteten har blitt gjennomført på ulike tidspunkt opp gjennom historien helt fra slutten av 60-tallet. Overgang fra koks og kull til fyringsoljer og elektrisitet som kilde for boligoppvarming, og spredning/rensing av SO₂- og PM₁₀ (sot) utslipp fra industrien ble iverksatt og konsentrasjonene gikk ned. Bruk av fyringsoljer med lavt svovelinnhold var også et viktig tiltak. Dette er eksempler på lokal og nasjonale tiltak som har hatt god virkning. Internasjonale krav til forbrenningsmotorer i kjøretøy og drivstoff har også medført reduksjoner i utslippene av både SO₂, PM₁₀ og NO_x. Den positive utviklingen i konsentrasjonen av PM₁₀ fram til tidlig på 80-tallet fortsatte ikke mot slutten av 80-tallet og utover 90-tallet. En av grunnene har vært en sterk økning i biltrafikken. Denne veksten ser ut til å ha mer enn spist opp de teknologiske forbedringene og nedgangen i piggdekkbruk. I tillegg til sterk trafikkvekst har det i perioden også vært en økning i antall dieselkjøretøy og en overgang til tyngre biler med større drivstofforbruk og høyere partikkelutslipp enn små bensindrevne biler. Salget av autodiesel økte med vel 30 prosent i denne perioden. Utover på 90-tallet har det igjen vært en skjerpning i utslippskravene og påfølgende teknologiske forbedringer slik at utslippene fra det enkelte kjøretøyet, har blitt lavere. Teknologiforbedringene og nedgangen i piggdekkbruken kan være en av årsakene til at konsentrasjonsnivåene av PM₁₀ var noe lavere helt mot slutten av 90-tallet.

Tiltak som har vært viktige for nedgang i PM10:

- elektrisitet som oppvarming
- utbygging av fjernvarmenett
- avgasskrav til kjøretøy
- miljøgater
- redusert hastighet i sentrumsområder (medfører redusert oppvirvling og slitasje)
- tunneler (hindrer spredning av PM10, og luftreanseanlegg fjerner partikler)
- trafikkstyring, bl.a. med bomring
- satsning på kollektivtransport
- avgift på bruk av piggdekk og kortere piggdekk sesong
- støvbinding og hyppigere og tidligere rengjøring av vegene i store byer
- mindre bruk av strømidler, og bruk av vasket sand i stedet for uvasket
- mer slitesterke vegdekker og bruk av sterkere steinmaterialer
- overgang til miljøpigg og piggfrie vinterdekk

Enkelte år med lave konsentrasjoner og få overskridelser av grenseverdier og retningslinjer kan imidlertid også ha sammenheng med ”gunstig” meteorologi, dvs. milde, fuktige vintrer med mye vind og gode spredningsforhold. De meteorologiske forholdene er viktige for hvordan forurensninger spres eller akkumuleres, og derfor er det store variasjoner i konsentrasjonsnivåer og antall overskridelser fra år til år selv om utslippene ikke endres i nevneverdig grad.

Dannelse av vegstøv (PM10) er avhengig av trafikkvolum, hastighet, asfaltens slitestyrke og hvor stor andel av bilparken som bruker piggdekk. Det er flere faktorer som har betydning for hvor mye et utslipp bidrar til konsentrasjon enn utslippsmengde per år. De viktigste er:

- hvor utslippskilden er plassert i forhold til lokal topografi, lokale luftstrømmer/luftutskiftning og vegetasjon
- tid på døgnet når utslippet skjer
- hvor høyt over bakkenivå utslippet skjer
- vertikal hastighet på luftstrømmen

Utslipp fra vegtrafikk og oppvirvling av vegstøv skjer nær bakkenivå og med svært lav vertikalhastighet. Spredningen av utslippene er dermed avhengig av de til enhver tid rådende vindforhold og utlufing langs vegene. I byområder er spredningsforholdene ofte dårlig langs

vegene. Utslippstall fra Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn viser at vegtrafikken slipper ut om lag 21 % av totalt PM10 utslipp hvert år. I tillegg kommer oppvirvling av vegstøv som alene er like stort som eksosutslipp fra lette kjøretøy.

Kildene til PM10 forurensning bidrar i ulik grad avhengig av hvor man befinner seg i byen og hvilken forurensningskomponent man vurderer. Generelt sett er vedfyring og biltrafikk hovedkildene til overskridelser av PM10 grenseverdien. Vegtrafikk bidrar både med forbrenningsutslipp (eksos) og piggdekkgenerert vegstøv. Vegstøv dominerer som kilde om våren når vegene tørker opp etter snøsmelting og støvdepotet i vegbanen virvles opp, men også om høsten når vinterdekkene settes på. I tillegg har man tørre og kalde dager om vinteren hvor høye konsentrasjoner av PM10 kan oppstå.

Innholdsfortegnelse

Forord	4
Innledning	5
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og SINTEF	27
Myran, T. (1984): <i>Partikkelforurensning i vegtunneler</i> . SINTEF rapport STF36 F84011. SINTEF Bergteknikk.	27
Myran, T. (1985): <i>Partikkelforurensning i vegtunneler. Sammenendragsrapport</i> . SINTEF rapport STF36 A85100. SINTEF, Avdeling for bergteknikk.	27
Myre, J. (1985): <i>Forsøksfelt, Store Ringvei, 1984</i> . SINTEF rapport STF61 A85020.	28
Myran, T. (1986): <i>Støv i vegtunneler. Støvtvikling ved vegslitasje</i> . SINTEF rapport STF36 A86049. SINTEF Avdeling for bergteknikk.	29
Myran, T. (1987): <i>Partikkelforurensning i Holmestrandtunnelen</i> . SINTEF rapport STF36 F87031. SINTEF Bergteknikk.	29
Myran, T. (1987). <i>Luftforurensninger i Holmestrandtunnelen</i> . SINTEF rapport STF36 A87037. SINTEF Bergteknikk.	30
Myran, T. (1987): <i>Helsefarlig og kjøre gjennom vegtunneler?</i> SINTEF rapport STF36 A87083. SINTEF Bergteknikk.	30
Myre, J. (1987): <i>Forsøksfelt, Store Ringveg ved Ullevål stadion</i> . SINTEF rapport STF61 A87004.....	30
Myre, J. (1987): <i>Forsøksfelt med sipernatasfalt på Store Ringvei</i> . SINTEF rapport STF61 A87005.....	31
Myre, J. (1987): <i>Forsøksfelt: Store Ringvei i 1981; Sluttrapport</i> . SINTEF rapport STF61 A87001.	31
Myran, T. (1988): <i>Holmestrandtunnelen. Faktorer som påvirker sikt og forurensning</i> . SINTEF rapport STF36 A88081. SINTEF Bergteknikk.	32
Myran, T. (1989): <i>Holmestrandtunnelen. Erfaringer med siktstyring</i> . SINTEF rapport STF36 A89081. SINTEF, Avdeling for bergteknikk.	32
Rønnes, E. (1989): <i>Slitestykke for polymermodifisert asfalt</i> . Hovedoppgave. Institutt for veg- og jernbanebygging. NTH.	33
Bertelsen, D. (1990): <i>Slitasje</i> . Notat nr. 706. Institutt for veg- og jernbanebygging, NTH.....	34
Morseth, B. (1990): <i>Arbeidsmiljø under jord. TBM-drift i Norge 1972-1990. Status arbeidsmiljø og ventilasjon</i> . SINTEF rapport STF36 F90023. SINTEF Bergteknikk.....	35
Myran, T. (1990): <i>Oslo tunnelen. Partikkelrensing. Utskillingsgrad for elektrostatfilter. Delrapport 1</i> . SINTEF rapport STF36 F90035. SINTEF Bergteknikk.	35
Myran, T. (1990): <i>Oslo tunnelen. Utskillingsgrad for elektrofilter og grovfilter. Delrapport 2</i> . SINTEF rapport STF36 F90098. SINTEF Bergteknikk.	35
Uthus, N. (1990): <i>Slitasjefelt Trondheim kommune 1987</i> . SINTEF rapport STF61 F90011. Vegteknikk. .	36
Uthus, N. (1990): <i>Forsøksfelt Store Ringvei. Sluttrapport</i> . SINTEF rapport STF61 F90018. Vegteknikk.	36

Furuset, K og Myran T. (1991/revidert 1992): <i>Helse og miljø i bergindustrien. Delrapport 3. Mineraler, bergarter og malmer. Mineralogi og risiko for lungesykdom.</i> SINTEF rapport STF36 A91071. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Bergteknikk.	37
Haugen, T. (1991): <i>Luftforurensning. NO2 og sot fra veitrafikk.</i> Øvingsoppgave i veitrafikkens forurensninger LS for dr.ing student T. Haugen. Institutt for samferdselsteknikk. NTH.	39
Myran, T. (1991): <i>Partikkelrensing i Oslofjordtunnelen. Statusrapport.</i> SINTEF rapport STF36 F91031. SINTEF Bergteknikk.	39
Myran, T. (1991): <i>Partikkelrensing i Oslostunnelen. Oppsummering. Delrapport 3.</i> SINTEF rapport STF36 F90098. SINTEF Bergteknikk.	39
Myran, T. (1991): <i>Ventilasjon av vegtunneler. Delprosjekt 4 i NTNFs Program "Tunneler og undergrunnsanlegg" 1989-1991.</i>	40
Uthus, N. (1991): <i>Funksjonskontrakter.</i> SINTEF rapport STF61 F91021. Vegteknikk.	40
Uthus, N. (1991): <i>Slitasjefelt Sør-Trøndelag 1984 Rv. 715, Rissa. Sluttrapport.</i> SINTEF rapport STF61 F91027. Vegteknikk.	40
Vie, E. (1991): <i>Støv- og siktproblematikk i vegtunneler.</i> Prosjektoppgave. NTH.	41
Hedalen, T. (1992): <i>Sikt og forurensninger i veitunneler. Faktorer som påvirker siktforhold, forurensningsnivå og -forløp.</i> Hovedoppgaven. Bergavdelingen. Institutt for geologi og bergteknikk. NTH.	42
Lindgaard, I. (1992): <i>Siktforhold i vegtunneler. Bruk av siktmålere for automatisk styring av ventilasjonsanlegg.</i> Hovedoppgaven. NTH. Fakultet for berg-, petroleums- og metallurgifag. Institutt for geologi og bergteknikk.	43
Hedalen, T. (1993): <i>Siktmålinger i Holmestrandtunnelen 16.-19.12.92.</i> SINTEF rapport STF36 F93019. SINTEF Bergteknikk.	44
Hedalen, T. (1993): <i>Støv i vegtunneler – Valg av vegdekke.</i> SINTEF rapport STF36 A93034. SINTEF Bergteknikk.	44
Myran, T. (1993): <i>Ventilasjon av vegtunneler. Faktorer som påvirker sikt og forurensning. Statusrapport.</i> SINTEF rapport STF36 F93022. SINTEF Bergteknikk.	45
Myran, T. (1993): <i>Partikkelrensing i Væretunnelen. Statusrapport.</i> SINTEF rapport STF36 F93076. SINTEF Bergteknikk.	46
Hedalen, T. og Myran, T. (1994): <i>Norwegian road tunnels: Ventilation, pollution and pollution distribution.</i> Strait Crossings 94. Ålesund. SINTEF rapport STF36 A94013. SINTEF Bergteknikk.	46
Hedalen, T. (1994): <i>Optimalisert bruk av ventilasjonsvifter i vegtunneler. Erfaringer fra Væretunnelen.</i> SINTEF rapport STF36 A94035. SINTEF Bergteknikk.	47
Hedalen, T. (1994): <i>Vask av vegtunneler. Erfaringer fra tunnelene Grillstadhaug, Være og Stavsjøfjell våren 1994.</i> SINTEF rapport STF36 A94036. SINTEF Bergteknikk.	47
Hedalen, T. (1994): <i>Vegslitasje – partikkelstørrelsesfordeling.</i> SINTEF rapport STF36 A94011. SINTEF Bergteknikk.	48
Hedalen, T. og Myran, T. (1994): <i>Vegstøvdepot i Trondheim – partikkelstørrelsesfordeling, kjemisk og mineralogisk sammensetning.</i> SINTEF rapport STF36 A94037. SINTEF Bergteknikk.	48

Myran, T. (1994): <i>Asbest og "Asbest" i trafikkprodusert svevestøv</i> . SINTEF rapport STF36 A94004. SINTEF Bergteknikk.....	49
Myran, T. and Hedalen, T. (1994): <i>Traffic air pollution II</i> . SINTEF rapport STF36 A94062. SINTEF Rock and Mineral Engineering.....	50
Skjel, M. (1994): <i>Karakterisering av partikulære forurensninger. Med hensyn på helseeffekter</i> . Prosjektoppgave. Institutt for geologi og bergteknikk. NTH.....	50
Skjel, M. (1994): <i>Kvartsholdig støv – helse og miljømessige aspekter. Med utgangspunkt i veistøvproblematikken</i> . Hovedoppgaven. Institutt for geologi og bergteknikk. NTH.....	51
Skoglund, R. og Uthus, N. (1994): <i>Slitasjefelt Sør-Trøndelag E6 Klett-E6 Ler. Sluttrapport</i> . SINTEF rapport STF61 F94018.....	52
Skoglund, R. & Uthus, N. S. (1994): <i>Oppsummering av slitasjeproblematikken i Sør-Trøndelag</i> . SINTEF rapport STF61 F94025. Fortrolig. SINTEF Vegteknikk.....	53
Storkjøren, A. (1994): <i>Vasking av tunneler. Bruk av tensider og veistøv som avfall</i> . Prosjektoppgave. NTH. Institutt for berg- og petroleumsfag.....	54
Taheri, A. (1994): <i>Støv i Trondheim</i> . Prosjektoppgave. Institutt for geologi og bergteknikk, NTH.....	54
Andersen, E. O. og Uthus, N. (1995): <i>Forsøksfelt Store Ringveg, Dag Hammerskjolds vei. Sluttrapport</i> . SINTEF rapport STF61 F95003. Vegteknikk.....	55
Hedalen, T. (1995): <i>Bruk av optisk siktmåler i vegtunneler. Erfaringer fra Væretunnelen</i> . SINTEF rapport STF36 A94034. SINTEF Bergteknikk.....	56
Hedalen, T. (1995): <i>Using Optical Visibility Meters in Road Tunnels – experience from the Være Tunnel. Preliminary report</i> . SINTEF rapport STF36 A95028. SINTEF Rock and Mineral Engineering.....	57
Hedalen, T. (1995): <i>Arbeidsmiljø i vegtunneler satt under trafikk. Delrapport 1: Kartlegging av kjemiske, fysiske og biologiske arbeidsmiljøfaktorer</i> . SINTEF rapport STF36 A95001. SINTEF Bergteknikk.....	58
Haavik, T. (1995): <i>Vegstøv. Partikkelkarakterisering av støvdepot og støvnedfall knyttet til spredning av partikulært materiale fra trafikkforurensningskilde</i> . Prosjektarbeid. Institutt for geologi og bergteknikk, NTH.....	59
Tran, T. T. N. (1995): <i>Vegstøv som helseproblem. En prognosemodell og påvirkningsfaktorer for konsentrasjonen av svevestøv (PM10) i Trondheim</i> . Hovedoppgave. Institutt for veg- og jernbanebygging, NTH.....	59
Hedalen, T. (1996): <i>Arbeidsmiljø for vedlikeholdsarbeidet i tunneler satt under trafikk. Delrapport 2: Spørreskjemaundersøkelse</i> . SINTEF rapport STF36 A95002. SINTEF Bergteknikk.....	61
Hedalen, T. (1996): <i>Arbeidsmiljø i vegtunneler satt under trafikk. Delrapport 3: Samlerapport</i> . SINTEF rapport STF36 A95090. SINTEF Bergteknikk.....	61
Lockersen, H. (1996): <i>Arsen, bly, jern, kobber, nikkel og sink i svevestøvfraksjonen av veistøv fra Trondheim</i> . Hovedfagsoppgave i naturmiljøkjemi. Kjemisk institutt, NTNU.....	62
Myran, T. (1996): <i>Partikkelrensing i Helltunnelen. Statusrapport</i> . SINTEF rapport STF 22 F96069. SINTEF Bygg og miljøteknikk. Bergteknikk.....	63
Bakløkk, L. (1997): <i>Piggdekkslitasje på vegnettet</i> . Miljødagene, NTNU 13-15. mai 1997.....	63
Bakløkk, L. J. (1997): <i>Piggdekkslitasje på vegnettet – utviklingstrekk</i> . SINTEF rapport STF22 A97516. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk.....	64

Bakløkk, L. J., Horvli, I. og Myran, T. (1997): <i>TOMS – delrapport 1. Piggdekkslitasje og støvutvikling. Status - Litteraturstudie.</i> SINTEF rapport STF22 F97509. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk. . 64	
Hedalen, T. og Almklov, P. G. (1997): <i>Miljødagene '97. Vegslitasje. Piggdekkslitasje - Salting.</i> Institutt for geologi og bergteknikk. NTNU. 65	
Horvli, I. (1997): <i>Helse og miljøproblemer: Slitasje av vegdekker og støvproblematikk.</i> Konferanse om trafiksikkerhet/veggrep. Kursdagene NTNU 1997. Notat nr. 1024. Institutt for veg- og jernbanebygging, NTNU..... 65	
Moksnes, S. R. (1997): <i>Vegslitasje og svevestøv. Årsakssammenhenger mellom piggdekkbruk og svevestøv sett i lys av klimatiske, mineralogiske/geologiske, trafikkmessige og andre forhold.</i> Hovedoppgaven. Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU. 65	
Skytterhold, O. T. (1997): <i>Miljøvennlige tilslagsmaterialer i vegdekker. En undersøkelse av støvproduksjon fra utvalgte steinmaterialer.</i> Prosjektoppgave. Fakultet for geofag og petroleumsteknologi. NTNU..... 67	
Vaa, T. (1997): <i>Piggfrie dekk i Trondheim? Erfaring fra kjøring med ulike typer vinterdekk sesongen 1996/97.</i> SINTEF rapport STF22 A97612. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Samferdsel. 67	
Holme, J. (1998): <i>Adjuvant aktivitet av veistøv og mineralfraksjonen av veistøvet, partikkelstørrelse PM10, på den systematiske produksjonen av spesifikt IgE antistoff rettet mot ovalbumin etter intranasal eksponering i mus.</i> Hovedfagsoppgave i botanikk, studieretning cellebiologi. NTNU. 68	
Myran, T. (1998): <i>Jaspis brukt som steinmateriale i vegdekker.</i> Betenkning Statens vegvesen, Sør-Trøndelag vegkontor. SINTEF Bergteknikk. April 1998. 68	
Myran, T. & Horvli, I. (1998): <i>TOMS – delrapport 3: TOM's Delprosjekt 3 Støvkarakteristikk.</i> SINTEF rapport STF22 F97045. Bergteknikk, Vegteknikk. 69	
Kvidal, M. (1999): <i>Bedre byluft – effekt av renhold.</i> SINTEF rapport STF22 A99451. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk. 70	
Myran, T. (1999): <i>Støv i flybuss. Helseisriko ved støveksponeing.</i> SINTEF rapport STF22 F99069. Fortrolig. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Bergteknikk. 71	
Værnes, E. (1999): <i>Sammenlikning av måleprinsipper og måledata for måling av piggdekkslitasje ved hjelp av SINTEFs måleutstyr og vegvesenets spormåler Alfred.</i> SINTEF rapport STF22 A99450. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel. 72	
Kvidal, M. (2000): <i>Bedre byluft – saltløsning som støvdempende tiltak.</i> SINTEF rapport STF22 A00457. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk. 72	
Myran, T. (2000): <i>Slaggmaterialer i asfalt. Bruk av ferrokromslagg.</i> SINTEF rapport STF22 F00073. Fortrolig. SINTEF Bergteknikk..... 73	
Myran, T. (2000): <i>Partikkelrensing i vegtunneler. Erfaringer.</i> SINTEF rapport STF22 A00091. SINTEF Bergteknikk. 74	
Trøan, A. K. (2000): <i>Piggdekkslitasje – forsøksfelt på Ev 6 ved Klett.</i> SINTEF rapport STF22 A00462. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk. 75	
Yttri, K. E. (2000): <i>A study of carbonaceous aerosols in the Norwegian environment, focusing on the water-soluble organic carbon fraction.</i> Avhandling, dr.scient. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for kjemi. 76	

Myran, T., & Buvik, H. (2001): <i>Particle Cleaning in Norwegian Sub.Sea Tunnels</i> . IRF Congress. Paris 2001. Strait Crossing. Bergen 2001.	77
Sveen, S. (2001): <i>Svevestøv og piggdekk. Årsak og virkning. Utviklingstrekk de siste årene</i> . Prosjektoppgave. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU.	77
Værnes, E. (2002): <i>Måling av svevestøvkonsentrasjoner (PM10) på forsøksfelt med Aktiv Asfalt i Innherredsveien i Trondheim</i> . SINTEF rapport STF22 A02320. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.	79
Værnes, E. (2002): <i>Utprøving av DustTrak støvmålere</i> . Notat. Prosjekt nr 223061. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.	80
Værnes, E. (2002): <i>Videre sjekk av DustTrak støvmålere etter full service og kalibrering</i> . Notat. Prosjekt nr 223061. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.	81
Horvli, I. (2003): <i>Bruk av slagg i vegbygging</i> . NIF kursdager 2003 NTNU. Samferdselskonferansen 6.-7. januar 2003. Institutt for bygg, anlegg og transport.	83
Klausen, R., Spilling, E., Grøndahl, J., Sandnes, E. H. og Alterskjær, R. W. J. (2003): <i>Veg, støv og helse</i> . Ekspert i Team. Gruppe 7.2. NTNU.	83
Myran, T. (2003): <i>Svevestøvproduksjon og vegdekker – vegdekker og helse</i> . SINTEF rapport STF22 F03163. SINTEF Bygg og miljø Berg og geoteknikk.	84
Sveen, S. (2003): <i>Svevestøv i Helltunnelen og Elgeseter gate i Trondheim. Utviklingstrekk i perioden 1997-2002. Erfaringer med siktmålere i vegtunneler</i> . Hovedoppgave. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for geologi og bergteknikk. NTNU.	84
Værnes, E. (2003): <i>Måling av svevestøvkonsentrasjoner (PM10) på forsøksfelt med aktiv asfalt i Innherredsveien i Trondheim i perioden 18. til 24. februar 2003</i> . SINTEF rapport STF22 A03314. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.	85
Værnes, E. (2003): <i>Måling av svevestøv i Helltunnelen i overgangen mellom sommer- og vintersesongen 2002</i> . SINTEF rapport STF22 A03309. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.	86
Bergh, O. A. (2004): <i>Test av vannemulgert diesel</i> . SINTEF rapport MT28 F04-074 (fortrolig). Norsk Marinteknisk Forskningsinstitutt AS. SINTEF.	87
Giæver, T. og Øvstedal, L. (2004): <i>Undersøkelse omkring bruk av piggdekk og piggfrie dekk vinteren 1993/1994</i> . Notat N-822/94. SINTEF Samferdselsteknikk.	88
Horvli, I. (2004): <i>Piggdekk og svevestøv i Trondheim – testing av asfaltdekker i trøgerkammer</i> . Fortrolig. SINTEF rapport STF22 A04330. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.	88
Jokstad, C. I. og Ruth, A. (2004): <i>Measurements of Ultrafine Particle Pollution in Elgeseter gate, Trondheim</i> . TIØ 4725 HMS fordypning, 9th semester. Faculty of social science and technology management. NTNU.	89
Vaa, T. og Giæver, T. (2004): <i>Vinterfriksjonsprosjektet – Studie på konsekvenser av endret piggdekkbruk. Norsk Trafikksenter 17.-19. februar 2003</i> . SINTEF rapport STF22 F04323 (Statens vegvesen, Intern rapport nr. 2369, Teknologivdelingen). SINTEF Bygg og miljøteknikk, Samferdsel.	91

Furuset, L. M. (2005): <i>Svevestøv og støvnedfall fra norske pukkverk. Status og generelle årstidsvariasjoner. Helseisikro og årsakssammenheng</i> . Hovedoppgaven. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Geofag og petroleumsteknologi. NTNU.....	92
Myran, T. og Buvik, H. (2005): <i>Airborne Dust and Particle Cleaning in Urban Road Tunnels in Norway</i> . IRF 15.th, International Road Federations, World Meeting. Bangkok, juni 2005.....	93
Ruth, A. and Jokstad, C. I. (2005): <i>Traffic as a source of indoor particle pollution</i> . Master thesis. Faculty of social science and technology management, Department of industrial economics and technology management. NTNU.....	94
Sakshaug, K. (2005): <i>Utvikling i ulykker i vintermånedene november-april 1988-2004. Trondheim sammenlignet med Trøndelag for øvrig</i> . Notat Sintef bygg og miljø. Veg og samferdsel. SINTEF.....	95
Eik-Nes, B., Krog, K., Smalø, S. og Pedersen, P. U. (2006): <i>Svevestøv i Trondheim</i> . Ekspertes i Team – Miljø og nyskaping for bærekraftig utvikling. NTNU.....	96
Horvli, I., Værnes, E., Mork, H. og Lurfald, B. O. (2006): <i>SIV – Spor i veg. Forsøksfelt på E6 ved Klett</i> . SINTEF rapport SBF22 A06001. SINTEF Byggforsk AS, Veg- og jernbaneteknikk. SINTEF.....	97
Hustad, J. E., Weber, T. og Flatberg, H. (2006): <i>Måling av utslipp fra ildsteder med ny etterbrenner installert</i> . Rapport nr. 2006:002. Institutt for energi og prosessteknikk. NTNU.....	97
Ottesen, M. E. (2006): <i>Svevestøv i Trondheim – kilder og tiltak. Magnesiumklorid som støvdempende tiltak i Trondheim – vurdering av effekten på svevestøvfraksjonene PM10, PM2,5-10 og PM2,5</i> . Hovedfagsoppgave. Institutt for geologi og bergteknikk. NTNU.	98
Bergen kommune	101
Bergen kommune (2004): <i>Handlingsplan mot lokal luftforurensing i Bergen</i> . Vedtatt av Bergen bystyre 13. september 2004.....	101
Oslo kommune	104
Oslo kommune og Statens forurensningstilsyn. (1987): <i>Ytterligere reduksjon av luftforurensningen i Oslo. Forslag til tiltak som vil føre til et sunnere og triveligere bymiljø</i> . Hovedrapport fra samarbeidsprosjekt mellom Oslo kommune og SFT.....	104
Andersen, O. (1998): <i>Svevestøv fra persontransport i Oslo. En beregning av mengder og kostnader</i> . Rapport 14/98. Oslo kommune.....	105
Hunnes, O. K. og Hantho, G. (1998): <i>Overvåkning, varsling av luftforurensninger og akutttiltak mot luftforurensninger i Oslo</i> . Rapport 45/98. Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune.....	108
Oslo kommune (1998): <i>Helseskadelig luftforurensning i Oslo – En vurdering av akutt-tiltak for vinteren 1998/99 og 1999/2000</i> . Byrådsavdeling for miljø og samferdsel, Oslo kommune.....	109
Oslo kommune og Statens vegvesen Region øst (2004): <i>Luftkvalitet i Oslo. Tiltaksutredning med forslag til handlingspakker</i> . Helse- og velferdsetaten, Oslo kommune. Statens vegvesen Region øst.	109
Lützenkirchen, S. og Lutnæs, G. (2004): <i>Luftkvaliteten i Oslo - Status 2004</i> . Helse- og velferdsetaten, Oslo kommune.....	120
Myrtveit, I. og Lützenkirchen, S. (2005): <i>Luftkvaliteten i Oslo - Status 2005</i> . Helse- og velferdsetaten, Oslo kommune.....	121
Tromsø kommune.....	123

Statens vegvesen (2005): <i>Tiltaksutredning mot svevestøv i Tromsø</i> . Utarbeidet i samarbeid med Tromsø kommune.....	123
Trondheim kommune.....	125
Berg, T. (1989): <i>Status for luftforurensninger i Trondheim (1989)</i> . Trondheim kommune, Seksjon for miljørettet helsevern.....	125
Berg, T. (1991): <i>Svevestøvmålinger i Trondheim sentrum</i> . Miljøpakke Trondheim. Innsatsområde 4: Luftforurensning og støy. Trondheim kommune, Seksjon for miljørettet helsevern.....	126
Berg, T. (1991): <i>Miljøpakke Trondheim. Innsatsområde 4; Luftforurensning og støy. Rapport. Prosjekt: Svevestøvmålinger</i> . Trondheim kommune, Seksjon for miljørettet helsevern.....	127
Berg, T. (1991): <i>Transportplan for Trondheim. Delrapport: Beregning av luftforurensning langs veinettet i Trondheim for årene 1990 og 2005</i> . Trondheim kommune, Avdeling for helsevern- og sosial omsorg...	128
Berg, T. (1993): <i>Støvmålinger langs Omkjøringsveien vinteren 1992-93</i> . Rapport nr. TM 93/15. Miljøavdelingens rapporter, Trondheim kommune.....	128
Berg, T. (1994): <i>Tiltaksplan mot vegstøv i Trondheim</i> . Rapport nr. TM 94/08. Miljøavdelingens rapporter, Trondheim kommune.....	129
Ottesen, R. T. (1994): <i>Asbest i veistøv i Trondheim. En oppsummering</i> . Rapport nr. TM 94/01. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.....	130
Statens vegvesen, Sør-Trøndelag og Trondheim kommune (1999): <i>Bedre byluft i Trondheim. Rapport fra prosjektgruppa</i>	131
Berthelsen, B. O. og Berg, T. (2000): <i>Luftforurensninger i Trondheim 1998-1999; resultater og vurderinger</i> . Rapport nr. TM 00/04. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.....	132
Berthelsen, B. O. (2002): <i>Luftforurensning i Trondheim 2000</i> . Rapport nr. TM 02/01. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.....	132
Berthelsen, B. O. (2002): <i>Luftkvalitet i Trondheim 2001</i> . Rapport nr. TM 02/05. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.....	133
Berthelsen, B. O., Holme, J. og Oftedal, B. (2002): <i>Akutte sykehusinnleggelser for lungesykdom og hjerte-/karsykdommer i relasjon til daglige nivåer av luftforurensninger i Trondheim i perioden 1993-2001</i> . Rapport nr. TM 02/08. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.....	133
Berthelsen, B. O. (2003): <i>Bruk av magnesiumklorid som akuttiltak for støvdemping på E6 gjennom Trondheim</i> . Rapport nr. TM 2003/03. Miljøavdelingens rapporter, Trondheim kommune.....	133
Berthelsen, B. O. et al. (2005): <i>Bedre luftkvalitet i Trondheim - Utredning av tiltak og forslag til tiltakspakker for bedre lokal luftkvalitet</i> . Trondheim kommune, Statens vegvesen Sør-Trøndelag distrikt, Statens vegvesen Region midt.....	135
Meteorologisk institutt.....	140
Berge, E., Laupsa, H., Ødegaard, M., Johnsrud, M., Sorteberg, A., Tønnesen, D., Eastwood, S., Bøhler, T., Walker, S. E. og Ødegård, R. (2000): <i>Utvikling, testing og implementering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet i Trondheim</i> . Research Report 107. Meteorologisk institutt og NILU.....	140
Berge, E., Walker, S. E., Sorteberg, A., Lenkopane, M., Eastwood, S., Jablonska, H. T. og Ødegaard, M. (2000): <i>Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet for 22 vinterdager i Oslo</i> . Research Report 100. Meteorologisk institutt og NILU.....	140

Berge, E., Walker, S. E., Sorteberg, M., Eastwood, S., Kristiansen, J. og Tønnesen, D. (2000): <i>Utvikling og testing av pilotmodell for luftkvaliteten i Oslo</i> . Research Report 99. Meteorologisk institutt og NILU....	141
Ødegaard, V., Walker, S. E., Midtbø, Jablonska, H. T. B., K. H., Gjerstad og K. I., Bjergene, N. (2003): <i>Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2002/2003</i> . Research Report 152. Meteorologisk institutt, NILU og Statens vegvesen.	142
Ødegaard, V., Gjerstad, K. I., Bjergene, N., Jablonska, H. T. B. og Walker, S. E. (2004): <i>Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2003/2004</i> . Report no. 12/2004. Meteorologisk institutt, NILU og Statens vegvesen.	144
Ødegaard, V., Gjerstad, K. I. og Bjergene, N. (2005): <i>Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2004/2005</i> . Report no. 14/2005. Meteorologisk institutt, NILU og Statens vegvesen.	145
Norges geologiske undersøkelse (NGU).....	148
Erichsen, E. (2001): Laboratoriemetoder for testing av bygråstoffers mekaniske- og fysiske egenskaper. NGU rapport 2001.019.....	148
Erichsen, E. (2004): <i>Pendelmålinger av friksjon på veg</i> . NGU rapport 2004.051	148
Erichsen, E., Schiellerup, H., Gautneb, H., Ottesen, R. T. og Broekmans, M. (2004): <i>Vegstøv i Trondheim – En analyse av mineralinnholdet i svevestøvet</i> . NGU rapport 2004.037	149
Andersson, M., Volden, T. og Jartun, M. (2005): <i>PCB i asfalt i Trondheim</i> . NGU rapport 2005.045.....	150
Erichsen, E., Schiellerup, H., Grimstvedt, A. (2006): <i>Analyse av mineralinnholdet i støvprøver fra asfaltkjerne</i> . NGU rapport 2006.049.....	151
Ulvik, A. og Erichsen, E. (2006): <i>Delprosjekt 1 og 2 – Steinkvalitet og sporutvikling i vegdekker (SIV)</i> . NGU rapport 2005.081	151
Norsk institutt for luftforskning (NILU).....	153
Larssen, S. (1978): <i>Luftforurensning fra vegtrafikk. Målinger i Trondheim kommune, 1978</i> . Referanse 20278. NILU rapport OR /78. NILU.....	153
Hagen, L. O. (1980): <i>Overvåkning av luftforurensningstilstanden i Norge. Resultater av målingene i kommunene i perioden april 1979-mars 1980</i> . NILU rapport OR 34/80. NILU.....	153
Anda, O og Larssen, S. (1982): <i>Luftforurensninger fra Vegtrafikk: Slitasje av vegdekket, bildekk og bremsebånd</i> . Kjeller, Norsk institutt for luftforskning. Rapport NILU OR 31/82.....	153
Iversen, T. (1982): <i>Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler</i> . OR 27/82. 23179. NILU.	154
Larssen, S. og Hoem, K. (1984): <i>Luftforurensning langs veinettet i Norge. Kartlegging langs riksveinettet samt fylkesveinettet i utvalgte byer</i> . OR 46/84. O-8108. NILU.....	154
Schjoldager, J. (1985): <i>Spredningsforhold og luftkvalitet, Heimdal, Trondheim, 1983-84</i> . OR 80/85. O-8238. NILU.	154
Larssen, S. (1986): <i>Vurdering av luftforurensning ved utvidet Riksvei 706 (Omkjøringsveien) i Trondheim</i> . OR 91/86. O-1142. NILU.....	154
Larssen, S. og Tønnesen, D. (1986): <i>Støyskjemers og vegetasjonshekkers virkning på støvforurensningen langs veier. Målinger ved Store Ringvei i Oslo, sommeren 1984</i> . OR 65/86. O-8433. NILU.....	155

Larssen, S. (1987): <i>Støv fra asfaltveier. Kjemisk og biologisk karakterisering av luftbåret støv. Fase 1: Målinger på Store Ringvei, Oslo, våren 1985.</i> OR 53/87. O-8431. NILU.....	156
Larssen, S. (1988): <i>Overvåkning av luftforurensninger fra biltrafikk. Målinger i Oslo 1980-1986.</i> OR 8/88. O-8413. NILU.....	156
Hagen, L. O., Bartonova, A., Berg, T., Røyset, O. og Vadset, M. (1989): <i>Kartlegging av konsentrasjoner av tungmetaller i luft i tettsteder.</i> Rapport nr 30/89. NILU.....	157
Hagen, L. O. (1990): <i>Målinger av luftforurensninger i Nardo-krysset i Trondheim. Vinteren 1989/90.</i> Rapport OR 74/90. O-8983. NILU.....	157
Larssen, S. (1990): <i>Luftkvalitet og utslippsfaktorer for bileksos i Vålerenga-tunnelen.</i> Rapport nr 38/90. O-8865. NILU.....	158
Peterson, H. G. og Tønnesen, D. (1990): <i>Spredningsundersøkelse med sporstoff ved Vålerengatunnelen.</i> Rapport OR 62/90. O-8873. NILU.....	158
Schaug, J. og Larssen, S. (1990): <i>Beregninger av kildebidrag til svevestøvforurensninger i Oslo.</i> 63/90. O-8545. NILU.....	159
Sørli, J. og Larssen, S. (1990): <i>Beregning av luftforurensning langs hovednettet i Trondheim i 1987 og 1998.</i> OR 60/90. O-8971. NILU.....	160
Sørli, J. og Tønnesen, D. (1990): <i>Ekeberg-tunnelen. Vurdering av luftforurensninger.</i> OR 7/90. O-1419. NILU.....	161
Larssen, S. (1991): <i>Partikler i tettstedsluft i Norden. Utslipp – forekomst – helsevirkninger, med hovedvekt på bileksospartikler.</i> 11/91. O-8836. NILU.....	161
Larssen, S. (1991): <i>Spredningsmodeller for luftforurensning fra veitrafikk.</i> 13/91. O-1540. NILU.....	162
Larssen, S., Clench-Aas, J., Sivertsen, B., Torp, C. og Tønnesen D. (1991): <i>Luftforurensning fra vegtrafikk. En serie foredrag fra NILU.</i> 9/91. O-1540. NILU.....	162
Larssen, S. og Sørli, J. (1991): <i>En beregningsmodell for luftforurensningsanalyse til bruk i transportplan- og NVVP-arbeidet.</i> Rapport F 6/91. O-1514. NILU.....	163
Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1992): <i>Støvmålinger langs veier i Oslo januar-juni 1992.</i> OR 92/92. O-92021. NILU.....	164
Larssen, S. (1992): <i>Overvåkning av luftforurensninger fra biltrafikk, 1991. Målinger i Oslo 1989-91.</i> Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport nr 502/92. TA 892/1992. OR 74/92. O-8413. NILU.....	164
Grønnskei, K. E., Torp, C., Aarnes, M. J. og Gram, F. (1993): <i>Eksponering for luftforurensning langs hovedveinettet i Norge. Fase 1 og 2 i Forurensningslovarbeidet.</i> OR 16/93. O-92114. NILU.....	165
Haugsbakk, I. (1993): <i>Luftkvalitet ved Nardokrysset, Trondheim. Målinger etter kryssutbyggingen.</i> OR 37/93. O-93014. NILU.....	165
Larssen, S., Gram, F., Grønnskei, K. E., Torp, C. og Tønnesen D. (1993): <i>Beregninger av PM10 konsentrasjoner og resultatpresentasjon i VLUFT 2,5.</i> OR 36/93. O-92114. NILU.....	165
Haugsbakk, I. (1994): <i>Utvikling av PM10-modell. Måleprosjekt 3. Bergen våren 1994.</i> Rapport OR 38/94. O-94019. NILU.....	166
Torp, C. og Aarnes, M. J. (1994): <i>Eksponering for luftforurensning langs hovedveinettet i Norge. Fase 3 i Forurensningslovarbeidet.</i> OR 5/94. O-93026. NILU.....	166

Hagen, L. O. (1995): <i>Rutineovervåkning av luftforurensning. April 1993-mars 1994</i> . Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport nr 596/95. TA 1175/1995. OR 46/94. O-7644. NILU.....	166
Hagen, L. O., Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1995): <i>Program for utvikling av modeller for beregning av veistøv i luft. Måleprosjekt 4: Kontinuerlig måling av PM_{2,5} og PM₁₀ ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden januar-april 1995</i> . OR 39/95. O-95032. NILU.....	167
Haugsbakk, I og Larssen, S. (1995): <i>Effekt av veirenhold på PM₁₀-forurensning. Utvikling av PM-modell. Måleprosjekt 5, Oslo 1994/95</i> . Rapport OR 39/04. O-94015. NILU.....	167
Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1995): <i>Effekt av veirenhold på PM₁₀-forurensning. Utvikling av PM₁₀-modell. Måleprosjekt 5, Trondheim 1994</i> . OR 5/95. O-94017. NILU.....	168
Clench-Aas, J. (NILU) and Krzyzanowski, M. (WHO) (1996): <i>Quantification of Health Effects Related to SO₂, NO₂, O₃ and Particulate Matter Exposure. Report from the Nordic Expert Meeting Oslo, 15-17 October, 1995</i> . NILU OR 63/96. O-95012. NILU.....	169
Hagen, L. O. og Johnsrud, M. (1996): <i>Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1994-mars 1995</i> . NILU OR 8/96. O-94109. NILU.....	169
Hagen, L. O. og Haugsbakk, I. (1996): <i>Måling av nitrogenoksider og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo, vinteren 1995/96</i> . NILU OR 51/96. O-95101. NILU.....	170
Haugsbakk, I. (1996): <i>Målinger av nitrogenoksider og svevestøv i Hamar. Vinteren 1995/96</i> . OR 44/96. O-95123. NILU.....	170
Larssen, S. og Haugsbakk, I. (1996): <i>Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud Vinteren 1995/1996</i> . OR 53/96. O-95108. NILU.....	171
Larssen, S. og Haugsbakk, I. (1996): <i>Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud Vinteren 1995/1996. Vedleggsrapport</i> . OR 54/96. O-95108. NILU.....	171
Tønnesen D. (1996): <i>Måling av svevestøvkonsentrasjoner og luftstrøm i Ekeberg-tunnelen i Oslo</i> . OR 66/96. O-96059. NILU.....	172
Hagen, L. O. og Haugsbakk, I. (1997): <i>Måling av nitrogenoksider og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo, vinteren 1996/97</i> . NILU OR 53/97. O-96111. NILU.....	172
Larssen, S. og Hagen, L. O. (1997): <i>Partikkelforurensning fra piggdekk</i> . NILU rapport OR 16/97. O-97037. NILU.....	173
Larssen, S. (1997): <i>Svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5})-forurensningen i Norge. Bidraget fra vegdekkeslitasje. Effekt av økt piggfri-andel</i> . Presentert under Miljødagene'97 ved NTNU Trondheim 13. mai: Vegdekkeslitasje-Piggdekkslitasje og salting. F 5/97. Q-303. NILU.....	174
Slørdal, L. H. (1997): <i>Beregning av NO₂- og PM₁₀-eksponering for Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Vinteren 1994-1995</i> . OR 23/97. O-96083. NILU.....	175
Walker, S. (1997): <i>Beregning av personvektet årsmiddelkonsentrasjon i Oslo av PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂</i> . NILU OR 3/97. O-95068. NILU.....	176
Clench-Aas, J. Guerreiro, C. og Bartonova, A. (1998): <i>Air Quality Indicators</i> . OR 34/98. O-96132. NILU.....	176
Larssen, S., Hagen, L. O., Sluyter, R. and Hooydonk, P. (1998): <i>European air quality in 1998. Final report</i> . European topic centre on air quality. NILU.....	177

Slørdal, L. H. (1998): <i>Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregning av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for vinteren 1995-1996.</i> OR 38/98. O-97093. NILU.	177
Clench-Aas, J. og Bartonova, A. (1999): <i>Miljøundersøkelsene hovedveiomlegging Oslo Øst. Trafikkforurensning og støy og selvrapporterte symptomer på helse og trivsel. Samlede resultater fra tverrsnittundersøkelsene for 1987, 1994 og 1996.</i> OR 36/98. O-96108/N-96133. NILU.	178
Hagen, L.O., Arnesen, K. og Haugsbakk, I. (1999): <i>Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1995-mars 1996 og oktober 1996-mars 1997.</i> Rapport nr 761/99, TA-1634/1999. Prosjekt O-97125. OR 13/99. NILU.	178
Hagen, L.O., Arnesen, K. og Haugsbakk, I. (1999): <i>Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1997-mars 1998.</i> Rapport nr 762/99, TA-1635/1999. Prosjekt O-98083. OR 14/99. NILU.	179
Larssen, S. og Hagen, L. O. (1999): <i>Luftkvalitet i norske byer: Utvikling, årsaker, tiltak, framtid.</i> Kjeller, Norsk institutt for luftforskning. OR 69/98. O-97145. NILU.	179
Slørdal, L. H. og Tønnesen, D. (1999): <i>Konsentrasjonsfordelingen av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} i sterke forurensningsepisoder i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim.</i> OR 24/99. O-99010. NILU.	180
Slørdal, L. H. og Tønnesen, D. (1999): <i>Framskrivningsberegninger av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for Oslo for 2005 og 2010. En sensitivitets- og tiltaksstudie.</i> OR 56/99. O-99064. NILU.	180
Walker, S. E. (1999): <i>Beregning av personveid årsmiddelkonsentrasjon i Trondheim av PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂ for 1994-95.</i> NILU rapport nr. OR 47/99. O-99013.	181
Grønnskei, K. E., Gram, F., Larssen, S. and Walker, S. E. (2000): <i>Evaluation of urban scale time-dependent dispersion modell with subgrid elements in Oslo, Norway.</i> NILU rapport nr. OR 57/2000. E-91029D.	181
Hagen, L.O. (2000): <i>Foreløpig vurdering av luftforurensningen i Norge, etter EUs nye luftkvalitetsdirektiver. Supplerende målinger av svevestøv og nitrogendioksid i Lillehammer og Tromsø vinteren 2000.</i> OR 42/2000. O-100004. NILU.	182
Hagen, L.O. og Arnesen, K. (2000): <i>Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1998-mars 1999.</i> Prosjekt O-99077. OR 61/2000. NILU.	185
Hagen, L.O. og Haugsbakk, I. (2000): <i>Måling av luftkvalitet ved to sterkt trafikkerte veier i Oslo vinteren 1999/2000.</i> OR 32/2000. O-99123. NILU.	189
Larssen, S., Hagen, L. O. og Tønnesen D. (2000): <i>Foreløpig vurdering av luftforurensningen i Norge, etter EUs nye luftkvalitetsdirektiver.</i> OR 46/2000. O-98125. NILU.	194
Sivertsen B. (2000): <i>Understanding Air Quality Measurements.</i> TR 4/2000. Q-303. NILU.	197
Tønnesen D. (2000): <i>Programvaredokumentasjon. VLUFT versjon 4.4.</i> TR 7/2000. O-99140. NILU. ...	199
Hagen, L.O. og Arnesen, K. (2001): <i>Måling av luftkvalitet ved sterkt trafikkerte veier i Oslo vinteren 2000/2001.</i> OR 48/2001. NILU.	200
Slørdal, L. H. og Larssen, S. (2001): <i>Vedfyring og svevestøv. Beregninger i Oslo vinteren 1998/1999.</i> OR 37/2001. O-99012. NILU.	204
Gram, F. og Grønnskei, K.E. (2002): <i>Konsentrasjoner av SO₂, NO_x, partikler og bly i Oslo 1973-1998. Samarbeidsprosjekt om luftforurensning og helse i Oslo.</i> OR 60/2002. NILU.	210

Bartonova, A., Larssen, S. og Hagen, L. O. (2002): <i>Utvikling i luftforurensningen 1991 – 2001. Utslippsreducerende tiltak og PM10 partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen.</i> O-101093. OR 10/2002. NILU.	211
Hagen, L. O. og Tønnesen, D. (2002): <i>Grovvurdering av luftkvaliteten i Norge i henhold til foreløpig utkast til EU-direktiv om tungmetaller og BaP i luft.</i> O-101125. OR 73/2001. NILU.	213
Jablonska, H. T. B., Walker, S. E., Böhler, T., Køltzow, M. Ø., Berge, E. og Bjergene, N. (2002): <i>Bedre Byluft. Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2001/2002.</i> OR 53/2002. O-99070. NILU.	214
Hagen, L.O. (2003): <i>Måling av luftkvalitet ved sterkt trafikkerte veier i Oslo, mai 2001-desember 2002.</i> OR 07/2003. NILU.	215
Hagen, L.O., Larssen, S. og Walker, S. E. (2003): <i>Forurensning som funksjon av avstand fra vei. Målinger på RV 159 Nordby-sletta v/Skårer vinteren 2001-2002, og sammenligning med VLUFT.</i> OR 22/2003. O-101126. NILU.	220
McInnes, H. og Laupsa, H. (2003): <i>Historiske beregninger for Oslo for 1995/96, 1998 og 2001.</i> OR 6/2003. O-102022. NILU.	220
Steinnes, E., Berg, T., Hagen, L. O., Siegle, S., Vadset, M. og Åberg, G. (2003): <i>Sporelementer i svevestøv i Oslo.</i> TR 05/2003. NILU.	222
Tønnesen, D. (2003): <i>Veibanedata til forbedring av støvutslippsmodul i AirQUIS.</i> NILU rapport nr. OR 61/2003.	222
Böhler, T. (2004): <i>Trendberegninger av partikkelkonsentrasjoner for Oslo 1995 – 2001. Presentert på "Samferdsel 2004" Trondheim, 5-6. januar 2004.</i> F 3/2004. NILU.	224
Walker, S. E. (2004): <i>Beregning av 3-års middelkonsentrasjoner i grunnkretser i Oslo for perioden 1992-2002.</i> NILU rapport nr. OR 46/2004.	225
Hagen, L.O., Larssen, S. og Schaug, J. (2005): <i>Miljøfartsgrense i Oslo. Effekt på luftkvaliteten av redusert hastighet på rv 4.</i> OR 41/2005. NILU.	226
Laupsa, H. and Fløisand, I. (2005): <i>Calculation of personal exposure. The Urban Exposure Management Tool.</i> TR 4/2005. NILU.	232
Laupsa, H., Slørdal, L. H. og Tønnesen, D. (2005): <i>Fremskaffing av faglig grunnlag for revisjon av 1. datterdirektiv, partikler.</i> OR 6/2005, NILU.	233
Walker, S. E. and Rosland, P. (2005): <i>Calculation of person-weighted average concentrations of NO2, PM10 and PM2.5 in Oslo for 1992-2002.</i> NILU PP 4/2005.	235
Norsk institutt for vannforskning (NIVA).....	236
Bækken, T. (1993): <i>Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje.</i> Prosjekt nr O-92090. Løpenr 2874. Nordiske Seminar- og Arbeidsrapporter 1993:628. Norsk institutt for vannforskning.	236
Hovind, H. (1995): <i>Ringtest for bestemmelse av tungmetaller og PAH i vegstøv fra tunneler.</i> Prosjektnr O-95020. Løpenr 3249. Norsk institutt for vannforskning.	236
Nasjonalt folkehelseinstitutt.....	238
Becher, R., Låg, M., Dahl, J. E., Dybing, E. og Sanner, T. (1988): <i>Støv fra asfaltveier. Helsevirkninger av oppvirvlet veistøv.</i> SIFF Toks-rapport nr 02/88. Statens Institutt for Folkehelse og Institutt for Kreftforskning.	238

Hetland, R.B., Refsnes, M., Myran, T., Johansen, B. V., Uthus, N. and Schwarze, P.E. (2000): <i>Mineral and/or metal content as critical determinants of particle-induced release of IL-6 and IL-8 from A549 cells</i> . Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 60:47-65.	238
Hetland, R. B. (2001): Studies of Ambient Air Particles Generated by the Use of Studded Tires; Characterisation and Inflammatory Potency of Particles from Different Types of Stone Used in Road Surface Material. Faculty of Medicine, University of Oslo.....	239
Hetland, R.B., Schwarze, P.E., Johansen B.V., Myran, T., Uthus, N. and Refsnes, M. (2001): <i>Silica-induced cytokine release from A549 cells: importance of surface area versus size</i> . Human & Experimental Toxicology 20, 46-55. Norwegian Institute of Public Health, Division of Environmental Medicine.	241
Ormstad, H. (2001): <i>Svevestøypartikler i innemiljøet og allergi</i> . Tidsskr Nor Lægeforen nr. 11, 2001; 121: 1344-50. Avdeling for miljømedisin. Statens institutt for folkehelse.....	242
Ormstad, H. og Løvik, M. (2002): <i>Luftforurensning, astma og allergi – betydningen av ulike partikler</i> . Tidsskr Nor Lægeforen nr. 18, 2002; 122: 1777-82. Avdeling for miljømedisin. Statens institutt for folkehelse.....	242
Folkehelseinstituttet (2003): <i>Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase. Revisjon 2003</i> . Rapport 2003:9. Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.	243
Hetland, R.B., Refsnes, M., Låg, M., Dybing, E. and Schwarze, P.E. (2003): <i>Respiratory Allergy and Inflammation Due to Ambient Particles - A European-Wide Assessment</i> . Norwegian Institute of Public Health, Division of Environmental Medicine.....	244
Låg, M. (2003): <i>En helsemessig vurdering av konvertering av døgnmiddelbaserte varslingsklasser til timemiddelbaserte</i> . Nasjonalt Folkehelseinstitutt.....	245
Schwarze, P. E. og Hetland R. B (2003): <i>Allergi og betennelsesreaksjoner i luftveiene utløst av svevestøv - en felleseuropeisk undersøkelse (RAIAP)</i> . Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.	247
Løvik, M. (2004): <i>Dieseleksos – også ei hjertesak</i> . Tidsskr Nor Lægeforen nr 10, 2004; 124: 1372.....	248
Låg, M., Myran, T., Refsnes, M., Schwarze, P. E. og Øvrevik, J. (2004): <i>Vegdekker: Svevestøv og helse</i> . Nasjonalt Folkehelseinstitutt / SINTEF / NTNU / Statens vegvesen Vegdirektoratet.	250
Refsnes, M., Låg, M., Hetland, R. B. og Schwarze, P. E. (2004): <i>Helseeffekter av byluftpartikler</i> . Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.....	253
Schwarze, P. E., Låg, M. og Refsnes, M. (2004): <i>Innånding, avsetning og fjerning av svevestøv i luftveier og lunger</i> . Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.	254
Nasjonalt folkehelseinstitutt. (2005): <i>Eksponerings-responsfunksjon for konsekvensutredning. Beregning av antall tilfeller av ulike helseskader som skyldes luftforurensning</i>	255
Nygaard, U. C. (2005): <i>The adjuvant effect of particles on the production of allergen specific IgE - cells and mechanisms [Partiklers forsterkereffekt på allergenspesifikk IgE-produksjon – celler og mekanismer]</i> . Avhandling, Dr.Philos. Institutt for molekylær biovitenskap, Universitetet i Oslo. Nasjonalt folkehelseinstitutt.	256

Øvrevik, J. (2005): <i>Mechanisms of chemokine release induced by mineral particles in epithelial lung cells [Mekanismer for kjemokinfriking induert av mineralpartikler i epiteliale lungeceller]</i> . Avhandling, Dr. Philos. Universitetet i Oslo. Nasjonalt folkehelseinstitutt.	258
Øvrevik, J., Myran, T., Refsnes, M., Låg, M., Becher, R., Hetland, R. B. and Schwarze, P. E. (2005): <i>Mineral Particles of Varying Composition Induce Differential Chemokine Release from Epithelial Lung Cells: Importance of Physico-chemical Characteristics</i> . Ann. Occup. Hyg., Vol. 49, No. 3, pp. 219-231, 2005.....	262
Norsk regnesentral.....	264
Kåresen, K. og Aldrin, M. (2001): <i>Effekt av salting på trafikkgenerert svevestøv: foreløpig statistisk analyse</i> . SAMBA/20/01. Norsk regnesentral.	264
Haff, I. H. og Aldrin, M. (2002): <i>Empiriske modeller for luftforurensning, trafikkvolum og meteorologi</i> . SAMBA/38/02. Norsk regnesentral.....	264
Aldrin, M. and Haff, I. H. (2003): <i>Empiriske modeller for luftforurensning, trafikkvolum og meteorologi - basert på data fra 2001-2003</i> . Publikasjonsnr.: 997. Norsk regnesentral.	265
Steinbakk, G. H. og Aldrin, M. (2003): <i>Effekt av salting på svevestøv. En analyse basert på data for vinteren 2001/2002 og 2002/2003</i> . SAMBA/19/2003. Norsk regnesentral.....	265
Aldrin, M. (2004): <i>Feiing og salting i Strømsås-tunnelen mars 2004 – innledende analyse</i> . NR-note SAMBA/27/04. Norsk Regnesentral.	265
Aldrin, M. and Haff, I. H. (2005): <i>Generalised additive modelling of air pollution, traffic volume and meteorology</i> . Atmospheric Environment 39, 2145-2155. Norwegian Computing Center.....	266
Aldrin, M. (2006): <i>Effekt av feiing, salting og vasking i Strømsås-tunnelen vinteren 04/05</i> . SAMBA/21/06. Norsk regnesentral.....	268
Samferdselsdepartementet.....	270
Samferdselsdepartementet (2005): <i>Lavutslippssoner i norske byer - miljørestriksjoner på tunge kjøretøy. Rapport fra en arbeidsgruppe, 21. april 2005</i>	270
Statens arbeidsmiljøinstitutt.....	275
Søstrand, P. (1990): <i>Dieseleksos – Sammensetning. Mulige eksponeringsindikatorer for kreftfare</i> . HD 1011/90. Statens arbeidsmiljøinstitutt.	275
Skaug, V. (2003): <i>Exposure to particles and lung disease</i> . Nr 2003:17. Occupational exposure limits – approaches and criteria Proceedings from a niva course held in Uppsala, Sweden, 24–28 September 2001. Department of toxicology, National Institute of Occupational Health, Oslo.....	275
Statens vegvesen	276
Statens vegvesen Veglaboratoriet (1975): <i>Måling av asbestemmisjon fra asfaltdekker</i>	276
Statens vegvesen (1988): <i>Støv fra asfaltveger. Vurdering av helsefare</i> . Intern rapport nr. 1371. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Veglaboratoriet.	276
Statens vegvesen (1988): <i>Støv fra asfaltveger. Vurdering av helsefare. Sammendragsrapport</i> . Intern rapport nr. 1372. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Veglaboratoriet.	277
Steffensen, A. (1990): <i>Sporlitasje på asfalt og betong</i> . Intern rapport nr. 1449. Veglaboratoriet. Vegdirektoratet.	278

Jørgensen, T. (1992): <i>Vurdering av helsefare ved asfaltstøv</i> . Publikasjon nr. 64. Veglaboratoriet, Statens vegvesen Vegdirektoratet.	278
Statens vegvesen (1993): <i>Konsekvensanalyse av alternative miljøkvalitetsnormer for lokal luftforurensning og støv</i> . Veg og trafikk. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	279
Rønning, R. og Solheim, T. H. (1994): <i>Regionale forbud og andre muligheter for restriksjoner på bruk av piggdekk</i> . Erfaringer fra Sveits, og muligheter for lignende ordninger i Norge. Studieprosjekt. Statens vegvesen Akershus.	280
Takagi, H. og Horita, N. (1994): <i>Virkning av forbud mot piggdekk i Japan</i> . Statens vegvesen Sør-Trøndelag.	281
Statens vegvesen (1995): <i>Rapport fra arbeidsgruppe for vurdering av ny renholdsmaskin</i> . Statens vegvesen Sør-Trøndelag og Trondheim kommune, Trondheim bydrift.	281
Statens vegvesen (1995): <i>Virkninger av piggdekkbruk</i> . Litteraturstudie. Asplan Viak A/S. Statens vegvesen Oslo.	283
Krokeborg, J. og Eriksen, O. (1996): <i>Konsekvenser av endret vintervedlikehold og piggdekkbruk, helse og trivsel</i> . Intern rapport nr. 1894. Vegdekkkontoret, Veglaboratoriet. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	283
Krokeborg, J. og Jørgensen, T. (1996): <i>Veg-grepsprosjektet. Delprosjekt 5.3: Vegstøv – sammensetning og effekt på fysisk miljø</i> . Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Intern rapport nr. 1911. Vegdekkkontoret, Veglaboratoriet. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	284
Statens vegvesen (1996): <i>Sentralt kurs om forurensning fra vegtrafikk</i> . Scandic Hotell i Asker 25.-26. november 1996. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	285
Statens vegvesen (1996): <i>Veg-grepsprosjektet. Samlerapport. Konklusjoner, forslag til ny veg-grepspolitikk og resultater</i> . Intern rapport nr. 1994. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	285
Statens vegvesen (1996): <i>Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.1: Litteraturstudium</i> . Litteraturstudie i forbindelse med veg-grepsprosjektet. Intern rapport nr. 1896. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	286
Statens vegvesen (1996): <i>Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.3: Vegstøv – sammensetning og effekt på fysisk miljø</i> . Vegstøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud vinteren 1995/96. Intern rapport nr. 1911. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	287
Statens vegvesen (1996): <i>Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.7: Tunge bilers bidrag til vegdekkeslitassen</i> . Ringbaneforsøk: Sammenlignende forsøk stålpigg/miljøpigg ved varierende hastigheter. Intern rapport nr. 1898. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	288
Statens vegvesen (1996): <i>Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.15: Samfunnsøkonomiske konsekvenser</i> . Dokumentasjon av beregningsmodell. Intern rapport nr. 1918. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	289
Nhat Trang thi Tran (1996): <i>Oppsummering av måleresultatene svevestøv (PM10) og meteorologiske faktorer i Elgesetergata perioden november 1995-juni 1996</i> . Statens vegvesen Sør-Trøndelag vegkontor.	290
Statens vegvesen (1996): <i>Veg-grepsprosjektet. Delprosjekt 5.17: Omfang av saltskader</i> . Sluttrapport. Intern rapport nr. 1902. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	291
Henjesand, G., Olsen, G. I. og Moksnes, Y. (1997): <i>Status for luftovervåkning i Statens vegvesen og diverse kommuner</i> . Transport og sikkerhetsavdelingen. Kontor for drift og trafikkteknikk. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	292

Moksnes, Y. (1997): <i>Status for luftovervåkning i Statens vegvesen og utvalgte kommuner</i> . Rapport TTS-2. Transport og sikkerhetsavdelingen, Kontor for drift og trafikkteknikk. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	293
Statens vegvesen (1997): <i>Vegavrenning. Aktuell miljøforskning</i> . MISA 97/08. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Miljø- og samfunnsavdelingen.	294
Statens vegvesen (1997): <i>Renhold i tunneler. Prosjektrapport</i> . 97-3615. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Driftsteknisk avdeling.	294
Statens vegvesen (1997): <i>Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.4: Vegstøv – helseskader og -kostnader. Konsekvenser av endret vintervedlikehold og piggdekkbruk, helse og trivsel</i> . Intern rapport nr. 1990. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	295
Statens vegvesen (1997): <i>Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.16: Konsekvenser av utvalgte strategier. Beregningsresultater eksklusive miljøkostnader</i> . Intern rapport nr. 1959. Statens vegvesen Veglaboratoriet.	296
Statens vegvesen (1998): <i>Vegprising. Hva, hvorfor og hvordan?</i> MISA 98/06. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Miljø- og samfunnsavdelingen.	297
Statens vegvesen (1998): <i>Veggrep på vinterveg. Sluttrapport fra Veg-grepsprosjektet</i> . Publikasjon nr. 90. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.	297
Statens vegvesen (1998): <i>Vinterdrift i Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger i en situasjon med 80 % piggfrie vinterdekk. anbefalt standard og kostnader</i> . Statens vegvesen Vegdirektoratet, Trafikkavdelingen.	300
Statens vegvesen (1998): <i>Bedre byluft – delprosjekt Tiltak – 98. Nedsatt fart i Oslo og Bergen fra 1.12.98</i> . Statens vegvesen Vegdirektoratet.	300
Lie, B. T. et al. (2000): <i>Vegtrafikken og Oslolufta. Prosjektoppgave i KJ 203 (Miljøkjemi) ved Universitetet i Oslo</i> . Intern rapport nr. 2170. Overbygningskontoret. Vegteknisk avdeling. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	302
Statens vegvesen (2000): <i>Bedre byluft. Evaluering av akuttiltaket nedsatt hastighet</i> . Statens vegvesen Oslo.	303
Snilsberg, B., Melby, K., Larsen, Ø. og Aksnes, J. (2003): <i>Miljøvennlige vegdekker; Forprosjekt</i> . Intern rapport nr. 2336. Vegdirektoratet, Veg- og trafikkfaglig senter, Trondheim. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	304
Statens vegvesen (2005): <i>Vinterfrikasjonsprosjektet – forsøk med befuktning med magnesiumkloridløsning i Oslo. Sesongene 2001/2002 – 2004/2005. Sluttrapport</i> . Rapport nr. 2414. Teknologivdelingen. Statens vegvesen Vegdirektoratet.	305
Transportøkonomisk institutt (TØI)	307
Fosser, S. og Sætermo, I. A. (1995): <i>Vinterdekk med eller uten pigger – betydning for trafiksikkerheten</i> . TØI rapport 3105/1995. TØI.	307
Amundsen, A. H. (2002): <i>Lavere vinterfartsgrense i Oslo. Betydningen for utslipp, støy, trafikkavvikling og trafiksikkerhet</i> . TØI rapport 560/2002. TØI.	307
Klæboe, R. (2003): <i>Samspill trafikk, miljø og velferd</i> . TØI rapport 645/2003. TØI.	308

Kolbenstvedt, M. og Fyhri, A. (2004): <i>Veger til bedre bymiljø. Miljøundersøkelser i Oslo Øst 1987-2002.</i> TØI rapport 743/2004. TØI.....	312
Skedsmo, A. og Hagman, R. (2006): <i>Miljøavgifter i lavutslippssone.</i> TØI rapport 848/2006. TØI.....	315
Jordforsk.....	317
Andersen, S., Snilsberg, P., Amundsen, C. E. og Olsen, R. D. (1995): <i>Miljøkjemisk undersøkelse av tunnelvasking.</i> Rapport nr 31/95. Jordforsk.....	317
Statens forurensningstilsyn (SFT).....	318
Statens forurensningstilsyn (1982): <i>Luftforurensning - virkninger på helse og miljø. En utredning om sammenhengen mellom konsentrasjoner og virkninger av noen vanlige forurensningskomponenter.</i> SFT rapport nr 38. SFT.	318
Statens forurensningstilsyn (1992): <i>Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø – anbefalte luftkvalitetskriterier.</i> Publ. nr. LM376. Universitetet i Bergen, Fysisk institutt.	318
Statens forurensningstilsyn (1992): <i>Virkninger av luftforurensning på helse og miljø – anbefalte grenseverdier.</i> SFT rapport nr 92:16. TA 848/1992. SFT.....	319
Bang, J. (TI), Figenbaum, E. (TI), Flugsrud, K. (SSB), Larssen, S. (NILU), Rypdal, K. (SSB) og Torp, C. (NILU) (1993): <i>Emissions from road traffic in Norway – Method for estimation, input data and emission estimates.</i> SFT-report nr 93:02. TA-1021/1993. SFT.....	319
Bang, J. (TI), Figenbaum, E. (TI), Flugsrud, K. (SSB), Larssen, S. (NILU), Rypdal, K. (SSB) og Torp, C. (NILU) (1993): <i>Utslipp fra veitrafikken i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater.</i> SFT-rapport nr 93:12. TA-957/1993. SFT.....	320
Mortensen, L. M. (1995): <i>Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE). Effekter på avlinger, skog og annen vegetasjon (dose-respons).</i> SFT rapport 95:21. SFT.	320
Hansen, A. M. og Hunnes, O. (1998): <i>Luftforurensning i Oslo – framskrivninger og tiltak.</i> SFT rapport 98:15. SFT.	321
Bang, J. (TI), Flugsrud, K. (SSB), Holtskog, S. (SSB), Haakonsen, G. (SSB), Larssen, S. (NILU), Maldum, K. O. (TI), Rypdal, K. (SSB) og Skedsmo, A. (TI) (1999): <i>Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater.</i> Oppdatering av SFT-rapport 93:12. TA-1622/99. SFT rapport 99:04.....	321
SFT (2000): <i>Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning. Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE).</i> Klima, luftforurensning og støy. 1718/2000.	322
Statistisk sentralbyrå (SSB).....	323
Haakonsen, G. (2000): <i>Utslipp til luft i Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer 1991-1997. Fordeling på utslippskilder og bydeler.</i> Rapport 2000/26. Statistisk sentralbyrå.	323
Holtskog, S. (2001): <i>Direkte energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. 1994 og 1998.</i> Rapport 2001/16. Statistisk sentralbyrå.....	324
Haakonsen, G. og Kvingedal, E. (2001): <i>Utslipp til luft fra vedfyring i Norge. Utslippsfaktorer, ildstedbestand og fyringsvaner.</i> Rapport 2001/36. Statistisk sentralbyrå.	325
Finstad, A., Haakonsen, G. og Rypdal, K. (2003): <i>Utslipp til luft av partikler i Norge – Dokumentasjon av metode og resultater.</i> Rapport 2003/15. Statistisk sentralbyrå.	326

Finstad, Flugsrud, K., A, Haakonsen, G. og Aasestad, K. (2004): <i>Vedforbruk, fyringsvaner og svevestøv. Undersøkelse om vedforbruk og fyringsvaner i Trondheim og Bergen 2003</i> . Rapport 2004/27. Statistisk sentralbyrå.	328
Finstad, Flugsrud, K., A, Haakonsen, G. og Aasestad, K. (2004): <i>Vedforbruk, fyringsvaner og svevestøv. Resultater fra Folke- og bolig tellingen 2001, Levekårsundersøkelsen 2002 og Undersøkelse om vedforbruk og fyringsvaner i Oslo 2002</i> . Rapport 2004/5. Statistisk sentralbyrå.	330
Aasestad, K. (2004): <i>Utslipp til luft 1973-2003</i> . Statistisk sentralbyrå.	331
Asplan Viak.....	333
Asplan Viak (1996): <i>Utredning om piggdekkforbud i Oslo</i>	333
Asplan Viak (1999): <i>Bedre byluft Trondheim. Konsekvenser av hastighetsreduksjoner. Konsekvenser av miljøsonene i midtbyen</i> . 99048.....	333
DIVERSE.....	335
Norges Offentlige Utredninger (1983): <i>Luftforurensning fra vegtrafikk</i> . NOU 1983:40. Fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 19. august 1977. Avgitt til Miljøverndepartementet 30. mai 1983.	335
IN'BY Institutt for byutvikling as. (1991): <i>Miljøanalyse Store Ringvei. Hovedveiutbyggingen Oslo-Akershus</i>	336
Interdepartemental gruppe (1996): <i>Forslag til en politikk for redusert bruk av piggdekk</i> . Rapport fra interdepartemental gruppe 12. desember 1996. Oslo.....	338
Instebo, A. og Eitheim, K. (1997): <i>Måling og varsling av luftkvalitet i Bergen</i> . Presentasjon på Miljødagene '97 i Trondheim 13-15 mai.....	338
NORFAKTA (1998): <i>Opinionsundersøkelse piggdekk/piggfrie dekk</i>	339
Rosendahl, K. E. (1998): <i>Health Effects and Social Costs of Particulate Pollution – A Case Study for Oslo</i> . Environmental Modelling & Assessment, Vol. 3, no. 1 and 2, 47-61. Baltzer Science Publishers BV.	339
Statens helsetilsyn (1999): <i>Bedre byluft. Rapport fra arbeidsgruppe som har vurdert strakstiltaksnivåer, varslingsgrenser og terminologi</i> . IK-2674.	339
Wedberg, W. C. (1999): <i>Støvmålinger i Nygårdstunnelen</i> . Publ. nr. LM376. Universitetet i Bergen, Fysisk institutt.....	340
Granum, B. (2000): <i>The effect of particles on the development of an allergic immune response in a mouse model</i> . Avhandling, Dr.Scient. Universitetet i Oslo, Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, Biokjemisk institutt.	341
Norsk petroleumsinstitutt (2000): <i>Innblick</i> . Rapport nr 1 2000, Halvårsrapport fra bransjeforbundet for markedsførende oljeselskaper.....	342
Grinna, S., Hedstein, A., Kruse, B. og Musæus, T. E. (2001): <i>Transport og luftutslipp. Fakta, løsninger og strategi</i> . Bellona rapport nr 4:2001.....	343
Berents, T. L. og Claussen, B. (2002): <i>Luftforurensning og helse</i> Tidsskr Nor Lægeforen nr 10, 2002; 122: 198-201.....	343
Statens vegvesen, Samferdselsetaten, Helsevernetaten og Plan- og bygningsetaten (2003): <i>Luftforurensningskart for Oslo. Brukerveiledning</i>	344
Engebretsen, S. E. (2004): <i>Magnesiumklorid. MgCl₂ salt til vegformål. Egenskaper, muligheter og begrensninger</i> . G. C. Rieber Salt A/S.....	345

Mannsåker, B, Vikan, T. og Holme, J. (2004): <i>Lufforurensning og kardiovaskulær sykdom i Trondheim</i> . Tidsskr Nor Lægeforen nr 10, 2004; 124: 1381-3.	346
Karlsen, M. og Ousland, E. (2005): <i>Bruk av magnesiumklorid som støvdempende tiltak</i> . Hovedoppgave. Høgskolen i Oslo, avdeling for ingeniørutdanning. Bygglinjen.	347

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og SINTEF

Myran, T. (1984): *Partikkelforurensning i vegtunneler*. SINTEF rapport STF36 F84011. SINTEF Bergteknikk.

I rapporten er gitt en generell oppsummering av luft- og partikkelstrømning. Karakteristika for de primære partikkelforurensninger sot, støv og tåke er omtalt, og deres settlingshastighet i luft er diskutert. En enkel beregning som beskriver hvordan partikler i praksis settler ut i en luftstrøm gjennom en vegtunnel lar seg vanskelig gjennomføre. I praksis vil man ved de lufthastigheter som er vanlige i ventilerte vegtunneler (1-5 m/sek) ikke få noen settling av den respirable partikkelfraksjon inklusive sot.

Myran, T. (1985): *Partikkelforurensning i vegtunneler. Sammendragsrapport*. SINTEF rapport STF36 A85100. SINTEF, Avdeling for bergteknikk.

I denne sluttrapport presenteres prosjektet ”Partikkelforurensning i vegtunneler” med bakgrunn, resultater, kommentarer og konklusjon. Prosjektet har omfattet registreringer av støv, sot og andre partikulære forurensninger, ventilasjon, temperatur og værforhold i tilknytning til undersøkelser i 13 vegtunneler, med tre ulike dekketyper. I rapporten er årsakene til ulik siktbarhet i tunneler med betongdekke med silikatilsetning, betongdekke og asfaltdekke diskutert. Forskjellene synes vesentlig å være knyttet til partikkelfordelingen i luften i de enkelte tunneler og bølgelengden for den anvendte tunnelbelysningen. I den senere tid er i flere vegtunneler nedsatt siktbarhet registrert som et økende problem om vinteren. For å få klarlagt årsakene til dette er det foretatt registreringer av støv, sot, ventilasjon, temperatur og værforhold i

tilknytning til undersøkelser i 13 vegtunneler, med tre ulike dekketyper. Resultatet av undersøkelsene kan sammenfattes som følger.

Partikkelforurensning i tunneler med betongdekke med silikatilsetning er høyere enn i tunneler med betongdekke og asfaltdekke.

Under tørre værforhold og tørt vegdekke ble det med unntak av et par asfalttunneler målt partikkelkonsentrasjoner over grenseverdiene for tillatt siktforurensning ved tillatt kjørehastighet gitt i Vegnormalen.

Forklaringen på siktproblemene om vinteren synes å ligge i piggdekkslitasje av et hardt, fast og sprøtt betongdekke, kombinert med uttørking av tunnelen ved tilførsel av kald uteluft. Dette gir en økende andel fine støvpartikler i betongtunneler sammenlignet med slitasje av et seigere asfaltdekke. Siktreduksjon, eller lysspredning, henger i stor grad sammen med partikkelstørrelsen og den aktuelle belysningens bølgelengde. Belysningen i norske vegtunneler er ofte basert på lavtrykks natriumlamper med monokromatisk lys med bølgelengde 590 nanometer (0,59 mikron). En økende finstøvandel rundt 1 mikron diameter vil således kunne gi de typiske utslag av siktreduksjon som er registrert.

I rapporten er diskutert visse tiltak for å bedre sikten.

Det vil være så godt som umulig å forme bestemte krav til den betongkvaliteten som skal benyttes med tanke på siktproblemet. Det dreier seg her om et valg mellom fordelaktige styrke- og fasthetsegenskaper for vegdekket på den ene siden og ufordelaktige sikteffekter på den andre.

Myre, J. (1985): *Forsøksfelt, Store Ringvei, 1984*. SINTEF rapport STF61 A85020.

I 1984 ble det lagt forsøksfelt på Store Ringvei i Oslo. I 1985 ble dekket på to av feltene frest opp og det ble lagt nye masser. En har nå følgende massetyper på feltene:

Felt 1 Drensfalt med fiber og amin, Felt 2 Ab16t, Felt 3 Ab16t med Novophalt, Felt 4 Drensfalt med fiber og amin, Felt 5 Ab16t med redusert filler, og Felt 6 Ab16t.

Foreløpig er det ingen signifikante forskjeller mellom de ulike massetyperne med hensyn på piggdekkslitasje.

Førsteårsslitasjen behøver imidlertid ikke å være representativ for den senere slitasjeutviklingen.

Myran, T. (1986): *Støv i vegtunneler. Støvutvikling ved vegslitasje.* SINTEF rapport STF36 A86049. SINTEF Avdeling for bergteknikk.

I rapporten presenteres resultatene fra undersøkelser av støvutvikling ved slitasje av vegdekker. Undersøkelsene er foretatt under kontrollerte kjørebetingelser i Norcem's ringbane ("Veisliter'n") på Slemmestad. Av de 4 undersøkte dekkekvaliteter kom høyfast betong med 10 % Si best ut når det gjaldt støvutvikling med tanke på siktbarhet, samt slitasje.

Myran, T. (1987): *Partikkelforensning i Holmestrandtunnelen.* SINTEF rapport STF36 F87031. SINTEF Bergteknikk.

Resultatene av målingene av støv og sot i Holmestrandtunnelen den 17. februar 1987 er oppsummert i rapporten. Den totale partikkelforensning ligger over de grenseverdier for tillatt siktforensning som er angitt i Vegnormalen. Fordeling i partikkelforensningen er 65 % steinstøv og 35 % sot.

Myran, T. (1987). *Luftforurensninger i Holmestrandtunnelen*. SINTEF rapport STF36 A87037. SINTEF Bergteknikk.

Rapporten omhandler luftkvalitet i vegtunneler generelt, og forholdene i Holmestrandtunnelen spesielt. Årsakene til den periodevis dårlige sikten, og effekten av ulike tiltak blir diskutert.

Myran, T. (1987): *Helsefarlig og kjøre gjennom vegtunneler?* SINTEF rapport STF36 A87083. SINTEF Bergteknikk.

Kvaliteten på luften i vegtunneler har vært tema for ulike oppslag i presse og massemedia fra tid til annen. Enkelte av oppslagene kan skape inntrykk av frykt for ”helsefarlige” forhold som ikke er reelle. Dette kan i det lange løp bli en større belastning på folks helse enn tunnelluften i seg selv. Med bakgrunn i undersøkelser foretatt de siste årene, er i artikkelen diskutert luftforurensninger, helserisiko, siktforhold, ventilasjonsmetoder og aktuelle tiltak i vegtunneler med stor trafikk tetthet.

Myre, J. (1987): *Forsøksfelt, Store Ringveg ved Ullevål stadion*. SINTEF rapport STF61 A87004.

I 1984 ble det lagt forsøksfelt på Store Ringvei i Oslo. I 1985 ble dekket på to av feltene frest opp og det ble lagt nye masser. En har nå følgende massetyper på feltene: Felt 1 Drensasfalt med fiber og amin, Felt 2 Ab16t (referanse), Felt 3 Ab16 med Novophalt (bindemiddel modifisert med polyetylen/polypropylen), Felt 4 Drensasfalt med fiber og amin, Felt 5 Ab16t med redusert filler, og i Felt 6 Ab16t (referanse).

Det er liten forskjell i piggdekkslitasjemotstand mellom Ab16t med redusert filler (lagt i 1985), Ab16t med Novophalt og referansemassen.

Drensasfalt med fiber og amin i Felt 1 (lagt i 1984) har høyere andrearslitasje enn referansemassen. Drensasfalt med fiber og amin i Felt 4 (lagt i 1985) har høyest førsteårsslitasje av samtlige massetyper. Førsteårsslitasjen behøver imidlertid ikke å være representativ for den senere slitasjeutviklingen.

Myre, J. (1987): *Forsøksfelt med sipernatasfalt på Store Ringvei*. SINTEF rapport STF61 A87005.

I 1985 ble det lagt et forsøksfelt med Ab16t og Sipernat på Store Ringvei ved Storo. Sipernat er en kiselsyrerik spesialfiller. Førsteårsslitasjen for Ab16t med Sipernat er noe lavere enn referansemassen (Ab16t med B60). Forskjellen er ikke signifikant. Førsteårsslitasjen behøver imidlertid ikke å være representativ for den senere slitasjeutviklingen. Det er brukt forskjellig steinmateriale, bindemiddeltype og bindemiddelmengde i referansemassen og Ab16t med Sipernat. Referansefeltet er plassert ved Ullevål stadion. Trafikkbelastningen behøver derfor ikke å være lik på forsøksfeltet og referansefeltet. Dette gjør også konklusjonene usikre.

Myre, J. (1987): *Forsøksfelt: Store Ringvei i 1981; Sluttrapport*. SINTEF rapport STF61 A87001.

Det ble i 1981 lagt i alt 8 forsøksfelt på Store Ringvei i Oslo. Ab16t med bindemiddel B40 er referansemasse. De andre massene som ble benyttet er Ab16t med partikkelsprang og B40, Ab16t med 5 % filler og B40, Ab16t med B85, Ab16t med Chemcrete, og Ab22t med B40. Av de nevnte massetyperne har Ab22t med B40 best slitasjeegenskaper. Forskjellen mellom de øvrige massetyperne og referansemassen er liten. Standardavviket på SPS-verdien er stort. Dette gjør konklusjonene usikre.

Myran, T. (1988): *Holmestrandtunnelen. Faktorer som påvirker sikt og forurensning.* SINTEF rapport STF36 A88081. SINTEF Bergteknikk.

Rapporten summerer opp erfaringsmateriale vedrørende faktorer som påvirker sikt eller gir forurensning i høytrafikkerte vegtunneler. Prinsipp, effekt og kostnader for ulike ventilasjonsmetoder er beskrevet. Kostnadsforholdet mellom ventilasjonsmetodene langslufting, halvtverrlufting og tverrlufting er ca 1:10:15. Resultatene av feltforsøk (eksos, partikulære forurensninger, siktforhold, ventilasjon, trafikkmengde og –fordeling, salting, vanning med mer) utført i Holmestrandtunnelen vinteren, våren og sommeren 1988 presenteres. På bakgrunn av undersøkelsene er foreslått tiltak som kan bidra til bedring av sikt/miljøforholdene i Holmestrandtunnelen. Dette gjelder spesielt endring av styreverdiene for viftene (CO-styring) samt en mykere nedkjøring av disse fra viftetrinn 3. Siktstyring som supplement til CO-styring er diskutert.

Myran, T. (1989): *Holmestrandtunnelen. Erfaringer med siktstyring.* SINTEF rapport STF36 A89081. SINTEF, Avdeling for bergteknikk.

Siktmåleutstyr ble montert i Holmestrandtunnelen 25. mars 1988, og siden 12. juli 1988 er den benyttet til supplerende styring av ventilasjonsanlegget.

Siktforholdene (siktreduksjonen) i tunnelen var klart bedre vinteren 88/89 etter at siktstyring ble innført enn i forsøksperioden april 1988 uten siktstyring. Maksimal siktreduksjon er gått ned fra 0,025 E/m til 0,015 E/m. Gangtiden for viftene ble imidlertid kraftig økt i perioden januar/februar 1989. Dette skyldtes lave styreverdier for de enkelte viftetrinn, men også feil på en signalkabel fra siktmåleren.

For å redusere viftens gangtid ble styreverdien for sikt hevet i slutten av februar 1989. Dette reduserte viftenes gangtid pr. dag fra 70 % (16,8 timer) for perioden jan/febr. 89 til 30 % (7,2 timer) i april 89. Årsaken til dette er foruten heving av styreverdiene også retting av kabelfeil.

Den eneste perioden som lar seg sammenligne med og uten siktstyring er april 89 og april 88. Med siktstyring var maks. siktreduksjon i april 89 0,013 E/m mot 0,025 E/m for april 88, dvs. en signifikant forskjell. Etter kontakt med Meteorologisk Institutt på Blindern fremkom at det var klare forskjeller klimatisk for de to perioder. I april 89 var gjennomsnittstemperaturen ca. 50 % høyere, antall dager med nedbør dobbelt så stor, og nedbørmengden nesten 3 ganger høyere enn i april 88.

En reell sammenligning og vurdering av siktstyringen for denne perioden er derfor vanskelig, da bedringen i sikt er en kombinasjon av både siktstyring og fuktige/klimatiske forhold i tunnelen.

En totalvurdering av hele piggdekkelsesongen/vinterperioden 88/89 indikerer imidlertid at siktstyring er et tiltak med signifikant effekt på siktforholdene, men at siktstyring alene ikke vil kunne være noen garanti for tilfredsstillende siktforhold til enhver tid i Holmestrandtunnelen.

Skal sikten garanteres ikke å overskride nærmere angitte siktreduksjonsverdier, vil dette i sin ytterste konsekvens kreve innsats av en rekke kombinerte tiltak, som er listet opp i rapporten. Av disse kan nevnes optimalisering av siktstyringen basert på tidsvarierte styreverdier og vifteintervall. Integratoren som var koblet til siktmåleren i første del av prøveperioden, og som førte statistikk over måleresultatene, var et nyttig hjelpemiddel med tanke på innsamling av basisdata for optimalisering av siktstyringen.

Rønnes, E. (1989): *Slitestykke for polymermodifisert asfalt.* Hovedoppgave. Institutt for veg- og jernbanebygging. NTH.

Litteraturstudiet: Innledningsvis blir polymerer som material studert på generell basis. Inndeling i grupper, oppbygging og egenskaper diskuteres. Videre gis det en vurdering av en del polymerer som er blitt anvendt til modifisering av bindemidler. Laboratorie- og feltforsøk utført med sikte på å vurdere hvordan polymermodifisert bitumen (PMB)

virker inn på asfaltdekkers motstand mot piggdekkslitasje resymeres. Til slutt gis det en fylkesvis oversikt over dekker i Norge med PMB.

Laboratorieundersøkelsen: I dette arbeidet ble mørtelprøver (0-4 mm) med forskjellige PMB testet i Trøgerapparat med tanke på å vurdere hvilken effekt PMB har på mørtelens sliteegenskaper. Forsøket ble utført ved cirka -5 °C på tørre prøver. Mørtelprøvene ble supplert med borkjerner både med PMB og vanlig bitumen. Tre bindemiddelanalyser ble utført: Penetrasjonsbestemmelse ved 10 °C og 25 °C samt bestemmelse av mykningspunkt (kule & ring). Forsøkene ble utført med tanke på å studere polymerenes effekt på bindemidlets egenskaper. Noen bindemidler ble tilsendt med polymeren ferdig innblandet i bitumen mens de andre polymerene blandet kandidaten selv inn. I alt 6 forskjellige typer PMB ble utprøvd.

Konklusjoner: Det kan se ut til at tilslagets kvalitet ikke har betydning for mørtelens sliteegenskaper hvis temperaturen er så lav at bindemidlet og dermed mørtelen blir stiv og sprø. Holder imidlertid bindemidlet seg mykt og smidig, får tilslagets kvalitet betydning for mørtelens slitasje. Mørtelens kornkurve er av avgjørende betydning for slitasjen. Av de fires om ble utprøvd, ble mørtelandelen av Ab16t desidert mest slitt. Mørtelens slitasje avtar med økende polymermengde inntil et vist punkt. En videre økning gir kun begrenset effekt på slitasjen (inntil polymeren utgjør en kontinuerlig fase i bindemidlet). Det er stor forskjell mellom forskjellige polymerers effekt på mørtelens slitasjemotstand. Av de polymerene kandidaten testet, kom de to SBS-polymerene gunstigst ut.

Bertelsen, D. (1990): *Slitasje*. Notat nr. 706. Institutt for veg- og jernbanebygging, NTH.

Notatet gir en beskrivelse av slitasje på vegdekker. Spesielt belyses temaer som kjettinger og piggdekk, litt om asfaltdekkers slitestyrke, klima, veggeometri, slitasjeutvikling over tid, målinger, tiltak.

Morseth, B. (1990): *Arbeidsmiljø under jord. TBM-drift i Norge 1972-1990. Status arbeidsmiljø og ventilasjon.* SINTEF rapport STF36 F90023. SINTEF Bergteknikk.

Rapporten inngår i NTNF-prosjektet "Tunneler og undergrunnsanlegg", og er den første delrapporten i Delprosjekt 3a, "Arbeidsmiljø og ventilasjon". På grunnlag av materiale frå tidlegare undersøkingar utført av Sintef Bergteknikk, Arbeidstilsynet, artiklar i fagtidsskrifter og forskningsrapportar, er det forsøkt sett opp ein status for kvar ein står per 1990 når det gjeld arbeidsmiljø og ventilasjon på TBM-maskiner.

Ein hovudkonklusjon er at det har skjedd relativt lite når det gjeld støvrensing og ventilasjon på TBM-maskiner, "den mjuke sida". Stadig strengare krav til arbeidsmiljøet gjer det naudsynt med ein gjennomgang av prosedyrer og opplegg for t.d. støvdemping. Det er viktig å starte planlegginga av tiltak medan maskina er på teiknebrettet.

Myran, T. (1990): *Oslo-tunnelen. Partikkelrensing. Utskillingsgrad for elektrostatfilter. Delrapport 1.* SINTEF rapport STF36 F90035. SINTEF Bergteknikk.

I rapporten er oppsummert og diskutert resultater fra miljømålinger foretatt i Oslo-tunnelen i tre måleperioder (30.1, 27.2 og 26.3 1990). Den primære hensikt med undersøkelsene har vært å bestemme utskillingsgraden for Trion elektrostatfilter montert i vestre løp.

Myran, T. (1990): *Oslo-tunnelen. Utskillingsgrad for elektrofilter og grovfilter. Delrapport 2.* SINTEF rapport STF36 F90098. SINTEF Bergteknikk.

I rapporten presenteres resultater fra undersøkelser foretatt i Oslostunnelen 14.-15. september og 31. oktober til 2. november for å bestemme utskillingsgraden for Trion elektrofilter montert i tunnelens vestre løp.

Uthus, N. (1990): *Slitasjefelt Trondheim kommune 1987*. SINTEF rapport STF61 F90011. Vegteknikk.

For å studere forskjellige vegdekkers slitestyrke og nedbrytning, ble det sommeren 1987 opprettet to forsøksstrekninger i Trondheim. Den ene strekningen, i S. P. Andersens veg, bestod av et felt med Ab16t referansemasse og et felt med Superasfalt fra Vegdekke. Den andre strekningen, i Holtermannsvegen, bestod av et felt med Superasfalt fra Vegdekke og et felt med betong C90.

Resultatene så langt viser ingen signifikant forskjell mellom de forskjellige asfaltfeltene i S. P. Andersens veg. I Holtermannsvegen ser en at betongen har to ganger bedre slitasjeegenskaper enn asfalt.

Uthus, N. (1990): *Forsøksfelt Store Ringvei. Sluttrapport*. SINTEF rapport STF61 F90018. Vegteknikk.

Våren 1987 ble det arrangert en konkurranse om en superasfalt (slitesterke og stabile dekker) for tungt trafikkerte veger. De beste forslagene ble lagt som prøvedekker på Store Ringvei og Drammensveien. Den foreliggende rapport er en sluttrapport for feltundersøkelsene på Store Ringvei.

Furuset, K og Myran T. (1991/revidert 1992): *Helse og miljø i bergindustrien. Delrapport 3. Mineraler, bergarter og malmer. Mineralogi og risiko for lungesykdom.* SINTEF rapport STF36 A91071. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Bergteknikk.

Rapporten inngår som delrapport 3 i den teknisk/medisinske informasjonsserien ”Helse og miljø i bergindustrien”.

Støv har til alle tider vært et helseproblem ved fjellarbeider. Avhengig av støvtype vil støvlungesykdommer (pneumokoniose) kunne oppstå ved høy nok eksponering.

Rapporten belyser støvproblemet knyttet til mineraler, bergarter og malmer i både historisk og teknisk/medisinsk sammenheng.

Støv og andre partikulære forurensninger har til alle tider vært et betydelig miljøproblem ved bergverksdrift, tunneldrift og andre fjellarbeider. Som følge av økende mekaniseringsgrad og produktivitet produseres i dag ofte mer luftforurensning pr. tidsenhet en tidligere. Faren for støvlungesykdom må fortsatt oppfattes som reell ved en rekke arbeidsoperasjoner ved ulike typer av fjellarbeider. Derfor er det nødvendig med årvåkenhet, kunnskap, kontroll- og forebyggende tiltak av teknisk karakter, samt regelmessig og riktig helseovervåking av de ansatte.

Litteratur som omhandler sammenheng mellom inhalasjon av mineralsk støv og lungesykdom er meget gammel. Til tross for det er det et ”kunnskapsgap” mellom det lungemedisinske og det geologiske fagområdet. Rapportenes/artikkelseriens mål er å fremme samarbeidet mellom det medisinske og det tekniske fagområdet. Vi mener dette vil bedre kvaliteten på miljøarbeidet og gjøre det mer målrettet.

Alle typer støv vil når det inhaleres i store nok mengder, kunne føre til utvikling av skade i luftveiene; kronisk bronkitt og pneumokoniose. Pneumokoniose er en felles betegnelse for å beskrive en yrkesmessig lungeskade på grunn av akkumulering av støv i lungevevet.

Støvlungesykdom kan ikke helbredes, men må forebygges. De fleste kjente mineraler er dog lite toksiske med tanke på lungesykdom. Tre forhold synes å være avgjørende for grad av risiko; mengde støv som retineres i lungene og varighet av eksposisjon, den enkeltes følsomhet for den aktuelle eksposisjon, og støvets spesifikke egenskaper.

Enkelte støvtyper, for eksempel kvarts og asbest, er klart mer helseskadelig enn andre. Spesifikke navn som silikose, asbestose, siderose, talkose etc. benyttes for å beskrive lungeskade forårsaket av støv fra mineralene kvarts, asbest, jernoksyd, talk etc.

Enkelte støvtyper kan være antennbare og eksplosive, som for eksempel kullstøv og svovelkisstøv. Ulike typer metallrøyk, for eksempel sveiserøyk, kan utvikle spesifikke lungeskader.

Radioaktivt støv fra uran- og toriummineraler, og støv fra andre malmer og mineraler, hovedsakelig oksyder og karbonater av beryllium, arsen, bly, krom, vanadium, antimon, mangan, tungsten, nikkel, sløv etc. kan også gi spesifikke lungeskader ved lengre tids eksponering.

Fra et patologisk synspunkt kan støvlungesykdommene deles i kollagene og ikke-kollagene. Det finnes dog overgangsformer. Ved asbestose synes fiberinnholdet i lungene å korrelere med sykdommens alvorlighetsgrad.

Felles for pneumokoniosene er at innsidens og prevalenstill er beheftet med stor usikkerhet.

Tidligere og nåværende produksjonsteknikker i gruve og bergverksindustri samt beslektet virksomhet gir risiko for lungesykdom. De mest alvorlige av disse, silikose, kullstøvlunge og asbestose gjennomgås.

Haugen, T. (1991): *Luftforurensning. NO2 og sot fra veitrafikk.* Øvingsoppgave i veitrafikkens forurensninger LS for dr.ing student T. Haugen. Institutt for samferdselsteknikk. NTH.

Utstyr for måling av forurensning som Institutt for samferdselsteknikk har kjøpt fra NILU ble testet ut. Bruk av og problemer med luftforurensningsutstyret er detaljert beskrevet, og målte verdier er sammenlignet mot beregnede verdier der beregningsmetoder foreligger. Videre er det forsøkt å finne sammenhenger mellom forurensningskonsentrasjoner og trafikkparametre som volum, hastighet og kjøretøys sammensetning. Registreringene er utført i Innherredsveien som er en av innfartsårene til Trondheim sentrum.

Myran, T. (1991): *Partikkelrensing i Oslofjordtunnelen. Statusrapport.* SINTEF rapport STF36 F91031. SINTEF Bergteknikk.

Siden Oslotunnelen ble åpnet i januar 1990 er det foretatt 5 feltundersøkelser med til sammen 105 enkeltmålinger for å kartlegge utskillingsgraden for Trion elektrofilter plassert i tunnelens vestre løp. I rapporten foretas en oppsummering av status og en resultatgjennomgang av prosjektet "Elektrostatisk partikkelrensing i Oslotunnelen". Aktuelle tiltak for å bedre utskillingsgraden er diskutert.

Myran, T. (1991): *Partikkelrensing i Oslotunnelen. Oppsummering. Delrapport 3.* SINTEF rapport STF36 F90098. SINTEF Bergteknikk.

I rapporten presenteres resultater fra undersøkelse foretatt i Oslotunnelen 14.-15. september og 31. oktober til 2. november for å bestemme utskillingsgraden for Trion elektrofilter montert i tunnelens vestre løp.

Myran, T. (1991): *Ventilasjon av vegtunneler. Delprosjekt 4 i NTNFs Program "Tunneler og undergrunnsanlegg" 1989-1991.*

Artikkelen oppsummerer resultater fra prosjektet "Ventilasjon av vegtunneler" (delprosjekt 4E i NTNFs program "Tunneler og undergrunnsanlegg"), samt FoU-oppdrag for Vegdirektoratet og Statens vegvesen (Oslo, Vestfold og Sør-Trøndelag). Et 20-talls vegtunneler er kartlagt. Forhold som påvirker forurensning og ventilasjon er beskrevet og anbefalinger om tiltak som kan bidra til bedring av luftkvaliteten er gitt.

I dagens sterkt trafikkerte vegtunneler synes det ikke å være noe enkelttiltak som entydig vil føre til bedring

Uthus, N. (1991): *Funksjonskontrakter. SINTEF rapport STF61 F91021. Vegteknikk.*

Statens vegvesen innførte i 1989 funksjonskontrakter som en ny kontraktsform for asfaltarbeider. Gjennom denne kontraktsformen ønsker Statens vegvesen å få entreprenørene til å garantere kvalitet uten tillegg i pris. Denne rapporten tar for seg de funksjonskrav som stilles i dag (til piggdekkslitasje), de metodene som brukes til å måle oppnådde funksjonsegenskaper og noen økonomiske beregningsmodeller som kan brukes ved vurdering mellom flere funksjonskontrakter.

Uthus, N. (1991): *Slitasjefelt Sør-Trøndelag 1984 Rv. 715, Rissa. Sluttrapport. SINTEF rapport STF61 F91027. Vegteknikk.*

I 1984 opprettet Statens vegvesen i Sør-Trøndelag forsøksfelt med asfalt på rv. 715 i Rissa. Det ble lagt ut 2 felt med mykafalt og et felt med Agb. Den foreliggende rapporten er en sluttrapportering av feltundersøkelsene. Resultatene viser at med tanke

på dekkenedbrytning på lavtrafikkerte veger, er et fleksibelt Ma-dekke mer egnet enn et Agb-dekke.

Vie, E. (1991): *Støv- og siktproblematikk i vegtunneler*. Prosjektoppgave. NTH.

Etter hvert som nye høytrafikkerte tunneler åpnes, og eldre tunneler får økt trafikkmengde, registreres økende problemer knyttet til støv og siktbarhet. Av mange faktorer som har betydning for siktforholdene i vegtunneler, er det sotpartiklene som nedsetter sikten mest. I piggdekkesesongen vil en få økt støvproduksjon i tunnelen, samt at det vil foregå en uttørking. Sot og støv vil da lettere virvles opp og forårsake redusert sikt. Om sommeren kan det oppstå problemer knyttet til tåkedannelse.

Resultater fra støvmålinger i Grillstad-, Være-, og Stavsjøtunnelene viser at grenseverdien for sikt er overskredet i 25 % av målingene ved dagens krav til siktforurensning (ved CO-styrt ventilasjon).

Det oppnås i størrelsesorden 60-70 % reduksjon av totalstøvkonsentrasjonen ved full ventilasjon sammenlignet med CO-styrt ventilasjon. Men kostnadene ved full ventilasjon vil bli så mye høyere at dette ikke kan forsvares økonomisk.

Utnyttelsesgraden (andel av full viftekapasitet) ligger på fra 7,5 % i Grillstad-tunnelen til 14,5 % i Væretunnelen.

Kostnader for drift av vifter og vask utgjør årlig et betydelig beløp. En optimalisering av vifte- og vaskekostnader er derfor et nødvendig tiltak.

Hedalen, T. (1992): *Sikt og forurensninger i veitunneler. Faktorer som påvirker siktforhold, forurensningsnivå og –forløp*. Hovedoppgaven. Bergavdelingen. Institutt for geologi og bergteknikk. NTH.

I de senere år er det i forbindelse med flere høytrafikkerte veitunneler registrert en rekke klager fra enkeltpersoner og uheldige oppslag i massemedia. Dette fordi enkelte trafikanter opplever det som et problem å kjøre gjennom veitunneler pga forurensningene i tunnelatmosfæren. Problemet synes vinterstid fremst under spesielt tørre og kalde værforhold, primært å være knyttet til piggdekkslitasje på veidekket som resulterer i dannelse av partikler som sammen med sotpartikler fra kjøretøyene, medfører nedsettelse av siktbarheten i tunnelen. Sekundært er vinterstid lukt knyttet til avgassenes innhold av aldehyder (kan i alt vesentlig tilbakeføres til avgass fra dieseldrevne kjøretøy), et problem. Sommerstid er problemstillingen omvendt.

Man har også en differensiering av forurensningsproblemet over den enkelte uke, ved at man registrerer CO som den dominerende miljøfaktor i helgene, mens sikt er dominerende på hverdager. Dette har sammenheng med større andel personbiler (bensinmotor) og også vanligvis dårligere trafikkavvikling mot ukesslutt, og derved økt utslipp av CO. På hverdager er tungtransportandelen (diesel) høyere, med større sotutslipp og oppvirvling av partikler fra veistøvdepotet. Dårlig sikt er derfor relativt sett et større problem på ukedagene enn i helgene.

Det er i denne rapporten prøvd å kartlegge noen av de faktorer som påvirker forurensninger fremst CO, nitrose gasser og partikler, i veitunneler. Rapporten omhandler luftkvalitet i veitunneler generelt, og forholdene i Grillstadhaug, Være og Stavsjøfjell spesielt. For at målingene skal gi et korrekt bilde av miljøforholdene i tunnelene, ble det tatt ved normale driftsforhold. Årsaken til den periodevis dårlige sikten i de tre tunnelene, og effekten av ulike tiltak for å redusere dette blir diskutert.

Lindgaard, I. (1992): *Siktforhold i vegtunneler. Bruk av siktmålere for automatisk styring av ventilasjonsanlegg.* Hovedoppgaven. NTH. Fakultet for berg-, petroleums- og metallurgifag. Institutt for geologi og bergteknikk.

Det har i enkelte høytrafikkerte vegtunneler vist seg å være et behov for siktmålerutstyr som supplement til CO- og NO_x-målere for styring av ventilasjon. Dette behovet har spesielt gjort seg gjeldende på tørre vinterdager med bruk av piggdekk.

Det er foretatt støv- og siktmålinger i Væretunnelen og Holmestrandtunnelen. I Væretunnelen er det ut fra partikkelinnholdet (målt opp mot 14 mg/m³) og visuell siktlengde funnet behov for en optisk siktmåler. I Holmestrandtunnelen har en siktmåler vært i bruk siden juli -88 som supplement til CO-måler. Erfaringer herfra har vært gode.

Siktforholdene er verst nederst i tunnelverrsnittet. En siktmåler bør derfor plasseres i trafikantens sikthøyde, siden et slikt instrument er ment å skulle gjenspeile inntrykket en vil få av sikten i tunnelen. Bruk av siktmålere til å styre ventilasjonen vil føre til økte strømutfgifter, men det vil til gjengjeld gi trafikanter et bedre inntrykk av siktforholdene og forurensningsnivået i tunnelen.

Grenseverdier for siktreduksjon er avhengig av trafikkforhold og kjørehastighet, men nedre grense for siktreduksjon i norske tunneler vil ligge mellom 0,994 og 0,007 m⁻¹, noe som tilsvarer 20-35 % siktreduksjon.

Foruten ventilasjon er det også viktig med andre tiltak for å bedre sikten. Det er funnet at type vegdekke har betydning for siktforholdene i tunneler. Asfaltdekke vil ikke gi så stor siktreduksjon som betongdekke. Dessuten kan bruk av piggfrie vinterdekk redusere slitasjen av vegdekke, og dermed forbedre sikten. Renhold av tunnelen er også viktig for å holde støvnivået lavt.

Hedalen, T. (1993): *Siktmålinger i Holmestrandtunnelen 16.-19.12.92.* SINTEF rapport STF36 F93019. SINTEF Bergteknikk.

Av trygghets- og sikkerhetsmessige grunner må de kjørende kunne se gjenstander som kan bli farlige, kjørebanelens begrensninger og kjøretøy og eventuelle gjenstander i kjørebanelen, i en avstand som minst tilsvarer stoppsikt. Er vegbanen fri, skal den kjørende kunne være sikker på at dette er tilfelle. I dette notatet presenteres resultatene fra målinger av gravimetrisk og optisk partikkelkonsentrasjon (mg/m^3), optisk siktreduksjon (m^{-1}) og siktlengde (m) i Holmestrandtunnelen 16.-19.12.1992. Resultatene er sammenlignet med tilsvarende målinger foretatt på samme sted av T. Myran i april og mai 1989. På grunnlag av sammenligning mellom målingene foretatt i 1989 (betongdekke) og 1992 (asfaltdekke) er det forsøkt påvist eventuelle forskjeller asfalt- og betongdekke kan ha på siktlengden i vegtunneler.

Hedalen, T. (1993): *Støv i vegtunneler – Valg av vegdekke.* SINTEF rapport STF36 A93034. SINTEF Bergteknikk.

Tunnelen er et viktig vegelement her i landet. I forhold til andre vegelementer omtales tunneler ofte negativt. Vegtunneler trekkes frem i media som farlige og dårlig likt blant trafikantene. Undersøkelser foretatt av Sintef Bergteknikk knytter dette problemet til piggdekkslitasje på vegdekket. Piggdekkslitasjen medfører dannelse av partikler som sammen med sotpartikler fra kjøretøyene nedsetter siktbarheten i tunnelen. I mange tunneler løses i dag siktproblemene med økt ventilasjon og vedlikehold. Ventilasjon og vedlikehold koster, og tynger tunnelens driftsøkonomi. Alternativer til økt ventilasjon og vedlikehold finnes. Bl.a. kan et mer bevist valg av dekketype redusere problemene.

Under sammenlignbare forhold viser undersøkelser at siktforholdene i tunneler med asfaltdekke gjennomgående er dårligere enn tunneler med betongdekke. I tunneler med betongdekke kan det forventes avtagende siktreduksjon med økende trykkfasthet (MPa) på betongen.

Bruk av lyse og glatte flater reduserer siktproblemene i vegtunneler. Bruk av lyse flater krever imidlertid godt vedlikehold. Det blir derfor et økonomisk spørsmål å avgjøre hva som er mest lønnsomt: mørke flater, sterkere lysinstallasjoner, økt ventilasjon og en enkel rengjøringsrutine for eksempel bare lysarmaturer, eller lyse flater og en rengjøringsrutine som også omfatter de lyse flatene.

Slitasjestøv fra asfaltdekker rapporteres å forringe de lysaktive flaters egenskaper mer enn tilsvarende fra betongdekker. I tillegg gjør asfaltstøvet vedlikeholdet av de lysaktive flater vanskeligere.

Myran, T. (1993): *Ventilasjon av vegtunneler. Faktorer som påvirker sikt og forurensning. Statusrapport. SINTEF rapport STF36 F93022. SINTEF Bergteknikk.*

Norges vegnett blir stadig mer avhengig av tunneler. Totalt bygges det ca. 30 km vegtunnel per år, og samlet tunnellengde på riksvegnettet er per 31.12.1992 kommet opp i ca. 480 km, fordelt på 619 tunneler. 60 % av tunnelene er kortere enn 500 m, det samme antallet har en gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT) på under 1000. 16 % av tunnelene har ventilasjonsanlegg og 57 % kunstig belysning. I perioden 31.12.1985-31.12.1992 har gjennomsnittlig tunnellengde økt fra 529 til 770 m. I samme periode har gjennomsnittlig ÅDT gjennom tunnelene økt, og er ca. 3250. Økningen i ÅDT synes størst i tunneler med middels trafikkmengde, 500-1000 og 1000-5000. Denne trafikkmengden er typisk for tunneler lengre enn 500 m. Både norske og utenlandske rapporter bekrefter at vegtunneler ikke er mer ulykkesbelastede enn veg i dagen. Til tross for dette er det mange som opplever det å kjøre i tunneler som utrygt. Blant annet kan dette ha sammenheng med luftforurensning (nedsatt sikt, eksoslukt med mer), lys- og ventilasjonsforhold. Gjennom FoU-oppdrag for Statens vegvesen Vegdirektoratet, Statens vegvesen (Oslo, Vestfold, Sør-Trøndelag) og NTN-prosjektet "Ventilasjon av vegtunneler" er forhold som påvirker forurensning, sikt og ventilasjon i et 20-talls vegtunneler kartlagt. I denne rapporten er oppsummert resultater og erfaringer fra disse undersøkelsene.

Myran, T. (1993): *Partikkelrensing i Væretunnelen. Statusrapport. SINTEF rapport STF36 F93076. SINTEF Bergteknikk.*

I denne rapporten er foretatt en resultatgjennomgang og en oppsummering av status for prosjektet *Partikkelrensing i Væretunnelen*. Rapporten inneholder kun resultater knyttet til partikkelkonsentrasjoner, lufthastigheter gjennom riggen og renses effekter for grovfilter og elektrofilter. Spesifikasjoner knyttet til riggens konstruksjon, utforming og virkemåte relatert til de til sammen 33 måleserier er gjennomført i perioden desember 2001 til og med mai 1992, utarbeides av riggleverandør.

Prosjektet *Partikkelrensing i vegtunneler* har vist at akseptable renses effekter kan oppnås både på elektrofilter og forfilter i vegtunneler dersom man utnytter den kunnskap man har i dag. Effekten og nytteverdien av elektrofiltersystem plassert i tunneltaket vil helt avhenge av at tilstrekkelige luftmengder tas ut for rensing. Effekten av rensingen på siktlengden øker med avtagende partikkelkonsentrasjon. Indikasjoner tyder på at andel tunnelluft som renses bør være større enn 50 % for å få klare bedringer i sikten.

Hedalen, T. og Myran, T. (1994): *Norwegian road tunnels: Ventilation, pollution and pollution distribution. Strait Crossings 94. Ålesund. SINTEF rapport STF36 A94013. SINTEF Bergteknikk.*

To reduce the driver's feelings of fear and unpleasantness in road tunnels increased ventilation with the use of visibility meters and electrostatic precipitators, lighting and maintenance works are mentioned as solutions. A parallel control of road tunnel ventilation based on CO and visibility as equally valuable control parameters can reduce the discomfort due to reduced visibility during winter seasons. The use of electrostatic precipitators can not alone increase visibility, regular cleaning of the road tunnels must be carried out if the visibility should be maintained for driving comfort. Painting the side walls of the tunnel has no long time effect on the visibility in road tunnels.

Hedalen, T. (1994): *Optimalisert bruk av ventilasjonsvifter i vegtunneler. Erfaringer fra Væretunnelen. SINTEF rapport STF36 A94035. SINTEF Bergteknikk.*

Ved en optimalisert tunnelventilasjon reduseres bilistenes eksponering for ulike gasser til et minimum samtidig som siktproblemene elimineres. En slik løsning kan ikke ses uavhengig av vask/renhold og maling av veggene i tunnelen. Økt vegdekkeslitasje kombinert med uttørking av et stadig økende vegstøvdepot, antas å være hovedgrunnen til den økte siktreduksjonen man får i vegtunneler vinterstid. For å bedre forholdene for bilistene i Væretunnelen foreslås en skjerping av kravene til sikt og lukt ved at styreverdien for sikt og NO₂ senkes spesielt i piggdekkseasonen. Den relative giftighet mellom CO og NO₂ tilsier også at NO₂ i større grad enn i dag bør styre ventilasjonen i vegtunneler. Endringen av styreverdiene for ventilasjon medfører at ventilasjonsforholdet sommer:vinter endrer seg fra 2:5 til 1:5. Total besparelse for Væretunnelen er 86 400 kWh eller ca. 50 000 kr.

Hedalen, T. (1994): *Vask av vegtunneler. Erfaringer fra tunnelene Grillstadhaug, Være og Stavsjøfjell våren 1994. SINTEF rapport STF36 A94036. SINTEF Bergteknikk.*

Tunnelene på E6 Øst Trondheim bør vaskes minimum 2 ganger årlig. Vask bør skje så tidlig som mulig og sent som mulig rett etter/før piggdekkseasonen. Vask bør omfatte lysarmatur, malte veggflater (vaskes ovenfra og ned), bankett og vegbane. Vask av tak kan begrenses til hvert 3. til 5. år. Viktig for å oppnå et godt resultat er å bruke store mengder vann. For å bedre effekten av vask på siktforholdene i tunnelene er det viktig med rengjøring bak skap, i sluk og lignende der hvor tunnelvasker ikke kommer til. Redusert areal som vaskes gjør at den totale tid tunnelene er stengt kan reduseres. Skiltvask kan utføres samtidig med tilsvarende arbeid ellers på E6 Øst. I tillegg til vask bør tunnelene feies månedlig i piggdekkseasonen og 1-2 ganger om sommeren. For å bedre resultatet av vask bør det vurderes å ta i bruk vaske-/avfettingsmidler på platene i innkjøringssonen. Her anbefales i første omgang utprøvd Super 10. Dette

middelet anbefales av Vegdirektoratet for vask av skilt. For å bedre ressursutnyttelsen bør kvalitetskrav til vask og feiing utarbeides. Det bør legges arbeid i valg av materialer og overflater som er lette å vedlikeholde og holde rene. Hvilke miljøkonsekvenser utslipp av vaskevann til resipient er ukjent.

Hedalen, T. (1994): *Vegslitasje – partikkelstørrelsesfordeling*. SINTEF rapport STF36 A94011. SINTEF Bergteknikk.

Hvert år slites ca 300 000 tonn fast dekke, i hovedsak asfalt, fra norske veger og gater pga piggdekkbruk. Spesielt stor slitasje i og omkring byer og større tettsteder.

På grunnlag av 11 innsamlede prøver fra norske byer (Trondheim, Oslo og Bergen) er partikkelstørrelsen til vegstøvdepotet bestemt. I størrelsesorden mellom 3 og 4 vektprosent av partiklene i vegstøvdepotet er mindre enn 10 µm (1 µm = 1/1000 mm). Mellom 0,5 og 1 vektprosent er mindre enn 2,5 µm. Det kan imidlertid registreres store lokale og regionale forskjeller i vegstøvdepotets partikkelstørrelsesfordeling. Dette antas fremst å skyldes forskjeller i dekkekvalitet, trafikkmengde (ÅDT), andel som bruker piggdekk, meteorologiske forhold, den geometriske utforming av prøvetakingsstedet o.l.

Hedalen, T. og Myran, T. (1994): *Vegstøvdepot i Trondheim – partikkelstørrelsesfordeling, kjemisk og mineralogisk sammensetning*. SINTEF rapport STF36 A94037. SINTEF Bergteknikk.

Vegstøvdepotet i Trondheim by består hovedsakelig av partikler < 2,5 mm. I gjennomsnitt er mellom 9-10 vekt% < 10 µm, mellom 2-3 vekt% < 2,5 µm. Med avtagende partikkelstørrelse avtar innholdet av organisk materiale. For to analyserte vegstøvdepotprøver utgjør organisk materiale mellom 5-15 vekt% under 10 µm. Hoveddelen av det mineralske materialet utgjøres av mineralkorn fra nedknust bergartsmateriale. Mineralogisk sammensetning av partiklene < 10 µm vil avhenge av

tilslagsmaterialets sammensetning, men pga at ulike mineraler knuses ned ulikt vil man kunne få anrikning av enkelte mineraler for eksempel glimmer, amfibol og plagioklas, i denne fraksjonen. Med avtagende partikkelstørrelse øker også generelt innholdet av tungmetaller og andre elementer for eksempel svovel. Regionale forskjeller for innholdet av det enkelte element kan observeres.

Undersøkelse av materiale (mineraler, tungmetaller og organisk materiale) mindre enn 10 µm fra to vegstøvdepotprøver viser at svevestøvet (PM10) i Trondheim inneholder potensielt helseskadelige stoffer. Den reelle helserisiko vil imidlertid i avgjørende grad være knyttet opp mot den enkeltes eksponeringsnivå og mottagelighet. Vurdering av både potensiell og reell helserisiko krever derfor ytterligere undersøkelser. Potensiell helserisiko bør vurderes ut ifra undersøkelser på reelle svevestøvprøver. Ut fra en yrkeshygienisk vurdering har de undersøkte vegstøvdepoter fra Trondheim kvartsmineraler som dominerende forurensningskomponent.

Pga varierende tungmetallinnhold bør behandling av vegstøv som spesialavfall vurderes.

Myran, T. (1994): *Asbest og "Asbest" i trafikkprodusert svevestøv.* SINTEF rapport STF36 A94004. SINTEF Bergteknikk.

Oppslag i massemedia om at asbestfiber i svevestøv i Trondheim kan medføre, sitat: "et nytt helseproblem av dimensjoner", er uheldig. Flere av de påstandene som presenteres i oppslagene er misvisende og direkte feil. Dette kan lett bidra til engstelse omkring forhold som ikke er reelle. Samtidig bidrar oppslagene til at navngitte bergartsprodukter, og leverandører av disse, uten grunn kan komme i miskreditt. Også Statens vegvesen må antas å bli satt i et litt uheldig lys, og også påføres unødig ekstraarbeid bl.a. knyttet til faktainformasjon. I dette notatet er gjennomgått forhold omkring forekomst og bruk av bergarter som inneholder asbestmineraler og asbestlignende mineraler. Dessuten er diskutert de påstander som ovennevnte oppslag bygger på. Det er ikke funnet indikasjoner som skulle tilsi at påvisning av asbestfiber i

trafikkprodusert svevestøv knyttet til bruk av grønnstein som tilslagsmateriale til asfalt skulle innebære et mulig helseproblem av dimensjoner.

Myran, T. and Hedalen, T. (1994): *Traffic air pollution II*. SINTEF rapport STF36 A94062. SINTEF Rock and Mineral Engineering.

In most urban areas, road traffic is the dominant source of air pollution. Combustion of gasoline as well as the wear and tear of engine parts, brake linings, tyres and road pavements may be sources of pollutants. The pollutants are of different kinds; different gases, heavy metals, salt, organic micro pollutants and particles. The pollution may cause effects in different kinds of terrestrial and aquatic ecosystems, and cause nuisance and in extreme cases, health problems to people staying close to heavily trafficked roads.

Skjel, M. (1994): *Karakterisering av partikulære forurensninger. Med hensyn på helseeffekter*. Prosjektoppgave. Institutt for geologi og bergteknikk. NTH.

Økende diskusjon om piggdekkbruk og støvmengder, og at folk klager over problemer med alt støvet, gjør det nødvendig med en karakterisering av den partikulære forurensningen.

Eksposering for SO₂ og svevestøv fører først og fremst til økt hyppighet av luftveissykdommer og økt luftveismotstand. Det er tre parametre som avgjør helsesikoen ved eksposering for støv; støvets sammensetning, partikkelstørrelse og eksposeringstid. Den kjemiske og mineralogiske sammensetningen bestemmer støvets giftighet.

Det er foretatt prøvetaking av støvdepot i Være-, Grillstad- og Stavsjøtunnelen og på 13 målesteder i og omkring Trondheim sentrum.

Tørriskting og sedigrafanalyse gav fine kornfordelingskurver, og det er laget en standard kurve for støv.

Mengden inhalerbart støv (<10 µm) viser seg å være 57 ganger større enn tidligere undersøkelser. Det er PM10 og PM2,5 som er av størst interesse fordi det er støv mindre enn 10 µm som vil avsettes nede i luftveiene og som kan gjøre skade der.

Støvmengden må minskes og tiltak er kortere piggdekk sesong. Det er også et mål å få flere til å kjøre med piggfrie dekk. På lengre sikt jobbes det med dekketyper som er mer slitesterke og som derfor vil støve mindre.

Skjel, M. (1994): *Kvartsholdig støv – helse og miljømessige aspekter. Med utgangspunkt i veistøvproblematikken. Hovedoppgaven. Institutt for geologi og bergteknikk. NTH.*

Mennesker i byer og tettsteder klager over et økende støvproblem i nærmiljøet. Over 700 000 nordmenn sier de plages av støv i vinterhalvåret. Store mengder støv i denne perioden skyldes hovedsakelig veidekkeslitasje som følge av piggdekkbruk. Trondheim har fått stor oppmerksomhet omkring støvproblematikken, og det er foretatt en undersøkelse på karakterisering av støv fra veistøvdepot i byen.

Med dette som bakgrunn, og gjennom et litteraturstudie, har denne oppgaven blitt til. Oppgaven søker å få svar på om kvarts, som en del av tilslagsmaterialet i veidekket, vil ha en ugunstig effekt på helsen.

I deler av landet benyttes bergarter i tilslagsmaterialet med til dels stort innhold av kvarts (opp mot 70 %), og undersøkelser viser at kvarts utgjør en betydelig del av veistøvdepotprøver. Det er derfor naturlig å stille spørsmål ved om også denne komponenten må legges større vekt på i vurderingen av uteluftkvaliteten.

Beregninger gjort ut fra tidligere målinger av svevestøvkonsentrasjon i Trondheim viser at kvarts utgjør opp til $\frac{3}{4}$ av normen for PM10 (inhalerbar fraksjon). Med enda større vektprosent kvarts i tilslagsmaterialet vil, på dager med høy støvkonsentrasjon i luften, kvarts alene kunne overstige luftkvalitetskriteriet. I tillegg kommer andre komponenter.

Skoglund, R. og Uthus, N. (1994): Slitasjefelt Sør-Trøndelag E6 Klett-E6 Ler. Sluttrapport. SINTEF rapport STF61 F94018.

På E6 Klett ble det i 1990 lagt ut fire forsøksdekker og i 1992 et forsøksdekke med høyverdig asfalt inntil forsøksdekket fra 1987 med høyfas betong. Formålet var først og fremst å sammenligne høyfast betong med høyverdige asfaltdekker. I tillegg ønsket en å sammenligne slitasjeegenskapene til de nye asfaltdekkene med asfaltdekkene som ble lagt i 1987 (ved opprettelsen av referansestrekningen).

I 1992 ble det opprettet en referansestrekning på E6 Ler. Her ble det lagt ut to forsøksdekker, drengasfalt og asfaltbetong. Formålet var å sammenligne slitasjeegenskapene til drengasfalt med vanlig Ab-dekke.

Etter fire års slitasje på E6 Klett er spordybden på asfaltdekkene om lag dobbelt så stor som spordybden på betongdekket. Levetiden for asfaltdekkene varierer mellom 2,9 og 3,4 år, der Ska-dekket kommer best ut. SPSV-verdien for asfaltdekkene er fra 2,2 til 2,6 ganger høyere enn for betongdekket, som er i tråd med tidligere resultater. Asfaltdekkene fra denne forsøksperioden (1990-94) har alle lengre levetid enn massene fra den første forsøksperioden (1987-90). En ser også, i motsetning til den første forsøksperioden, at alle dekketyper har lengre levetid enn referansemassen (Ab16t).

Etter to års slitasje på E6 Ler er spordybden på drengasfalten over dobbelt så stor som på asfaltbetongen. SPSV-verdien for referansemassen Ab16t er i samme størrelsesorden på E6 Klett og E6 Ler. Dette viser at rent slitasjemessig er drengasfalt lite egnet som slitelag på vegger med ÅDT ca 7000.

Skoglund, R. & Uthus, N. S. (1994): Oppsummering av slitasjeproblematikken i Sør-Trøndelag. SINTEF rapport STF61 F94025. Fortrolig. SINTEF Vegteknikk.

Resultatene fra måling av piggdekkslitasje på referansestrekninger på det lavtrafikkerte vegnettet i Sør-Trøndelag, har vist at en ikke bør legge Ma-dekker på veger med høy andel tungtrafikk. Av massetyperne som er lagt på det høytrafikkerte vegnettet har Ska-dekkene lengst levetid. Det er også denne massetypen som har hatt best utvikling med tanke på levetid.

Egenskaper som i stor grad synes å positiv effekt på levetiden til dekkene, er større andel material > 8 mm, tilsetning av fiber og bruk av modifiserte bindemidler.

Betongdekke har lengre levetid enn asfaltdekke, men økonomiske analyser av levetidskostnadene viser at det ikke er lønnsomt å legge betong- framfor asfaltdekker.

SPS-verdien til dekkene øker med økende Sa- og Trøger-verdi, og avtar for økende trafikkbelastning. For det høytrafikkerte vegnettet har en funnet en god sammenheng mellom SPS-verdien og produktet av klimafaktorer for antall døgn med mer enn 5 mm regn og 5 mm snø. SPS-verdien øker med økende klimafaktor.

Av andre faktorer som har betydning for SPS-verdien kan en nevne hastighet, horisontalkurvatur, stigning, piggdekkelsesongens lengde og dekkutrustningen.

Levetiden for dekker med samme SPS-verdi er høyere på Østlandet enn i Trøndelag. Levetiden kan i enkelte tilfeller være vesentlig lengre på Østlandet enn i Trøndelag.

Storkjørren, A. (1994): *Vasking av tunneler. Bruk av tensider og veistøv som avfall.* Prosjektoppgave. NTH. Institutt for berg- og petroleumsfag.

Prosjektet er en vurdering av tunnelvaskingen på E6 øst for Trondheim, samt en vurdering av bruk av vaskemidler i veitunneler og støv som avfall.

Vasking av tunnelene på E6 øst for Trondheim koster ca. 150 000 kr/år. Resultatet av vasken er at mye av støvet i tunnelene ikke blir fjernet, dette kan i stor utstrekning skyldes støvpartiklens hydrofobe egenskaper. For å bedre vaskeprosedyren er det vurdert å ta i bruk vaskemidler. Bruk av tensider har imidlertid en del uønskede konsekvenser; penetrasjon av vaskevann og smuss inn i betongen, utslipp av miljøfarlige stoffer. Forsøk med bruk av tensider på stålplatene gir i tunnelen et bedre resultat av vaskingen.

Sammenligning av støvet med EUs regler for avfall viser at støvet delvis har for stort innhold av metallene astat, bly og sink til å kunne deponeres på kommunal fylling. Metallene er på den annen side stabilt bundet i støvet.

Taheri, A. (1994): *Støv i Trondheim.* Prosjektoppgave. Institutt for geologi og bergteknikk, NTH.

Denne prosjektoppgaven er basert på målinger, analyser og rapporter som er foretatt og publisert av SINTEF-Bergteknikk, Statens vegvesen, Trondheim kommune, Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) og Transportøkonomisk institutt (TØI) i forbindelse med støvproblemet i veier/tettsteder og faktorer som er medvirkende til problemet.

Støv er i seg selv helseskadelig over en viss grense, under visse betingelser, livsfarlig. Avhengig av alder, fysisk styrke og allergi blir alle i mer eller mindre grad utsatt for potensielle farer ved (fin)støv-eksponering.

Støv inndeles i diverse størrelser. Begrep som stadig blir brukt er svevestøv, nedfallstøv, grovfraksjon, finfraksjon, inhalerbar og respirabel fraksjon. Avhengig av støvets sammensetning, partikkelstørrelse og konsentrasjonen over tid varierer graden av fare/giftighet.

I Trondheim er det flere faktorer som bidrar til støv produksjon. Blant annet er piggdekkbruk og trafikkmengden de viktigste.

Målinger viser en viss mengde av ulike metaller i prøvene. Det ser ut til at disse forekommer på grunn av eksosen. Med andre ord er trafikkmengden også gjeldende her.

Kvarts og asbest og deres egenskaper er behandlet i denne prosjektoppgaven. Kvarts innebærer ingen stor fare foreløpig. Det hele oppstyret rundt asbest i Trondheim vinteren 1993/94 synes å være overdrevet av lokale og riksdekkende massemedier.

Om hvilke tiltak som vil redusere støvmengden kan det nevnes: mindre trafikk, mindre piggdekkbruk og regelmessig feiing/vasking av gatene.

Andersen, E. O. og Uthus, N. (1995): *Forsøksfelt Store Ringveg, Dag Hammerskjolds vei. Sluttrapport. SINTEF rapport STF61 F95003. Vegteknikk.*

Sommeren 1990 ble det opprettet 3 slitasje forsøksfelt på Store Ringveg, Dag Hammerskjolds vei, ved Sinsen-krysset i Oslo. Formålet var å sammenligne ulike metoder for måling av spor.

SINTEF Vegteknikk har på oppdrag fra Oslo kommune, Oslo Veivesen, fulgt opp disse slitasjeforsøksfeltene årlig i perioden 1990-94 med rettholtsmålinger. Oslo Veivesen har selv foretatt ULY- og ALFRED-målinger (ultralydsmålinger) i samme periode. Enkelte år ble det foretatt rettholtsmålinger og ultralydsmålinger både vår og høst for å se om de plastiske deformasjonene bidrar til sporutviklingen.

Slitasjemålingene viser at det er til dels store forskjeller mellom rettholtsmålinger og ultralydsmålinger på målt spordybde, sporareal, og beregnede SPSV-verdier. Denne forskjellen skyldes hovedsakelig at rettholtsmålingene eliminerer initialsporene og måler totalslitasjen i hele tverrprofilen, dvs sporslitasjen og slitasjen på sporryggene. Etter rutinen for ultralydsmålinger elimineres ikke initialsporene og slitasjen på sporryggene blir ikke registrert.

Ultralydsmålingene baseres på måling av enkeltspor og sporet defineres kun som dybden/arealet mellom sporryggene. Dette gir ”riktige” spordybder med tanke på vedlikeholdsstandarder for spor. Den faktiske slitasjen, som er av interesse i forbindelse med funksjonskontrakter og ut fra miljøhensyn, kan imidlertid i stor grad undervurderes siden man ikke tar hensyn til slitasjen mellom sporene. I sistnevnte tilfelle vil rettholtsmålinger gi et riktig bilde av den faktiske slitasjen.

Hedalen, T. (1995): *Bruk av optisk siktmåler i vegtunneler. Erfaringer fra Væretunnelen.* SINTEF rapport STF36 A94034. SINTEF Bergteknikk.

Siden de tre tunnelene Grillstadhaug, Være og Stavsjø ble åpnet på E6 Øst Trondheim, er det registrert en rekke klager fra enkeltpersoner og uheldige oppslag i massemedia. Dette fordi enkelte personer opplever det som et problem å kjøre gjennom tunnelene pga forurensningene i tunnelatmosfæren. Problemet synes først og fremst å være knyttet til den nedsettelse man har av siktbarheten i tunnelen vinterstid pga oppvirvling av partikler fra et stadig større og økende vegstøvdepot.

I Væretunnelen ble det i januar/februar 1993 installert en optisk siktmåler. En gjennomgang av utskrifter fra denne viste at det kun i ytterst få tilfeller er registrert sikt (Meteorological Optical Range) dårligere enn 300 meter i tunnelen (300 meter er satt som grense for dårlig sikt ut fra en visuell vurdering i Væretunnelen). Dette tyder på at det ikke er sammenheng mellom hva siktmåleren registrerer og hva bilistene opplever.

I rapporten er gitt forslag til styreverdier mhp sikt for de ulike viftetrinn ut fra opplevd sikt lengde i Væretunnelen. Sommerstid bør man vurdere å sette strengere krav til sikten da bilistene på denne årstiden forventer god sikt i tunnelen. Med de nye styreverdiene for sikt er opplevd sikt lengde i størrelsesorden 2-3 ganger så lang som nødvendig stoppsikt ved en kjørehastighet på 90 km/t. Vegnormalens krav til sikt (1,5 mg/m³) er ikke oppfylt med disse styreverdiene. Sammenlignet med tidligere vil dette gi mer ventilasjon på dager med dårlig sikt.

Hedalen, T. (1995): *Using Optical Visibility Meters in Road Tunnels – experience from the Være Tunnel. Preliminary report. SINTEF rapport STF36 A95028. SINTEF Rock and Mineral Engineering.*

Since the Grillstadhaug, Være and Stavsjø Tunnels on the E6 East near Trondheim were opened, several complaints have come in from individual users. There has also been some negative media coverage. This is because some people experience problems in driving through the tunnel as a result of pollutants in the tunnel atmosphere. This problem appears to be primarily related to the loss of visibility in the tunnel in winter, which is caused by particles that swirl up from ever growing deposits of road dust.

In January/February 1993, an optical visibility meter was installed in the Være Tunnel. Examination of printouts from this instrument shows that a Meteorological Optical Range (MOR) of less than 300 meters was recorded in extremely few cases (300 m was set as a threshold on the basis of visual evaluations in the Være Tunnel). This suggests that the relationship between what the visibility meter registers and what motorists experience is weak.

This report proposes control values for visibility for different ventilation fan settings, based on subjective estimates of visibility in the Være Tunnel. In summer, consideration should be given to setting higher visibility standards as motorists expect good visibility in tunnels at this time of year. The new control values give visibility ranges that are two or three times as long as the minimum stopping distance at a speed

of 90 kph. The Road Norm's visibility requirements of 1.5 mg/m³ are not met by these control values.

In comparison with the previous situation, this will mean more ventilation on days with poor visibility.

Hedalen, T. (1995): *Arbeidsmiljø i vegtunneler satt under trafikk. Delrapport 1: Kartlegging av kjemiske, fysiske og biologiske arbeidsmiljøfaktorer.* SINTEF rapport STF36 A95001. SINTEF Bergteknikk.

Vedlikeholdsarbeid utføres av ca. 650 personer i 450-500 tunneler på riks- og fylkesvegnettet. Hoveddelen av vedlikeholdsarbeidet utføres i lengre enn 100 m med ÅDT (gjennomsnittlig årsdøgntrafikk) større enn 500.

På grunnlag av kartlegging av utvalgte kjemiske, fysiske og biologiske arbeidsmiljøfaktorer i 16 vegtunneler, samt gjennomgang av tidligere undersøkelser og relevant litteratur, er tre tiltaksgrupper foreslått (tiltaksgruppe 1: de arbeidsmiljøfaktorer man generelt bør vise størst oppmerksomhet ved arbeid i tunneler satt under trafikk, tiltaksgruppe 2: generelt nest størst, gruppe 3: liten eller ingen betydning). Internt i tiltaksgruppene er det ikke foretatt noen rangering. For den enkelte tunnel kan prioriteringen av miljøfaktorer avvike fra de foreslåtte tiltaksgrupper.

Tiltaksgruppe 1: Ergonomi, belysning, støy.

Tiltaksgruppe 2: Helkroppsvibrasjon, gass, støv/fiber.

Tiltaksgruppe 3: Ioniserende og ikke-ioniserende stråling. Galionella bakterie.

Det anbefales at det utarbeides egen instruks for asfaltering av tunneler.

Haavik, T. (1995): *Vegstøv. Partikkelkarakterisering av støvdepot og støvnedfall knyttet til spredning av partikulært materiale fra trafikkforurensningskilde*. Prosjektarbeid. Institutt for geologi og bergteknikk, NTH.

Undersøkelsen som her beskrives tar for seg spredningen av partikulært materiale som dannes i forbindelse med vegtrafikk, samt egenskapene til støvet i ulike avstander fra forurensningskilden. Egenskaper som er undersøkt er kornstørrelsesfordeling, spesifikk overflate, magnetiske egenskaper og egenvekt.

Støv fra betongdekker er noe finere enn støv fra asfaltdekker. Betongstøvet har langt høyere spesifikk overflate enn asfaltstøvet, noe som tyder på forskjellig kornform. NILUs foreslåtte grenseverdier for nedfallstøv overskrides ved så å si alle målinger, og her er det behov for mer differensierte regler, både med hensyn på avstand fra veien, og forskjellige kornstørrelser.

Støvmengden avtar logaritmisk med økende avstand fra veien. Dette gjelder for totalmengden støv, og det gjelder også for de enkelte størrelsesfraksjonene. Også d10, d50 og d80 avtar logaritmisk med økende avstand fra veien. Mesteparten av veistøvet faller ned innenfor en avstand 10-12 meter fra veien. Om lag 50 % av støvet befinner seg innenfor ca 2 meter.

Tran, T. T. N. (1995): *Vegstøv som helseproblem. En prognosemodell og påvirkningsfaktorer for konsentrasjonen av svevestøv (PM10) i Trondheim*. Hovedoppgave. Institutt for veg- og jernbanebygging, NTH.

Støvforurensningen ved veger er et av dagens største lokale luftforurensningsproblemer i norske byer som kan gi effekt på befolkningens helse. Det er ca 700 000 personer som er plaget av overskridelser av den anbefalte grenseverdien mht helse for svevestøv. Årsaken er piggdekkslitasjen av vegdekket, som gir høye PM10 konsentrasjoner i luft, sterk nedsmussing langs veger, og et skittent vegmiljø med

nedsmissing av biler og frontruter. Det er Trondheim, Bergen og Oslo som ligger på topp når det gjelder støvproblemer forårsaket av piggdekk. Hvert år slites det vekk ca 300 000 tonn asfalt eller tilsvarende 50 000 lastebillaster pga piggdekkbruk i Norge. Dette vil koste Statens vegvesen ca 150 mill kr inkludert vegmerking. Støvgenerering er såpass betydelig at den gir et generelt PM10 problem over byens sentrumsområder.

Reduksjon av problemet oppnås bare ved å redusere kilden, dvs. piggdekkbruken, evt. redusere trafikkmengden. Men dette vil være vanskelig å få til når piggdekkbruken er ca 90 %. Et kortsiktig tiltak er å utarbeide en enkel prognosemodell basert på værvarsel og siste døgnstøvmålinger for å informere astmatikere og andre med luftveisinfeksjoner om dagens og forventet støvnivå. Dette vil gi bedre planleggings- og vurderingsgrunnlag for å vurdere tiltak dersom en får perioder med høy svevestøvforurensning.

Oppgaven er delt opp i to deler. Den første skal beskrive svevestøvproblemet og helseeffekter knyttet til bruk av piggdekk og kjetting i Norge generelt og Trondheim spesielt. Den andre delen er basert på svevestøvmålinger, værdata og trafikkmengde som Statens vegvesen Sør-Trøndelag har målt i de siste årene for å finne ut hvordan de ulike parametrene innvirker på svevestøvkonsentrasjonen. Videre skal en prognosemodell utarbeides for å beskrive svevestøvforurensningssituasjonen i Trondheim.

Resultatene fra dataanalysene viser at det er sammenheng mellom svevestøvkonsentrasjonen og temperatur, relativ luftfuktighet, nedbør og trafikkmengde. Den viktigste faktoren som vil påvirke svevestøvmengden er nedbøren som har vist seg å gi en reduserende virkning på svevestøvkonsentrasjonen i byens sentrumsområder hvor problemet er størst.

Hedalen, T. (1996): *Arbeidsmiljø for vedlikeholdsarbeidet i tunneler satt under trafikk. Delrapport 2: Spørreskjemaundersøkelse. SINTEF rapport STF36 A95002. SINTEF Bergteknikk.*

En landsomfattende spørreskjemaundersøkelse er utført blant vedlikeholdsarbeidere i tunneler satt under trafikk. Totalt ble 618 spørreskjemaer sendt ut. 522 svarskjemaer ble returnert i utfylt stand. Svarprosent på spørreskjemaundersøkelsen ble dermed 89,3. Spørreskjemaundersøkelsen omfatter ikke kartlegging av psykososiale arbeidsforhold og arbeidstakernes røykevaner.

Vedlikehold av tunneler kan være et belastende arbeid. Arbeidet må derfor organiseres og tilrettelegges slik at belastningene minimaliseres. Først og fremst betyr dette å søke og legge vedlikeholdsarbeidet til perioder på døgnet med lav trafikk eventuelt at tunnelen stenges helt for trafikk. Dermed reduseres eksponeringen for gassformige og partikulære forurensninger, støy, og arbeidstakernes opplevelse av sikkerhet/trygghet bedres betraktelig. Optimalisert ventilasjon og økt belysning vil bedre arbeidsforholdene ytterligere. Ved ombygging av utstyr for bruk under vedlikehold av tunneler må man ta hensyn til de endrede ergonomiske forhold.

Rutiner for etter-rensk av tunneler bør utvikles.

Hedalen, T. (1996): *Arbeidsmiljø i vegtunneler satt under trafikk. Delrapport 3: Samlerapport. SINTEF rapport STF36 A95090. SINTEF Bergteknikk.*

Vedlikehold av tunneler kan være et belastende arbeid. Dette fordi arbeidstakerne er utsatt for mange miljøfaktorer og belastninger samtidig, noe som gjør en samlet risikovurdering opp mot administrative normer og andre grenseverdier vanskelig.

Med unntak av mindre overskridelser av administrativ norm for karbonmonoksid (CO) ble det ikke registrert forhold som kunne gi opphav til direkte akutte skadetilløp i

forbindelse med vedlikeholdsarbeid i tunneler. Miljøbelastningen er mer å oppfatte som ubehagelig/irriterende, og av type kronisk karakter. Det vil si eventuelle symptomer og helseskader først kommer til uttrykk etter lengre tids (flere års) eksponering.

Tunnelspesifikke plager er som oftest av akutt irritativ effekt. Eksempler er svie i øyne, hoste og hodepine. Totalt sett synes belastningslidelser å være den største plagen for vedlikeholdsarbeidere. Dette er imidlertid plager som i liten grad kan relateres direkte til arbeid i tunneler.

De arbeidsmiljøfaktorer som i størst grad bør vektlegges i tunneler er støy, støv, ergonomiske forhold og belysning.

Det anbefales at det utarbeides egen instruks for asfaltering av tunneler.

Lockersen, H. (1996): *Arsen, bly, jern, kobber, nikkel og sink i svevestøvfraksjonen av veistøv fra Trondheim*. Hovedfagsoppgave i naturmiljøkjemi. Kjemisk institutt, NTNU.

Det er samlet inn prøver av veistøv fra 12 forskjellige veier i Trondheim. Disse er blitt sedimentert for å separere ut svevestøvfraksjonen av veistøvet. Det er tatt ut to forskjellige størrelsesfraksjoner, både PM10 og PM2,5 (partikler med diameter mindre enn hhv 10 og 2,5 μm). I tillegg er det skaffet til veie noen filterprøver som ble tatt av Statens vegvesen høsten 1994.

Disse prøvene er blitt oppløst i salpetersyre, og analysert vha atomabsorpsjonspektrofotometri (både flamme- og grafittovnsteknikk) for elementene arsen, kobber, jern, nikkel, bly og sink. Resultatene viser at det stort sett er høyere konsentrasjoner av disse elementene i veistøv enn i jord fra Trondheim og i flomsedimenter fra Trøndelag. Det er dessuten generelt høyere konsentrasjoner i PM2,5 fraksjonen enn det er i PM10 fraksjonen av veistøv.

Elementkonsentrasjonene i luft varierer med variasjon i fuktigheten på veibanen. Dette skyldes at elementene har forskjellige kilder. Elementene jern og nikkel har hovedsakelig naturlig opphav, jord eller slitasje av mineralene i veidekket. De andre fire elementene, arsen, kobber, bly og sink, har hovedsakelig menneskeskapt kilder som opphav. Dette er kilder som bensin og andre oljeprodukter, samt slitasje av kjøretøyer og dekk.

Myran, T. (1996): *Partikkelrensing i Helltunnelen. Statusrapport. SINTEF rapport STF 22 F96069. SINTEF Bygg og miljøteknikk. Bergteknikk.*

Rapporten oppsummerer resultatene fra prosjektet ”Partikkelrensing i Helltunnelen”. Undersøkelsene lot seg ikke gjennomføre etter plan og kontrakt pga stadige utfall av spenning over elektrofilteret. Dette nedsetter renseseffekten for anlegget. Renseeffekten for elektrofilter inkl for- og etterfilter var i gjennomsnitt 84 % (variasjon 71-94 %). Renseeffekten for rensestasjonene totalt var i gjennomsnitt 15 %, men også negative renseseffekter ble registrert. Dette skyldes forhold knyttet til stempeleffekter knyttet til passerende kjøretøy og uheldig strømnings teknisk utforming og glatting av rensenisje og heng/sidevegg etter utløp rensesvifter.

Bakløkk, L. (1997): *Piggdekkslitasje på vegnettet. Miljødagene, NTNU 13-15. mai 1997.*

Denne artikkelen omhandler utviklingstrekk på det norske vegnettet. Det er gjennomgått hvordan både vegdekkene og piggdekkutrustningen på bilene har utviklet seg de siste 20-30 åra. Den spesifikke slitasjen per kjørte km er redusert til ca en tredjedel av hva den var for om lag 25 år siden. Dette skyldes en betydelig mindre påkjenning pga overgang til både lettere, kortere og færre pigger i dekkene, samt en utvikling av betydelig sterkere vegdekker. Det er også behandlet hvordan slitasjen varierer for forskjellige dekketyper, og med forskjellige ytre faktorer som for eksempel klima.

Bakløkk, L. J. (1997): *Piggdekkslitasje på vegnettet – utviklingstrekk.* SINTEF rapport STF22 A97516. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk.

Denne artikkelen ble presentert på ”Miljødagene ’97” ved NTNU i Trondheim 13-15 mai 1997.

Konferansen ble arrangert i samarbeid mellom NTNU, SINTEF Bygg og miljøteknikk, NGU, Miljøvernavdelingen Trondheim kommune, Statens vegvesen Sør-Trøndelag og Miljølab A/S.

Artikkelen omhandler utviklingstrekk for piggdekkslitasjen på det norske vegnettet. Det er gjennomgått hvordan vegdekkene og piggdekkutrustningen på bilene har utviklet seg de siste 20-30 åra. Den spesifikke slitasjen pr kjørt km er redusert til ca en tredjedel av hva den var for omlag 25 år siden. Dette skyldes en betydelig mindre påkjenning på grunn av overgang til både lettere, kortere og færre pigger i dekkene, samt en utvikling av betydelig sterkere vegdekker. Det er også behandlet hvordan slitasjen varierer for forskjellige dekketyper, og med forskjellige ytre faktorer som f.eks. klima.

Bakløkk, L. J., Horvli, I. og Myran, T. (1997): *TOMS – delrapport 1. Piggdekkslitasje og støvutvikling. Status - Litteraturstudie.* SINTEF rapport STF22 F97509. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk.

Dette litteraturstudiet er en del av forskningsprosjektet ”Trafikk- og miljømessige støvbelastninger”, TOMS. Prosjektet er en del av Franzefoss Bruks forskningsprogram i perioden 1996-2000 som er støtta av Norges forskningsråd, NFR.

Litteraturstudiet omhandler utviklingstrekk ved piggdekkslitasjen på det norske vegnettet og beskriver hvordan dette genererer svevestøv. Måling av vegstøvet spredning, sammensetning og helsemessige belastninger er beskrevet.

Hedalen, T. og Almklov, P. G. (1997): *Miljødagene '97. Vegslitasje. Piggdekkslitasje - Salting.* Institutt for geologi og bergteknikk. NTNU.

Hvert år slites 200 000-300 000 tonn fast vegdekke, i all hovedsak asfalt, fra norske gater og veger. Bruk av piggdekk står for 70-80 % av denne slitasjen. I Norge utsettes anslagsvis 700 000 personer for støvkonsentrasjoner over anbefalt verdi. I tillegg til den potensielle helsefare influerer vegdekkeslitasjen på ulike økosystemer langs vegen, fremtidig bruk av vegens nære omgivelser osv.

Horvli, I. (1997): *Helse og miljøproblemer: Slitasje av vegdekker og støvproblematikk.* Konferanse om trafiksikkerhet/veggrep. Kursdagene NTNU 1997. Notat nr. 1024. Institutt for veg- og jernbanebygging, NTNU.

Notatet er utarbeidet for kursdagene ved NTNU 1997 og er en oppsummering av de siste foreliggende data om vegslitasje og støvproblematikk på vegnettet i Norge. Sentrale kilder for notatet er delrapporter og sluttrapport for Veggrepsprosjektet som ble avsluttet i 1996, rapport om piggdekkslitasje i Akershus 1988-94, og hovedoppgave om vegstøv fra 1995.

Notatet inneholder tema: Generelt om vegslitasje og miljøproblematikk, Påvirkningsfaktorer for slitasje og støvgenerering, Vegstøvdepot og svevestøv, Samfunnskostnader.

Moksnes, S. R. (1997): *Vegslitasje og svevestøv. Årsakssammenhenger mellom piggdekkbruk og svevestøv sett i lys av klimatiske, mineralogiske/geologiske, trafikkmessige og andre forhold.* Hovedoppgaven. Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU.

Svevestøv, PM10, akkumulert fra piggdekkslitasje, er et velkjent problem i Norge. Det er foretatt en rekke studier for å prøve å redusere det svevestøvet som preger de største norske byene i vinterhalvåret. Ny viten om både vegdekket, tilslagsmateriale, piggfrie-/piggdekk og salting, vil kunne føre til redusert slitasje av vegdekket og igjen redusere PM10.

Det er i Trondheim registrert en nedgang både når det gjelder svevestøv og piggdekkandel de fire siste vintersesongene selv om trafikken har økt. Denne rapporten ser nærmere på dette forholdet og på andre faktorer som kan påvirke de støvverdier som er målt.

Det er per i dag ikke funnet noen entydig sammenheng mellom piggdekkandel og svevestøv, men ved å studere lengre tidsrom, for eksempel ti sesonger, kan man bedre kartlegge de forhold som gjelder for svevestøvet og vegslitasje/piggdekkbruk.

Forholdene omkring dette er altså mer komplisert enn først antatt. De klimatiske forhold spiller en meget storrolle for mengden svevestøv som til enhver tid er i luften. Ved nedbør synker PM10-konsentrasjonen merkbart, men fuktig vegbane gir også økt slitasje. Det er også sett på lokale vindforhold, som er påvirket av trafikken og omkringliggende bygninger, og PM10-konsentrasjonen, og det kan se ut til å være en sammenheng.

Erfaringer fra andre større norske byer er også tatt med. Det er ikke gjort noen klare sammenligninger, siden PM10-konsentrasjonene målt i de respektive byene rent måleteknisk og mhp ytre faktorer ikke er gjort helt på samme måte.

De ulike tilslagsmaterialene kan produsere svevestøv med helseskadelige mineraler. Den reelle helserisiko vil imidlertid i avgjørende grad være knyttet opp mot den enkeltes eksponeringsnivå og mottakelighet.

Skytterhold, O. T. (1997): *Miljøvennlige tilslagsmaterialer i vegdekker. En undersøkelse av støvproduksjon fra utvalgte steinmaterialer.* Prosjektoppgave. Fakultet for geofag og petroleumsteknologi. NTNU.

Hvert år slites 250 – 300 000 tonn asfaltstøv i Norge. Flere tiltak er gjennomført for å redusere slitasjen, og selv om slitasje pr. kjørt kilometer har gått betraktelig ned, har stor økning i trafikkmengden gjort at den totale slitasjen holder tilnærmet stabilt nivå. En rekke undersøkelser er gjennomført for å kartlegge eventuelle miljøeffekter knyttet til vegstøvet. Undersøkelsene viser at vegstøvdepotene inneholder partikler i en slik størrelse at helsefare er tilstede om støvet inneholder helsefarlige komponenter. Støvetts sammensetning vil i hovedsak være bestemt av mineralsammensetningen til tilslagsmaterialet.

Laboratorieforsøkene har vist at kornformen har innvirkning på kulemølleverdien. Økt flisighet vil føre til større andel svake korn og høyere antall korn i prøven, noe som vil gi flere kanter som kan slås mot hverandre. Fordelingen av finstoffet ser derimot ikke ut til å endres med flisigheten. Mengden finstoff vil imidlertid øke med flisigheten.

Vaa, T. (1997): *Piggfrie dekk i Trondheim? Erfaring fra kjøring med ulike typer vinterdekk sesongen 1996/97.* SINTEF rapport STF22 A97612. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Samferdsel.

Denne rapporten presenterer resultatene fra et samarbeidsprosjekt mellom Gjensidige Sør-Trøndelag, Trondheim kommune og Statens vegvesen Sør-Trøndelag hvor målsettingen har vært å dokumentere kjøreerfaringer med piggfrie dekk sammenlignet med piggdekk. Prosjektet er gjennomført som en utvalgsundersøkelse med deltagere fra en del kommunale etater og større bedrifter i Trondheim. En hoveddel i undersøkelsen har vært at deltagerne har foretatt ukentlig rapportering av kjøreerfaringer (framkommelighet, uhell, endringer i reisemåten) i løpet av vinteren 1996/97. En del deltagere har også rapportert enkeltturer. Prosjektdeltagerne har besvart en del spørsmål ved prosjektstart og prosjektslutt som har med dekkvalg å

gjøre. I tillegg er det innhentet en del kjøretøytekniske opplysninger. Registreringsperioden har gått fra 01.12.1996-30.04.1997 (22 uker). 177 biler med piggfrie dekk og 129 biler med piggdekk inngår i undersøkelsen (antallet som har levert ukerapporter). De 306 bilførerne har til sammen levert ca. 6000 ukerapporter som utgjør en utkjørt distanse på 1,6 millioner km. I undersøkelsen inngår både private biler og tjenestebiler. Selv om hovedtanken bak prosjektet var å følge opp kjøring innenfor Trondheim kommune, er det en del av rapporteringen som gjelder kjøring ellers i fylket.

Holme, J. (1998): *Adjuvant aktivitet av veistøv og mineralfraksjonen av veistøvet, partikkelstørrelse PM10, på den systematiske produksjonen av spesifikt IgE antistoff rettet mot ovalbumin etter intranasal eksponering i mus.* Hovedfagsoppgave i botanikk, studieretning cellebiologi. NTNU.

I denne hovedfagsoppgaven ble det undersøkt om svevestøv samlet fra veiene i Trondheim kunne bidra til produksjon av spesifikt IgE-antistoff ved at mus ble eksponert for ovalbumin (allergen), og svevestøv alene og i kombinasjoner. Antall mus som produserte spesifikt IgE og graden av deres individuelle antistoffrespons ble registrert. Det ble også undersøkt om mineralfraksjonen til svevestøvet hadde en tilsvarende effekt. Sammenligning av responsen mellom de to partikkeltypene kunne gi informasjon om det var stoffer adsorbent til partiklene, eller partiklene i sin helhet som påvirket produksjonen av spesifikt IgE-antistoff.

Myran, T. (1998): *Jaspis brukt som steinmateriale i vegdekker.* Betenkning Statens vegvesen, Sør-Trøndelag vegkontor. SINTEF Bergteknikk. April 1998.

I forbindelse med bruk av jaspis som tilslagsmateriale på en prøvestrekning på E6 ved Klett, er det stilt spørsmål ved potensiell helsefare ved eksponering for svevestøv inneholdende jaspis. Dette må ses i sammenheng med den økende fokus på det

”miljøvennlige vegdekke”. Jaspis er et spesielt slitesterkt vegdekke. Jaspis karakteriseres som en opak kalsedon (kjemisk formel SiO_2), og blir brukt på kompakte kiselvarianter. Jaspis består av meget små kvartskrystaller med submikropiske porerom (kryptokrystallinsk). I mikroskop fremgår jaspis som et opakt mineral, tilsvarende en amorf substans (mineral). Hvorvidt de opake og kryptokrystallinske egenskapene påvirker toksikologien til jaspis i forhold til alfa-kvarts, som er den vanligste kvartsmodifikasjonen (i gjennomsnitt 12 % kvarts i jordskorpen) er diskutert i dette notatet. De litteraturreferansene som er gjennomgått indikerer at de krystallinske kvartsmodifikasjonene alfa-kvarts, tridymitt og kristobalitt er mer biologisk aktive en mikrokrystallinsk silika (inkl. jaspis) og amorf silika.

Myran, T. & Horvli, I. (1998): *TOMS – delrapport 3: TOM's Delprosjekt 3 Støvkaraktistikk*. SINTEF rapport STF22 F97045. Bergteknikk, Vegteknikk.

Rapporten inngår som en del av forskningsprosjektet TOMS (Trafikk- og miljømessige støvbelastninger) finansiert ved Norges forskningsråd under ledelse av Franzefoss Bruk A/S som også er hovedsponsor. Hensikten med prosjektet er å få økt kunnskap om helseaspektet ved slitasjestøv fra vegdekker på grunn av piggdekk, og gjennom dette finne fram til reviderte kravspesifikasjoner for dekketilslag.

Et utvalg typiske bergarter for dekketilslag er med i prosjektet, og støv fra et mindre utvalg av disse er analysert med hensyn til materialkarakteristika som kan tenkes å ha relevans for helseeffekter.

Som bakgrunn for utvelgelsen av bergarter for videre helseundersøkelser ved Statens institutt for folkehelse (SIFF), er det utført analyser av 20 bergarter der 3 av disse er valgt ut for nærmere analyser. Bergartenes potensial til å danne finstøv, PM10, ved mekanisk påkjenning, ble først analysert ved kulemølle-forsøk og ved Los Angeles-forsøk. Mylonitt ble valgt ut som representant for sure bergarter og gabbro og basalt som representant for basiske bergarter for videre detaljundersøkelser av

støvkarakteristika (SINTEF) og helseundersøkelser (SIFF). Videre ble støv fra krystallin kvarts, microsilica, feltspat og karbon (sot) analysert i detalj.

Det ble innledningsvis forsøkt ulike metoder for å produsere representative støvprøver fra bergartene: ulike varianter av kulemølle-forsøk, Los Angeles-forsøk og fjellboring i felt. Los Angeles-metoden gav best korrelasjon med støv fra referansen i felt, og dette støvet ble valgt for videre analysering av helseeffekter ved SIFF. Som referanse mot felt, ble støv fra Helltunnelen i Sør-Trøndelag og data fra vegstøv i ulike byer i Norge benyttet.

Analysene av støv fra bergarter og mineraler gir grunnlag for videre systematisering av nøkkelparametere som kan ha betydning for helseeffekter ved eksponering av støv fra vegslitasje. Når helseforsøkene som blir utført ved SIFF er fullført, vil dette danne grunnlag for videre systematisering.

Kvidal, M. (1999): *Bedre byluft – effekt av renhold*. SINTEF rapport STF22 A99451. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk.

Oppdraget er en del av prosjektet ”Bedre byluft” som skal finne tiltak for å bedre bylufta. Statens vegvesen har støvmålinger på forsøksstrekningene Elgeseter gate og Nidarvoll i tillegg til Rosendal. Ved Elgeseter gate og Nidarvoll er målestasjonene plassert nær vegen, mens den på Rosendal er en bakgrunnsstasjon, dvs. Med større avstand til vegen.

Trondheim Bydrift gjennomførte fra 1. januar til 31. april 1999 forsøk med intensivert feiing i Elgeseter gate i perioder med høy konsentrasjon av PM10 i lufta. PM10 er partikler med diameter mindre enn 10/1000 mm, dvs. 10 µm, og disse blir med ned i lungene når vi puster inn.

Denne rapporten sammenstiller resultater fra støvmålingene med annen informasjon for å undersøke om den ekstraordinære feiingen har effekt på konsentrasjonen av PM10 i Elgeseter gate.

Forsøkene viser ikke noen klar effekt av feiing utløst av høye verdier for PM10, og støvnivået i etterkant av feiingen, men i noen tilfeller er konsentrasjonen av PM10 i første rushperiode etter feiing lavere ved Elgeseter målestasjon hvor det ble feid, enn ved Nidarvoll. Det er mulig et annerledes program for renhold kan bidra til redusert konsentrasjon av PM10.

Myran, T. (1999): *Støv i flybuss. Helserisiko ved støveksposering.* SINTEF rapport STF22 F99069. Fortrolig. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Bergteknikk.

Rapporten oppsummerer bakgrunn og resultater fra en undersøkelse av støveksposering for sjåfører av flybussene mellom Trondheim og Trondheim Lufthavn Værnes vinteren og våren 1999.

De utførte støvmålinger i flybussene mellom Trondheim og flyplassen, inklusive passering av de fire tunnelene på E6 øst, viser støvkonsentrasjoner av en slik størrelsesorden at helseskade ved eksponering anses som lite sannsynlig for bussjåførene i sin arbeidssituasjon. Bidraget av svevestøv som trenger inn i bussene under passering av tunnelene, inklusive Helltunnelen er beskjedent i forhold til tunnelluftens svevestøvinnehold utenfor bussene.

Måleresultatene er også forelagt Arbeidstilsynet, Statens institutt for folkehelse (Folkehelse) og Arbeidsmedisinsk avdeling ved Regionsykehuset i Trondheim, og disse støtter denne konklusjon.

Værnes, E. (1999): *Sammenlikning av måleprinsipper og måledata for måling av piggdekkslitasje ved hjelp av SINTEFs måleutstyr og vegvesenets spormåler AlfreD. SINTEF rapport STF22 A99450. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.*

Denne rapporten sammenlikner to typer måleutstyr som brukes til å måle piggdekkslitasje på utvalgte forsøksfelt, nemlig vegvesenets spormålerutstyr (AlfreD) og en målebjelke SINTEF har utviklet. Rapporten gir en gjennomgang av måleprinsippene, og sammenlikner data fra de to måleutstyrene på to forsøksfelt på E6 ved Klett like sør for Trondheim. Gjennomgangen av målingene på Klett viser at det kan være en vesentlig forskjell i målingene fra de to utstyrstypene. Måling med SINTEFs bjelke gir total slitasje i tverrprofilet, mens AlfreD er et spormålerutstyr som bare kan gi tverrsnittet av hjulsporene. På steder der det oppstår slitasje på vegkanten, i midten av vegen eller mellom hjulsporene vil AlfreD vise mindre slitasje enn den virkelige. AlfreD-utstyret vil heller ikke kunne skille mellom slitasje og eventuelle endringer i overflateprofilet på grunn av deformasjoner i vegkroppen. AlfreD spormålerutstyret har en mye større målekapasitet og er enklere i bruk enn SINTEFs utstyr. I mange tilfeller der det totale slitasjearealet i seg selv ikke er vesentlig er AlfreD godt egnet til å måle reativ slitasjestyrke mellom forskjellige dekketyper.

Kvidal, M. (2000): *Bedre byluft – saltløsning som støvdempende tiltak. SINTEF rapport STF22 A00457. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk.*

Oppdraget er en del av prosjektet "Bedre byluft" som skal finne tiltak for å bedre bylufta. Statens vegvesen har målestasjoner for PM10 ved forsøksstrekningen i Elgeseter gate i tillegg til Rosendal, Ila og Prinsens gate 61. Verdiene fra Rosendal er brukt som referanse ved analyse av verdiene fra Elgeseter.

Trondheim Bydrift gjennomførte fra 1. januar til 30. april 2000 forsøk med spredning av saltløsning (magnesiumklorid) på forsøksstrekningen i Elgeseter gate i perioder

med høye verdier for PM10. PM10 er et mål for konsentrasjon av partikler med diameter mindre enn 10/1000 millimeter (10 µm) pr. kubikkmeter luft, µg/m³. Disse partiklene holder seg svevende i lufta over lengre tid og blir med ned i lungene når vi puster inn.

Denne rapporten sammenstiller resultatene fra støvmålingene med annen informasjon for å undersøke om spredningen av saltløsning hadde effekt på konsentrasjonen av PM10 i Elgeseter gate.

Analysene viser at spredningen av saltløsning kan se ut til å ha en positiv effekt på støvnivået på forsøksstrekningen. Dagen etter tiltaket ligger verdiene for PM10 ved Elgeseter lavere enn forventet i forhold til verdiene fra Rosendal. Det er mulig at spredning av saltløsning tidlig om morgenen, kl 0600-0700, gir større effekt enn spredning mellom kl 1300 og 1600 slik det ble gjort i forsøket.

Myran, T. (2000): *Slaggmaterialer i asfalt. Bruk av ferrokromslag.* SINTEF rapport STF22 F00073. Fortrolig. SINTEF Bergteknikk.

I rapporten er gjennomgått forhold som anses som relevant for vurdering av helserisiko og biologisk tilgjengelighet ved bruk av ferrokromslag til vegformål. Dette omfatter forhold knyttet til utlekking av miljøfarlige stoffer til grunnen (jord, vann), og helserisiko ved nedmaling/nedknusing (vegslitasje) og dannelse av svevestøv som mennesker kan eksponeres for.

Dominerende bestanddeler i ferrokromslag er de krystallinske mineralfasene forsteritt (ca 53 %) og spinell (ca 27 %), som begge er stabile forbindelser som finnes i naturen. Resten er en ikke-krystallinsk (amorf) glassfase. Slaggen inneholder ikke kvarts.

Ved siden av mekaniske undersøkelser av slaggen, er det foretatt uttak av eksponerbar partikkelfraksjon < 10 mikron. Det er foretatt partikkelkarakterisering og utlekkingstester på denne finstøvfraksjonen med tanke på biologisk tilgjengelighet for utlekking til luftveier/lungesystem ved eksponering for svevestøv.

Når det gjelder utlekking til grunnen (jord, vann) konkluderes med at dette trolig vil utgjøre en minimal risiko. Helseeffekter knyttet til eksponering for svevestøv avhenger av hvor ofte og hvor store overskridelser av anbefalte grenseverdier som forekommer, og hvilken sammensetning støvet har. Med de svevestøvkonsentrasjoner (PM₁₀ og PM_{2,5}) som anses som representative, konkluderes også med at helserisikoen knyttet til dette vil være beskjeden. Risikoen for svevestøvet vil i dominerende grad være knyttet til vinter- og piggdekkseasonen.

Myran, T. (2000): *Partikkelrensing i vegtunneler. Erfaringer.* SINTEF rapport STF22 A00091. SINTEF Bergteknikk.

I rapporten er foretatt en gjennomgang av de undersøkelser, dokumentasjon og erfaringer man har høstet ved bruk av partikkelrenseanlegg i norske vegtunneler. Dette omfatter Oslotunnelen, Granfosslinja, Ekebergtunnelen, Helltunnelen og Nygårdstunnelen. Men også andre erfaringer er omtalt.

Innledningsvis er relativt grundig diskutert forhold knyttet til svevestøvproduksjon og vegdekker, og hvilke forhold som påvirker og avgjør om man får et svevestøvproblem som vil kreve tiltak av type partikkelrensing. Her er omtalt undersøkelser i vegtunneler helt tilbake til tidlig på 80-tallet.

Deretter diskuteres erfaringer knyttet til selve vegtunnelen og renseanlegget; målte og garanterte renses effekter, partikkelkonsentrasjoner, lufthastigheter og strømnings-tekniske forhold, trafikale forhold, stempeleffekter og resirkulasjon m.m.

De utførte undersøkelser varierer meget i utførelse og omfang, noe som gjør disse vanskelig sammenlignbare. På tross av dette finnes klare fellestrekk som viser at den praktiske renses effekten for de enkelte anlegg over tid har vært lavere enn forventet, og det leverandørens spesifikasjoner oppgir.

Partikkelreanseanleggene i Oslostunnelen, Granfosslinja og Helltunnelen har ikke vært i drift de siste 2-3 år. I Ekeberg tunnelen tvangsstyres anlegget noen timer i rushtrafikken morgen og ettermiddag. I Nygårdstunnelen, som ble åpnet i fjor, har man ikke evaluert anlegget med påsatt trafikk.

Trøan, A. K. (2000): *Piggdekkslitasje – forsøksfelt på Ev 6 ved Klett*. SINTEF rapport STF22 A00462. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Vegteknikk.

I 1987 opprettet Statens vegvesen Sør-Trøndelag en forsøksstrekning med asfaltdekker og betongdekke på Ev 6 ved Klett. I ettertid er det lagt tre generasjoner med asfaltdekker på feltet, og det høyfaste betongdekke er frest en gang i løpet av denne perioden.

Denne rapporten gir en oppsummering av slitasjemålingene i perioden 1992-2000. Målingene er utført på 4 felter; betongdekket og 3 Ska-dekker med ulike steinmaterialer (Jaspis, Vassfjell og Ottersbo).

Det er også foretatt beregninger av levetiden for de ulike dekketyperne, og en ser at betongdekket har over dobbelt så lang levetid som de ordinære Ska-dekkene med Vassfjell- og Ottersbo-pukk. Ska-dekket med Jaspis kommer også bra ut, med en levetid som nærmer seg betongdekket.

For å innhente mest mulig erfaring er det også utført sammenligninger med slitasjeforsøk andre steder i Trøndelag og i Sverige. Resultatene viser at slitasjeverdiene (SPS- og SPSV-verdiene) er mye større i Trøndelag enn i Sverige, og beregnede verdier for asfaltdekkene avviker mye fra veiledende verdier i Statens vegvesens håndbok 018.

Yttri, K. E. (2000): *A study of carbonaceous aerosols in the Norwegian environment, focusing on the water-soluble organic carbon fraction.* Avhandling, dr.scient. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for kjemi.

Studiet av karbonholdige aerosoler er omfattet av økende interesse innen atmosfærisk vitenskap. Tidligere forskning har vist at denne type partikler kan påvirke både menneskers helse og ikke minst klimaet. Det er vist at disse partiklene har en komponent som har en betydelig innvirkning på skydråpedannelse og skyenes evne til å spre sollys. Hvor de karbonholdige aerosolene stammer fra har vært og er vanskelig å spore.

Gjennom de siste 10-15 årene har karbonholdige partikler vært ett av de mest intensivt studerte feltene innenfor atmosfærevitenskap på grunn av det karbonholdige materialets postulerte innvirkning på klima og menneskers helse. Til tross for dette har man begrenset kunnskap om hvilke forbindelser som utgjør den karbonholdige fraksjonen av partiklene, hvilke kilder som bidrar, deres relative kildebidrag, samt hvor mye de bidrar til redusert luft kvalitet. Spesielt gjelder dette den vannløselige organisk karbonholdige fraksjonen.

Partikler samlet inn i områder influert av ulike dominerende kilder som trafikk, vedfyring og langtransportert forurensning, ble analysert for deres innhold av karbonholdig materiale. Videre ble partiklenes innhold av utvalgte kilde-spesifikke vannløselige organiske forbindelser analysert. Resultatene viser at karbonholdig materiale dominerer partiklenes masse på de undersøkte lokalitetene, men at konsentrasjonen av det organiske karbonet i betydelig grad kan overestimeres dersom man ikke bruker egnet prøvetakingsmetodikk.

Det er vist at konsentrasjonen av partikulært organisk materiale kan være høyere utenfor enn inn i de sentrale byområdene som følge av utslipp fra vedfyring. Konsentrasjoner av den kilde-spesifikke forbindelsen levoglucosan som dannes ved forbrenning av ved, indikerer at gjeldende beregnede utslipp for vedfyring i Norge kan være overestimerte.

Arbeidet som er beskrevet i avhandlingen bidrar spesielt til å forbedre kunnskapen om den vannløselige karbonholdige fraksjonen på det molekylære nivå. Utvikling av nye og mindre tidkrevende analytiske metoder for kilde spesifikk polare organiske molekyler assosiert med partikler har gitt ny kunnskap om temporale og romlige variasjoner i partikkelkonsentrasjonen fra så ulike kilder som vedfyring og primære biologiske aerosol partikler.

Myran, T., & Buvik. H. (2001): *Particle Cleaning in Norwegian Sub.Sea Tunnels*. IRF Congress. Paris 2001. Strait Crossing. Bergen 2001.

Norway's road network has become more and more dependent on tunnels. The challenge of planning and construction road tunnels in urban areas implies environmentally friendly approach. Particle cleaning of the air in long and heavy traffic tunnels in densely populated areas have been used in Norway for more than ten years. It has been seen as a possible measure, both for improving the visibility in the tunnels and for reducing the discharge to the air both inside and outside the tunnels. Three different types of layout system for particle cleaning equipment have been used in Norway. The paper discusses the experience and status for the particle cleaning technology since the opening of the sub-sea Oslo Tunnel in 1989. In general there is no principal difference whether using a particle cleaning system in ordinary or sub-sea road tunnels.

Sveen, S. (2001): *Svevestøv og piggdekk. Årsak og virkning. Utviklingstrekk de siste årene*. Prosjektoppgave. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU.

Trondheim har lenge ligget på Norges-toppen når det gjelder utvikling av svevestøv. Dette vil representere et smussproblem, samt utgjøre en potensiell helserisiko for utsatte befolkningsgrupper.

Det er vanskelig å peke på en enkelt årsak til svevestøvproblemet, mest sannsynlig skyldes det et samspill mellom flere faktorer, som bl.a. type vegdekke, trafikkforhold (trafikkhastighet og –mengde), piggdekkbruk, salting og sanding, hyppighet av feiing- (renhold langs gatene, samt klimatiske forhold (nedbør/fuktighet, temperatur og vind).

Piggdekk har tradisjonelt fått det meste av skylden for høye nivåer av svevestøv, noe som har ført til innføring av piggdekkgebyr i de største norske byene. I Trondheim ble dette innført før sesongen 2001/02, så det gjenstår enda å se hvilken effekt dette har hatt.

Ser man på utviklingen generelt de siste årene, skiller sesongen 2000/01 seg ut som den klart verste av de fire som er undersøkt. Økningen av gjennomsnittlig PM10-nivå lå her på 44 % i forhold til foregående sesong. Piggdekkandelen har samtidig hatt en jevn nedgang, så hva denne relativt kraftige økningen skyldes, er vanskelig å si. Det er mulig at en del av forklaringen ligger i klimatiske forhold, men dette er ikke undersøkt her. Det anbefales imidlertid å se nærmere på klimaets betydning i framtiden.

Støtutvikling vil også være et problem i vegtunneler, og er da først og fremst relatert til siktforhold. Helltunnelen på E6 Øst, på strekningen Trondheim-Stjørdal, har vært spesielt utsatt i så måte. I perioder har tilstanden vært så ille at førere av flybussen har nektet å kjøre gjennom tunnelen. Målinger av støvkonsentrasjonene inne på bussen viste imidlertid at partikkeleksponeringen kun var å betrakte som laveksponering.

En rekke tiltak er for tiden planlagt og satt i gang i Trondheim for å få bukt med svevestøvproblemet. Piggdekkavgiften er et eksempel på dette, men også innkjøp av nye feiemaskiner, samt utprøving av en ny type asfalt i Innherredsveien må nevnes her. I tillegg kan det bli aktuelt med enkelte strakstiltak i perioder med spesielt høye konsentrasjoner av svevestøv.

Værnes, E. (2002): Måling av svevestøvkonsentrasjoner (PM10) på forsøksfelt med Aktiv Asfalt i Innherredsveien i Trondheim. SINTEF rapport STF22 A02320. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.

Statens Vegvesen ved Vegdirektoratet og Vegkontoret i Sør-Trøndelag er sammen med Trondheim Kommune interessert i å prøve ut om en strømladene asfalt (Aktiv Asfalt) har evnen til binde svevestøv til seg, og dermed minske støvkonsentrasjonen i lufta over asfaltdekket.

Det er utført støvmålinger (PM10) i lufta over tre forsøksfelt i Innherredsveien i Trondheim.

Begge forsøksfeltene med aktiv Asfalt viste mindre støvkonsentrasjon enn referansefeltet, men forskjellene er ikke statistisk signifikante.

På grunn av spesielt fuktig vær vinteren 2001/2002 har det vært vanskelig å få nok målinger for å kunne si noe sikkert om støvkonsentrasjonene. Det har vært i minste laget med data både for instrumentkalibreringen og for vurdering av forsøksfeltene.

Observasjon av støvskyer bak store kjøretøy viser at det er en betydelig transport av støv mellom målefeltene. Dette kan føre til at en eventuell binding av støv til Aktiv Asfalt blir underestimert.

Det er nødvendig med flere målinger for å få et bedre statistisk grunnlag før en kan si noe sikkert om Aktiv Asfalt kan redusere svevestøvkonsentrasjonene. Målingene vinteren 2001/2002 indikerer at det kan være en effekt, men den synes ikke å være svært stor.

Værnes, E. (2002): *Utpøving av DustTrak støvmålere*. Notat. Prosjekt nr 223061. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.

For å kunne måle og sammenlikne svevestøvkonsentrasjonene over forsøksfeltene i Innherredsveien ble det kjøpt inn to støvmålere av type DUSTTRAK Aerosol Monitor Modell 8520. Ut fra de to siste siffer i serienummerene blir de heretter benevnt som måler 52 og 77. For å kontrollere at disse støvmålerne måler samme verdi når de utsettes for en gitt støvkonsentrasjon, og for å få et anslag over nøyaktigheten i målingene, ble det gjort noen innledende forsøk i vårt laboratorium. Disse innledende målingene viste at det var en systematisk forskjell i måleverdiene mellom de to målerne, måler 77 viste omtrent 15 % lavere verdier enn måler 52. De ble derfor satt ut i Elgeseter gate sammen med målerne i BedreByluft-prosjektet for å sammenlikne også med disse.

På grunn av fuktig vær har det i løpet av høsten/vinteren 2001 vært svært lite svevestøv i Trondheim. Bare en liten periode i starten av desember var det noe svevestøv av betydning. Vi fikk imidlertid benyttet dette tidsrommet til å gjøre sammenlikningsmålinger.

TEOM-måleren viste omtrent dobbelt så stor PM10-nivå som DustTrak-målerne.

Det var en skalafaktor på ca 15 % i forskjell mellom de to DustTrak-målerne. Dette avvirket kan det korrigeres for ved sammenlignende målinger mellom de to DustTrak-målerne.

Det er gjort et overslag over forventet målenøyaktighet for DustTrak-målerne. Nøyaktigheten viser seg å være avhengig av støvnivået: et støvnivå m vil kunne måles med et standardavvik på ca $0.0264*\sqrt{m}$.

Værnes, E. (2002): Videre sjekk av DustTrak støvmålere etter full service og kalibrering. Notat. Prosjekt nr 223061. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.

Alle de tre DustTrakmålerne ble sendt inn til full sjekk og kalibrering etter at to av dem var benyttet i Helltunnelen. APPs instrument ble ikke benyttet i Helltunnelen, da et filter var blitt montert feil så det var kommet filtermasse inn i et hull i filterbrønnen.

Vi fikk dem tilbake ferdig kalibrert 2002-12-05. Det var bedt om ”As found”-dokumentasjon samt ny kalibrering..”As found”-dokumentene viste grafisk en god sammenheng mellom støvkonsentrasjon og måleverdi for alle målerne, men ingen tallverdier var gitt. Grafikken var vist i et dobbelt logaritmisk diagram, og med en slik framstilling er det ganske lett å få ting til å se lineære ut. For sertifikatene for ny kalibrering og test var det i tillegg gitt tallverdier for nullstabilitet for alle målerne. I følge sertifikatene ser det ut til at alle målerne fungerte tilfredsstillende både ved mottak og etter kalibrering.

Det kom ikke noen forklaring på hvorfor instrumentene under våre målinger oppførte seg forskjellig eller om dette var normalt.

Etter at vi mottok instrumentene ble de først testet innendørs uten værskoffert noen timer. Måler nummer 22677 synes å ha et forskjøvet nullpunkt i forhold til de andre to målerne. Ved å justere nullpunkt mellom målerne ser vi at de viser veldig lik forandring i støvkonsentrasjon de siste timene av måleperioden.

Bortsett fra nullpunktet på måler nummer 22677 så det ut som om målerne fungerte bra. Vi satte derfor ut målerne på toppen av målebrakka i Elgeseter gate om morgenen 2002-12-11. Etter vel to døgn ble de sjekket og måledata ble lastet over.

Ved inspeksjonen 2002-12-13 viste måler 21184 feilstatus 6 (”Flow obstruction on previous power up”), og den ble derfor tatt med inn på laboratoriet. De to andre målerne ble satt igjen for videre måling.

Det er tydelig at måler 21184 ikke har fungert. Det ble også tatt med data fra TEOMmåleren. Denne gir timemiddelverdier, vi har også beregnet tilsvarende verdier for DustTrakmålerne. Måler 22677 viser også her et merkelig nullnivå, men i motsetning til den innendørs testen ligger det nå lavere enn på måler 22952.

Målingene med TEOM viser at PM10-nivået i en 6-timersperiode fra 12.12 kl.0.00 til 06. 00 i middel var på 0.005 mg/m³. I følge spesifikasjonene har DustTrak en temperaturkoeffisient på +0.001 mg/m³ per °C. Dersom kalibreringen var gjort ved 22°C vil vi ved 2°C forvente en forskyvning av nullpunktet på $-20 \cdot 0.001 = -0.020$ mg/m³. I følge spesifikasjonene på DustTrak kan den benyttes ned til 0°C og i opp til 95% relativ fuktighet. Lufttemperaturen var under mesteparten av måleperioden mellom 0.5 og 2 °C. DustTrakmålerne burde da i middel vise omtrent 0.005-0.020 = -0.015 mg/m³.

Måler 22952 viser -0.002 og måler 22677 viser -0.071 mg/m³. Spesielt måler 22677 avviker derfor fra forventet måleverdi.

Måler 22952 og 22677 målte videre fram til 16-12-2002 kl. 10.00. Måler 22677 viser fortsatt et tilsvarende null-nivå som i den første serien.

Ved å plote målingene fra DustTrakmålerne mot TEOMdata, ser vi for det første at regresjonskonstanten R^2 viser at det er dårlig sammenheng mellom samtidige måleverdier fra DustTrakmålerne og TEOM. Vi ser videre at det blir beregnet helt forskjellige likninger for tilsvarende regresjonslinjer i de to datasettene. Dette viser at DustTrak måler ganske forskjelling fra TEOM i Elgeseter gate. Hvis vi videre ser på sammenhengen mellom samtidige målinger med de to DustTrakmålerne og beregner ortogonale regresjonslinjer og korrelasjonskoeffisienter ser vi at korrelasjonskoeffisienten ikke er så ille på den siste måleserien, mens det er mindre sammenheng mellom samtidige måleverdier i den første serien. Helningen på regresjonslinjene er så forskjellig (1.30 og 1.70) at vi ikke kan si at målerne viser repeterbar korrelasjon. Vi konkluderer derfor med at DustTrak ikke er i stand til å måle PM10 svevestøv under feltforhold med tilstrekkelig presisjon for vårt formål.

Som tidligere nevnt ble måler 21184 tatt ned fordi den ga feilstatus 6 på displayet. Siden feilmeldingen tilsa blokkert luftstrøm, ble det sjekket hva dette kunne komme av. De interne filtrene ble tatt ut og sjekket. Det var fortsatt filtermasse i hullet i filterbrønnen, og det var et tilsvarende hakk i filteret som viste at dette ikke var byttet ved instrumentservicen uken i forveien. Det er ikke akseptabelt at støvmåleren sendes i retur fra service i en slik tilstand, spesielt fordi dette forholdet var nevnt i brevet som fulgte med da målerne ble sendt inn til kalibrering. Filtrene på de to andre målerne ble også tatt ut og sjekket, med disse var blitt byttet under servicen. Måler 21184 sendes derfor inn som reklamasjonssak til ny sjekk og service.

Horvli, I. (2003): *Bruk av slagg i vegbygging*. NIF kursdager 2003 NTNU. Samferdselskonferansen 6.-7. januar 2003. Institutt for bygg, anlegg og transport.

Notatet er skrevet til et innlegg under sesjonen Gjenbruk under Samferdselskonferansen ved NTNU i 2003. Notatet gir en generell oversikt over bruk av slagg i vegbygging internasjonalt og spesielt krav til og erfaringer med bruk av slagg fra smelteverksindustrien til vegbygging i Norge.

Klausen, R., Spilling, E., Grøndahl, J., Sandnes, E. H. og Alterskjær, R. W. J. (2003): *Veg, støv og helse*. Eksperter i Team. Gruppe 7.2. NTNU.

Rapporten er skrevet i forbindelse med faget Eksperter i Team varen 2003 ved siv.ing studiet ved NTNU. Faget er obligatorisk for alle 4. års studenter ved siv.ing studiet. Rapporten omhandler Støv og helseeffekter, Dekkvalg og sikkerhet, Salting og strøing, og Trøger-forsøk

Myran, T. (2003): *Svevestøvproduksjon og vegdekker – vegdekker og helse*. SINTEF rapport STF22 F03163. SINTEF Bygg og miljø Berg og geoteknikk.

Rapporten inngår som en del av forskningsprosjektet *Svevestøvproduksjon og vegdekker – vegdekker og helse*. Studien er gjennomført på oppdrag for Vegdirektoratet, Overbygg og Miljøkontoret. Hovedmålet med studien har vært å finne ut om 1) det er noen steintyper som ikke bør benyttes som dekketilslag i tettbygde strøk, og 2) om man ut fra ulike mineralogiske egenskaper kan klassifisere stein etter hvor stort potensiale det har til å utløse helseeffekter, samtidig som man ønsker best mulig mekaniske egenskaper.

Studien omfatter undersøkelser av ni typiske steinmaterialer fra åtte ulike lokaliteter. NTNU/SINTEF har undersøkt materialtekniske og mineralogiske egenskaper, mens Folkehelsa har vurdert de helsemessige aspektene.

Mekanisk påkjenning av steinmaterialene er foretatt ved Los Angeles-test. Fra dette materialet er foretatt uttak av finstøvfraksjonene PM10 og PM2,5 som deretter er karakterisert ved bl.a. følgende parametere: partikkelstørrelse, kornkurver, spesifikk partikkeloverflate, mineralogisk sammensetning og element/metallanalyser. Etter ønske fra Folkehelsa er det også foretatt utlekkingsforsøk på finstøvfraksjoner fra fire utvalgte steinprøver, samt bestemmelse av kornkurve og spesifikk overflate for kvartstypen (Min-U-Sil 5) som Folkehelsa benytter som referanse.

Sveen, S. (2003): *Svevestøv i Helltunnelen og Elgeseter gate i Trondheim. Utviklingstrekk i perioden 1997-2002. Erfaringer med siktmålere i vegtunneler*. Hovedoppgave. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for geologi og bergteknikk. NTNU.

Siktproblemer på grunn av støv fra piggdekkbruk og eksosutslipp er et vanlig problem i vegtunneler, og Helltunnelen på E6 øst, på strekningen Trondheim-Stjørdal i Sør-

Trøndelag har vært spesielt utsatt i så måte. Et økende antall klager fra enkeltpersoner og til dels store oppslag om dårlig miljø i tunnelen har vist at dette er et problem man må ta på alvor.

Det har blitt klart at partikkelrenseanlegg i norske vegtunneler ikke har hatt ønsket effekt, og av totalt sju renseanlegg er det bare i dag anlegget i Ekeberg tunnelen som er i drift. Andre metoder har dermed blitt aktuelle for å bedre siktforholdene i vegtunneler. Siktstyring er da et alternativ.

I Helltunnelen har det gjennom vintersesongen 2001/01 vært montert to siktmålere, den ene av typen Visic 610-T (fra firmaet Sick A/S), og den andre et Sigris Visguard Photometer, og spørsmålet ble da om disse målte det samme. I forbindelse med denne oppgaven har det blitt brukt en DustTrack støvmåler for å verifisere sammenhengene mellom de to målerne. Det har da blitt målt i utvalgte perioder, hvor man kunne forvente høye støvkonsentrasjoner i tunnelen. Som et supplement til DustTrack-måleren ble det i enkelte måleperioder benyttet batteridrevne pumper, av typen Casella.

Det har i tillegg blitt forsøkt å se nærmere på effekten av tiltak som påføring av magnesiumklorid og vasking i tunnelen.

Værnes, E. (2003): Måling av svevestøvkonsentrasjoner (PM10) på forsøksfelt med aktiv asfalt i Innherredsveien i Trondheim i perioden 18. til 24. februar 2003. SINTEF rapport STF22 A03314. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.

I perioden 18. til 24. februar 2003 er svevestøvkonsentrasjonen (PM10) på to felt med aktiv asfalt (A1 og A2) målt og sammenliknet med et referansefelt.

Målingene på felt A1 viser på to av måledagene ingen signifikant forskjell fra referansen, den tredje måledagen var det 168 ± 16 % av svevestøvkonsentrasjonen på referansefeltet.

På målefelt A2 er det målt vesentlig mindre støv enn på referansefeltet, henholdsvis $56 \pm 3 \%$ og $79 \pm 7 \%$ de to måledagene. Målingene viser at for hver måledag kan forholdsfaktoren mellom PM₁₀ på et felt med aktiv asfalt og referansefeltet bestemmes med ganske stor statistisk sikkerhet. Det er likevel variasjoner mellom måledagene som er vesentlig større enn signifikansområdet for de enkelte dagene.

På felt A1 er det målt litt mer støv enn på referansefeltet. Felt A2 har signifikant mindre støv enn referansefeltet, men dette kan også komme av en lavere kjørehastighet inn på feltet og større gatebredde å fordele støvet over. Det ser ikke ut som om aktiv asfalt kan ha noen stor effekt på støvnivået, vi kan imidlertid ikke utelukke en mindre effekt.

Værnes, E. (2003): *Måling av svevestøv i Helltunnelen i overgangen mellom sommer- og vintersesongen 2002*. SINTEF rapport STF22 A03309. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.

Det er utført støvmålinger i Helltunnelen for å undersøke hvordan konsentrasjonen av PM₁₀ varierte med piggdekkbruk og støvdempende tiltak.

Det er en del usikkerhet i målt PM₁₀, og det mangler data for mange forhold som påvirker det faktiske støvnivået.

Ut fra en forenklet modell for støvproduksjon og støvoppvirvling finner vi en klar virkning av de støvdempende tiltakene. En trafikkstrøm på 1000 kjøretøy pr. time vil rett etter et tiltak gi en PM₁₀ på ca. 600 til 700 µg/m³. Ved en døgntrafikk på 10 000 med piggdekkandel på 47 % vil PM₁₀ med samme trafikkstrøm etter to uker ha økt til mellom 1200 til 1900 µg/m³.

Effekten av piggdekkandelen er det vanskeligere å si noe om, den overskygges av støvdempingstiltakene.

Vi ser slike målinger som nyttige for å gi grunnlag og retningslinjer for støvdempende tiltak i tunneler, og anbefaler at det settes i gang et forsøksprogram med bedre kontroll med de parametere som påvirker både støvproduksjon, støvoppvirvling og støvdemping.

Bergh, O. A. (2004): Test av vannemulgert diesel. SINTEF rapport MT28 F04-074 (fortrolig). Norsk Marinteknisk Forskningsinstitutt AS. SINTEF.

I mars 2004 gjennomførte MARINTEK en korttidstest for å verifisere hvilken virkning vannemulgert Diesel (levert av MEC-SYSTEM) har på en dieselmotors drivstoff-forbruk og utslipp av skadelige avgasser og partikler. Testen ble gjennomført på en Scania DC 1102 som er en typisk motor for tunge kjøretøyer. Målinger ble foretatt der motoren ble kjørt med dieselolje uten tilsetning av vann (referanseolje) Deretter ble det skiftet vannemulgert diesel (samme dieselkvalitet med 7,9 % vann og 2 % emulgator). Motoren ble kjørt på denne i 2 timer før nye målinger ble foretatt. Målingene på begge drivstoffene ble foretatt under kjøring av 8-modesyklusen ISO 8178-C1. Den vannemulgerede dieselen er i rapporten beskrevet for "Hvit Diesel".

Referansetest 1, veid verdi for NOx	7.13 g/kWh
Referansetest 2, veid verdi for NOx	7.10 g/kWh
"Hvit Diesel" veid verdi for NOx	6,69 g/kWh

Veide verdier at det spesifikke utslippet av NOx er ca. 6 % lavere for "Hvit Diesel" sammenlignet med referansedrivstoffet.

Referansetest 1, veid verdi for CO	0,55 g/kWh
Referansetest 2, veid verdi for CO	0,57 g/kWh
"Hvit Diesel" veid verdi for CO	0,49 g/kWh

Veid verdi for spesifikt utslipp av CO viser 0,07g/kWh lavere utslipp for målinger der motoren ble kjørt med "Hvit Diesel".

Referansetest 1, veid verdi for THC	0,30 g/kWh
Referansetest 2, veid verdi for THC	0,29 g/kWh
”Hvit Diesel” veid verdi for THC	0,30 g/kWh

Det er ikke registrert noen signifikant endring i utslippet av THC ved bruk av ”Hvit Diesel”.

Det ble foretatt partikkelmålinger under kjøring av mode 6 (75 % last ved 1150 rpm

Referansetest 1, måleverdi for mode 6	0,082 g/kWh
Referansetest 2, måleverdi for mode 6	0,084 g/kWh
”Hvit Diesel” måleverdi for mode 6	0,057 g/kWh

Partikkelmassen i eksosen er ca 30 % lavere for kjøring med ”Hvit Diesel” i mode 6.

Forbrenningstrykkene er tilnærmet identiske for kjøring med og uten vann i brennstoffet.

Giæver, T. og Øvstedal, L. (2004): *Undersøkelse omkring bruk av piggdekk og piggfrie dekk vinteren 1993/1994. Notat N-822/94. SINTEF Samferdselsteknikk.*

Rapporten oppsummerer en undersøkelse omkring bruk av piggdekk og piggfrie dekk vinteren 1993/1994. Undersøkelsen tar opp tema som miljøhensyn, sikkerhet og hvor fornøyd brukerne er med vedlikeholdet på hovedveiene.

Horvli, I. (2004): *Piggdekk og svevestøv i Trondheim – testing av asfaltdekker i trøgerkammer. Fortrolig. SINTEF rapport STF22 A04330. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.*

Det er utviklet en metodikk for å male den støvgenererende evnen til ulike dekketyper i laboratoriet: Øyeblikksmålinger av PM10 i Trøgerkammer etter faste tidsintervaller

kan gi et relativt mål for støvgenererende evne (sammenlikning mellom rekkeresepser).

Metoden som nå er brukt for innsamling av støv i filter kan ikke benyttes til kvantitativ vurdering av støvproduksjon. Støvprøvene er imidlertid representative for kvalitativ analyse av mineralsammensetning.

De utvalgte dekkene fra Trondheim genererer ikke mer støv enn dekkene fra Oslo. Novachipdekket med tilslag av jaspis på Omkjøringsvegen i Trondheim gir signifikant lavere støvgenerering ved testing i Trøgerkammer enn de andre utvalgte dekketyperne fra Trondheim og Oslo. Det er ikke påvist noen korrelasjon mellom støvgenerering i Trøgerkammer og vekttafet/bortslitt masse under testingen.

Det bør gjøres videre analyser for å undersøke en eventuell sammenheng mellom tilslagets slitestyrke uttrykt ved mølleverdi og støvgenererende evne. Det bør gjøres videre undersøkelser for å påvise sammenhengen mellom støvgenerering i laboratorium og felt.

Jokstad, C. I. og Ruth, A. (2004): *Measurements of Ultrafine Particle Pollution in Elgeseter gate, Trondheim*. TIØ 4725 HMS fordypning, 9th semester. Faculty of social science and technology management. NTNU.

In this study, the ultrafine particle number in Elgeseter gate in central Trondheim, Norway, was monitored. Measurements were conducted in the period 20 September to 28 November 2004. The results obtained were analyzed and it was found that the particle level varied with the traffic intensity. Peaks were observed during the weekday rush-hours, and minimum concentrations were found during night time. Differences between weekdays and weekends were also found. The particle number concentration during morning hours of the weekend was significant lower than during the working days. The night-time concentration was higher during the weekends, probably due to increased taxi traffic. Only small variations in the particle size distribution were seen during the day and between weekdays and weekends.

The ultrafine particle number concentration was compared to variations in wind speed, precipitation, temperature and relative humidity. As expected, minimum temperature and wind speed were found to be the two most critical parameters while relative humidity, both outdoor and indoor, showed no correlation.

Measurements of PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂ and NO_x are continuously collected by Trondheim commune and Statens vegvesen. The variations in ultrafine particle number are compared to the variations in these outdoor measurements, and correlations were checked. It was concluded that measurements of PM₁₀ and PM_{2.5} does not necessarily say anything about ultrafine particle level, and that measurements of both particle number and mass is important.

The weeks before and after the snow-tire period (1 November) were compared to detect any effects on the number of ultrafine particles caused by the wear on roads. Elevated particle levels were found, but the size distribution remained unchanged. Since no investigations have been done on the actual number of cars using studded snow-tires, it is not known whether this increase is caused by studded snow-tires or not. Other possible sources are an increase in the usage of vehicles as the weather is getting colder, and increased domestic heating, using wood-burning stoves.

Indication of elevated levels of PM₁₀ after 1 November was also found, suggesting that studded snow tires cause an increased number of coarse particles. Another explanation is that sanding and salting of the roads also increase the coarse particle pollution level.

Comparing ultrafine particles and gaseous pollutants, NO₂ was found to have the strongest correlation with the number of ultrafine particles, despite the fact that earlier studies have found NO to be the best tracer. An explanation for this might be the difference in the measured particle size range, and that earlier studies have not investigated the combination of NO, NO₂ and NO_x.

The overall conclusion was that the number concentration followed the same traffic related pattern during the entire measuring period almost independent of

meteorological conditions, particulate pollution and gaseous pollution. Even though the concentration level was higher in the colder periods, involving the use of studded snow-tires and wood-burning, the diurnal and weekly fluctuations are still the same. Based on the above statements, it was therefore concluded that traffic emissions is the main source of ultrafine particles in Elgeseter gate, and that the traffic pattern affects the concentration level to a much larger extent than any of the other parameters investigated.

Vaa, T. og Giæver, T. (2004): *Vinterfriksjonsprosjektet – Studie på konsekvenser av endret piggdekkbruk. Norsk Trafikksenter 17.-19. februar 2003. SINTEF rapport STF22 F04323 (Statens vegvesen, Intern rapport nr. 2369, Teknologivdelingen). SINTEF Bygg og miljøteknikk, Samferdsel.*

Målesttingen med Vinterfriksjonsprosjektet har vært å finne frem til hvilke friksjonstiltak og metoder som bør benyttes under gitte forhold (hensyn tatt til stedlige, trafikkmessige og klimatiske forhold). Prosjektet omfatter alle former for friksjonsforbedrende tiltak, og målsettingen har vært å se ulike tiltak i sammenheng. Dvs. at en behandler både salting, sanding og brøyting/høvling.

Friksjon er en nøkkelparameter i vurderinger om effekter av tiltak, og det er i den sammenheng viktig også å ha kunnskaper om andre ting som påvirker friksjonsforholdene.

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra et forsøk hvor det er sett på hvordan andelen piggdekk påvirker føreutviklingen både når det gjelder friksjon og sporslitasje. Bedre kjennskap til hvordan ulike dekk sammensetninger virker inn på føretilstanden er viktig blant annet for å vurdere behovet for strøtiltak på vegnettet og som informasjon til trafikantene. Ut fra forsøkene som ble gjennomført på lukket bane er det tydelig at høy piggdekkandel vil kunne gi bedre friksjonsforhold enn lavere piggdekkandeler. Forsøksbetingelsene var imidlertid ikke ideelle med isdekke og lav temperatur. Trolig vil piggdekkandelen ha langt større betydning på snøføre enn isføre,

samt med høyere temperatur. Med utgangspunkt i de vær- og føreforholdene en hadde under forsøkene vil det derfor være aktuelt å supplere med ytterligere studier.

Furuset, L. M. (2005): Svevestøv og støvnedfall fra norske pukkverk. Status og generelle årstidsvariasjoner. Helserisiko og årsaks-sammenheng. Hovedoppgaven. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Geofag og petroleumsteknologi. NTNU.

Sand- og støvflukt fra pukkverk har i løpet av de siste årene fått økt oppmerksomhet. Dette skyldes delvis en ny forskrift fra Miljøverndepartementet hvor kravene til støvutslipp er skjerpet. I tillegg har økt fokus i media bidratt til å sette problemet på dagsorden, og man har på bakgrunn av dette satt i gang målinger av støvflukt fra en rekke pukkverk i Norge.

Selv om støvnedfall i stor grad er irriterende for naboer som bor i nærheten av pukkverk, er det svevestøvet som utgjør den reelle helserisikoen. Måling av svevestøv er imidlertid relativt ressurskrevende i forhold til måling av støvnedfall, derfor vil det å finne sammenheng mellom disse være gunstig. En lignende modell er utarbeidet på bakgrunn av målinger utført i Elgeseter gate i Trondheim. Høsten 2002 ble det foretatt parallellmålinger av svevestøv og støvnedfall ved tre pukkverk. På bakgrunn av resultatene fra disse måleseriene kan følgende konklusjoner trekkes:

- Parallellmålinger tyder på at det eksisterer en sammenheng mellom svevestøv og støvnedfall.
- Modellen fra Elgeseter gate ser ikke ut til å kunne benyttes for støvnedfallsmålinger. Dette skyldes antakelig at sammensetningen av støvet er noe forskjellig i de to tilfellene.

Resultatene fra måling av svevestøvkonsentrasjoner viser dessuten at:

- Svevestøvkonsentrasjonen i de fleste tilfeller ligger under den nye forskriften om lokal luftkvalitet.
- Konsentrasjonen av støvnedfall i de fleste tilfeller kan karakteriseres som lavt til moderat. Bare i noen få tilfeller har man meget høy konsentrasjon av støvnedfall.

- Konsentrasjonen av både svevestøv og støvnedfall synker betraktelig i perioder hvor det ikke foregår produksjon.

I løpet av perioden 2000-2004 ble det igangsatt måling av støvnedfall ved en rekke pukkverk, både på Østlandet og på Vestlandet. Fire av pukkverkene på Østlandet samt to av pukkverkene på Vestlandet er presentert i denne oppgaven. Her så man at:

- Målepunktene som ligger nærmest pukkverkene har betydelig mer støvnedfall.
- Støvnedfallet minker når man beveger seg kun et lite stykke bort fra selve anlegget.
- Den mineralske andelen av støvnedfallet jevnt over er lavt i de målepunktene som er representative i forhold til naboer.

Som et supplement til oppgaven er det utført målinger av svevestøv, støvnedfall og arbeidsmiljø ved et stort pukkverk på Vestlandet. Resultatene fra dette pukkverket viser at:

- Arbeidsmiljøet er tilfredsstillende dersom vi antar at støvet har et kvartsinnhold på mindre enn 15 %.
- Svevestøvkonsentrasjonen ligger under grenseverdien på 50 ug/m³.
- Det er lavt støvnedfall ved nærmeste større boligfelt, mens det til tider er moderat til høyt ved nærmeste nabo i sør og i selve produksjonsområdet.

Myran, T. og Buvik, H. (2005): *Airborne Dust and Particle Cleaning in Urban Road Tunnels in Norway*. IRF 15.th, International Road Federations, World Meeting. Bangkok, juni 2005.

Norway's road network has become more and more dependent on tunnels. The challenge of planning and construction road tunnels in urban areas implies environmentally friendly approach. Particle cleaning of the air in long and heavy traffic tunnels in densely populated areas have been used in Norway for more than ten years. It has been seen as a possible measure, both for improving the visibility in the tunnels and for reducing the discharge to the air both inside and outside the tunnels. Three different types of layout system for particle cleaning equipment have been used

in Norway. The paper discusses the experience and status for the particle cleaning technology since the opening of the sub-sea Oslo Tunnel in 1998. In general there is no principal difference whether using a particle cleaning system in ordinary or sub-sea road tunnels.

Ruth, A. and Jokstad, C. I. (2005): *Traffic as a source of indoor particle pollution*. Master thesis. Faculty of social science and technology management, Department of industrial economics and technology management. NTNU.

This thesis is based on research made during the fall 2004 and spring 2005. The main objective of this thesis was to measure the indoor number concentration of sub micrometer particles in an uninhabited apartment, located in central Trondheim, Norway. The chosen apartment was situated in close proximity to Elgeseter gate, which is one of the roads in Trondheim with the highest traffic volumes.

The main background for this report is the numerous studies indicating that particle pollution is damaging to human health. Based on these findings, European, and hence Norwegian, legislation have introduced limit values for the mass concentrations of particles with a diameter smaller than 10 μm . However, recent research has shown that smaller particles, especially those smaller than 0.1 μm may be more hazardous to the human health. Due to the small size of these particles, their contribution to mass concentrations is small. It has therefore been suggested that the particle number concentration would be a more appropriate measure, as this will emphasize the contribution of these sub micrometer particles.

Sakshaug, K. (2005): *Utvikling i ulykker i vintermånedene november-april 1988-2004. Trondheim sammenlignet med Trøndelag for øvrig. Notat Sintef bygg og miljø. Veg og samferdsel. SINTEF.*

I perioden 1994-1997 fram til 1998-2001 har det altså skjedd en nedgang i antall ulykker i månedene november-april i Trondheim. Etter dette har det vært en viss økning. I Trøndelag for øvrig har antallet siden 1994-97 vært forholdsvis stabilt, når en ser på et glidende gjennomsnitt.

I Trondheim har det siden 1994-97 vært en kontinuerlig nedgang i ulykker på vinterføre om vinteren. Dette gjelder både antallsmessig, og om en ser på andel av ulykkene som skjer på denne type føre. Dette innebærer at det i første rekke er ulykker på bar veg som har vist en økning i de siste årene. I Trøndelag for øvrig har antall ulykker på vinterføre (både andelen og antallet), vært forholdsvis kontant.

Det er nærliggende å tro at den økte vintervedlikeholdsinnnsatsen er en viktig årsak til utviklingen i antall ulykker på vinterføre i Trondheim. Forskning viser at risikoen på vinterføre er nærmere det dobbelte av den på bar veg. Slik skulle derfor den økte innsatsen ha bidratt til at det skjer færre ulykker om vinteren enn det ellers ville ha gjort.

En usikkerhetsfaktor i dette er overgangen til piggfrie dekk i Trondheim. Dersom dette har medført at folk kjører mindre når det er glatt veg (lar bilen stå), vil også en effekt som beskrevet ovenfor kunne oppstå. Tall fra Oslo tyder imidlertid på at dette skjer i svært liten grad.

Andelen biler som kjører med piggfrie vinterdekk i Trondheim er omtrent den samme som for biler innblandet i ulykker på glatt føre. Dette indikerer at risikoen på glatt føre er omtrent den samme for kjøring med piggfrie dekk som med piggdekk.

For mer sikkert å kunne forklare ulykkesutviklingen i Trondheim om vinteren, kreves en mer omfattende utredning. Blant annet må en ha kontroll med om det har skjedd endringer i trafikkfordelingen mellom sommer og vinter. En bør også se på om det har

skjedd endringer i ulykkesbildet med hensyn på hvor ulykkene skjer (sammenholdt med hvor vedlikeholdsinnsatsen er økt) og hvilke typer som skjer (uhellskode, alvorlighetsgrad). En må også ta forbehold om at vintrene ellers i Trøndelag klimamessig sett har vært representative for vintrene i Trondheim. Uansett synes det som om større bruk av piggfrie dekk, kombinert med et oppgradert vintervedlikehold, og med de vintrene vi har hatt i de senere år, i hvert fall ikke har gitt flere ulykker i Trondheim.

Eik-Nes, B., Krog, K., Smalø, S. og Pedersen, P. U. (2006): Svevestøv i Trondheim. Ekspert i Team – Miljø og nyskapning for bærekraftig utvikling. NTNU.

Trondheim har gjennom flere år hatt høye svevestøvverdier. Kommunen har flere ganger oversteget grenseverdiene for svevestøv. Dette har ført til at de har utarbeidet flere rapporter og gjennomført tiltak for å bedre situasjonen. Rapporten tar først for seg hva svevestøv består av. Deretter tar oppgaven for seg tiltakene og hvordan de har fungert. Måledataene presentert her er tatt fra målestasjonen i Elgeseter gate. Måledataene indikerer en viss nedgang i svevestøvkonsentrasjonene. Videre ser rapporten på de helsemessige konsekvensene knyttet til svevestøv. Selv om ulike forsøk viser at svevestøv gir en negativ helseeffekt, vil sannsynligvis friske mennesker ikke utvikle sykdom, men oppleve plager ved de konsentrasjonene man normalt utsettes for i Trondheim. I tillegg finnes det også en kort innføring i teorier og et eksempel på en godt gjennomført kampanje (røykekampanjen). Trondheim har laget noe informasjonsmateriell om svevestøvproblematikken. Disse gir mye informasjon om et område, for eksempel bruken av piggdekk. I den forbindelse er det laget et forslag til en folder som gir en enkel innføring i problematikken rundt svevestøv og presentere tre enkle tiltak hver enkelt kan gjøre.

Horvli, I., Værnes, E., Mork, H. og Lerfald, B. O. (2006): *SIV – Spor i veg. Forsøksfelt på E6 ved Klett*. SINTEF rapport SBF22 A06001. SINTEF Byggforsk AS, Veg- og jernbaneteknikk. SINTEF.

I 1987 opprettet Statens vegvesen Sør-Trøndelag en forsøksstrekning med asfaltdekker og betongdekke på E6 ved Klett. I ettertid er det lagt fire generasjoner med asfaltdekker på strekningen, og det høyfaste betongdekket er frest en gang i løpet av denne perioden. Ved siste generasjon dekkelegging høsten 2001 ble betongdekket overlatt med asfalt.

Denne rapporten gir oversikt over forsøksfeltene som ble etablert i 2001, og dokumenterer sporutvikling på grunn av slitasje og deformasjon i tillegg til friksjonsoppfølging. Det er etablert fire nye felt som omfatter to asfaltresepter og fire ulike steinmaterialer. I tillegg inngår et felt fra forrige generasjon som referanse.

Feltforsøkene inngår som en del av prosjektet Steinkvalitet og sporutvikling i vegdekker, SIV, der resultatene fra forsøksstrekninger i fire fylker (Nordland, Sør-Trøndelag, Hedmark og vestfold) inngår for å evaluere dagens krav til steinmaterialer og fastlegge nye kriterier ved proporsjonering av asfaltdekker.

Prosjektet SIV er organisert og styrt av Statens vegvesen under Steinmaterialkomiteen, og har i tillegg til Statens vegvesen deltakelse fra NGU, NTNU, SINTEF, PGL, KOLLO Veidekke, Feiring Bruk A/S, Franzefoss Bruk A/S, NCC Roads

Hustad, J. E., Weber, T. og Flatberg, H. (2006): *Måling av utslipp fra ildsteder med ny etterbrenner installert*. Rapport nr. 2006:002. Institutt for energi og prosessteknikk. NTNU.

Trondheim kommune har etablert et pilotprosjekt hvor 100 etterbrennere er installert i eksisterende ildsteder for å se på erfaringer med denne teknologien med tanke på å redusere utslipp av partikler til luft. Som en del av dette prosjektet har NTNU- Institutt

for energi og prosessteknikk- utført målinger av partikkelutslipp i laboratoriet og ute i felt. Til sammen 10 ovner er testet. Resultatene viser en betydelig reduksjon av partikkelutslipp spesielt på enkelte typer av ovner. Reduksjoner varierende fra 7 % til 80 % er målt. I tillegg til reduksjon av partikler, har målingene vist betydelig reduksjon av utslipp av karbon monoksid (CO). Det er tradisjonelle boksovner med etterbrenner som gir de beste resultatene (73 % reduksjon), mens etterbrenner installert i frittstående peisovner gir noe mindre reduksjon (53 %). Koksovner med etterbrenner gir en reduksjon av partikkelutslipp på 43 %. Resultatene fra peisovnene og koksovnene kan ytterligere forbedres ved endring av utformingen av etterbrenner. Det anbefales at etterbrenner installeres i eldre ildsteder som en kostnadseffektiv metode for å redusere partikkelutslipp.

Ottesen, M. E. (2006): Svevestøv i Trondheim – kilder og tiltak. Magnesiumklorid som støvdempende tiltak i Trondheim – vurdering av effekten på svevestøvfraksjonene PM10, PM2,5-10 og PM2,5. Hovedfagsoppgave. Institutt for geologi og bergteknikk. NTNU.

Svevestøv PM10 er et miljø- og helseproblem om vinteren i Trondheim, særlig i perioder med tørt, kaldt vær. Forurensningsforskriften stiller krav til lokal luftkvalitet og grenseverdien for PM10 overskrides vinterstid. Det er mye fokus på svevestøv i Trondheim, men det er fortsatt uenighet om kildene til støvet.

Hovedoppgaven har tre delmål, det første er å sammenstille data om kilder til svevestøv i Trondheim for å vurdere hva som er de viktigste kildene. Det andre delmålet var å vurdere mulige tiltak mot svevestøv i Trondheim. Det tredje målet var å vurdere effekten av påføring av magnesiumklorid på hovedvegene i Trondheim i forhold til svevestøvnivåer for fraksjonene PM10, PM2,5-10 og PM2,5.

Det er vedfyring som står for hovedutslipp av svevestøv PM10 i Trondheim, etterfulgt av utslipp fra industri og bergverk. Støvproduksjonen fra vegtrafikk er den tredje største produsenten av svevestøv. Selv om vedfyring er hovedkilden til svevestøv, er det svevestøv fra piggdekkslitasje av vegdekket som dominerer luften vi puster inn på

kalde tørre dager. Utslippene fra vedfyring skjer over hustakene og vil fortynnes og transporteres med vinden. Svevestøv fra vedfyring alene fører ikke til svevestøvkonsentrasjoner som overskrider grenseverdien for PM10. Støv fra pukkverk kan gi lokale overskridelser i ubebodde områder. Svevestøv fra slitasje av vegdekket kan gi betydelig overskridelse av grenseverdien i tett befolkede områder langs hovedvegnettet. De viktigste tiltakene for å redusere svevestøvnivåene i Trondheim er å redusere slitasjen av vegdekket. Tiltak som å øke andelen piggfribilister og å legge slitesterke asfaltdekker vil redusere mengden svevestøv. På Omkjøringsvegen i Trondheim er det lagt asfalt med jaspis som tilslagsmateriale og denne asfaltresepten gir ca 20 % mindre svevestøv enn mylonittdekket som er lagt i Elgeseter gate i Trondheim. Indikasjoner tyder på at både grov- og fintilslaget i asfalten bidrar til svevestøv. Kornfordelingen av svevestøvet bør kartlegges for ulike tilslagsmaterialer før asfaltresepten bestemmes, og det bør stilles krav til både grov- og fintilslag i forhold til støvproduserende egenskaper.

Salting med magnesiumklorid sammen med renhold av vegene har god effekt på svevestøvnivåene i Trondheim. Resultatene viser at det er 99,9 % sannsynlig at feiing og påføring av magnesiumklorid på Elgeseter fører til redusert svevestøvnivåer. Dette gjelder både for PM10 og PM2,5. For fraksjonene PM2,5-10 er det 99 % sannsynlig at støvkonsentrasjonene reduseres etter utlegging av magnesiumklorid. Resultatene av undersøkelsen viser at det ikke er signifikante verdier på at magnesiumklorid har effekt på svevestøvkonsentrasjonene målt ved Teknostallen og Bakke kirke. På Rosendal ble det ved hjelp av grafer observert en nedgang i støvnivåene, men denne nedgangen er ikke statistisk signifikant på grunn av for få prøver i datasettet.

Målestasjonen på Elgeseter måler gjennomgående høyere svevestøvkonsentrasjoner enn målestasjonene på Rosendal, Bakke kirke og Teknostallen før tiltak for å redusere svevestøvet er satt i verk. Elgeseter gate er den mest trafikkerte gaten med ÅDT på ca 30 000, mens Innherredsveien har en ÅDT på ca 18 500 ved Bakke kirke og 18 000 på Rosendal. Elgeseter gate har også en høyere andel tungtrafikk enn Innherredsveien. En høyere ÅDT, og høyere andel tungtrafikk fører til økt slitasje av vegdekket og økt oppvirvling av støvdeponi. Magnesiumklorid virker mest støvdempende der det er høye svevestøvkonsentrasjoner før støvdempende tiltak er iverksatt.

I 2005 ble det registrert 43 døgn med PM10 konsentrasjoner høyere enn 50 ug/m³ på Elgeseter til tross for tiltak med rengjøring og salting med MgCl₂. De andre målestasjonene registrerte støvkonsentrasjoner som ligger under Forurensningsforskriftens krav til luftkvalitet. Det er ikke tilstrekkelig å ha rengjøring/salting som eneste tiltak for å redusere støvnivåene på Elgeseter.

Bergen kommune

Bergen kommune (2004): Handlingsplan mot lokal luftforurensing i Bergen. Vedtatt av Bergen bystyre 13. september 2004.

Bergen Bystyre behandlet 24.06.2002 statusrapporten ”Luftkvalitet i Bergen 1994 – 2001”. Det ble da vedtatt at det skal utarbeides en samlet handlingsplan for bedre luftkvalitet i Bergen. Byrådet vedtok oppstart av arbeidet 20.11.02.

Dersom dagens forurensningsnivå holder seg i 2004, vil det være nødvendig å gjennomføre tiltaksutredning i henhold til Forurensningslovens nye krav. Det er i første rekke Bergensdalen som er utsatt. Bergen kommune er per i dag ikke pålagt å iverksette tiltak etter forskriften. Det er imidlertid store positive helseeffekter ved å gå lenger enn forskriftens krav.

Ved oppstart av arbeidet med handlingsplanen ble det vedtatt at nasjonale mål for luftkvalitet skal legges til grunn for arbeidet med å redusere luftforurensningen i Bergen. Nasjonale mål er satt av regjeringen og er det forurensningsnivå det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppnå. Dette vil kreve gjennomføring av flere tiltak. Biltrafikken og vedfyring bidrar mest til lokal luftforurensning i Bergen. Biltrafikken er dominerende utslippskilde for nitrogenoksid. Private husholdninger gjennom vedfyring og biltrafikk bidrar om lag like mye til svevestøvkonsentrasjonene.

Det er flere utviklingstrekk som har positiv effekt på byluften i Bergen. Dette gjelder i første rekke skjerpede krav til utslipp fra kjøretøyer og krav om rentbrennende vedovner fra 1998. Økt bruk av piggfrie dekk har også vært viktig for en positiv virkning. Naturgassdrevne busser og utbygging av fjernvarmenettet har hatt en positiv effekt, om enn i begrenset grad. Bybane gir mulighet til å dempe biltrafikken i utsatte områder ved at det etableres et attraktivt transportalternativ med god kapasitet.

Bedre luftkvalitet og framtidige konsentrasjoner som tilfredsstillende vedtatte mål, vil kreve tiltak fra flere aktører. I tillegg til de tiltak som Bergen kommune har til

rådighet, er det også viktig med tiltak på nasjonalt nivå. Dette gjelder bl.a virkemidler rettet mot utslipp fra skip i havn, hjemmelsgrunnlag for lokale tiltak og ulike tiltak innen transportpolitikken.

Ny forskrift til Forurensningsloven ble fastsatt 4. oktober 2002. Grenseverdiene er skjerpet i den nye forskriften og flere stoffer blir nå regulert. Det er også gitt ny fordeling av myndighet og ansvar ved at kommunene har overtatt det ansvaret fylkesmannen hadde etter forrige forskrift.

Dette innebærer at Bergen kommune har fått hovedansvaret for å følge opp forskriften overfor forurenserne, øvrige myndigheter og allmennheten. Ansvarer innebærer også å sørge for måling, beregning og tiltaksutredning med bidrag fra eiere av forurensende anlegg. Typiske forurensende anlegg som vil kunne falle inn under den nye forskriften er veier, transportterminaler som havneanlegg, kaianlegg, bussterminaler og lignende, samt industribedrifter og fyringsanlegg.

For å nå de mål som er satt for luftkvaliteten i Bergen behandler handlingsplanen følgende innsatsområder:

1. Veitrafikk
2. Vedfyring og alternative energikilder
3. Piggdekk
4. Skipstrafikk
5. Strakstiltak
6. Overvåking, varsling og informasjonstiltak

Mange av tiltakene i handlingsplanen henger sammen og det er den samlede effekt av flere tiltak som vil gi størst effekt. Flere av tiltakene griper inn i andre politikkområder. Ved iverksetting av tiltak er det derfor viktig å avklare eventuelle målkonflikter slik at tiltak mot luftforurensning sees i sammenheng med andre effekter.

Handlingsplan mot lokal luftforurensing i Bergen, vedtatt av Bergen bystyre 13. september 2004

1	VEGTRAFIKK	
1.1	Kollektivtiltak, tids-differensierte kompenger og parkering	Det gjennomføres en samlet vurdering av miljøeffektene ved bruk av tidsdifferensierte kompengesatser og reduserte parkeringsplasser når kbybanen og et kapasitetssterkt og attraktivt kollektivtilbud er etablert.
1.2	Kollektivtransport	Utvikle bedre framkommelighet for kollektivtransporten bl.a gjennom egne kollektivfelt
1.3	Miljøsoner	Det opprettes miljøsoner i aktuelle områder. Geografisk avgrensning og innhold avklares i samarbeid med næringsliv og lokale aktører. Statlige støtteordninger til miljøsoner- etablering utbygges.
1.4	Miljøteknologi	Bergen kommune skal arbeide for å fremme ny miljøvennlig drivstoffteknologi, f.eks innenfor naturgass og hydrogen. Det tas initiativ overfor myndighetene for å få en hurtig overgang til miljøvennlig diesel.
1.5	El-biler og andre "nullutslipps-kjøretøyer"	<ul style="list-style-type: none"> • flere ladestasjoner etableres • Bergen kommune vil gå foran som et godt eksempel ved å kjøpe inn elbiler til bruk i daglig drift • vurdere bruk av hydrogen når dette er allment tilgjengelig
1.6	Differensiert parkeringspolitikk	Det settes maksimumskrav til parkeringsplasser der kollektivtilbudet er godt. Maksimumskravet settes slik at det motiverer for bruk av kollektivtransport og bruk av gang og sykkel. Frikjøp vurderes i de samme områdene.
1.7	Individ- og bedriftsrettede adferdstiltak (Mobility Management)	Bergen kommune tar initiativ, i samarbeid med bedrifter og foretak, til å sette i verk tiltak for å få flere ansatte til å reise miljøvennlig til og fra arbeid og ved tjenestereiser.
1.8	Park & Ride	Bergen kommune skal fremme "Park & Ride" som en del av tilretteleggingen for bruk av kollektivtransport.
2	VEDFYRING	
2.1	Renere ovner	Utsiftingen av ovner i Bergensdalen kartlegges og følges nøye. Det settes i gang tiltak for å øke utskiftingstakten av gamle ovner.
2.2	Holdningskampanje	Informasjon om vedfyring i utvalgte byområder
3	PIGGDEKK	
3.1	Piggfriandel	<ul style="list-style-type: none"> • Årlige undersøkelser og statistikk over piggdekkandelen følges opp • Tiltak utredes og iverksettes for å nå målet om 80 prosent, avgifter vurderes • Muligheter og effekter av å nå 90-95 prosent piggfriandel utredes.
4	HAVN	
4.1	Bruk av landstrøm	Det arbeides videre med mulige løsninger for å etablere landstrømtilknytninger for skip ved kai. Det bør vurderes hvordan et slikt tiltak skal finansieres
4.2	Miljøkrav til skip	Bergen kommune tar via Bergen og Omland Havn initiativ til å sette miljøkrav til skip som trafikkerer norske havner.
5	AKUTTILTAK	
5.1	Varsling	Fortsette dagens varsling om høy forurensning noen dager i forveien slik at utsatte grupper kan ta sine forholdsregler
5.2	Informasjonstiltak	Oppfordring til å kjøre kollektivt, gå eller sykle, sitte på med naboen eller jobbe hjemme på dager med høy forurensning. Dette gjøres i kombinasjon med varsling
5.3	Forbud mot kjøring av biler uten katalysator	Det tas initiativ overfor sentrale myndighetene for å få lovhjemmel for å iverksette forbud mot forurensende kjøretøy.
5.4	Parkeringsrestriksjoner	Stenging av offentlige parkeringsplasser på dager med særlig høy forurensning utredes.
5.5	Stengning av gater	Det gjøres en vurdering av hvilke effekter og konsekvenser stengning av gater med størst luftforurensning vil gi.
6.	OVERVÅKING, VARSLING OG INFORMASJONSTILTAK	
6.1	Egen faggruppe	Det opprettes en egen kompetansegruppe med ansvar for å samle informasjon og overvåke luftkvaliteten i Bergen og presentere utviklingsbrekk som grunnlag for vurdering av tiltak

Oslo kommune

Oslo kommune og Statens forurensningstilsyn. (1987): *Ytterligere reduksjon av luftforurensningen i Oslo. Forslag til tiltak som vil føre til et sunnere og triveligere bymiljø.* Hovedrapport fra samarbeidsprosjekt mellom Oslo kommune og SFT.

Oslo kommune og SFT har i fellesskap utredet hvilke tiltak som mest kostnadseffektivt vil redusere luftforurensningen i Oslo.

Dersom det ikke settes i verk tiltak utover de som til nå er vedtatt, vil luftforurensningen i år 2000 føre til at:

- 150-200 000 personer vil bo eller oppholde seg i områder med luftforurensning over anbefalte grenseverdier for luftkvalitet
- 250-300 000 personer vil være plaget av lukt og nedsmussing

I disse anslagene er effekten av avgasskrav til nye bensinbiler fra 1989 (katalysator) innberegnet.

Nyttevirksomheter og kostnader er beregnet for i alt 38 tiltak. Det foreslås å iverksette 20 av disse tiltakene. Dette vil gi bedre luftkvalitet og andre positive virkninger (år 2000):

- Helse- og trivselsvirkningene av luftforurensningen vil totalt sett bli redusert med ca 90 %. Størst betydning for luftforurensningen i Oslo har de allerede vedtatte avgasskravene til nye bensinbiler. Av de tiltakene som nå foreslås er det strengere avgasskrav til dieselmotorer og ulike tiltak overfor oljefyring som betyr mest. Risikoen for at luftforurensning skal bidra til lungekreft blir mer enn halvert.
- Det kan ventes 300 færre trafikkulykker med personskade og 5000 færre ulykker med materiellskade.
- 40-50 000 personer færre blir plaget av støy.

De samfunnsøkonomiske innsparinger (sparte bensinutgifter, færre trafikkulykker, mindre støyulemper, reduserte bilkostnader, redusert reisetid, mindre korrosjon) er større enn det tiltakene vil koste samfunnet å gjennomføre.

- Den samfunnsøkonomiske gevinsten er beregnet til ca 600 mill kr per år.

Gjennomføringen av den foreslåtte tiltakspakken vil gi større inntekter enn utgifter på offentlige budsjetter.

Andersen, O. (1998): Svevestøv fra persontransport i Oslo. En beregning av mengder og kostnader. Rapport 14/98. Oslo kommune.

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 (um). Det øvrige svevestøvet – med diameter større enn 10 m m – antas ikke å ha særlig helsemessig betydning (fordi de større partiklene ikke er inhalerbare). Partiklene med diameter mindre enn 10 um har betegnelsen PM10. Denne delen av svevestøvet deles igjen i to fraksjoner: grovfraksjon (diameter mellom 2,5 og 10 um) og finfraksjon (diameter mindre enn 2,5 um). Finfraksjonen har betegnelsen PM2,5. 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 PM10 (d.v.s. partikler mindre enn 10 um)
- Utslipp av PM2,5 (d.v.s. partikler mindre enn 2,5 um. PM2,5 utgjør en del av PM10)

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:

1. Eksos fra forbrenning av drivstoff. Partiklene i eksos er svært små, ca 0,1 – 0,2 um. 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 PM10 i eksos fra persontransporten i 1996 var 133 tonn. PM2,5 utgjorde 127 tonn av dette utslippet. 73 % av utslippet av PM10 og 75 % av utslippet av PM2,5 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 PM10 og PM2,5 i eksos fram til år 2016. Teknologit utvikling i samspill med stadig strengere krav til utslipp av fra kjøretøyer vil bidra til denne utviklingen.
2. 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 PM10. 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 PM10 fra slitasje av veidekke fra persontransport i 1996 var 179 tonn. PM2,5 utgjorde 89 tonn av dette utslippet. 93 % av utslippet av PM10 og PM2,5 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 PM10 og PM2,5 i eksos fram til år 2016. En reduksjon i bruken av piggdekk til 20 % av personbilparken i 2016 er hovedårsaken til denne utviklingen.

3. 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 PM10 fra slitasje av bildekk brukt i persontransport i 1996 var 116 tonn. PM2,5 utgjorde 93 tonn av dette utslippet. 93 % av utslippet av PM10 og PM2,5 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 PM10 og PM2,5 fra slitasje av dekk. For personbil- og kollektivscenariet forventes en økning på henholdsvis 42 % og 21 % i utslippet av PM10 fra slitasje av dekk.
4. Slitasje av bremses. Bremseklosser- 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 PM10 fra slitasje av bremsebånd i persontransport i 1996 var 55 tonn. Av dette utgjorde PM2,5 44 tonn. 90 % av utslippet av PM10 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 PM10 og PM2,5 fra slitasje av bremses fram til år 2016. For bærekraftscenariet forventes en reduksjon på henholdsvis 34 % og 48 % i utslippet av PM10 og PM2,5 fra slitasje av bremses.
5. Finknusing og oppvirvling. Partikler med diameter større enn 10 µm bidrar også til utslipp av PM10 og PM2,5. Dette skjer ved at de større partiklene som er deponert i veibanen knuses om og om igjen ved at biler kjører over dem. Veistøvet finmales til stadig mindre partikler, som virvles 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 PM10 og PM2,5 som knuses og virvles 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 PM10. Av dette var 39 tonn PM2,5. 94 % av dette utslippet av PM10 og PM2,5 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 %.

Hunnes, O. K. og Hantho, G. (1998): *Overvåkning, varsling av luftforurensninger og akuttiltak mot luftforurensninger i Oslo. Rapport 45/98. Miljø- og næringsmildeletaten, Oslo kommune.*

Målenettverket tilgjengelig for daglig overvåkning av luftforurensninger utvides sannsynligvis til vinteren 1998/99.

Varslinger av forurensning vinteren 1997/98 hadde om lag den samme treffprosenten som de to tidligere vintrene. Det er nå, på grunn av revidering av varslingsgrenser, imidlertid nesten bare nivået av svevestøv (PM₁₀) som avgjør hva som skal varsles. Vinteren 1996/97 var det i motsetning til dette nesten bare NO₂ som hadde betydning for varslingen.

En rekke akutt tiltak bør kunne iverksettes hvis luftforurensningen på enkelte dager blir ekstremt høy. Tiltakene må imidlertid differensieres etter hvilke forurensningskilder tiltakene reduserer og hvilke forurensningskilder som antas å dominere på den enkelte dag med forventet meget høy luftforurensning.

Oslo kommune (1998): *Helseskadelig luftforurensning i Oslo – En vurdering av akutt-tiltak for vinteren 1998/99 og 1999/2000.* Byrådsavdeling for miljø og samferdsel, Oslo kommune.

Luftforurensningen fra svevestøv (PM10) og nitrogendioksid (NO₂) i Oslo utgjør et helseproblem for utsatte grupper deler av vintersesongen. Veitrafikken og ved- og oljefyring er hovedkildene.

I denne rapporten vurderes ulike akutt-tiltak som kan settes inn for å redusere luftforurensningsnivåene på dager med særlig høy luftforurensning. De mest effektive tiltakene som vurderes innebærer restriksjoner i biltrafikken og forbud mot vedfyring. Disse akutt-tiltakene kan først gjennomføres for vinteren 1998/99 eventuelt 1999/2000, fordi de krever videre dialog mellom Oslo kommune og staten for avklaring av hjemmelsgrunnlag og samarbeid med tanke på planlegging og gjennomføring.

Andre mindre omfattende tiltak som informasjon og holdningstiltak med signaleffekt kan gjennomføres på kortere sikt.

Oslo kommune og Statens vegvesen Region øst (2004): *Luftkvalitet i Oslo. Tiltaksutredning med forslag til handlingspakker.* Helse- og velferdsetaten, Oslo kommune. Statens vegvesen Region øst.

Hvorfor tiltaksutredning?

Utredningen er et svar på krav i forurensningsforskriftens bestemmelser om lokal luftkvalitet som ble vedtatt 4.10.2002. Forskriften stiller krav til luftkvaliteten for all utendørsluft, dvs. både ved boliger, næringslokaler og på offentlig oppholdsområder som gågater, fortau, parker mm. Forskriftens krav gjelder ikke inne i tunneler, industriområder eller innendørs.

Hensikten med å forskriftsfeste grenseverdier for luftkvalitet er å redusere risikoen for helseskader i befolkningen. Det er den totale belastningen av luftforurensning som har betydning. Det vil si at det er viktig å redusere både korttids eksponering for høye verdier (timer til noen få døgn) og lang tids eksponering (måneder og år). Det er derfor gitt krav med forskjellige midlingstider

Frist for overholdelse av grenseverdiene for svevestøv (PM10), SO₂ og CO er 1. januar 2005, og for nitrogenoksider (NO₂ /NO_x) og benzen er fristen 1. januar 2010. Grenseverdien for Pb skal overholdes fra 4. okt 2002. I tillegg er det krav om å gjennomføre målinger av bakkenær ozon (O₃) og å informere og varsle befolkningen hvis konsentrasjonene er over angitte nivåer.

Denne utredningen omhandler først og fremst tiltak og forslag til handlingspakker for å redusere PM10- og NO₂-forurensningen.

Krav til svevestøv (PM10) er døgnmiddel på 50 µg /m³ (som kan overskrides inntil 35 døgn) og årsmiddel på 40µg/m³. Disse kravene skal tilfredsstilles fra 1.1.2005. Krav til nitrogendioksid (NO₂) er timemiddel på 200 µg/m³ (som kan overskrides inntil 18 timer) og årsmiddel på 40 µg/m³. Disse kravene skal være tilfredsstilt innen 1.1.2010.

Hvem har ansvaret?

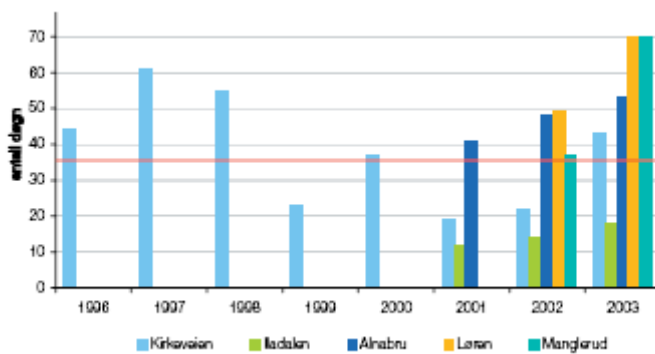
Oslo kommune ved byråd for miljø- og samferdsel har ansvaret for oppfølging av bestemmelsene i forurensningsforskriften. Statens vegvesen har som eier av store deler av hovedveinettet et selvstendig ansvar for oppfølging av forskriften.

Tiltaksutredning med forslag til handlingspakker for lokal luftkvalitet er utarbeidet i et samarbeid mellom Oslo kommune og Statens Vegvesen, Region Øst.

Hvordan er luftkvaliteten?

Kombinasjonen av Oslos topografi, meteorologiske forhold, konsentrert bebyggelse, trafikkbelastning og betydelig bruk av vedfyring medfører høye konsentrasjoner av luftforurensning. Forurensningsnivåene er spesielt høye på tørre og vindstille dager i perioden november til april, men også gjennomsnittet i løpet av året er høyere enn ønskelig.

Måledata viser at grenseverdier for PM10 og NO2 er overskredet ved flere målestasjoner i de siste 3-4 årene. Det er spesielt overskridelsene som er målt på Løren, Alna og Manglerud som ligger til grunn for at det utredes og forslås gjennomført tiltak.



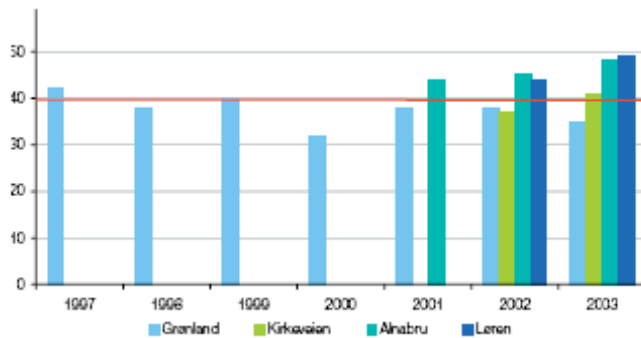
PM10-målinger i Oslo. Antall overskridelser av grenseverdien for døgnmiddel av PM10 i årene fra 1996 til 2003. Rød strek angir antall tillatte overskridelser i følge forskriftens krav for 2005. Kilde: Helse- og velferdsetaten, Samferdselsetaten og Statens vegvesen.

Hva er helserisikoen?

Dårlig luftkvalitet er et av de største miljøproblemene i de største byene i Norge, og reduserer helse og velferd for mange mennesker. Spesielt er dette et problem i en konsentrert by som Oslo. Tidligere beregninger utført av SSB og SFT indikerer at omfanget av helseskader på grunn av forringet lokal luftkvalitet kan være betydelig for nivåer som opptrer i Oslo.

En rekke internasjonale studier, bla. i regi av WHO, har dokumentert og tallfestet sammenhengene mellom luftforurensning og omfanget av helseskader. Studiene viser blant annet at PM10 har større betydning enn NO2 med hensyn til de alvorligste helseskadene.

Helseskadene kan være forverrede astmaplager, forkjølelse, hoste, kronisk bronkitt, belastning for blant annet hjerte kar syke som i verste fall kan medføre for tidlig død (tap av leveår). Risikoen for helseskader vil for en samlet befolkning være betydelig redusert hvis forurensningen holdes på nivåer som er lavere enn grenseverdiene, sammenlignet med en situasjon med overskridelser av grenseverdien. Det kan likevel være enkelte som også ved lavere nivåer vil oppleve ubehag og helsevirkninger.



NO₂-målinger i Oslo. Årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ for årene 1997 til 2003. Rød strek angir grenseverdien i følge forskriftens krav for 2010. Kilde: Helse- og velferdsetaten, Samferdselsetaten og Statens vegvesen.

Hvilke utslippskilder bidrar til forurensningsnivåene?

De ulike kildenes bidrag varierer avhengig av hvor man befinner seg i byen og hvilken forurensningskomponent man vurderer.

Generelt kan vi slå fast at vedfyring og veitrafikk er hovedkildene til overskridelsene av PM₁₀ grenseverdiene.

Med hensyn på PM₁₀ bidrar også vedfyring mye i kalde perioder, mens veitrafikken bidrar gjennom større deler av vinterhalvåret. Veitrafikk bidrar både med forbrenningsutslipp (eksos), og dannelse og oppvirvling av veistøv. Veistøv dominerer som kilde om våren når veiene tørker opp etter snøsmelting, og støvdepoet i veibanen virvles opp.

De 35 døgnene som har høyest konsentrasjon av PM₁₀ vil bestå av noen døgn der vedfyring er den dominerende kilden, andre der trafikken er dominerende og noen der begge kilder bidrar. Ser man forurensningsbelastningen gjennom et helt år og betrakter også døgn med lavere konsentrasjoner så er veitrafikken den dominerende kilden.

Med hensyn på NO₂ er veitrafikk (eksos) helt dominerende som lokal utslippskilde. Mer enn 90 prosent av konsentrasjonene i de 18 timene med overskridelser av timemiddel skyldes veitrafikkens NO_x-utslipp.

Årsmiddelet av NO₂ påvirkes i større grad av langtransportert bakkenær ozon og omlag 1/2 parten av konsentrasjonene kan skyldes denne tilførselen.

Meteorologiske forhold spiller en stor rolle for konsentrasjonsnivåene. Noen år kan det være lengre perioder med inversjon, dvs. perioder med lite vind og et ”temperatur lokk” som holder på forurensningen, mens det andre år nesten ikke forekommer slike perioder. Det er derfor store variasjoner fra år til år med hensyn til antall timer og døgn med overskridelser av grenseverdiene, selv om utslippene er tilnærmet like store.

Hvor mange er berørt av overskridelser?

For å vurdere hvor mange som bor i områder hvor grenseverdiene overskrides er det anvendt en beregningsmodell for luftkvalitet. Beregninger er mer usikre enn målinger men er et viktig hjelpemiddel for å vurdere omfanget av forurensningen, hvilke utslippskilder som bidrar til problemet og hvordan tiltak vil kunne bedre forholdene.

Det er en betydelig geografisk utbredelse av høye forurensningsnivåer i Oslo. Mellom 90.000 og 100.000 mennesker bor i områder med overskridelser av NO₂ årsmiddelverdien, ca 300 der det er overskridelser av NO₂ timemiddel og ca 2.000 der det er overskridelse av PM₁₀ døgnmiddelverdien.

Antall personer som eksponeres ved transport, ved utendørsopphold i parker, fortau og gågater og ved arbeidsplasser er ikke beregnet. Denne andelen er høy i Oslo med en stor andel arbeidspendlere og andre tilreisende. Befolkningseksponeringen er derfor betydelig underestimert.

Det er nødvendig med mange nye tiltak!

Beregning av utvikling framover til 2005 og 2010 viser at det vil være nødvendig å gjennomføre en rekke tiltak for at luftkvaliteten skal komme ned mot eller under grenseverdiene.

I årene fram til 2010 vil det skje en kontinuerlig teknologiforbedring og de enkelte kjøretøyene gir lavere utslipp. Det vil også bli ferdigstilt flere nye tunneler og veistreknings i hovedveinettet. Eksempler på dette er tunnelene på strekningen Økern-Sinsen og Bjørvika-Sørenga. Dette virker i retning av forbedring av forurensningssituasjonen.

Imidlertid forventes det en fortsatt sterk vekst i trafikkvolumet som virker i motsatt retning, dvs. en forverring av forurensningssituasjonen. Trafikkveksten er anslått til ca 10 prosent for Oslo som helhet, men helt opp mot 40 prosent i enkelte områder.

Samlet effekt på luftkvaliteten av disse endringene, dvs. uten at det gjennomføres nye tiltak, er at det fremdeles i 2010 vil være overskridelser av grenseverdiene både for PM10 og NO2.

Miljøpolitikk fastlagt i overordnede planer

Oslos miljøpolitikk er konkretisert i Byøkologisk program. Nasjonal transportplan legger føringer for statens samferdselspolitikk. Gjennomføring av denne politikken har stor betydning for utviklingen i luftkvaliteten. Foreslåtte strategier og tiltak i disse planene og programmene vil kunne bidra til å bedre luftkvaliteten.

Forslag til klima og energihandlingspakke for Osloregionen inneholder forslag til tiltak som også vil gi bedret lokal luftkvalitet. Denne utredningen har tidligere vært på høring og bør ses i sammenheng med forslag til handlingspakker for lokal luftkvalitet.

Forslag til handlingspakke for redusert svevestøv - PM10 - i 2005

Det er kort tid fram til 2005 som er fristen for å overholde PM10 grenseverdiene. Dette krever rask oppstart og gjennomføring av tiltak. Forslaget til handlingspakke inneholder tiltak som spesifikt er rettet mot å redusere PM10-konsentrasjonene. Noen tiltak vil også gi virkning på NO2-utslippet, men kravet her inntreffer ikke før i 2010.

Beregninger indikerer at effekten av tiltakene 1, 2, 3 og 8 i pakken ikke er tilstrekkelig til å overholde grenseverdien for PM10 døgnmiddel i løpet av 2005. Effekten av de øvrige tiltakene som er foreslått i handlingspakken har det ikke vært mulig å beregne,

dvs. tiltakene 4, 5, 6 og 7. Disse tiltakene vil først gi viktig bidrag til å redusere forurensningen i årene etter 2005. Det er likevel viktig å starte opp med også disse tiltakene så raskt som mulig.

Omfanget av overskridelsene og befolkningseksponeringen blir redusert med mer enn 80 prosent som følge av de beregnede tiltakene. Ved boligene vil antall eksponerte reduseres fra ca 2.000 personer til anslagsvis 300 til 400 personer.

Forslag til handlingspakke 2005 – PM10-pakken *)

Veitrafikk

1 Oppnå 80 prosent piggfriandel for å redusere dannelse av veistøv. Virkemiddel: Piggdekkavgift og kontroll

2 Rengjøre og fukte veibanen og veiskulder med MgCl for å redusere oppvirvling av veistøv, spesielt i tørre perioder og på deler av hovedveiene. Virkemiddel: Avsette driftsmidler (SVRø og SAM).

3 Redusere reelle hastigheter på deler av hovedveiene for å redusere oppvirvling av veistøv. Virkemiddel: Endre skiltet hastighet fra 90/80/70 og ned til 60 km/t med oppfølging, gjennom informasjon og kontroll.

4 Forsert innfasing av drivstoff med lavt svovelinnhold (<10 ppm) for å redusere avgassutslipp av PM10 Virkemiddel: Avgiftslette i forhold til ordinære kvaliteter

5 Bidra til å begrense trafikkveksten ved mobilitetsplanlegging i næringslivet og offentlig sektor. Vikemiddel: Avsette midler og utvide samarbeidsprosjekter (eks. SMART eller lignende) og utvide informasjonsarbeidet

6 Bidra til å bedre kjørevaner for redusere utslipp fra det enkelte kjøretøy. Virkemiddel: Avsette midler til og organisere opplæring i øko-kjøring og informasjonskampanjer.

7 Sikre god driftsoppfølging av renseanlegg og luftesjakter, eventuelt etablere nye, for å redusere utslipp av PM10 og NO2 fra byens tunneler. Virkemiddel: Avsette driftsmidler

Vedfyring

8 Fremskynde overgang til rentbrennende vedovner, montering av pipehatter med rensing eller overgang til annet brensel for å redusere utslippet fra vedfyring. Virkemiddel: Videreføre og målrette tilskuddsordning og informasjonskampanje.

*) Nummereringen er ikke et uttrykk for noen prioritering av tiltakene.

For å overholde forskriftens krav 100 prosent må svært sterke økonomiske virkemidler tas i bruk. Det vil uansett være begrenset hva som er praktisk og politiske mulig å gjennomføre innen 2005. Beregningene viser imidlertid at det er mulig å oppnå tilfredsstillende nivå i løpet av få år under forutsetning av rask oppstart av flere av de foreslåtte tiltakene, og løpende evaluering og tilpasning etter behov.

Forslag til handlingspakke for å redusere svevestøv og nitrogendioksid innen 2010

Forslag til handlingspakke for 2010 inneholder en videreføring og økt effekt av alle 2005-tiltakene med unntak av tiltak 2, rengjøring og fuktig av veibanen. Effekten av andre tiltak medfører at dette tiltaket trolig blir overflødig, men situasjonen bør vurderes fortløpende. Tiltak 2 er raskt å iverksette om nødvendig.

Av nye forslag i denne pakken er blant annet tiltak og virkemidler for å begrense trafikkveksten (ATP-tiltak) og tiltak innrettet mot spesielle problempunkter (hot-spots). Noen av de foreslåtte tiltakene og virkemidlene vil først gi bidrag til bedret luftkvalitet i årene etter 2010, men vil være viktige for å forhindre at forurensningsnivåene øker.

Beregning av effekten av 2010-pakken (kun tiltakene 1, 2, 3, 4 og 9) indikerer at grenseverdiene vil bli overholdt for PM10 døgn- og årsmiddel og for NO2 timemiddel. Handlingspakken synes imidlertid ikke å være tilstrekkelig til at grenseverdien for NO2-årsmiddel blir overholdt langs de mest trafikkerte veiene. De gjenværende problemområdene vil i stor grad begrense seg til tunnelmunninger og høytrafikkerte strekninger med dårlig luftutskiftning. Overskridelsene kan likevel i stor grad tilskrives bidragene fra langtransportert bakkenær ozon fra Europa. En ytterligere reduksjon av NO2 konsentrasjonen forutsetter derfor internasjonale tiltak og tilligger i henhold til forskriften (og EU-direktiv) ikke lokale myndigheters ansvar.

Forslaget til handlingspakke inneholder også tiltakene 5, 6, 7, 8 og 10. Effekten av disse har det ikke vært mulig å beregne. Tiltakene 5, 6 og 7 er en videreføring fra 2005-pakken. Hvis det legges vekt på at også disse gjennomføres vil det være noe større sannsynlighet for at grense-verdiene kan overholdes også i årene etter 2010.

Det er beregnet at befolkningseksposeringen ved boliger blir redusert med mer enn 98 prosent. Ingen vil være utsatt for overskridelser av PM10 døgnmiddel, PM10 årsmiddel eller NO2-timemiddel. Eksposeringen for NO2-årsmiddel reduseres fra ca 90.000 personer til mellom 800 og 1.000 personer.

Måloppnåelse i forhold til grenseverdiene er i stor grad avhengig av at trafikkveksten kan begrenses. Det er mange usikkerhetsfaktorer knyttet til fremtidig areal- og transportutviklingen i hovedstadsområdet. Trafikkberegningene viser at det er nødvendig med trafikantbetaling for å dempe veksten i biltrafikken og overføre en større andel av persontransporten til kollektive transportmidler. Det er omfattende politiske prosesser knyttet til gjennomføring av disse tiltakene og virkemidlene, og effekten vil derfor henge sammen med utfallet av disse.

Nytte og kostnader

Bedret luftkvalitet vil gi betydelig nyttevirkning i form av reduksjon i helseskader i befolkningen. Prissetting av slike effekter er svært usikkert og det er ikke foretatt en økonomisk kvantifisering i denne utredningen. Det er imidlertid i forarbeidene til forskriften beregnet at det vil være betydelig samfunnsøkonomisk gevinster ved å overholde grenseverdiene.

Flere av tiltakene vil ha effekter ut over det primære som er å redusere nivået av PM10 eller NO₂. Slike indirekte virkninger (eksterne virkninger) kan være negative og dermed representere en ekstra kostnad, eller positive og medføre en nytteøkning. Dette er inkludert i vurderingen av tiltakenes samlede kostnad.

For å overholde forskriftens krav 100 prosent må svært sterke økonomiske virkemidler tas i bruk. Det vil uansett være begrenset hva som er praktisk og politiske mulig å gjennomføre innen 2005. Beregningene viser imidlertid at det er mulig å oppnå tilfredsstillende nivå i løpet av få år under forutsetning av rask oppstart av flere av de foreslåtte tiltakene, og løpende evaluering og tilpasning etter behov.

Forslagene til handlingspakker innebærer både ekstra investerings- og driftskostnader og vil belaste både statlige og kommunale budsjetter.

Det er ikke foreslått noen nye finansieringsordninger knyttet til handlingspakkene. Det vises til ordinære budsjettprosesser, og arbeidene knyttet til Oslopakke 2 og 3, samt den omfattende prosessen knyttet til oppfølging av Nasjonal transportplan.

Veitrafikk

- 1 Oppnå 90 % piggfriandel for å redusere dannelse av svevstøv fra asfaltslitasje. Virkemiddel: Videreføring av piggdekkavgift (videreføring fra 2005-pakken).
- 2 Redusere reelle hastigheter på deler av hovedveiene for å redusere oppvirvling av veistøv. Virkemiddel: Endre skiltet hastighet fra 90/80/70 og ned til 60 km/t med oppfølging gjennom informasjon og kontroll.
- 3 Begrense trafikkveksten i henhold til strategi for areal- og transportplanlegging (ATP) i Oslo- og Akershus. Virkemiddel: Trafikantbetaling, utbygging og drift av kollektivtilbudet, konsentrert arealutvikling, bedre forhold for sykkel/gang (se Byutredningen, Oslopakke 3 og handlingsprogram for nasjonal transportplan).
- 4 Redusere utslipp fra tyngre kjøretøy og busser (>3,5 tonn). Virkemiddel: Stille strenge utslippskrav til det enkelte kjøretøy og full innfasing av drivstoff med lavt svovelinnhold (<10 ppm) i hht. EU-direktiv.
- 5 Bidra til å begrense trafikkveksten ved mobilitetsplanlegging i næringslivet og offentlig sektor. Virkemiddel: Avsette midler og utvide samarbeidsprosjekter som SMART-prosjektet (eller lignende) og utvide informasjonsarbeidet (videreføring fra 2005-pakken).
- 6 Bidra til å bedre kjørevaner for redusere utslipp fra det enkelte kjøretøy. Virkemiddel: Avsette midler til å organisere opplæring i øko-kjøring og informasjonskampanjer (videreføring fra 2005-pakken).
- 7 Sikre god driftsoppfølging av renselanlegg og luftesjakter, eventuelt å etablere nye, for å redusere utslipp av PM10 og NO2 fra byens tunneler. Virkemiddel: Avsette driftsmidler (SVRØ) (videreføring fra 2005-pakken).
- 8 Redusere antall problempunkter (hot spots) ved bygging av tunneler/kulvert med utlufting/rensing. Virkemiddel: Strekninger med dårlig luftkvalitet prioriteres i nasjonal transportplan og oppstart av planlegging/prosjektering.

Vedfyring

- 9 Utskiftning av gamle ovner til rentbrennende ovner, montere pipehatter med rensing eller velge annet brensel for å redusere utslippet fra vedfyring. (jf. 2005). Virkemiddel: Tilskuddsordning og informasjonskampanje. (videreføre fra 2005 pakken).

Skip/havn

- 10 Reduksjon av utslipp fra skip i havn ved Filipstad.

*) Nummereringen er ikke et uttrykk for noen prioritering av tiltakene.

Kan kravene tilfredstilles på kort sikt?

Måloppnåelsen vil være avhengig av hvor fort det er praktisk og politisk mulig å gjennomføre de foreslåtte tiltak. Effekten av tiltakene vil være avhengig av at folk tilpasser seg endringene og respekterer de begrensninger de medfører. God informasjon vil være avgjørende for å oppnå forståelse for tiltakene og effekt av disse.

Det kan være flere tiltak som ikke er vurdert i denne utredningen, som kan gi bidrag til bedre luftkvalitet. Det er derfor en viktig oppgave å evaluere, vurdere og utvikle ny kunnskap på området.

Informasjons- og opplæringstiltak for å endre den enkeltes transportvaner krever systematisk oppfølging, men kan gi gode effekter. Erfaringer fra flere større og mindre byer i utlandet viser dette.

Større veginvesteringer som nye tunneler eller renseanlegg vil forutsette en prosess gjennom nasjonal transportplan (NTP) og tar erfaringsmessig lang tid.

Bedre kvalitet, slitestyrke, på asfalt/veidekke er et tiltak som ikke er trukket inn i analysen eller forslag til handlingspakke. Årsaken er dels det at innenfor rammen av prosjektet ikke har vært mulig å dokumentere status på veidekkene i Oslo og dels at kunnskapen på området er liten. Vi ser ikke bort fra at dette på enkelte strekninger kan være et virkningsfullt tiltak. Det bør arbeides videre med forskning og utvikling på dette området.

I byområder med tett arealbruk og høy transportbelastning, viser det seg at det er en stor utfordring å tilfredsstille forskriftens krav. Spesielt er det vanskelig langs enkelte høytrafikkerte strekninger, ved kryss og ved tunnelmunninger. Oslo har i mange år hatt et overordnet mål om å føre mesteparten av trafikken over på hovedveinettet slik at flest mulig boligområder skjermes. Det er derfor viktig at det ikke plasseres nye boligområder på arealer i nærhet til hovedveiene. Det er en utfordring å ta større hensyn til miljøkvalitetene og sikre tilstrekkelig buffersoner mellom hovedveinettet og ny boligbebyggelse.

Etablering av buffersoner langs deler av hovedveiene, problemstrekningene, er ikke foreslått som tiltak i handlingspakkene. Tiltaket må ses på som en siste ”nødløsning” der hvor det er spesielle hot-spots som det ikke synes mulig å løse på annen måte. I disse sonene skal man da avstå fra utbygging og innløse eksisterende bolig-eiendommer. Området skal da heller ikke tilrettelegges som offentlig utendørs oppholdsområde (turvei/sykkelsti eller lignende).

Arbeidsgruppens vurdering på bakgrunn av utredningens resultater, er at kravet til PM10-årsmiddelkonsentrasjon vil bli tilfredsstilt i 2005. Det vil trolig ikke være mulig å tilfredstille kravet til PM10-døgnmiddel i løpet av 2005. Men hvis arbeidet med gjennomføring av forslag til handlingspakke starter opp raskt (umiddelbart), er det sannsynlig at kravet vil bli tilfredsstilt i løpet av to til tre år. Det krever både rask oppstart og tett oppfølging i årene som kommer.

På lenger sikt, fram til 2010, er det arbeidsgruppens vurdering at PM10-kravene fortsatt vil kunne overholdes, men også at kravet til NO2 timemiddel vil bli tilfredsstilt. Det synes å være tilstrekkelig tid til å iverksette og følge opp den foreslåtte handlingspakken eller andre tiltak med tilsvarende virkning.

Kravet til NO2 årsmiddel vil imidlertid bare være mulig å tilfredstille i 2010 hvis det i tillegg til lokale tiltak, også oppnås tilstrekkelige utslippsreduksjoner internasjonalt. Tilførselen av forurenset luft over landegrensene spiller en vesentlig rolle for måloppnåelse av dette kravet.

Lützenkirchen, S. og Lutnæs, G. (2004): *Luftkvaliteten i Oslo - Status 2004*. Helse- og velferdsetaten, Oslo kommune.

Grenseverdiene i forskrift om lokal luftkvalitet er overskredet i sterkt trafikkerte områder av byen. Dette gjelder spesielt for svevestøv. Det vil ikke være mulig å oppnå målene for svevestøv innen målåret 2005 uten tiltak som reduksjon av piggdekkbruk, tiltak mot oppvirvling av støv fra veikanter, redusert forurensning fra vedfyring og bedret motorteknologi. Generelt vil også økt satsing på miljøvennlig kollektivtransport fremme luftkvaliteten. Situasjonen for NO2 er noe bedre, og man vil ha lenger tid til å iverksette tiltak hvis utviklingen viser at dette er nødvendig. Det er igangsatt arbeid med en tiltaksutredning i henhold til krav i forskriften.

Nasjonale mål for lokal luftkvalitet overskrides i store deler av byen. Disse er noe strengere, men også mer langsiktige, enn forskriftens krav. Det anbefales derfor at nasjonale mål legges til grunn i plansammenheng.

Konsentrasjonen av svevestøv ble redusert i perioden 1998-2001, men har i de siste årene økt noe på alle målestasjoner. Dette har trolig en sammenheng med både værforhold og økt bruk av piggdekk etter at piggdekkgebyret ble fjernet våren 2001. Piggdekkgebyr gjeninnføres fra 1. november 2004.

Årsmiddel av nitrogendioksid (NO₂) har i stor grad vært uendret de siste syv årene. Dette til tross for nedgang i NO_x-utslippet som en følge av forbedret motorteknologi. En kontinuerlig økende trafikk i Oslo, samt tilført ozon fra Europa, har foreløpig medført at konsentrasjonene ikke har gått ned i takt med utslippene. Dette kan igjen medføre at vi, for NO₂, også i framtida vil ha et forurensingsproblem nær dagens nivå.

Maksimalverdiene av NO₂ og svevestøv har vært høye i 2003 sammenlignet med tidligere år. De svært høye maksimalkonsentrasjonene er trolig ikke uttrykk for et økt forurensningsnivå, men er i hovedsak forårsaket av spesielle meteorologiske forhold. Det er imidlertid utslippene som må reduseres for at lignende konsentrasjoner skal unngås i framtida.

Myrtveit, I. og Lützenkirchen, S. (2005): *Luftkvaliteten i Oslo - Status 2005*. Helse- og velferdsetaten, Oslo kommune.

Forurensningsforskriftens del 3 om lokal luftkvalitet setter en rekke grenseverdier til luftkvaliteten. Grenseverdien for svevestøv (PM₁₀) og nitrogendioksid (NO₂) overskrides i Oslo og det har derfor blitt utarbeidet en tiltaksutredning med forslag til handlingspakker. Flere av tiltakene som er foreslått er allerede blitt iverksatt. Dette gjelder først og fremst piggdekkgebyr, salting og feiing med magnesiumklorid og tilskudd til utskifting av gamle vedovner. Det har også blitt utført en forsøksordning med nedsatt hastighet på en av innfartsårene til Oslo (Rv4).

Alle disse tiltakene har hatt en positiv effekt på luftkvaliteten, men likevel er grenseverdien for svevestøv allerede overskredet ved Løren og Manglerud hittil i 2005. Flere stasjoner kan få overskridelser innen året er omme.

De tiltak som har blitt gjennomført til nå, og i det omfang de til nå har blitt gjennomført, er derfor ikke tilstrekkelig til at grenseverdiene overholdes. Samtidig er det en helsemessig gevinst i å få redusert forurensningsnivået ytterligere utover det som tillates i henhold til grenseverdiene.

Tromsø kommune

Statens vegvesen (2005): *Tiltaksutredning mot svevestøv i Tromsø.* Utarbeidet i samarbeid med Tromsø kommune

Tiltak som reduserer produksjonen av svevestøv:

- Redusert piggdekkandel
- Bruk av vasket strøsand i stedet for uvasket sand.
- Redusert bruk av strøsand, i kombinasjon med salt.
- Redusert trafikkmengde og hastighet

Tiltak som reduserer spredningen av svevestøv:

- Støvbinding
- Redusert trafikkmengde og hastighet
- Økt renhold av vegbanen / Tidligere vårrengjøring

De foreslåtte tiltakene er enten fysiske tiltak på vegnettet eller tiltak rettet mot trafikantene. Disse kan deles inn i kortsiktige tiltak og langsiktige tiltak. De kortsiktige tiltakene vil være innefor eksisterende budsjetter, og kan settes inn og prøves ut allerede kommende vår da det forventes at konsentrasjonene av svevestøv vil overstige grenseverdiene når snøsmeltinga kommer i gang og det blir dager med tørr asfalt og det fortsatt kjøres med vinterdekk. De langsiktige tiltakene krever dels nærmere utredninger og / eller politisk forankring før de kan utprøves og iverksettes.

Kortsiktige tiltak - Fysiske tiltak på vegnettet:

- Nye kriterier for renhold av vegbanen. Både på riks- og fylkesvegnettet, og det kommunale vegnettet har renholdet vært utført av estetiske hensyn. ”Vårrengjøringen” har typisk vært gjort til 17. mai. Tidligere vårrengjøring og fjerning av støvdeponiene langs vegbanen bør gjennomføres.

- Forsøk med støvbinding i perioder hvor overskridelser kan forventes. En kombinasjon av støvbinding ved hjelp av MgCl₂ sammen med kosting/spyling av vegbanen etter modell av ”Trondheimsmetoden” anbefales utprøvd.

Kortsiktige tiltak - Tiltak rettet mot trafikantene:

- Tidligere omlegging fra vinter- til sommerdekk. Tidligere omlegging av dekk vil kunne gi færre døgn med overskridelser av grenseverdiene. Oppfordring til folk om å legge om tidligere enn 1. mai dersom forholdene tilsier det vil bidra til å redusere dekkelitasjen, og produksjonen av svevestøv.
- Kontroll av piggdekkbruk fra 1. mai. Statens vegvesen bør øke kontrollen av piggdekkbruk etter 1. mai med fokus på svevestøv.

Langsiktige tiltak – Fysiske tiltak på vegnettet:

- Avgrensing av ”problemområdet”
 - Mer kunnskap er påkrevd
 - Bedre trafikk tall
 - Etablere flere målestasjoner
 - Etablere PM2.5 måleutstyr i Hansjordnesbukta.
 - Snøprøver som indikator for støvmengde.
- Økt innsats på friksjonforbedrende tiltak på lavtrafikkert vegnett og i kryss. (Forutsetning for økt piggfriandel.)
 - Nye krav til kvaliteten på strøsand. Bruk av vasket sand.
 - Nye metoder for utlegging av strøsand.
 - Bruk av salt som alternativ til sand.
- Nye kriterier for renhold av vegbanen.
 - Tidligere vårrengjøring. Krever investeringer på utstyrssida
- Støvbinding og renhold i perioder hvor det kan forventes overskridelser av PM10.

Trondheim kommune

Berg, T. (1989): *Status for luftforurensninger i Trondheim (1989).* Trondheim kommune, Seksjon for miljørettet helsevern.

Luftforurensninger i Trondheim fra veitrafikk, oppvarming, industri etc. er beregnet. Det er spesielt lagt vekt på CO, NO_x, SO₂ og sot/partikler. Beregningene er foretatt både for dagens nivå og prognoser for år 2000. Oppvarming (SO₂ og sot/partikler) og veitrafikk (CO og NO_x) er de viktigste årsakene til luftforurensningen.

Innefor veitrafikk bidrar bensindrevne personbiler med mesteparten mhp CO, men dieselmotorer bidrar også sterkt mhp NO_x, sot/partikler og SO₂. Dieselmotorernes andel av forurensningene vil forsterkes frem mot år 2000, pga innføring av katalysator på bensindrevne personbiler.

Innenfor oppvarming er elektrisk strøm selvsagt det beste alternativet mhp luftforurensninger. Dersom strøm unntas, er det beregnet at parafin og avfallsforbrenningsanlegg med fjernvarme er best mhp CO, NO_x, SO₂ og sot/partikler.

Rapporten gir også en oversikt over de målinger og beregninger som er foretatt i Trondheim fra 1970 og fram til i dag. Det viktigste bidraget er målestasjonen som drives hos Næringsmiddelkontrollen på Brattøra (NILU-prosjekt).

På 1980-tallet har SO₂ konsentrasjonen vært mellom 10 og 20 ug/m³ og sotkonsentrasjonen mellom 20 og 30 ug/m³. Bly-konsentrasjonen har på 1980-tallet sunket fra ca 0,4 ug/m³ til ca 0,1 ug/m³. NO₂ har bare blitt målt de siste tre vintrene og vært ca 50 ug/m³.

Alle disse resultatene kommer fra målestasjonen på Brattøra, som er lite relevant for sentrum. Resultatene ligger under grenseverdiene for luftkvalitet. Hver vinter blir det imidlertid målt døgnmiddelverdier som overstiger grenseverdiene.

Rapporten inneholder også en momentliste over enkelte tiltak innenfor veitrafikk, oppvarming og andre områder. Det er ikke forsøkt å beregne kvantitativt effekten av de forskjellige tiltakene her.

I det siste kapitlet i hovedrapporten er det gitt en oversikt over helse- og miljørisiko for en del luftforurensningsparametre.

Vedleggene inneholder bl.a.:

- beregning av årlige utslipp fra TT's busser
- beregning av asfaltslitasjen pr år i Trondheim (ca. 7000 tonn)

Berg, T. (1991): *Svevestøvmålinger i Trondheim sentrum. Miljøpakke Trondheim. Innsatsområde 4: Luftforurensning og støy. Trondheim kommune, Seksjon for miljørettet helsevern.*

Støv og skitt fra veitrafikk er et stort miljø- og helseproblem i Trondheim i piggdekkseasonen. Den store asfaltslitasjen er i tillegg et økonomisk problem for veivedlikeholdet. Grenseverdiene for helseeffekt overskrides normalt ved veier med ÅDT>10 000 og tette husfasader dersom veibanene er bar og tørr. Andelen tunge kjøretøyer har en forsterkende effekt på støvplagen. Overskridelser vil mest sannsynlig kunne skje ved alle veier med ÅDT>5 000 under ugunstige forhold. Dagens forhold er helsemessig lite akseptable i piggdekkseasonen mhp svevestøv ved gater med tette fasader og ÅDT>15 000, og uakseptable ved gater med ÅDT>20 000.

Dagens metode og frekvens av gaterenhold i piggdekkseasonen ser ikke ut til å kunne løse svevestøvproblemet. Det bør vurderes å framskaffe midler til et prosjekt som ser nærmere på sammenhengen mellom forskjellig type gaterenhold og svevestøv (nasjonalt problem).

Svevestøvkonsentrasjonen har svært stor sammenheng med piggdekkbruk og vær- og føreforhold. Tørr og bar veibane fører til de høyeste konsentrasjonene. Måleresultatene

fra mai og juni 1990 viser at konsentrasjonene er mye lavere når bilene har sommerdekk, selv ved lange perioder med pent og tørt vær.

For å redusere problemet må flere faktorer vurderes. Den viktigste negative faktoren er selvsagt piggdekk. Redusert bruk av piggdekk og overgang fra stålpigge til miljøpigge vil virke positivt. Veidekketyper (asfalt/betong) og asfaltkvalitet, gaterenhold og trafikkreguleringer vil også ha innvirkning på problemet.

Berg, T. (1991): *Miljøpakke Trondheim. Innsatsområde 4; Luftforurensning og støy. Rapport. Prosjekt: Svevestøvmålinger. Trondheim kommune, Seksjon for miljørettet helsevern.*

Støv og skitt fra vegtrafikk er et stort miljø- og helseproblem i Trondheim i piggdekkseasonen. Den store asfaltslitasjen er i tillegg et økonomisk problem for vegvedlikeholder. Grenseverdiene for helseeffekt overskrides normalt ved veger med ÅDT > 10 000 og tette husfasader dersom vegbanen er bar og tørr. Andelen tunge kjøretøyer har en forsterkende effekt på støvplagen. Overskridelser vil mest sannsynlig kunne skje ved alle veger med ÅDT > 5 000 under ugunstige forhold. Dagens forhold er helsemessig lite akseptable i piggdekkseasonen mhp svevestøv ved gater med tette fasader og ÅDT > 15 000, og uakseptable ved gater med ÅDT > 20 000.

Dagens metode og frekvens av gaterenhold i piggdekkseasonen ser ikke ut til å kunne løse svevestøvproblemet. Det bør vurderes å fremskaffe midler til et prosjekt som ser nærmere på sammenhengen mellom forskjellige typer gaterenhold og svevestøv ved gater med ÅDT > 20 000.

Svevestøv konsentrasjonen har svært stor sammenheng med piggdekkbruk og vær- og føreforhold. Tørr og bar vegbane fører til de høyeste konsentrasjonene. Måleresultatene fra mai og juni 1990 viser at konsentrasjonene er mye lavere når bilene har sommerdekk, selv ved lange perioder med pent og tørt vær.

For å redusere problemet må flere faktorer vurderes. Den viktigste negative faktoren er selvsagt piggdekk. Redusert bruk av piggdekk og overgang fra stålpigger til miljøpigger vil virke positivt. Vegdekketyper (asfalt/betong) og asfaltkvalitet, gaterenhold og trafikkreguleringer vil også ha innvirkning på problemet.

Berg, T. (1991): *Transportplan for Trondheim. Delrapport: Beregning av luftforurensning langs veinettet i Trondheim for årene 1990 og 2005.* Trondheim kommune, Avdeling for helsevern- og sosial omsorg.

I forbindelse med Transportplanen for Trondheim er det foretatt beregninger av maksimale CO- og NO₂-konsentrasjoner som kan oppstå i ettermiddagsrush langs veiene. Beregningene bygger på data fra alle veier i Trondheim med ÅDT større enn 2000 kjøretøyer. I tillegg er det beregnet totale årlige utslipp av CO, NO_x og CO₂ fra veitrafikken.

PC-programmet VLUFT (utviklet av NILU) er benyttet til beregningene. Inngangsdataene er hentet fra PC-programmet VSTOY/VREG. I VREG-kartleggingen er det registrert ca 15000 boenheter. Dette registreringsmaterialet er også benyttet i forurensningsberegningene.

Berg, T. (1993): *Støvmålinger langs Omkjøringsveien vinteren 1992-93.* Rapport nr. TM 93/15. Miljøavdelingens rapporter, Trondheim kommune.

Statens vegvesen og Trondheim kommune har gjennomført støvmålinger to steder med samme trafikkmengde, men ulikt vegdekke; asfalt og betong. Totalt nedfallstøv ble målt til et gjennomsnitt for perioden på hhv 32,7 g/m²*30 døgn ved asfalt og 13,7 g/m²*30 døgn ved betong. Grenseverdi for svært mye støv er satt til 20 g/m²*30 døgn og mye støv er satt til intervallet 10-20 g/m²*30 døgn. Middel svevestøvkonsentrasjon for perioden er målt til ca 50 µg/m³ ved asfalt og ca 60 µg/m³ ved betong. Sammenholdt med resultatene fra totalt støvnedfall og vurdering av stasjonenes

beliggenhet, er det antatt at asfalt produserer mer svevestøv enn betong. De høyeste døgnverdiene ble målt til mellom 300 og 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved begge stasjonene. Grenseverdiene (100-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ble overskredet når vegen var tørr og vind/værforhold var ugunstige (pent vær). Vegrenhold gir økt mengde svevestøv når det utføres i tørt, pent vær. Det antas at det blir bedre resultater dersom renholdet utføres når vegbanen er fuktig.

Berg, T. (1994): *Tiltaksplan mot vegstøv i Trondheim*. Rapport nr. TM 94/08. Miljøavdelingens rapporter, Trondheim kommune.

Piggdekkbruk fører til en årlig asfaltslitasje på nærmere 10 000 tonn hver sesong i Trondheim. Dette gir seg utslag i smuss-, miljø- og helseproblemer for befolkningen. Det er antatt at minst 25 000 personer i Trondheim hver piggdekk sesong utsettes for svevestøvkonsentrasjoner som er høyere enn de anbefalte grenseverdiene. Målinger og beregninger viser at de anbefalte grenseverdiene for svevestøv overskrides langs hovedtrafikkårene ved ugunstige vær- og føreforhold i piggdekk sesongen. I tillegg er det i perioder mange som er plaget av støv fra tørre grusveger. I Trondheim er det ca. 155 km grusveger. Støvplagene kan ha konsekvenser for helsetilstanden for byens befolkning, da flere undersøkelser har vist at spesielt svevestøv kan gi forskjellige helseeffekter.

Det er laget en prosjektoversikt over foreslåtte tiltak, som på kort og lang sikt vil gi en renere by og bedre helsetilstanden i befolkningen. Prosjektene er inndelt i følgende temaer:

Langsiktige tiltak:

- Piggdekkforbud
- Legging av faste eller mindre støvproduserende vegdekker

Kortsiktige tiltak:

- Bedre renhold
- Utvikling av mer slitesterk og mindre støvproduserende vegdekker
- Holdningsskapende informasjonskampanjer for å øke andelen piggfrie kjøretøyer

- Prioriteringsplan for legging av faste eller mindre støvproduserende dekker på grusveger
- Målinger og analyser for å kvantifisere og karakterisere problemet i forhold til helse, miljø og trivsel
- Undersøkelser av eventuell sammenheng mellom luftkvalitet og helseeffekter
- Luftkvalitetsnormene og konsekvenser for Trondheim

Ottesen, R. T. (1994): *Asbest i veistøv i Trondheim. En oppsummering.* Rapport nr. TM 94/01. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.

Trondheimsluften inneholder i perioder av året svært høye konsentrasjoner av svevestøv (inntil 600 µg/m³ i døgnmiddel). Dette har resultert i et samarbeid mellom Trondheim kommune og Statens vegvesen Sør-Trøndelag for å få redusert problemet. Viktige aktiviteter har vært: holdningsskapende arbeid, økt vegrenhold, støvmålinger, undersøkelse av støvets sammensetning, vurdering av helsefare, utvikling av mer slitesterke steinmaterialer og vegdekker, og bruk av vegbetong. Anslagsvis 20 000-25 000 personer i Trondheim kan i perioder av året være utsatt for forstore mengder svevestøv i forhold til anbefalte grenseverdier fra Verdens helseorganisasjon (WHO). En undersøkelse utført av Norfakta på oppdrag fra Adresseavisen viste at 55 % av de spurte hadde vært plaget av, eller følt ubehag på grunn av veistøv/asfaltstøv i Trondheim høsten 1993.

Vassfjell pukkverk er hovedleverandør av tilslagsmateriale til vegdekkene i Trondheim. Pukkverket drives i en metagabbro. Et betydelig innhold av kloritt og epidot kan være viktige faktorer som påvirker støvproduksjonen. Mineralet amfibol utgjør 42-45 % av bergarten og dominerende amfiboltype er aktinolitt. Aktinolitten opptrer i to hovedformer med omtrent like mye av hver (prismatisk og fibrig). Det er påvist asbestfibre av typen aktinolitt i prøver av vegstøv fra Trondheim. Den typiske fibertype er korte (> 5 µm) aktinolittfragmenter. Det er få (< 1000 fiber/m³ luft) asbestiforme fibre, dvs. med lengde/bredde forhold på 20/1 til 100/1 eller høyere. Det er målt fiberkonsentrasjon fra < 1000 til 160 000 fibre/m³ luft.

SINTEF Bergteknikk konkluderer med at innholdet av asbestfibre i svevestøvet er lavt, og uten helsemessig interesse. De lokale miljø- og helse- og vegmyndigheter er mer usikre, og vil be Statens institutt for folkehelse om en vurdering av den eventuelle helsefaren.

Det er ikke påvist høyere forekomst (innsidens) i Trondheim sammenliknet med resten av landet med hensyn til helseskader som kan forårsakes av asbesteksponering.

Statens vegvesen, Sør-Trøndelag og Trondheim kommune (1999): *Bedre byluft i Trondheim. Rapport fra prosjektgruppa.*

Lokal forurensning er et problem for menneskers helse og trivsel i byer og tettsteder. Luftforurensning som helseproblem settes i sammenheng med utslipp av en rekke helseskadelige komponenter, om hver for seg og samlet opptrer slik at de kan forårsake både akutte og kroniske lidelser, særlig i luftveiene. De komponenter det er forsket mest på i forhold til helseeffekter og som synes å ha størst relevans for norske forhold er svevestøv (PM10 og PM2,5) og NO2. De viktigste kildene til luftforurensning i norske byer og tettsteder er utslipp fra biltrafikk, boligoppvarming og industri, hvorav transportsektoren ofte står for det største bidraget.

Målinger og beregninger viser at det i perioder på vinteren er helseskadelig svevestøvforurensning (PM10) i deler av Trondheim. Trondheim sentrum og områdene langs Innherredsvegen fra Bakke bru til Lademoen langs Elgeseter gate har svevestøvkonsentrasjoner i utelufta som langt overskrider det vi kjenner til fra målinger fra andre byer. Målingene tyder på at det har vært en reduksjon i svevestøvnivået de siste årene, men det kan fortsatt oppstå episoder med svært høye konsentrasjoner. Som eksempel ble det målt døgnmiddel på PM10 på nesten 300 µg/ms på Elgeseter i november 1998. Hovedårsaken til problemet skyldes bruk av piggdekk på bare veger.

Bruken av piggfrie dekk har steget fra ca. 10 % vinteren 1995/96 til 33 % sist vinter. De store dekkforhandlerne rapporterte om stort salg av piggfrie dekk sist høst. Men

kun 17 % av personbilene får nye vinterdekk hvert år. Dette svarer til en gjennomsnittlig levetid på vinterdekkene på 6 år. Det er således ingen mulighet ved frivillig overgang til piggfrie dekk etter dagens utskiftingstakt å nå Stortingets forutsetning om 80 % piggfritt i Trondheim innen 1.1.2002.

Prosjektet Bedre Byluft i Trondheim har på mandat fra vegsjefen i Sør-Trøndelag og rådmannen i Trondheim kommune vurdert luftforurensningssituasjonen og foreslått måle- og prognoseopplegg i kommunen. I tillegg lå det i mandatet å utarbeide en tiltaksplan både for akutte forurensningsepisoder og for å bringe beregnede maksimalkonsentrasjoner langs eksisterende vegnett under verdiene gitt i forskriften til Forurensningsloven samt beskrive en aktuell, ansvars- og myndighetsstruktur ved iverksettelse av tiltak. Prosjektgruppa har vurdert følgende tiltak: holdningsskapende arbeid, dokumentere virkning av intensivert/endret renhold og støvdempende tiltak, konsekvensutrede innføring av hastighetsgrensesone, konsekvensutrede innføring av miljøsoner, og innføring av piggdekkavgift.

Berthelsen, B. O. og Berg, T. (2000): *Luftforurensninger i Trondheim 1998-1999; resultater og vurderinger*. Rapport nr. TM 00/04. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.

Rapporten oppsummerer målinger av svevestøv (PM10 og PM2,5), nitrogendioksid, nitrogenmonoksid, svoveldioksid, ozon, benzen og toluen i Trondheim i perioden oktober 1998-september 1999. Rapporten fokuserer også på faktorer som påvirker luftkvaliteten i Trondheim.

Berthelsen, B. O. (2002): *Luftforurensning i Trondheim 2000*. Rapport nr. TM 02/01. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.

Rapporten oppsummerer målinger av svevestøv (PM10 og PM2,5), nitrogendioksid, nitrogenmonoksid, ozon, benzen, toluen, para-xylen og svoveldioksid i Trondheim i år 2000.

Berthelsen, B. O. (2002): *Luftkvalitet i Trondheim 2001*. Rapport nr. TM 02/05. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.

Rapporten oppsummerer målinger av svevestøv (PM10 og PM2,5), nitrogendioksid, nitrogenmonoksid, ozon, benzen, toluen, para-xylen og svoveldioksid i Trondheim i år 2001.

Berthelsen, B. O., Holme, J. og Oftedal, B. (2002): *Akutte sykehusinnleggelseser for lungesykdom og hjerte-/karsykdommer i relasjon til daglige nivåer av luftforurensninger i Trondheim i perioden 1993-2001*. Rapport nr. TM 02/08. Miljøavdelingen, Trondheim kommune.

Generaliserte additive modeller (GAM) ble benyttet for å studere sammenhenger mellom luftkvalitet og helseeffekter i Trondheim. Undersøkelsen baserer seg på konsentrasjoner av svevestøv, PM10 for perioden 1993-2001, og PM2,5, NO, NO₂, O₃, toluen og para-xylen for perioden 1998-2001.

Berthelsen, B. O. (2003): *Bruk av magnesiumklorid som akuttiltak for støvdemping på E6 gjennom Trondheim*. Rapport nr. TM 2003/03. Miljøavdelingens rapporter, Trondheim kommune.

I perioden 20. februar - slutten april 2003 ble det gjennomført forsøk med påføring av magnesiumkloridløsning (MgCl₂-løsning) i vegbanen for om mulig å dempe oppvirvling av svevestøv fra E6 gjennom Trondheim sentrum. Gode resultater fra

dette forsøket innebærer at MgCl₂-løsning vil tas i bruk framover som akuttiltak på dager med mye svevestøv.

Forsøksstrekket var Holtermanns veg fra Bratsbergvegen - Elgeseter gate – Prinsens gate – Olav Trygvasons gate – Innherredsvegen til Thomas von Westens gate, og omfatter hovedinnfartsårene til Trondheim fra sør og øst. Utlegging av magnesiumklorid som lake (ca. 15 vekt-prosent løsning) ble gjennomført hver natt til tirsdag og natt til torsdag dersom det var bare tørre veier og oppholdsvær. Forut for hver utlegging ble vegstrekket grundig feid med maskiner av typen Dulevo 200 og Dulevo 5000. Totalt ble det gjennomført 17 utlegginger med en prislapp på ca. 140 000 kroner. Svevestøvproblem oppstår normalt i perioder med tørt vær og bare, tørre veier. Store deler av forsøksperioden var preget av tørt vær, bare veier og lite vind. Dette ga svært gode muligheter til å prøve ut MgCl₂-løsning som akuttiltak for støvdemping. Forsøkene konkluderer med følgende:

- Legging av MgCl₂-løsning medførte til dels betydelige reduksjoner i nivåene av svevestøv, PM₁₀ (17 % reduksjon i snitt) og grovfraksjonen av PM₁₀, PM_{2,5-10} (24 % reduksjon i snitt) i Elgesetergt.; effekten av MgCl₂-løsningen var imidlertid ikke like god alle dager.
- Denne konklusjonen forutsetter at renhold (feiing) blir foretatt i forkant.
- Effekten av MgCl₂-løsning kan trolig bedres en god del ved å endre på rutinene for når det skal legges MgCl₂-løsning, og hvor konsentrert saltløsning som brukes:
 - Det må tas høyde for en større hyppighet enn to ganger pr. uke.
 - En bør ikke låse seg til faste dager.
 - Dersom ikke legging av magnesiumklorid gir god nok effekt én dag, må det vurderes å legge ut på nytt neste natt. Dette ble gjort ved tre anledninger i dette forsøket med godt resultat. I denne vurderingen må det også tas hensyn til vær- og støvprognoser for neste dag.
 - Tyske forsøk viser at 20 % MgCl₂-løsning gir best støvdempende effekt. Dette bør også utprøves i Trondheim.
- Bruk av MgCl₂-løsning resulterte i anslagsvis 4 færre døgn med overskridelser av kommende grenseverdi for PM₁₀ (maksimum 35 døgn med PM₁₀-konsentrasjoner høyere enn 50 µg/m³ luft gjeldende fra 01.01.2005).

- Legging av MgCl₂-løsning i vegbanen er ikke tilstrekkelig som eneste tiltak for å nå grenseverdien for PM₁₀. Bruk av MgCl₂-løsning vil imidlertid fungere godt som supplerende tiltak for å redusere antall overskridelser med hensyn på PM₁₀, og redusere konsentrasjonene på spesielt støvete dager.
- Nivåene av PM_{2,5} på Rosendal ble noe redusert etter legging av MgCl₂-løsning (11 %), mens reduksjonen var liten på Elgeseter (3 %). Dette kan skyldes at:
 - Feiemaskinene ikke er særlig effektive for PM_{2,5}-partikler (se underpunkt 1 og 2 lenger ned).
 - Andre kilder enn vegslitasje, som fyring og eksos, bidrar til PM_{2,5}-konsentrasjoner i luft. Disse kildene tilfører luftrommet kontinuerlig slike partikler.
 - PM_{2,5} holder seg svevende i lufta i større grad enn større partikler. En mindre andel PM_{2,5}-partikler bindes dermed av MgCl₂-laget i vegbanen.
- Timekonsentrasjonene med hensyn på PM_{2,5} på Elgeseter var lavere på dagtid, men vesentlig høyere på ettermiddag/kveld etter legging av MgCl₂-løsning. Dette kan skyldes flere ting:
 - Magnesiumkloridbelegget klarer ikke holde på de fineste partiklene i like sterk grad som de litt grovere. Dette kan forsterkes av stor trafikk og opptørking av magnesiumkloridlaget.
 - Feiemaskinene er langt mindre effektiv for de fineste enn de litt større støvpartiklene. Dette kan gi en høy andel finpartikler bundet i vegbanen som frigjøres ved stor trafikkbelastning etter at magnesiumkloridbelegget tørker mer opp.
 - Stor trafikkbelastning og opptørking av vegbanen utover ettermiddagen kan danne og frigjøre PM_{2,5}-partikler av magnesiumklorid som så virvles opp.

Berthelsen, B. O. et al. (2005): *Bedre luftkvalitet i Trondheim - Utredning av tiltak og forslag til tiltakspakker for bedre lokal luftkvalitet*. Trondheim kommune, Statens vegvesen Sør-Trøndelag distrikt, Statens vegvesen Region midt.

Resultater fra overvåking av lokal luftkvalitet og beregninger av luftkvaliteten for 2005 og 2010 viser betydelige overskridelser av gjeldende grenseverdi for svevestøv, (PM10) i Trondheim. I henhold til Forurensningsforskriftens kapittel 7 om lokal luftkvalitet, utløser det krav om utredning av tiltak for å oppfylle grenseverdien. Fra og med 1.1.2005 er grenseverdien for døgnverdier med hensyn på PM10 50 mikrogram PM10 pr. m³ luft (µg/m³), og maksimum 35 døgn med verdier over denne grensen årlig. PM10-målinger ved sterkt trafikkert gate (Elgeseter) viste 47 og 49 døgn over grenseverdien i henholdsvis 2003 og 2004. Grovt sett er 7.500 personer utsatt for grenseverdioverskridelser med hensyn på PM10 ut fra bostedsadresse (Kilde: Norsk institutt for luftforskning, NILU).

Beregninger av luftkvaliteten utenfor registrerte boliger viser at problemene i forhold til PM10 er nært knyttet til tett trafikkerte vegstrekninger, og omfatter E6 sør, E6 Omkjøringsvegen, E6 gjennom sentrum, viktige gatestrekninger i Midtbyen, og kortere strekninger i Osloveien og Singsakerringen (Figur 1).



Figur 1. Beregnet omfang av grenseverdi-overskridelser med hensyn på PM10 i Trondheim (i rødt) utenfor registrerte boliger (år 2005). Kilde: Asplan Viak AS.

Omfanget av grenseverdioverskridelser er langt større enn vist i Figur 1, fordi beregningene kun tar hensyn til registrerte boliger og ikke områder/veger ellers. Mest sannsynlig har vi overskridelser med hensyn på PM10 langs hele E6 forbi Trondheim

via Omkjøringsvegen, hele E6 sentrum fram til Rosendal og langs mesteparten av gatenettet i Midtbyen.

Svevestøvnivåene synker ganske raskt med avstand fra veg, men brudd på grenseverdien for PM10 kan forekomme ca. 75 meter unna sterkt trafikkert veg.

Hovedårsaken til de høye svevestøvverdiene i Trondheim er asfaltslitasje på grunn av kjøring med piggdekk på bar asfalt, og oppvirvling av dette vegstøvet. 80-90% av grenseverdioverskridelsene for PM10 i Trondheim skyldes asfaltslitasje; 10-20% skyldes partikkelutslipp fra eksos, fyring og annet. Variasjoner i kildefordelingen skyldes varierende vær- og føreforhold fra år til år.

Tiltak rettet mot reduksjoner i piggdekkslitasje og oppvirvling av vegstøv er derfor helt nødvendig for å nå grenseverdien for PM10.

I perioden februar 2000 – mars 2005 ble døgnkonsentrasjonene av PM10 på Elgeseter (kun vintermålinger) redusert med ca. 35 %. Dette skyldes en betydelig økning i piggfriandelen, fra 37 til ca. 65 % – gebyr for kjøring med piggdekk ble innført høsten 2001 - og iverksetting av renhold/støvdemping med magnesiumkloridløsning på E6 gjennom sentrum. Våre vurderinger tilsier at døgnkonsentrasjonene av PM10 må reduseres med ytterligere ca. 30 % for at Trondheim skal oppfylle grenseverdien.

Målinger ved sterkt trafikkert gate viser så langt at det ikke er nødvendig med tiltak for å redusere nivåene av nitrogendioksid, benzen eller karbonmonoksid i Trondheim.

En rekke tiltak som i større eller mindre grad kan bidra til å redusere PM10-konsentrasjonene i Trondheim og når grenseverdien er utredet og vurdert. Ut fra et sett med kriterier som omfatter dagens belastning med hensyn på PM10, effekten av tiltaket på lokal luftkvalitet, eventuelle effekter på andre forhold som trafikk, støy etc., kost-/nyttevurderinger og gjennomføringsmuligheter, er det kommet fram til 5 tiltakspakker som foreslås gjennomført. Disse er oppsummert i Tabell 1 på neste side.

Iverksetting av tiltak må starte snarest mulig, og senest være fullt gjennomført innen utløpet av 2010. Grunnen til at vi setter dette tidsperspektivet, er at vi trolig ikke når en piggfriandel på 80 % før da; andre foreslåtte tiltak kan være iverksatt før den tid.

Denne utredningen foreslår altså tiltak fordelt på 5 tiltakspakker. Tiltakspakke 1 inkluderer totalt 8 enkelt-tiltak som vi mener er nødvendig for å øke andel piggfritt trafikkarbeid raskt nok til 80 % (forsere økningen i forhold til måloppnåelse om 80 % piggfritt trafikkarbeid i 2010); økt piggfriandel er den viktigste forutsetningene for å redusere svevestøvnivåene i Trondheim i tilstrekkelig grad. 80 % piggfritt trafikkarbeid er videre en forutsetning for at tiltakene i Tiltakspakke 2 og 3 er tilstrekkelige til å oppfylle grenseverdiene i Forurensningsforskriften. Tiltakspakke 2 og Tiltakspakke 3 er i likhet med Tiltakspakke 1 serier av tiltak som vil medføre reduksjoner i produksjon og oppvirvling av svevestøv. Tiltakspakke 2 omfatter tiltak på E6 gjennom sentrum og annet sentrumsvegnett vest for E6 Omkjøringsvegen. Tiltakspakke 3 omfatter geografisk sett E6 på strekningen Sandmoen – Rotvoll via Omkjøringsvegen. Tiltakspakke 4 inkluderer tiltak rettet mot svevesutslipp fra fyring; tiltak som enten allerede er iverksatt eller som ønskes iverksatt innen utløpet av 2006. Tiltakspakke 5 består av to forvaltningsrettede tiltak som vi sikter mot å iverksette i løpet av 2006.

Tabell 1. Foreslåtte tiltak for bedre luftkvalitet og reduksjoner i PM10-problemene i Trondheim kommune. Iverksetting av Tiltakspakke 1 er en nødvendig forutsetning for hver av tiltakspakkene 2 og 3.

Tiltakspakke	Tiltak
Tiltakspakke 1	<p>Heving av piggdekkgebyr for døgn/måned/år til kr. 50/500/2000,-</p> <p>Heving av tilleggsgebyr for kjøring med piggdekk uten oblat fra kr. 750,- til kr. 2000,-</p> <p>Intensivering av piggdekkkontroller</p> <p>Bedring av vinterdriftsstandard på kommunalt vegnett</p> <p>Bedring av vinterdriftsstandard på riksvegnettet i og rundt Trondheim</p> <p>Statlig strategi for holdningsskapende arbeid for økt piggfriandel</p> <p>Bedring av vinterdriftsstandard på kommunalt vegnett i randkommunene</p> <p>Krav om at kommunale kjøretøyer skal kjøre piggfritt (unntak for brøyting, stroing etc.)</p>
Tiltakspakke 2	<p>Renhold/Støvdemping på E6 sentrum, strekningen Sluppen – Rosendal</p> <p>Legging av hardt asfaltdekke med jaspis på E6 sentrum, strekn. Sluppen – Rotvoll</p> <p>Piggdekkforbud fra og med 1. april (unntatt E6 forbi Trondheim og andre riksveger)</p> <p>Kvalitetssikring av strøsand som benyttes på veier, fortau og gang- og sykkelbaner</p>
Tiltakspakke 3	<p>Renhold/Støvdemping på E6, strekningen Sandmoen – Omkjøringsvegen - Rotvoll</p> <p>Legging av hardt asfaltdekke med Jaspis på E6, Sandmoen–Omkjøringsvegen-Rotvoll</p>
Tiltakspakke 4	<p>Informasjonskampanje/Veileder/Nettsted; gode fyringsvaner</p> <p>Installering av etterbrenner i eldre, mer forurensende ildsted</p> <p>Kampanje for utskifting av eldre, mer forurensende ovner</p> <p>Innføring av krav om årlig ettersyn og feiling av større ved- og oljefyrte kjeler</p>
Tiltakspakke 5	<p>Krav om støvdempende tiltak for bygge- og anleggsvirksomhet</p> <p>Krav om nasjonale mål for luftkvalitet, år 2010 som premiss i areal-/transportplanlegging</p>

Meteorologisk institutt

Berge, E., Laupsa, H., Ødegaard, M., Johnsrud, M., Sorteberg, A., Tønnesen, D., Eastwood, S., Bøhler, T., Walker, S. E. og Ødegård, R. (2000): *Utvikling, testing og implementering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet i Trondheim*. Research Report 107. Meteorologisk institutt og NILU.

I denne rapporten presenteres en oversikt over utvikling, testing og implementering av prognosemodellen for meteorologi og luftkvalitet i Trondheim. Modellen skal kjøres operasjonelt i perioden 1 november 2000 til 1 mai 2001, og prognoser vil daglig bli gitt til Sør-Trøndelag Vegkontor og Trondheim kommune. På dager det forventes høye verdier av PM10 skal MM5 (med 1 km oppløsning) startes opp og danne det meteorologiske grunnlaget for AirQUIS. For de øvrige dagene vil meteorologi fra HIRLAM10 (med 10 km oppløsning) anvendes.

Prognosemodellen med MM5 og AirQUIS er testet ut for 27 mars og 7 april 2000 to dager med høye verdier av PM10. Sammenligning med observasjoner viser likhetstrekk med de resultatene som tidligere er funnet for Oslo. MM5 med 1 km oppløsning gir bedre resultater enn 10 km modellen for vindstyrke, vindretning og relativ luftfuktighet. Temperaturen underestimeres både i MM5 og HIRLAM10. Men den døgnlige syklusen i meteorologien er bedre beskrevet i MM5 enn HIRLAM10. Spredningsberegningene fra AirQUIS samsvarer i flere av tilfellene godt med observasjonene både for NO₂ og PM10, men en del avvik sees også, spesielt for PM10. Størst PM10 avvik finnes ved gatestasjonen i Elgeseter gate. AirQUIS-beregningene i dette gaterommet er meget følsomme for endringer i vindretningen fra MM5 og dermed også for hvilken side av veien reseptorpunktet legges.

Berge, E., Walker, S. E., Sorteberg, A., Lenkopane, M., Eastwood, S., Jablonska, H. T. og Ødegaard, M. (2000): *Evaluering av prognosemodell*

for meteorologi og luftkvalitet for 22 vinterdager i Oslo. Research Report 100. Meteorologisk institutt og NILU.

Vegdirektoratet tok høsten 1998 et initiativ for å utvikle en ny prognosemodell for luftkvalitet i byene Oslo, Bergen, Trondheim, Stavanger og Drammen. Bakgrunnen for dette initiativet var et ønske fra myndighetenes side om å bedre det faglige grunnlaget for å sette i verk strakstiltak mot høye verdier av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} vinterstid. Mangelen på tilfredsstillende meteorologisk informasjon for vind, temperatur, vertikal stabilitet og turbulens ble ansett for å være en av de viktigste begrensningene i arbeidet med prognoser for luftkvaliteten i de norske byene. En ny finskala meteorologisk modell MM5 med 1 km horisontal oppløsning er koblet til HIRLAM10 i DNMI's operasjonelle rutiner. Resultatene fra MM5 er anvendt for operasjonelle spredningsberegninger av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} i NILU's luftkvalitetsmodell AirQUIS. I denne rapporten er modellberegninger fra 22 vinterdøgn vinteren 1999/2000 sammenlignet med observasjoner for meteorologi og luftforurensning i Oslo. MM5 er også sammenlignet med HIRLAM10 som anvender 10 km horisontal oppløsning.

Berge, E., Walker, S. E., Sorteberg, M., Eastwood, S., Kristiansen, J. og Tønnesen, D. (2000): *Utvikling og testing av pilotmodell for luftkvaliteten i Oslo.* Research Report 99. Meteorologisk institutt og NILU.

I denne rapporten er det gitt en status for utviklingen av en ny prognosemodell for luftkvaliteten i norske byer. En viktig del av denne utviklingen har vært å etablere en ny meteorologisk modell, MM5, for beregninger i et gitter med liten gitteravstand (1 km). MM5 er implementert i DNMI's operasjonelle varslingsmodell HIRLAM10 på superdatamaskinen CRAY T3E i Trondheim. Et grensesnitt er utviklet slik at de meteorologiske dataene kan anvendes av NILU's luftkvalitetsmodell AirQUIS2.0. AirQUIS2.0 er implementert på en NT-maskin i DNMI's operasjonelle rutiner.

Resultater fra MM5 for Oslo er presentert i denne rapporten for to episoder med høye verdier av luftforurensninger vinteren 1998/1999. Den nye meteorologiske modellen viser realistiske verdier av de viktigste meteorologiske parametrene for spredningsberegningene. Det gjenstår imidlertid et betydelig arbeid med å evaluere modellen ved hjelp av et mer omfattende datasett med observasjoner.

Spredningsberegningene basert på MM5/AirQUIS er evaluert etter en episode med svært høye NO₂ verdier siste vinter. Modellen underestimerer særlig NO₂ og PM_{2,5}. For PM₁₀ er resultatene mer realistiske, men utslippene av støv mer usikre. Følsomhetstester viser imidlertid at høye NO₂ verdier oppnås andre steder enn på de angitte målepunktene bl.a. på grunn av variasjoner i den modellerte vindretningen.

Prognosemodellen skal være operasjonell fra 1 november 1999. MM5 skal kun kjøres i tilfeller hvor høye verdier av NO₂ eller PM₁₀ forventes. MM5 vil starte ca. kl 0500 (norsk vintertid) basert på siste værprognosemodell fra DNMI. Beregninger for et eventuelt tiltaksdøgn (neste dag) med MM5/AirQUIS2.0 er estimert til å ta ca. 2 timer og 15 minutter. Ferdig distribuerte resultater fra prognosemodellen forventes klare ca. kl 0730 (norsk vintertid) om morgenen. For de dager da MM5 ikke kjøres vil AirQUIS2.0 anvende grovere meteorologisk informasjon. Resultatene fra modellen vil da være ferdige ca. 1 time tidligere.

Ødegaard, V., Walker, S. E., Midtbø, Jablonska, H. T. B., K. H., Gjerstad og K. I., Bjergene, N. (2003): *Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2002/2003*. Research Report 152. Meteorologisk institutt, NILU og Statens vegvesen.

Som en del av Bedre Byluft-prosjektet er det utviklet et modellsystem for detaljerte prognoser av meteorologi og luftkvalitet i byene Oslo, Bergen, Trondheim, Drammen og Stavanger. Hensikten med prognosemodellen har vært å gi kvantitative prognoser av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ i vintersesongen (1. november til 1. mai) for å støtte den lokale varslingen i hver enkelt by. Prognoser gyldig for neste dag er ferdigstilt mellom

07:00 og 09:00 lokal vintertid, for å gi lokale myndigheter tilstrekkelig tid til å anvende prognosene i varslingen for neste dag.

Modellsystemet er utviklet på oppdrag for Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og er et resultat av et faglig samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Meteorologisk institutt (met.no). Systemet består av en modell for beregning av luftkvalitet (AirQUIS) og en meteorologisk modell som gir spesielt detaljerte prognoser (MM5). Meteorologidata fra MM5 velges ut og tilpasses AirQUIS. Systemet kjøres operasjonelt på Meteorologisk institutt.

Resultatene fra prognosemodellen legges automatisk ut på internett hver morgen. Brukerne kan hente prognoser for luftkvalitet og meteorologi her. Luftkvalitetsprognosene framstilles både som punktverdier og på kart. En subjektiv vurdering av de meteorologiske prognosene har vært tilgjengelig fra meteorologer i vaktjeneste. Varslingstjenesten i Oslo dekker Oslo og Drammen, mens varslingstjenesten i Bergen dekker Bergen, Trondheim og Stavanger. Også denne sesongen har stabiliteten av prognosene i hovedsak vært god. Noen få dager har det av ulike årsaker vært nødvendig å starte modellkjøringene på nytt, og det har dermed blitt litt forsinkelser. Det har ikke forekommet at byluftprognosene for alle byene har uteblitt, men det har skjedd noen ganger for enkelte byer. På slutten av sesongen feilet enkeltprognoser ved høye lufttemperaturer. Dette skyldtes en programmeringsfeil i AirQUIS som bare ga feil når temperaturen var høy. Denne feilen ble rettet i mai.

Det har blitt produsert daglige prognoser for Oslo og Drammen gjennom sesongen basert på prognoser fra MM5. På grunn av begrensede regneressurser har MM5 for Bergen, Trondheim og Stavanger blitt kjørt av meteorologene bare når det forventes værforhold som erfaringsmessig gir høye konsentrasjoner av NO₂, PM_{2,5} eller PM₁₀, i tillegg til at det er beregnet MM5-prognoser for Trondheim for hele desember. De øvrige dagene har luftkvalitetsprognosene for disse byene vært basert på meteorologiske prognoser fra met.no's rutinemodeller som har færre detaljer (lavere oppløsning).

I denne rapporten presenteres resultatene fra modellsystemet og sammenlignes med målinger av luftkvalitet i de fem byene. Meteorologiske inngangsdata sammenlignes

med meteorologiske observasjoner. Det er valgt ut perioder med høye konsentrasjoner av NO₂, PM_{2,5} eller PM₁₀ for et nærmere studium der kvaliteten av det endelige resultatet fra modellsystemet forsøkes forstått ut fra kvaliteten i de meteorologiske prognosene. I tillegg er det gjort et nærmere studium av feilkildene for prognosene for Trondheim. På bakgrunn av evalueringen blir det gitt anbefalinger for videre utvikling av prognosesystemet.

Måledata for meteorologi og luftkvalitet er skaffet til veie fra kommunene og de lokale vegkontorene. De involverte takkes for denne bistanden til evaluering av systemet.

Ødegaard, V., Gjerstad, K. I., Bjergene, N., Jablonska, H. T. B. og Walker, S. E. (2004): *Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2003/2004*. Report no. 12/2004. Meteorologisk institutt, NILU og Statens vegvesen.

Som en del av Bedre Byluft-prosjektet er det utviklet et modellsystem for detaljerte prognoser av meteorologi og luftkvalitet i byene Oslo, Bergen, Trondheim, Drammen og Stavanger. Hensikten med prognosemodellen har vært å gi kvantitative prognoser av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ i vintersesongen (1. november til 1. mai) for å støtte den lokale varslingen i hver enkelt by. Prognoser gyldig for neste dag er ferdigstilt mellom 07:00 og 09:00 lokal vintertid, for å gi lokale myndigheter tilstrekkelig tid til å anvende prognosene i varslingen for neste dag.

Modellsystemet er utviklet på oppdrag for Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og er et resultat av et faglig samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Meteorologisk institutt (met.no). Systemet består av en modell for beregning av luftkvalitet (AirQUIS) og en meteorologisk modell som gir spesielt detaljerte prognoser (MM5). Meteorologidata fra MM5 velges ut og tilpasses AirQUIS. Systemet kjøres operasjonelt på Meteorologisk institutt.

Resultatene fra prognosemodellen legges automatisk ut på internett hver morgen. Brukerne kan hente prognoser for luftkvalitet og meteorologi her.

Luftkvalitetsprognosene framstilles både som punktverdier og på kart. En subjektiv vurdering av de meteorologiske prognosene har vært tilgjengelig fra meteorologer i vaktjeneste. Varslingstjenesten i Oslo dekker Oslo og Drammen, mens varslingstjenesten i Bergen dekker Bergen, Trondheim og Stavanger.

Det har blitt produsert daglige prognoser for StorOslo (Oslo og Drammen), Bergen og Trondheim gjennom sesongen basert på meteorologiske prognoser fra MM5. MM5 for Stavanger er blitt kjørt noen enkeltdager samt daglig etter 25. mars. Systemet har fungert godt gjennom sesongen, uten avbrudd eller vesentlige forsinkelser med prognosene. Ved met.no ble det installert et nytt regnearbeid med stor kapasitet. De operasjonelle MM5-beregningene ble overført til dette regnearbeidet i januar.

I denne rapporten presenteres resultatene fra modellsystemet og sammenlignes med målinger av luftkvalitet i de fem byene vintersesongen 2003-2004. Meteorologiske inngangsdata sammenlignes med meteorologiske observasjoner. Det er valgt ut to perioder i hver by for et nærmere studium. I disse studiene er det fokus på kvaliteten av det endelige resultatet fra modellsystemet med målsetting å adressere feilene i prognosen til riktig element i modellsystemet.

Måledata for meteorologi og luftkvalitet er skaffet til veie fra kommunene og de lokale vegkontorene. De involverte takkes for denne bistanden til evaluering av systemet.

Ødegaard, V., Gjerstad, K. I. og Bjergene, N. (2005): *Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2004/2005*. Report no. 14/2005. Meteorologisk institutt, NILU og Statens vegvesen.

Prognosesystemet bestående av den numeriske værvarslingsmodellen MM5 og luftkvalitetsmodellen AirQUIS er benyttet til prognoser for luftkvalitet i de norske byene Bergen, Drammen, Oslo, Skien, Stavanger og Trondheim fra 1. november 2004 til 30. april 2005. Det beregnes kvantitative prognoser for konsentrasjonen av NO₂,

PM10 og PM2,5 i et 1km rutenett som dekker byene. Prognosene danner datagrunnlaget for varsler av luftkvalitet som utarbeides lokalt i hver av byene.

Modellsystemet er utviklet på oppdrag for Statens vegvesen Vegdirektoratet, og er et resultat av et faglig samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Meteorologisk institutt (met.no). Systemet består av en numerisk værvarslingsmodell (MM5) med høy horisontal oppløsning for detaljert beskrivelse av spredningsforholdene for luftforurensning, og en luftkvalitetsmodell (AirQUIS) for beregning av konsentrasjoner av luftforurensning.

Brukerne av systemet har tilgang til prognoser fra MM5 og AirQUIS på internett hver morgen seinest kl. 7:45 lokal vintertid. Meteorologiske data er i form av kart og tidsserier for utvalgte punkter. Luftkvalitetsdata er i form av kart og tabeller for målepunkter.

For sesongen 2004/2005 er det gjort oppgraderinger i systemet ved å utvide prognoselengdene for modellene fra 24-48 timer til 0-48 timer, dvs. dagens varsel er tilgjengelig sammen med morgendagens varsel. Meteorologiprognosene beregnes for utvidete områder og for alle byer blir det daglig beregnet MM5-prognoser. AirQUIS har gjennomgått oppgradering på områder beskrevet i seksjon 1.

Gjennom sesongen har MM5 gått uten problemer fram til slutten av mars. Stigende utetemperatur medførte høy temperatur i datarommet på Meteorologisk institutt, med det resultat at maskinene fikk problemer. Maskinene ble flyttet over i nytt datarom i første halvdel av april. Dette ga et avbrudd i prognosene på to dager. Introduksjon av 48 timer prognoselengde i AirQUIS i begynnelsen av mars førte til at beregningstiden økte, men i god margin innenfor tidsrammene.

Rapporten beskriver modellsystemene, endringer og oppdateringer for sesongen. Evaluering av prognoser mot observasjoner av meteorologiske parametere og luftkvalitet er utarbeidet for hele sesongen under ett. For en eller to kortere perioder i hver av byene er det gjort en mer inngående analyse av prognosene.

Kommunene og lokale veikontor har bidratt med måledata som er brukt i evalueringen. De involverte takkes for bidraget.

Norges geologiske undersøkelse (NGU)

Erichsen, E. (2001): Laboratoriemetoder for testing av byggråstoffers mekaniske- og fysiske egenskaper. NGU rapport 2001.019

Rapporten gir en oversikt over hvilke laboratoriemetoder som utføres ved NGU ved undersøkelse av byggråstoffers mekaniske- og fysiske egenskaper. Hver testmetode er beskrevet kortfattet med angivelse av hva slags klassifikasjon som benyttes for enkelte av metodene.

Innholdet i rapporten er benyttet som standardvedlegg (vedlegg A) for NGU rapporter som omhandler tekniske undersøkelser av byggråstoffene sand, grus og pukk.

Erichsen, E. (2004): *Pendelmålinger av friksjon på veg*. NGU rapport 2004.051

Delprosjekt 3 i prosjektet ”Steinkvalitet og sporutvikling i vegdekker” (SIV) ble utvidet til også å omhandle friksjon på vegdekker. NGU har bistått med å analysere poleringsegenskapene til grovtilslaget som er benyttet i 12 ulike asfaltresepter som er lagt på 5 forskjellige forsøksstrekninger, henholdsvis langs E18 i Vestfold, Rv. 206 og Rv. 20 i Hedmark, E6-Klett i Sør-Trøndelag og Rv. 80-Fauske i Nordland.

I tillegg har NGU deltatt med feltmålinger ved E6-Klett. Friksjonen for 5 forskjellige feltstrekninger er målt med pendelapparat. Resultatene av pendelmålingene er sammenholdt med poleringsverdien (PSV) til grovtilslaget som er benyttet i asfaltresepten og andre metoder for registrering av friksjon (Viggomat og Roar) samt ruheten (makroteksturen til vegdekket).

Pendelmålinger på veg viser god samvariasjon med poleringsverdien (mikroteksturen) av grovtilslaget som er benyttet i asfaltresepten. Videre gir pendelmålinger over tid

(vår- minus høstmåling) indikasjoner på om asfaltdekket blir polert. Pendelmålinger viser ingen samvariasjon til dekkeruheten (makroteksturen).

Erichsen, E., Schiellerup, H., Gautneb, H., Ottesen, R. T. og Broekmans, M. (2004): *Vegstøv i Trondheim – En analyse av mineralinnholdet i svevestøvet*. NGU rapport 2004.037

Svevestøv har siden slutten på 1980 tallet blitt fokusert på som et miljøproblem i norske storbyer, spesielt i Trondheim. Etter et møte i regi av Trondheim kommune i desember 2002, ble det uttrykt ønske om å få nærmere vurdert om det kan være noen årsakssammenheng mellom den støvkonsentrasjonen som opptrer langs hovedvegnettet i Trondheim i forhold til vegslitasje, asfaltresept som benyttes, kvalitet på tilslaget, bruk av salt og eventuelt klimaforskjeller med for eksempel Oslo området.

NGUs bidrag til bedre forståelse av svevestøvproblematikken har vært å få dokumentert svevestøvetts innhold både organisk og mineralogisk. Derigjennom kan man få fastlagt om støvets mineralinnhold kan relateres til vegslitasjen. I tillegg har NGU utført en metodestudie for å kartlegge om salting har negativ betydning i form av økt slitasje på selve steinmaterialet som benyttes som tilslag i asfaltrecepter i Trondheimsområdet.

Resultatene viser at innsamlet svevestøv i Trondheim domineres av mineralisk materiale. Det er klare indikasjoner på at støvet stammer fra slitasjeprodukter av tilslagsmateriale som er benyttet i asfaltdekket.

Det er naturlig å anta at grovtilslaget (> 8 mm), som det gjerne er mest av i asfaltresepten, har størst innflytelse på svevestøvetts mineralsammensetning. Om og i hvilken grad fintilslaget (< 8 mm) har innflytelse for svevestøvetts mineralinnhold har, pga. tilslagssammensetningen i de undersøkte asfaltreseptene, ikke vært mulig å kartlegge i detalj. Resultatene fra Elgeseter viser at alt tilslagsmateriale i asfaltresepten kan spores i svevestøvet.

Det er påvist PCB i en asfaltkjerne prøvetatt ved Elgeseter. Nivået på PCB er lavt og representerer ingen helserisiko, men denne stoffgruppen har vært forbudt siden 1980. PCB-komponentene som er påvist har ukjent opprinnelse. Funnene av PCB bør resultere i økt kjemisk fokus på asfaltprodukter og at det rutinemessig bør utføres analyser på resirkulerte asfaltmasser.

Støv fra feiemaskiner inneholder noe mer PAH-komponenter enn i asfalten. Kildene for PAH komponentene i feiestøvet er vegdekket (bindemiddelet i asfalt), dekkslitasje, bremsebelegg, eksosutslipp og vedfyring. Små mengder toluen er påvist i støvet. Svevestøvet metallinnhold er karakterisert av sink, kobber og arsen som sannsynligvis stammer fra dekkslitasje.

Et metodestudium viser at det ikke er noen indikasjon på at salting av vegdekker medfører noen ekstra slitasje på de tre vanligste tilslagsmaterialene som benyttes i Trondheimsområdet.

**Andersson, M., Volden, T. og Jartun, M. (2005): *PCB i asfalt i Trondheim.*
NGU rapport 2005.045**

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har undersøkt innholdet av PCB-forbindelser i asfalt på utvalgte veger og vurdert om vegdekket har betydning som forurensningskilde. Tidligere undersøkelser viste lave konsentrasjoner i noen asfaltlag. I denne undersøkelsen er gammel og ny asfalt kontrollert for PCB innhold.

Det er smalet inn 32 asfaltprøver, 10 prøver fra eldre boligater, 10 prøver fra hovedveger, 10 prøver fra asfaltlager samt 2 prøver direkte fra asfalanlegg. Det er påvist lave PCB-konsentrasjoner i 3 av 32 prøver av asfalt i Trondheim. Konsentrasjonene er lavere enn normverdien for ren jord (10 µg/kg). Sannsynligheten for å finne høye konsentrasjoner av PCB i asfalt i Trondheim er liten.

Erichsen, E., Schiellerup, H., Grimstvedt, A. (2006): *Analyse av mineralinnholdet i støvprøver fra asfaltkjerner*. NGU rapport 2006.049

På oppdrag fra NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport, er seks prøver analysert mineralogisk. Prøvematerialet består av støv (< 10µm) som er produsert ved slitasje av asfaltkjerner med et Trøger apparat. Formålet har vært å sammenholde støvets mineralinnhold med bergartssammensetningen til de ulike asfaltreseptene.

Resultatet fra de mineralogiske undersøkelsene av støvprøver fra asfaltkjerner viser rimelig bra samsvar med mineralinnholdet i steinmaterialene som er blitt benyttet som tilslag i asfaltreseptene. Det er for enkelte av mineralfasene og for enkelte av lokalitetene et visst avvik, men dette må sees i forhold til at det er en stor grad av usikkerhet knyttet til tilslagssammensetning i asfaltreseptene og dermed beregningen av potensiell støvsammensetning.

Tidligere undersøkelser viser, for to av de totalt seks undersøkte prøvene, tilsvarende rimelig samsvar i mineralsammensetning med innsamlet svevestøv (nedfallsstøv) langs veg. Teknikken med framstilling av kunstig produsert støv fra asfaltkjerner ved hjelp av Trøger apparat gir dermed et rimelig godt bilde over hva slags mineralinnhold man kan forvente opptrer i naturlig svevestøv som følge av slitasje av vegdekket. Det bør dog utføres flere forsøk der man sammenholder Trøger produsert støv opp mot mineralinnholdet til støv innsamlet langs veg og som kan relateres til vegslitasjen.

Ulvik, A. og Erichsen, E. (2006): *Delprosjekt 1 og 2 – Steinkvalitet og sporutvikling i vegdekker (SIV)*. NGU rapport 2005.081

Under prosjektet ”Steinkvalitet og sporutvikling i vegdekker” (SIV) i regi av Steinmaterialkomiteen har NGU hatt ansvaret for gjennomføring av delprosjektene P1 og P2.

Delprosjekt P1 har gått ut på å sammenstille data fra NGUs Pukkdatabase, mens delprosjekt P2 har vært et rent laboratoriestudium av kulemøllemetoden.

Kirsti Stensland utførte disse delprosjektene som bunnet ut i en hovedoppgave ved NTNU i 2003. I tillegg er nye oppdaterte data fra NGUs Pukkdatabase blitt bearbeidet statistisk for å kunne bedømme de nye kravene, i første rekke til mølleverdien, i forhold til de gamle kravene til slitasjemotstand (Sa-verdien).

I delprosjekt 1 er mølleverdien sammenstilt med både geologiske og mekaniske parametere. Det er trender å spore, men ikke entydighet. Innføring av de nye kravene til mølleverdien for vegdekker vil i henhold til NGUs analyser føre til en slakking i kravene sett i forhold til de tidligere kravene til Sa-verdien.

I delprosjekt 2 er det undersøkt om fortromling vil kunne ha noen effekt på mølleverdien. I alt er det benyttet 12 ulike bergartsmaterialer. Det er også gjort en studie av rundingsgraden ved billedanalyse på de samme bergartene.

Utførelse av kulemøllemetoden er standardisert gjennom et europeisk normaliseringsprogram (CEN). Resultatene viser at fortromling av steinmateriale før gjennomføring av standard testprosedyre ikke gir noen vinnende effekt på mølleverdien. Materialet oppnår rounding etter kort tid i trommelen – og som nærmest er uforandret til ordinær tromletid på 60 minutter er utført. Det anbefales derfor ikke å innføre fortromling ved revisjon av testprosedyren.

Resultatene har blitt presentert under ”Stein i vei 2004” og gjengis i denne rapporten.

Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Larssen, S. (1978): *Luftforurensning fra vegtrafikk. Målinger i Trondheim kommune, 1978.* Referanse 20278. NILU rapport OR 178. NILU.

Denne rapporten omhandler resultater av målinger av biltrafikkforurensning ved to målesteder i Trondheim by – i Øvre Bakklandet og i Søndre gate.

Hagen, L. O. (1980): *Overvåkning av luftforurensningstilstanden i Norge. Resultater av målingene i kommunene i perioden april 1979-mars 1980.* NILU rapport OR 34/80. NILU.

Rapporten gir resultater av målinger av SO₂, sot, bly, partikulært sulfat, fluorid og støvnedfall for perioden april 1979-mars 1980 ved stasjoner over hele landet. Forurensningsnivået er sammenliknet med norske og utenlandske retningslinjer for luftkvalitet.

Anda, O og Larssen, S. (1982): *Luftforurensninger fra Vegtrafikk: Slitasje av vegdekket, bildekk og bremsebånd.* Kjeller, Norsk institutt for luftforskning. Rapport NILU OR 31/82.

Rapporten omfatter en litteraturundersøkelse vedrørende luftforurensning fra slitasje av vegdekke, dekk og bremses, samt en forundersøkelse av forekomster av slik forurensning langs bygater i Norge.

Iversen, T. (1982): *Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler*. OR 27/82. 23179. NILU.

En forenklet metode til beregning av spredning av trafikkforurensinger utenfor vegtunneler er foreslått. Metoden kombinerer to kjente metoder ved å dele spredningsforløpet i to faser, jet fasen og plume fasen. Et nomogram for tunneltverrsnitt 48 m² er gitt.

Larssen, S. og Hoem, K. (1984): *Luftforurensning langs veinettet i Norge. Kartlegging langs riksveinettet samt fylkesveinettet i utvalgte byer*. OR 46/84. O-8108. NILU.

Luftforurensningsnivået langs hele riksveinettet i Norge samt fylkesveinettet i 14 utvalgte byer er kartlagt ved bruk av Nordisk beregningsmetode for bilavgasser. Rapporten gir beregnet nivå av CO og NO₂ ved fortauskant for 372 riksveiparseller og 161 fylkesveiparseller.

Schjoldager, J. (1985): *Spredningsforhold og luftkvalitet, Heimdal, Trondheim, 1983-84*. OR 80/85. O-8238. NILU.

Data for vindstyrke, vindretning, temperatur og atmosfærisk stabilitet er samlet inn fra en 25 m mast. Timesverdier er lagret på NILU. Disse stoffene er målt i luft: SO₂, HCl, HF, Hg, partikkelmengde, Pb, Cd og Sb. Disse stoffene er målt i nedbør: pH, SO₄, Cl, Mg, Pb, Cd og Sb.

Larssen, S. (1986): *Vurdering av luftforurensning ved utvidet Riksvei 706 (Omkjøringsveien) i Trondheim*. OR 91/86. O-1142. NILU.

Luftforurensningsforholdene er vurdert for planlagt utvidet parsell av Riksvei 706 (Omkjøringsveien) fra Sluppen til Moholt i Trondheim. Vurderingen er basert på beregninger og kontrollert mot resultater av målinger utført ved andre veier i Norge. Luftforurensningen blir stort sett tilfredsstillende, men noen dager i året kan konsentrasjonene av CO og NO₂ overskride luftkvalitetsgrenseverdier i den nærmeste sonen langs veien.

Larssen, S. og Tønnesen, D. (1986): Støyskjermers og vegetasjonshekkers virkning på støvforurensningen langs veier. Målinger ved Store Ringvei i Oslo, sommeren 1984. OR 65/86. O-8433. NILU.

På et måleområde på Store Ringvei ved Ullevål stadion i Oslo er forurensningen av luftbåret støv og støvnedfall foran og bak en støyskjerm og en vegetasjonshekk sammenlignet med et område uten barrierer, dette på oppdrag fra Vegdirektoratet.

Støyskjerm:

- Støyskjermen har utvilsomt en vesentlig reduserende effekt på nedsmussingen fordi den skjermer for store partikler og sprut som slynges ut fra vegbanen pga trafikken.
- Skjermen hadde en begrenset reduserende virkning på svevestøvkonsentrasjonen på baksiden. Konsentrasjonen av svevestøv (inhalerbart støv) var 6 m bak skjermen høyst 15-20 % lavere enn den ville ha vært om skjermen ikke var der. Reduksjonen er kanskje større nærmere enn 6 m fr skjermen.
- Dels gir skjermen en viss spredningseffekt ved vind fra veien, ved at den øker turbulensen, dels skjermer den mot påvirkningen fra veien, når det blåser fra skjermensiden mot veien.
- Støyskjermens evne til å gi lavere konsentrasjon av forurensninger i luft på baksiden kan være større ved større vindstyrker, spesielt om avstanden mellom skjermen og vegkanten øker slik at en kommer ut av sonen med sterk bilturbulens.
- Høyere skjerm kan gi bedre virkning ved at den kan beskytte området bak bedre mot bilturbulensen.

- Virkningen av støyskjermen kan være større jo lavere kjørehastigheten er. Bilturbulenssonen er da ikke så høy.

Hekken:

- Hekken har utvilsomt en vesentlig reduserende effekt på nedsmussingen, på samme måte som støyskjermen.
- Hekken hadde en marginalt reduserende virkning på svevestøvkonsentrasjonen på baksiden. 6 m bak var konsentrasjonen av inhalerbare partikler omtrent den samme som den ville ha vært uten hekken. Det vil kanskje være en redusert støvkonsentrasjon nærmere enn 6 m bak.
- Jo høyere og tettere hekken er jo større er sannsynligvis den nedsmussingsreduserende virkningen.
- En høy og tett hekk som representerer et hinder for vinden tilnærmet lik en støyskjerm kan gi en reduksjon også av forurensning i luft på baksiden.

Larssen, S. (1987): *Støv fra asfaltveier. Kjemisk og biologisk karakterisering av luftbåret støv. Fase 1: Målinger på Store Ringvei, Oslo, våren 1985. OR 53/87. O-8431. NILU.*

Det er foretatt målinger av inhalerbart og respirabelt støv ved vei med asfaltdekke. Støvprøvene er tatt under definerte betingelser (hovedsakelig vått respektivt tørt veidekke), for å gi muligheter til å setimere bidraget fra oppvirvlet veistøv til mengde støv og støvets innhold av bly og PAH, og støvets mutagenitet (Ames test) og celletransformerende evne (SHE celle-transformasjon).

Larssen, S. (1988): *Overvåkning av luftforurensninger fra biltrafikk. Målinger i Oslo 1980-1986. OR 8/88. O-8413. NILU.*

Rapporten gir utviklingen i biltrafikk-forurensninger ved to målestasjoner i Oslo, en gatestasjon og en referanstasjon i bysentrum, for perioden 1980-86. Målinger av CO,

NO_x, NO₂, sot, bly, svevestøv, PAH og SO₂, trafikk, vind og temperatur er utført kontinuerlig i januar-februar for hver vinter og en sommermåned i 1980-84. Bly- og SO₂-konsentrasjonene er redusert betydelig på grunn av redusert utslipp. For øvrig har det vært liten utvikling mot høyere eller lavere nivåer av utslippsfaktorer for CO, NO_x, sot, PAH og svevestøv.

**Hagen, L. O., Bartonova, A., Berg, T., Røyset, O. og Vadset, M. (1989):
*Kartlegging av konsentrasjoner av tungmetaller i luft i tettsteder. Rapport nr 30/89. NILU.***

Svevestøvprøver fra 18 målesteder i byer og tettsteder er analysert for innholdet av 31 elementer ved hjelp av ICP-MS. De stedene som hadde forhøyede konsentrasjoner av flest elementer var Kristiansand, Odda, Oslo, Mo i Rana og Ålvik. Resultatene er sammenliknet med tilsvarende data fra bakgrunnsstasjonen i Birkenes i Aust-Agder i 1985-86. For en rekke elementer var de høyeste døgnmiddelverdiene i byer og tettsteder 10 til 60 ganger høyere enn på Birkenes.

Hagen, L. O. (1990): *Målinger av luftforurensninger i Nardo-krysset i Trondheim. Vinteren 1989/90. Rapport OR 74/90. O-8983. NILU.*

På oppdrag fra Trondheim kommune og Statens vegvesen, Sør-Trøndelag, har NILU gjennomført målinger av luftkvalitet og vindforhold ved Nardo-krysset vinteren 1989/90. Seksjon for miljørettet helsevern har vært lokal koordinator for prosjektet. Luftkvalitetsmålingene omfattet timemiddelkonsentrasjoner av karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO, NO_x, NO₂), samt døgnmiddelkonsentrasjoner av sot og nitrogendioksid (NO₂).

De høyeste konsentrasjonene av luftforurensning ble målt i perioder med kaldt vær og svak eller ingen vind. Under slike forhold er spredningen av utslippene fra biltrafikken

dårlig. Andre kilder til luftforurensning i området som forbrenning av fyringsoljer og vedfyring, synes ikke å gi vesentlig bidrag til de målte luftkonsentrasjonene.

Foreslåtte norske grenseverdier for 8-timers-middelverdi av CO og døgnmiddelverdi av sot ble overskredet henholdsvis ti og tre ganger i perioden desember 1989-februar 1990. Grenseverdier for timesmiddelverdi av CO og NO₂, døgnmiddelverdi av NO₂ og halvårsmiddelverdi av sot og NO₂ ble ikke overskredet. I en kaldere vinter enn 1989/90 ville spredningsforholdene vært dårligere, og det ville trolig vært dårligere luftkvalitet med flere overskridelser av grenseverdiene.

Målingene ved Nardo-krysset viste lavere konsentrasjoner av NO₂ enn ved målestasjonen Torget i Kongen gate (Hornemannsgården) i Trondheim sentrum. For sot var det liten forskjell mellom disse stasjonene. Torget var en av 30 stasjoner i et landsomfattende rutinemessig overvåkningsprogram for luftkvalitet i byer og tettsteder.

Larssen, S. (1990): *Luftkvalitet og utslippsfaktorer for bileksos i Vålerenga-tunnelen*. Rapport nr 38/90. O-8865. NILU

Rapporten presenterer resultater fra målinger av luftforurensning (CO, NO_x, NO₂, SO₂, partikler, sot, bly, PAH, aldehyder, mutagenitet), trafikk og lufthastighet i de to enveiskjørtede løpene av Vålerenga-tunnelen i Oslo, i april-mai 1998. På grunnlag av måleresultatene er utført beregninger av utslippsfaktorer for bensindrevne personbiler og dieseldrevne lastebiler i tunnelen.

Peterson, H. G. og Tønnesen, D. (1990): *Spredningsundersøkelse med sporstoff ved Vålerengatunnelen*. Rapport OR 62/90. O-8873. NILU

18 sporstoffforsøk ble gjennomført i og ved nordgående tunnellop i Vålerengatunnelen. Spredningsforsøkene bekrefter tidligere modellberegninger. Fra 60 til 150 m fra

munningen var sporstoffkonsentrasjonen under 10 % av konsentrasjonen i munningen. Ved vind langs Strømsveien var sporstoffkonsentrasjonen 40-60 m ut fra veien 10 % av konsentrasjonen på veien.

Schaug, J. og Larssen, S. (1990): *Beregninger av kildebidrag til svevestøvforurensninger i Oslo. 63/90. O-8545. NILU.*

Det er foretatt hovedkomponent analyser og estimeringer av kildebidrag ved hjelp av hovedkomponent analyse, beregninger av absolutte Varimax-roterte factorscores (skåringstabell for faktorene) og regresjonsanalyser. De kvantitative beregningene ble gjort på et datasett satt sammen av data fra tre målesteder i Oslo. Det er gjort kvantitative beregninger for en vinterperiode desember-februar og en vårperiode mars-mai. I resten av måleperioden var konsentrasjonene av mange elementer ofte under deteksjonsgrensen for analysemetoden. Målestedet i Rådhusgata var bare med i beregninger brukt til kildeidentifisering.

Aerosolprøvene på de fire målestedene ble samlet inn mellom september 1986 og august 1987. Prøvene er tatt med to-fraksjon prøvetakere med skille mellom fraksjonene på 2,5 µm og med maksimal partikkelstørrelse, "cut-off" på 10 µm. Det er samlet prøver om lag hver sjette dag hvert målested og prøvetakingstiden var et døgn. Den kjemiske elementsammensetningen ble bestemt med PIXE.

Hovedkomponent analysene brukt til kildeidentifikasjon ble utført på datamaterialet fra hvert målested. Det ble i disse beregningene ikke gjort forskjell på årstider for å få et tilstrekkelig stort datamateriale, men fin- og grovfraksjonene ble analysert separat. Samtlige faktorloadings (faktorinnhold, -last) ble Varimax-roterte for lettere å kunne brukes i kildeidentifiseringen.

Antall kjemiske elementer som kunne tas med i analysen av finfraksjonen varierte fra 12 til 16 og antall prøver fra 30 til 51. Fire kilder bidro til det vesentligste av variasjonen i datamaterialet; olje- og vedbrenning, biltrafikk, mineralstøv og en kilde som trolig var metallurgisk industri. Kvantifiseringen av disse kildenes bidrag viste at

olje- og vedforbrenning bidro med omkring 55 % av støvet i finfraksjonen om vinteren og med 41-77 % i vårperioden. Mengden støv fra denne kilden var lavere om våren enn om vinteren. De to andre viktige kildene var biltrafikk og vanlig mineral- eller jordstøv. Biltrafikken bidro mer om vinteren enn om våren og mineralstøvet mer om våren enn om vinteren. Relativt bidrag av biltrafikken var om vinteren om lag 25 % og fra 6-12 % om våren. Det relative bidrag fra mineralstøv var 3-4 % om vinteren og 8-23 % om våren.

Tilsvarende hovedkomponent analyser av partikler med aerodynamisk diameter mellom 2,5-10 μm , viste tre til fire kildegrupper som bidro til støvmengden. Den betydeligste av disse var veistøv. Det var også en annen betydelig antropogen kildegruppe som på enkelte målesteder ble oppløst i to kilder, en som var skyldtes til biltrafikk og en annen antropogen som trolig også var bilrelatert. I en del av datamaterialet fra Oslo sentrum kunne klorid inkluderes og dette bekreftet at sjøsalter også gir et lite bidrag til grovfraksjonen. De kvantitative beregningene ble utført med samme metode som for finfraksjonen, og de tre kildene som ble tatt med i beregningene var veistøv, biltrafikk og den andre bilrelaterte antropogene kilden. Midlere støvkonsentrasjon i vårperioden var større enn i vinterperioden. Midlere bidrag fra veistøv økte fra vinter til vår. Mineralstøvet andel av støvmengden varierte fra målested til målested fra 32-62 % om våren.

Til sammen bidro de to bilrelaterte kildene omtrent like mye vinter og vår. I vinterperioden var det samlede bidrag om lag 39 % og om våren 26-34 % av den totale grovfraksjonen.

Sørli, J. og Larssen, S. (1990): *Beregning av luftforurensning langs hovednettet i Trondheim i 1987 og 1998*. OR 60/90. O-8971. NILU.

NILU har på oppdrag fra Statens vegvesen, Sør-Trøndelag, med Trondheim kommune, seksjon for miljørettet helsevern som lokal koordinator, utført beregninger av luftforurensning fra biltrafikk i Trondheim. Det er beregnet maksimalkonsentrasjoner av CO og NO₂ langs hovedveinettet, døgnmiddelkonsentrasjoner av NO₂ for hele

området, samt totalutslipp av CO, NO_x og CO₂. Det er utført beregninger for 1987 og 1998. Beregningene viser:

- Forurensningsnivået langs hovedveinettet vil sannsynligvis avta noe fra 1987 til 1998.
- Områder som kan få overskridelser av grenseverdier for NO₂ på døgnbasis vil avta noe, men kan fortsatt være et problem i 1998.
- Totalutslippet av CO fra biltrafikk vil avta ubetydelig. Det vil avta med omtrent 15 % for NO_x, mens det vil øke med omtrent 20 % for CO₂ i 1998.

Sørli, J. og Tønnesen, D. (1990): *Ekeberg tunnelen. Vurdering av luftforurensninger.* OR 7/90. O-1419. NILU.

Vurdering av ventilasjon og forurensningsbelastning for Ekeberg tunnelen viser at tunnelen kan ventileres gjennom munningene uten at overskridelse av grenseverdiene for luftkvalitet forekommer ved bygningene utenfor munningene.

Larssen, S. (1991): *Partikler i tettstedsluft i Norden. Utslipp – forekomst – helsevirkninger, med hovedvekt på bileksospartikler.* 11/91. O-8836. NILU.

Denne rapporten om partikkelforurensning i luft i byer og tettsteder i Norden beskriver følgende tema:

- Utslipp av partikler fra ulike kildekategorier
- Bidrag til partikkeleksponering fra de ulike kildene
- Helseeffekter av partikler
- Grenseverdier for partikkelforurensning i luft
- Forekomst av partikkelforurensning i byer i Norden
- Partikkelmålinger egnet til å beskrive utviklingen i helseskadelig partikkelforurensning

Hovedvekten er lagt på bilavgasspartikler.

Larssen, S. (1991): *Spredningsmodeller for luftforurensning fra veitrafikk. 13/91. O-1540. NILU.*

Vurdering av luftforurensninger fra vegtrafikk inngår som en del av konsekvensanalysen for vegprosjekter og i NVVP-arbeidet. Dagens forurensningssituasjon langs vegnettet kan best dokumenteres gjennom målinger. Målinger er imidlertid tids- og kostnadskrevende, og gjelder bare de fåtall punkter et måleprogram kan omfatte. For å få et detaljert nok bilde av dagens luftforurensningssituasjon, og åpenbart for å kunne si noe om fremtidige forurensningsforhold er beregningsmodeller nødvendige. I det følgende gis en oversikt over hvilke beregninger som bør kjøres i en luftforurensningsanalyse knyttet til vegtrafikk. Deretter gis en kortfattet beskrivelse av de modeller som for tiden benyttes i arbeid med transport- og vegplaner i Norge.

Larssen, S., Clench-Aas, J., Sivertsen, B., Torp, C. og Tønnesen D. (1991): *Luftforurensning fra vegtrafikk. En serie foredrag fra NILU. 9/91. O-1540. NILU.*

Rapporten er en sammenstilling av 7 foredrag utarbeidet av NILU i 1990 og 1991 om luftforurensninger fra veitrafikk, og inneholder følgende:

- Energibruk og miljøkonsekvenser i samferdselssektoren. S. Larssen (F 20/90)
- Luftforurensninger knyttet til veitrafikk. B. Sivertsen (F 18/91)
- Helseeffekter fra biltrafikkforurensning i Norge. J. Clench-Aas (F 17/91)
- Spredningsmodeller for luftforurensning fra vegtrafikk. S. Larssen (F 13/91)
- VLUFT. En beregningsmodell for luftforureningsanalyse av veinett til bruk i transportplan- og NVVP-arbeidet. S. Larssen og C. Torp (F 14/91)
- Spredning av luftutslipp fra veitunneler. S. Larssen og D. Tønnesen (F 16/91)
- Luftforurensning fra veitrafikk. Trafikktiltak, veiparametre og tiltak på omgivelsene. S. Larssen (F 15/91)

Larssen, S. og Sørli, J. (1991): *En beregningsmodell for luftforurensningsanalyse til bruk i transportplan- og NVVP-arbeidet.* Rapport F 6/91. O-1514. NILU.

Rapporten er utarbeidet for kurs for Vegkontorene i bruk av EDB-verktøy til NVVP/oversiktsplanlegging.

I arbeidet med Norsk vei- og veitrafikkplan og i Transportplanarbeidet for byer i Norge inngår analyse av luftforurensningsforholdene langs veinettet, og utslippets betydning for tettstedets luftforurensning totalt sett. Slik kartlegging og framskrivning av veinett- og tettstedsforurensning krever analyse ved hjelp av beregningsmodeller. Modellene må inneholde en utslippsdel som kan beregne utslipp i dag og framskrivning av dette i tid ut fra ulike forutsetninger om utslippskrav og bilparkens sammensetning, en spredningsdel for beregning av resulterende konsentrasjoner i luft, og helt også en eksponeringsdel som kan gi utsagn om andel av befolkningen som utsettes for høy forurensningsbelastning.

NILU har utviklet en modell som er egnet til de analyser som er nødvendige i transportplan- og veiplan-arbeidet. På oppdrag fra Vegdirektoratet har NILU gjort modellen tilgjengelig på PC, og den er også videreutviklet bl.a. etter Vegdirektoratets ønsker.

Modellen kalles VLUFT, og eksisterer for tiden i tre versjoner: 1.0, 1.5 og 2.0. Inngangsdata til modellen er spesifisert. De introduseres til beregningene av luft og støy via programmene VREG og VADM, som er utviklet av Asplan i forbindelse med støy-beregningsprogrammet (VSTØY).

Rapporten inneholder en kort beskrivelse av bilforurensning, generelt om beregningsprogrammet, beskrivelse av VLUFT og mulig videreføring.

Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1992): *Støvmålinger langs veier i Oslo januar-juni 1992*. OR 92/92. O-92021. NILU.

På oppdrag fra Statens vegvesen Oslo og Vegdirektoratet, har NILU utført målinger av svevestøv og støvnedfall ved tre veier i Oslo. Hensikten med målingene har vært å forbedre kartleggingen av vegstøvplagen langs sterkt trafikkerte veier, og forbedre grunnlaget for utvikling av en generell bergningsmodell for støvbelastning langs veier. Støvbelastningen ble karakterisert ved å måle støvnedfall (månedsmiddelverdier), totalt svevestøv (TSP, døgnmiddelverdier på utvalgte dager, hovedsakelig med tørt vegdekke) og inhalerbart støv (PM10, døgnmiddelverdier). Disse målingene gir samlet uttrykk for nedsmussings-, ubehags- og mulige helseeffekter av støvbelastningen. Vegstøv fra piggdekkslitasjen av vegdekket er hovedkilden både til støvfall, totalt svevestøv og inhalerbart støv. Etter endt piggdekkelsesong, og i piggdekkelsesongen når vegdekket er fuktig, er støvbelastningen helt vesentlig mindre enn når det er tørt og vegstøvplage om vinteren.

Larssen, S. (1992): *Overvåkning av luftforurensninger fra biltrafikk, 1991. Målinger i Oslo 1989-91*. Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport nr 502/92. TA 892/1992. OR 74/92. O-8413. NILU.

Rapporten gir et sammendrag av resultater fra målinger av biltrafikkforurensninger på to stasjonspar (gatestasjon-referansestasjon) i Oslo 1989-91. Basert på målingene er det beregnet utviklingen i utslippsfaktorene for CO, NO_x, NO₂, sot, partikler, bly og PAH og mutagenitet fra gjennomsnittsbilen som passerer gatestasjonene.

Grønnskei, K. E., Torp, C., Aarnes, M. J. og Gram, F. (1993): *Eksponering for luftforurensning langs hovedveinettet i Norge. Fase 1 og 2 i Forurensningslovarbeidet.* OR 16/93. O-92114. NILU.

På oppdrag fra Vegdirektoratet har NILU beregnet antall personer bosatt langs hovedveinettet i Norge utsatt for overskridelser av fire grenseverdier for NO₂ og PM₁₀ (400-200 ug/m³ NO₂, 350-200 ug/m³ PM₁₀). Beregningene viste at PM₁₀ er et større problem enn NO₂, og at de fleste overskridelsene skjer i Oslo og Akershus. Resultatene skal benyttes ved fastsettelse av forskriftene til ny Forurensningslov.

Haugsbakk, I. (1993): *Luftkvalitet ved Nardokrysset, Trondheim. Målinger etter kryssutbyggingen.* OR 37/93. O-93014. NILU.

Det er gjennomført målinger av luftkvalitet og vindforhold ved Nardo-krysset i Trondheim i perioden 01.02.93-30.04.93. Målingene viste overskridelser av grenseverdier for NO₂ 8 dager i perioden (22 timesverdier). Overskridelsene var beskjedne og det er sannsynlig at i alle fall halvparten av overskridelsene skyldes en episode med generelt høyt NO₂-nivå.

Larssen, S., Gram, F., Grønnskei, K. E., Torp, C. og Tønnesen D. (1993): *Beregninger av PM₁₀ konsentrasjoner og resultatpresentasjon i VLUFT 2,5.* OR 36/93. O-92114. NILU.

Modellen VLUFT for spredningsberegninger ved veier er utvidet til å omfatte svevestøvkonsentrasjoner (PM₁₀). Metodene er basert på målinger i og ved gater i Oslo.

Haugsbakk, I. (1994): *Utvikling av PM10-modell. Måleprosjekt 3. Bergen våren 1994. Rapport OR 38/94. O-94019. NILU.*

Det er utført svevestøvmålinger (PM10 og PM2,5) på tre stasjoner i ulike avstander fra Flyplassvegen i Bergen. Målingene bekrefter virkningen av meteorologi og avstand på resultatene. Ved stasjon 4 m nord for veikant var det overskridelser av anbefalt retningslinje for PM10 på 21 av dagene i hele måleperioden på 60 dager. Tilsvarende overskridelser var 8 på målestasjon 17 m nord for veikant og 6 på målestasjon 22 m sør for veikant. Databasen fra målingene skal benyttes til å teste teoretiske modeller for spredning av veistøv.

Torp, C. og Aarnes, M. J. (1994): *Eksponering for luftforurensning langs hovedveinettet i Norge. Fase 3 i Forurensningslovarbeidet. OR 5/94. O-93026. NILU.*

Det er beregnet eksponering til NO₂ og PM10 av de bosatte langs hovedveinettet i Norge i 1998 og 2002. Antall eksponerte er beregnet i forhold til tre ulike konsentrasjonsnivåer. Modellen VLUFT 2,55 er benyttet, og beregningene gjelder absolutte maksimalkonsentrasjoner. Beregningsresultatene skal benyttes for å fastsette normer for luftkvalitet i Forurensningsloven.

Hagen, L. O. (1995): *Rutineovervåkning av luftforurensning. April 1993-mars 1994. Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport nr 596/95. TA 1175/1995. OR 46/94. O-7644. NILU.*

Rapporten gir resultater av målinger SO₂, NO₂, sot og fluorid for perioden april 1993-mars 1994 ved stasjoner over hele landet. Forurensningsnivået er sammenlignet med anbefalte norske og utenlandske luftkvalitetskriterier.

Hagen, L. O., Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1995): *Program for utvikling av modeller for beregning av veistøv i luft. Måleprosjekt 4: Kontinuerlig måling av PM_{2,5} og PM₁₀ ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden januar-april 1995. OR 39/95. O-95032. NILU.*

Et program for utvikling av sprednings- og beregningsmetoder for veistøvpåvirkning og forekomst av veistøv og svevestøv i luft ved veier og i byområder generelt ble startet i 1994. Programmet går over en periode på flere år, idet det omfatter alle de delene av problemstillingen som det anses nødvendig å bearbeide for å komme fram til anvendbare modeller.

Denne delrapporten er en del av Delprosjekt 3: Utvikling av spredningsmodell på byskala for PM_{2,5} og PM₁₀. Måleprogrammet (måleprosjekt 4) er en del av Delprosjekt 3 og omfatter kontinuerlig registrerende målinger av svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀) ved Nordahl Bruns gate i Oslo. Hensikten var å fremskaffe data for test av spredningsmodellene i bysentrum (bybakgrunnsstasjon). Denne rapporten beskriver måleresultatene fra perioden januar-april 1995.

Haugsbakk, I og Larssen, S. (1995): *Effekt av veirenhold på PM₁₀-forurensning. Utvikling av PM-modell. Måleprosjekt 5, Oslo 1994/95. Rapport OR 39/04. O-94015. NILU.*

Det er utført svevestøvmålinger (PM₁₀ og PM_{2,5}) ved Kirkeveien og Trondheimsveien i Oslo med og uten rengjøring av veibanen våren 1994, høsten/vinteren 1994 og våren 1995. Det ble målt hyppige overskridelser av anbefalte retningslinjer for døgnmiddelet svevestøv. Målingene viste at den veirenholdsmetoden (våtvasking og støvsuging) som ble brukt, har marginal effekt og det var vanskelig å påvise målbare effekter av veirenhold.

Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1995): Effekt av veirenhold på PM10-forurensning. Utvikling av PM10-modell. Måleprosjekt 5, Trondheim 1994. OR 5/95. O-94017. NILU.

På oppdrag fra Vegdirektoratet, Sør-Trøndelag vegkontor og Trondheim kommune har NILU utført malinger av svevestøv (PM10 og PM2,5) ved to målesteder med ca 320 m mellomrom ved Holtermannsvei i Trondheim. Avstand fra luftinntak til veikant var 1,80 m og 5,50 m for de to målestasjonene. Hensikten med målingene var å se forskjellen i svevestøvmengde ved veier med og uten renhold av veibanen. Ved den ene målestasjonen ble veibanen rengjort ved tørrfeining. Dette har ikke ført til ubehag for feiemannskapet i feiebilen. Målingene av døgnmidlet svevestøv ble utført i periodene 1. mars-15. april 1994 og 17. oktober-17. desember 1994. I den første måleperioden ble det målt svevestøv (PM10) og finfraksjonen av dette (PM2,5). I den andre måleperioden ble det kun målt PM10.

Måleresultatene viser for det første hyppige overskridelser av anbefalt retningslinje for PM10 som døgnmiddel (70 µg/m³). Måleverdiene for PM10 er i begge måleperiodene i gjennomsnitt over anbefalt retningslinje for døgnmidlet svevestøv. Dette var for en stor del støv i grovfraksjonen (2,5-10 µm) som i hovedsak kommer fra oppvirvlet støv fra veibanen og stort sett skyldes piggdekkslitasje av asfalt. Måleresultatene viser også at det var til dels mye mer støv ved målestedet med renhold enn ved målestedet uten renhold. Noe av dette kan forklares ut fra lokale forhold på de to målestedene. Målestasjon B, med renhold, er mest utsatt fordi den har noe høyere trafikkintensitet (33 000 ÅDT mot 32 000 ÅDT), høyere skiltet hastighet (60 km/t mot 50 km/t) og har luftinntak plassert noe nærmere vegkanten (1,80 m mot 5,50 m). De to siste ukene med målinger i desember 1994 hadde målestasjonene imidlertid like lang avstand til veikant, uten at dette synes å ha påvirket måleresultatene.

Det var en klar sammenheng mellom tørr veibane og høye svevestøvkonsentrasjoner. I perioden med vedvarende fuktig veibane var støvplagen drastisk redusert.

Feiingen ble foretatt så grundig som utstyret muliggjorde. Fra resultatene er det ikke mulig å se noen generell effekt av feiingen på PM10-konsentrasjonene. Dagen etter

feining er kanskje i noen tilfeller mulig å se en viss redusert PM10-konsentrasjon, men effekten er i så fall liten. Datamaterialet er begrenset. Før en eventuelt fortsetter med ytterligere målinger bør en se nærmere på renholdsmetodikken.

Clench-Aas, J. (NILU) and Krzyzanowski, M. (WHO) (1996): *Quantification of Health Effects Related to SO₂, NO₂, O₃ and Particulate Matter Exposure. Report from the Nordic Expert Meeting Oslo, 15-17 October, 1995. NILU OR 63/96. O-95012. NILU.*

Estimates of exposure-response relationships are needed to assess the health impact of environmental factors. Based on available research evidence, the relationships for the common air pollutants – particulate matter, SO₂, O₃ and NO₂ – were reviewed by the Nordic Expert Meeting. The meeting concluded by quantifying exposure-response relationships for particulate matter, SO₂ and O₃; the relationship for NO₂ was not quantified. The Meeting also identified other exposure-response relationships that were felt to be substantiated, but for which the available data did not provide sufficient background to quantify the risk. The reported concentration-response associations relate to short-term changes in risk due to changes in levels of pollutants. For chronic effects of prolonged exposures the data were judged to be insufficient for quantification.

Hagen, L. O. og Johnsrud, M. (1996): *Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1994-mars 1995. NILU OR 8/96. O-94109. NILU.*

Det er gjennomført målinger av luftkvalitet og meteorologiske forhold i en del større byer i vinterhalvåret 1994/95. Dataene er grunnlagsdata for etablering av arealmodeller i byene. Målingene viste at anbefalte luftkvalitetskriterier for time- og døgnmiddelverdier av NO₂ og for døgnmiddelverdi av PM10 ble overskredet ved de

fleste målestasjonene. Spredningsforholdene var bedre enn normalt vinteren 1994/95. I en kaldere vinter kan luftkvalitetskriteriene overskrides oftere.

Hagen, L. O. og Haugsbakk, I. (1996): *Måling av nitrogenoksider og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo, vinteren 1995/96.* NILU OR 51/96. O-95101. NILU.

For fjerde vinter på rad har NILU målt konsentrasjoner av NO_x og svevestøv nær fire sterkt trafikkerte veier i Oslo. Stasjonene var plassert i Gamlebyen, Kirkeveien ved Schwachs gate, Store Ringvei ved Tåsen, og Mortensrud ved Europaveien (E6). Det ble målt overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier ved tre av stasjonene for NO₂ og ved alle stasjonene for PM₁₀. Forurensningsnivået i Gamlebyen er redusert som følge av trafikkomleggingen i området sommeren 1995 (Ekeberg tunnelen). Luftkvaliteten ved de fire stasjonene er dårligere enn ved Miljøetatens bybakgrunnsstasjon Nordahl Bruns gate i Oslo sentrum. Forskjellen er størst for svevestøv, som har veidekkeslitasje på grunn av piggdekk som viktig kilde.

Haugsbakk, I. (1996): *Målinger av nitrogenoksider og svevestøv i Hamar. Vinteren 1995/96.* OR 44/96. O-95123. NILU.

Det ble målt NO₂ og PM₁₀ i Strandgata i Hamar vinteren 1995/96. Målingene viser at NO₂-forurensningene kommer fra biltrafikken, og at nivået stort sett ikke har vært noe problem selv om det var noe høyere enn fjorårets målinger. Det har vært benyttet kalksten til strøing, og dette førte til omfattende svevestøvmengder i området.

Larssen, S. og Haugsbakk, I. (1996): *Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud Vinteren 1995/1996. OR 53/96. O-95108. NILU.*

For Vegdirektoratet og Statens vegvesen Oslo har NILU utført en undersøkelse av sammenhengen mellom størrelsen på vegstøvdepotet på veg og støvkonsentrasjon i luft, i samband med rengjøring av vegen med det beste utstyr som er tilgjengelig i Norge. Hovedformålet var å få grunnlag for å kvantifisere effekten på svevestøv (PM10)-forurensning i luft ved veg av økt andel piggfrie dekk i bilparken. Metodikken var i korte trekk å måle svevestøvforurensningen på to i utgangspunktet like steder langs en veg, og utføre rengjøring ved et av stedene, og se på forskjellen i svevestøv på bakgrunn av dette. Samtidig ble støvmengden på vegen, i dagene etter rengjøring, målt og fraksjonert etter støvpartikkelstørrelse, med en støvsuger utviklet for formålet.

Larssen, S. og Haugsbakk, I. (1996): *Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud Vinteren 1995/1996. Vedleggsrapport. OR 54/96. O-95108. NILU.*

Innhold:

- Svevestøvmålinger
- Meteorologiske målinger
- Retningslinjer for støvfall
- Data fra støvsugerprøvene
- Trafikktellinger

Tønnesen D. (1996): *Måling av svevestøvkonsentrasjoner og luftstrøm i Ekeberg tunnelen i Oslo.* OR 66/96. O-96059. NILU.

Måling av luftstrøm og svevestøvkonsentrasjoner ble utført i Ekeberg tunnelens nordgående løp for å finne effekten av rensfiltrene i tunnelen. Målingene viste at det automatiske styringssystemet for innkobling av vifter i rensesløyfa ikke fungerte. Målingene viste videre at lufta som ble dratt gjennom rensesløyfa ble rensset for 99 % til 90 % av svevestøvinnholdet, og at opp til 45 % av tunnellufta ble dratt gjennom rensesløyfa.

Hagen, L. O. og Haugsbakk, I. (1997): *Måling av nitrogenoksider og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo, vinteren 1996/97.* NILU OR 53/97. O-96111. NILU.

For femte vinter på rad er det gjennomført målinger av NO_x og svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5}) nær fire sterkt trafikkerte veier i Oslo. Stasjonene var plassert i Gamlebyen, Kirkeveien ved Schwachs gate, Store Ringvei ved Tåsen, og Trondheimsveien ved Veitvet. Det ble målt overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier ved alle stasjonene både for NO₂ og PM₁₀. Forurensningsnivået i Gamlebyen er redusert som følge av trafikkomleggingen i området sommeren 1995 (Ekeberg tunnelen). Luftkvaliteten ved de fire stasjonene for svevestøv, som har veidekkeslitasje på grunn av piggdekk som viktig kilde, var dårligere enn ved Miljøetatens bybakgrunnsstasjon Nordahl Bruns gate i Oslo sentrum. For NO₂ var halvårsmiddelverdien ved Gamlebyen og Veitvet lavere enn i Nordahl Bruns gate vinteren 1996/97.

**Larssen, S. og Hagen, L. O. (1997): *Partikkelforurensning fra piggdekk.*
NILU rapport OR 16/97. O-97037. NILU.**

På oppdrag fra Samferdselsdepartementet har NILU gjennomført en sammenstilling av målinger av partikkelforurensning (PM_{2,5} og PM₁₀) i de største byene. Hovedhensikten var å få data for overskridelser av retningslinjer/grenseverdier for luftkvalitet, samt en oversikt over ulike kilders bidrag, særlig på grunn av veidekkeslitasje og oppvirvling fra veibanen.

Rapporten gir en oversikt over måleresultater i norske byer i 1990 årene. Målingene er i hovedsak konsentrert til vinterhalvåret. På mange stasjoner er PM_{2,5} ikke målt, fordi PM_{2,5} nivåene vanligvis er lavere enn grenseverdier og også mye lavere enn PM₁₀ nivåene, særlig om vinteren.

Det er utført beregninger av veistøvets bidrag til målte PM₁₀ og PM_{2,5} konsentrasjoner. Metodikken for dette var å inndele dagene med målinger i tørre og våte dager, og si at økningen i PM₁₀ og PM_{2,5} på de tørre dagene i forhold til de våte skyldes veistøv. Den relative andelen til svevestøvet som skyldes veistøv (veidekkeslitasje og oppvirvling av dette) er beregnet å utgjøre:

Bidrag til årsmiddelkonsentrasjon av	<u>PM10</u>	<u>PM2,5</u>
I bysentra	5-35 %	0-20 %
Ved gater/veier	20-65 %	0-35 %
Bidrag til de høyeste døgnmiddelkonsentrasjonene ⁷		
I bysentra	80-95 %	75-85 %
Ved gater/veier	85-98 %	60-90 %

Larssen, S. (1997): Svevestøv (PM10 og PM2,5)-forurensningen i Norge. Bidraget fra vegdekkeslitasje. Effekt av økt piggfri-andel. Presentert under Miljødagene'97 ved NTNU Trondheim 13. mai: Vegdekkeslitasje-Piggdekkslitasje og salting. F 5/97. Q-303. NILU.

Resultatene tyder på at veistøvdepotet ikke bygges opp over tid (fra dag til dag) etter vask/rengjøring, og at det til enhver tid er balanse mellom generert veistøv fra piggdekkenes slitasje av veibanen, og oppvirvlet/bortvirvlet støv fra selve kjørebanelen. Forhold som vind, fuktighet og spesielt frost i bakken betyr mye for hvor stor del av depotet som er tilgjengelig for oppvirvling.

Størrelsesfraksjoneringen av partikler som ble gjort i støvsugeren ga følgende hovedresultat: i gjennomsnitt ca 3 % (variasjon 1-7 %, 9 prøver) av partikkelmassen hadde diameter mindre enn 38 µg/m³. Denne fraksjoneringen ble gjort direkte i luftstrømmen med partikler sugd opp fra veien, uten ytterligere behandling av partikkelprøven. Dette resultatet stemmer bra med NILUs resultater av tilsvarende fra 1987. SINTEF har med en annen metodikk funnet at vel 10 % av partikkelmassen har diameter < 40 µm. Det kan være greit å få avklart årsakene til disse forskjellene, men med den metodikk som nå benyttes i beregningsmetoder for PM10, der en baserer seg på målinger av PM10 i luft, er ikke denne uavklarte situasjonen av vesentlig betydning.

Hovedkonklusjoner fra denne undersøkelsen er som følger:

- Resultatene av veistøvdepot-målingene tyder på at når det er tørt er det balanse til enhver tid generert (avslitt) veistøv og oppvirvlet/bortvirvlet veistøv, slik at veistøvet ikke samlet seg opp til et depot på selve veibanen. Dog er det variasjoner i hvor stor del av den avslitte støvmengden som er tilgjengelig for oppvirvling til enhver tid, avhengig av fuktighet og temperatur, spesielt frost. Når det er fuktig på veien vil støvet samle seg opp til et depot, men dette vil "tømmes" ganske raskt, når veien tørker opp. På veikant/skulder kan det bli depot som kan bli ganske stort gjennom vinteren, og gi støvproblem om våren, når det tørker skikkelig opp.

- Rengjøring av veibanen og –skulderen med den beste tilgjengelige rengjøringsmetodikk (støvsugerbil BEAM S9000) ga ikke redusert PM10-konsentrasjon i luft ved veien. Dette underbygger resultatene fra veistøvdepotmålingene.
- Disse observasjonene innebærer at en ikke kan ”rengjøre seg ut av” problemet med høye PM10-konsentrasjoner ved veier om vinteren. Rengjøring av veiene om våren, der spesielt depotet ved veikant/skulder tas bort, vil imidlertid redusere og forkorte støvingsproblemene utover våren.
- Observasjonen av balanse mellom avslitt og bortvirvlet veistøv innebærer at tiltak som reduserer slitasjen av veidekket også vil gi reduksjon i PM10-konsentrasjonen i luft ved veiene. For eksempel innebærer dette at PM10-konsentrasjonen vil reduseres proporsjonalt med antall piggdekk i trafikkstrømmen. Økning i antall biler med piggfrie dekk vil derved redusere veistøvproblemet. Det er sannsynlig at dette også innebærer at lettere pigger og redusert antall pigger vil redusere veistøvproblemet. Veidekke-slitasjen er proporsjonalt med piggvekten.
- En begrenset undersøkelse av nedsmussing av støv, målt som støvnedfall med standard metodikk over en 3-ukers periode, ga ikke redusert støvnedfall ved den delen av veien som ble rengjort 3 ganger i løpet av 3-ukersperioden, i forhold til ved veien som ikke ble rengjort, selv ikke så nær veien som 10 meter fra veikant.

Slørdal, L. H. (1997): *Beregning av NO₂- og PM₁₀- eksponering for Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Vinteren 1994-1995. OR 23/97. O-96083. NILU.*

Det er gjennomført beregninger av personeksponering for luftforurensningskomponentene NO₂ og PM₁₀ i byene Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregningene er gjort for vinteren 1994/1995. Ut fra data om befolkningens bostedsfordeling i et km²-rutenett er det beregnet ulike måltall for personeksponering som kombinerer personantallet i hver gitterrute med beregnede rutekonsentrasjoner. Disse måltallene er presentert i rapporten i form av tabeller og konturplott. Beregningsresultatene viser at store deler av befolkningen tidvis utsettes for overskridelser av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier. Dette gjelder spesielt for NO₂, men i noe mindre grad også for PM₁₀. Trondheim og Oslo synes å være mest utsatt.

Walker, S. (1997): *Beregning av personvektet årsmiddelkonsentrasjon i Oslo av PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂*. NILU OR 3/97. O-95068. NILU.

Det er utført beregning av personvektet årsmiddelkonsentrasjon i Oslo av PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂ for året 1991-92. Beregningene er utført separat for hver av de to kildegruppene fyring og trafikk. Vektingen er basert på en statistisk befolkningsmatrise (22x18) for Oslo. Beregningen av PM₁₀ er utført ved å skalere resultatene for PM_{2,5}. Beregningen av NO₂ har tatt utgangspunkt i beregning av NO_x og O₃ (NO₂+O₃) samt anvendelse av en betingelse om fotokjemisk likevekt (balanse) mellom NO, NO₂ og O₃. Rapporten beskriver virkningen på personvektet årsmiddelkonsentrasjon av endring i utslippsforholdene for kildegruppene fyring og trafikk samt regionalt bidrag. Det regionale bidraget til Oslo regionen for PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂ er estimert ut ifra tilgjengelige måledata på Birkenes i 1991 og 1992.

Clench-Aas, J. Guerreiro, C. og Bartonova, A. (1998): *Air Quality Indicators*. OR 34/98. O-96132. NILU.

This report proposes and describes in detail several new methods for describing population exposure. These suggested methods of describing population exposure are a function of temporal, spatial and individual microenvironment movements. The episode is the basic entity, and the AQIs include the duration, the inter-episode period, the peak and the integrated concentration of the episodes.

The data used to describe these methods originates from dispersion modelling of Oslo.

Larssen, S., Hagen, L. O., Sluyter, R. and Hooydonk, P. (1998): *European air quality in 1998. Final report.* European topic centre on air quality. NILU.

This report is based on air quality data for the year 1998 transmitted by countries in the framework of the 'Exchange of Information' Council Decision (97/101/EC). According to Article 5.7 of this Decision, a general report is to be prepared for the public, summarising the collected data and outlining the underlying trends in air quality in the European Union. This report presents summarised air quality data, supplemented by maps showing the location of the monitoring stations and the concentrations measured within selected ranges. The report also presents concentration time trends for SO₂, NO₂ and O₃; for these pollutants the reporting is now extensive enough for a first trend analysis.

Slørdal, L. H. (1998): *Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregning av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for vinteren 1995-1996.* OR 38/98. O-97093. NILU.

NILU har på oppdrag fra SFT utført beregninger av personeksponering for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} i byene Oslo, Drammen og Bergen for vinteren 1995-1996 og Trondheim vinteren 1994-1995. Kun forenklete eksponeringsberegninger er gjennomført der beregnede bakkekonsentrasjoner og informasjon om befolkningsfordelingen (bostedsadresse) på km² nivå er koblet sammen. Ut ifra data om befolkningens bostedsfordeling i km² rutenett er det beregnet ulike måltall for personeksponering som kombinerer personantallet i hver gitterute med de beregnede NO₂-, PM₁₀ og PM_{2,5}-konsentrasjonene.

Clench-Aas, J. og Bartonova, A. (1999): *Miljøundersøkelsene hovedveiomlegging Oslo Øst. Trafikkforurensning og støy og selvrappporterte symptomer på helse og trivsel. Samlede resultater fra tverrsnittundersøkelsene for 1987, 1994 og 1996.* OR 36/98. O-96108/N-96133. NILU.

Rapporten beskriver effekter av eksponering for støy, NO₂, PM_{2,5} og PM_{10-2,5} på symptomer av redusert helse og trivsel hos voksne mennesker bosatt i Vålerenga/Gamlebyen området. Effekter på noen kroniske sykdommer er også beskrevet. I forbindelse med miljøtiltak i området kan det påvises at redusert eksponering for forurensningene (NO₂ og PM_{2,5}) førte til reduksjon i rapportering av symptomer i øvre og nedre luftveier, og i generell helse. Dose-respons sammenhenger for disse symptomer og eksponering for NO₂ og PM_{2,5} er kvantifisert. Effekten av eksponering for grove partikler er beskjeden. Støy har effekter særlig på søvnproblemer og deretter tretthet.

Hagen, L.O., Arnesen, K. og Haugsbakk, I. (1999): *Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1995-mars 1996 og oktober 1996-mars 1997.* Rapport nr 761/99, TA-1634/1999. Prosjekt O-97125. OR 13/99. NILU.

Rapporten gir en oversikt over målinger av nitrogenoksider og svevestøv i byer og tettsteder i vinterhalvårene 1995/96 og 1996/97. Måleresultatene er sammenlignet med norske anbefalte luftkvalitetskriterier, Verdens helseorganisasjons retningslinjer og EU-kommisjonens forslag til nye grenseverdier for luftkvalitet i EU/EØS-området. De anbefalte luftkvalitetskriteriene for time- og døgnmiddelverdi av NO₂ og for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} og PM₁₀ ble overskredet ved en rekke målestasjoner. De fleste overskridelsene ble målt på stasjoner nær sterkt trafikkerte veier.

Hagen, L.O., Arnesen, K. og Haugsbakk, I. (1999): *Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1997-mars 1998. Rapport nr 762/99, TA-1635/1999. Prosjekt O-98083. OR 14/99. NILU.*

Rapporten gir en oversikt over målinger av nitrogenoksider og svevestøv i byer og tettsteder i vinterhalvåret 1997/98. Måleresultatene er sammenlignet med norske anbefalte luftkvalitetskriterier, Verdens helseorganisasjons retningslinjer og EU-kommisjonens forslag til nye grenseverdier for luftkvalitet i EU/EØS-området. De anbefalte luftkvalitetskriteriene for time- og døgnmiddelverdi av NO₂ og for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} og PM₁₀ ble overskredet ved en rekke målestasjoner. De fleste overskridelsene ble målt på stasjoner nær sterkt trafikkerte veier.

Larssen, S. og Hagen, L. O. (1999): *Luftkvalitet i norske byer: Utvikling, årsaker, tiltak, framtid.* Kjeller, Norsk institutt for luftforskning. OR 69/98. O-97145. NILU.

Det er en økende oppmerksomhet om luftkvaliteten i våre byer og tettsteder. Luftkvaliteten bestemmes av en rekke faktorer, og sammenhengene er kompliserte. Hensikten med denne rapporten er å gi en kortfattet og enkel oversikt over dette sammensatte saksfeltet. Rapporten er delt i tre deler.

I Del 1 gis en oversikt over utviklingen fram til i dag. Målinger av SO₂ og sot kom i gang sent på 50-tallet. Systematiske målinger av NO_x og NO₂, CO og partikler, ozon og benzen, startet senere i løpet av 70-, 80- og 90-tallet. Befolkningens eksponering til luftforurensninger og hovedkildene til denne beskrives, likeledes luftkvaliteten i norske byer i forhold til andre byer i Europa.

I Del 2 gis en nærmere beskrivelse av utviklingstrekk innen transport, en sektor som er viktig for å forstå utviklingen.

I Del 3 gis en oversikt over framskrivninger av luftkvaliteten i Norge, samt varsling og overvåkning. Framskrivningene er basert på antatt utvikling i viktige forhold som transport, bruk av energi til oppvarmings- og industriformål, samt effekten av krav til drivstoff og kjøretøy. Det er videre gjort analyser av virkninger av ytterligere tiltak som kan være nødvendig for å nå nasjonale mål for luftkvaliteten.

En oversikt over de viktigste grenseverdiene og kriteriene, og faguttrykk er gitt på oppdrag fra Norsk Petroleumsinstitutt og Opplysningsrådet for Veitrafikken.

Slørdal, L. H. og Tønnesen, D. (1999): *Konsentrasjonsfordelingen av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} i sterke forurensningsepisoder i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim.* OR 24/99. O-99010. NILU.

På bakgrunn av timevise modellberegninger av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} gjennom et vinterhalvår i byene Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim, er de 10 verste forurensningssituasjonene analysert. Konsentrasjonsfordelinger som framkommer som gjennomsnittet av de 10 verste episodene er sammenholdt med befolkningsfordelingen for å belyse befolkningseksposeringen i slike episoder. Modellberegningene er bare gjort for bybakgrunn, dvs i et km²-rutenett.

Slørdal, L. H. og Tønnesen, D. (1999): *Framskrivningsberegninger av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for Oslo for 2005 og 2010. En sensitivitets- og tiltaksstudie.* OR 56/99. O-99064. NILU.

NILU har utført framskrivnings- og tiltaksberegninger av luftkvaliteten i Oslo fram mot 2010. Beregningene er utført for forurensningskomponentene nitrogendioksid (NO₂) og svevestøv (PM₁₀). Målsettingen med beregningsarbeidet har vært å undersøke hvilke tiltak som må innføres for at myndighetenes Nasjonale mål for lokal luftforurensning skal oppfylles. Beregningene viser at betydelige tiltak må til for at samtlige boliger i Oslo skal tilfredsstillе disse målene i 2010.

Walker, S. E. (1999): *Beregning av personveid årsmiddelkonsentrasjon i Trondheim av PM2,5, PM10 og NO2 for 1994-95. NILU rapport nr. OR 47/99. O-99013.*

På oppdrag fra Statens vegvesen Sør-Trøndelag veikontor er det utført beregning av personveid årsmiddelkonsentrasjon i Trondheim av PM2,5, PM10 og NO2 for 1994-95. Beregningene er utført separat for hver av de to kildegruppene fyring og trafikk. Vektingen er basert på en statistisk befolkningsmatrise (14 km x 16 km) for Trondheim basert på bostedsadresse. Det er først utført beregninger for vinterperioden (oktober 1994-mars 1995) basert på NILUs spredningsmodell EPISODE. De personveide vintermiddelverdiene er deretter skalert til personveide sommer middelverdier ved å bruke estimerte forholdstall mellom sommer og vinter for de forskjellige kildegruppene basert på tilsvarende forholdstall for Oslo. PM10 er beregnet ved å skalere PM2,5 bidraget med separate faktorer vinter og sommer, basert på lokale målinger i Trondheim. Beregningen av NO2 har tatt utgangspunkt i beregning av NOx og Ox (NO2 + O3), samt anvendelse av en betingelse om fotokjemisk likevekt (balanse) mellom NO, NO2 og O3. Rapporten beskriver virkningen på personveid årsmiddelkonsentrasjon som funksjon av endring i utslippsforholdene for kildegruppene fyring og trafikk, samt regionalt bidrag. Det regionale bidraget til Trondheim av PM2,5, PM10 og NO2 er estimert ut fra tilgjengelige målinger i nærheten av Trondheim og på ulike bakgrunnsstasjoner i Sør-Norge.

Grønnskei, K. E., Gram, F., Larssen, S. and Walker, S. E. (2000): *Evaluation of urban scale time-dependent dispersion modell with subgrid elements in Oslo, Norway. NILU rapport nr. OR 57/2000. E-91029D.*

Timevise data for utslipp, vind og spredningsbetingelser brukes for å beregne timevise NOx-konsentrasjoner i et km-gridsystem basert på en tidsavhengig, endelig differensmodell i tre lag. Forurensningsbidrag fra veier og fra punktkilder tas hensyn

til ved Gaussiske subgridmodeller for linje- og punktkilder. Beregningsresultatene er kontrollert ved data fra åtte stasjoner i tre vintermånedene og fra tre stasjoner i to sommermånedene. Betydning av prosesser som påvirker NO₂-konsentrasjonen er drøftet. En balanse mellom NO, NO₂ og O₃ foreligger når adveksjonstiden er større enn 600-1000 s. Høye NO₂-konsentrasjoner opptrer med lave O₃-konsentrasjoner.

Hagen, L.O. (2000): *Foreløpig vurdering av luftforurensningen i Norge, etter EUs nye luftkvalitetsdirektiver. Supplerende målinger av svevestøv og nitrogendioksid i Lillehammer og Tromsø vinteren 2000.* OR 42/2000. O-100004. NILU.

For å gjennomføre foreløpig vurdering av luftforurensningen i Norge, etter EUs nye luftkvalitetsdirektiver, var det nødvendig å framskaffe aktuelle data for luftkvalitet i utvalgte mindre byer i tillegg til de 7 største byområdene, som har fast overvåking av luftkvaliteten. Målinger i Lillehammer og Tromsø viste at maksimale konsentrasjoner av PM₁₀ og frekvensen av høye konsentrasjoner var like høye eller høyere enn i de største byene. Dette skyldes antagelig at strøing med sand og grus er en viktig kilde til svevestøv i tillegg til piggdekkslitasje i mindre byer. I de største byene benyttes overveiende salting isteden for strøing på veiene.

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomført en foreløpig vurdering av luftkvaliteten i Norge med referanse til EUs Rammedirektiv for luftkvalitet (96/62/EC), EUs Datterdirektiver for SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀ og Pb (1999/30/EC), EU-kommisjonens foreslåtte Datterdirektiv for benzen og CO (COM (98) 591 final) og EU-kommisjonens forslag til Datterdirektiv for ozon (COM (1999) 125 final).

I denne vurderingen ble landet delt opp i en rekke soner. I hver sone ble luftkvaliteten vurdert på grunnlag av all mulig tilgjengelig informasjon, luftkvalitetsmålinger, spredningsberegninger, utslippsdata, meteorologiske forhold, trafikkmengde, topografiske forhold, befolkningsdata etc. Svært viktig var det å ha gode luftkvalitetsdata, helst over perioder på flere år.

Da gode luftkvalitetsdata fra de senere årene i hovedsak bare foreligger for de største norske byene og noen industristeder, anbefalte NILU at luftkvalitetsmålinger burde gjennomføres også i et utvalg av mindre byer. SFT bevilget midler til målinger i Lillehammer og Tromsø over en periode på 3 måneder vinteren 2000.

Målingene omfattet nitrogendioksid (NO₂), svevestøv (PM_{2,5} (bare Lillehammer), PM₁₀) og benzen på to steder i hver by; en stasjon ved en sterkt trafikkert gate og en stasjon litt utenfor sentrum ikke direkte påvirket av utslipp fra biltrafikk (bybakgrunnsstasjon).

Målingene i Lillehammer ble gjennomført i perioden 6.1.-6.4.2000 ved Postgården i Fåberggata (gatestasjon) og ved en tilbaketrukket stasjon fra Jernbanegata (bybakgrunnsstasjon).

I Tromsø ble målingene utført i perioden 20.1.-19.4.2000 ved Grønnegate (gatestasjon) og ved en stasjon tilbaketrukket fra Fogd Dreyers gate (bybakgrunnsstasjon).

Måleresultatene er vurdert ut fra EUs nye grenseverdier og vurderingsterskler, Nasjonale mål og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier. Målingene av NO₂ viste de høyeste verdiene ved gatestasjonene i begge byene, med noe høyere verdier i Lillehammer enn i Tromsø. Hovedkilden til NO₂ er utslipp fra biltrafikk. EUs grenseverdi, Nasjonalt mål og EUs øvre vurderingsterskel for timemiddelverdi ble overholdt i begge byene. EUs nedre vurderingsterskel ble overskredet ved bybakgrunnsstasjonene, mens SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for timemiddelverdi sannsynligvis ikke ble overskredet ved bybakgrunnsstasjonene.

I perioder med tørre og bare gater og veier ble det målt til dels meget høye PM₁₀-konsentrasjoner ved gatestasjonene, særlig i Lillehammer der den maksimale PM₁₀-verdien var mer enn 3 ganger høyere enn tilsvarende verdi ved gatestasjonen Kirkeveien i Oslo. Ved tørre og bare veier er piggdekkslitasjen av veidekket og oppvirvlingen fra veibanen og veikantene betydelig. Dersom det strøs med sand og grus, vil dette knuses lett, og virvles opp i perioder med tørre veier. Andelen biler med

piggdekk antas også å være betydelig høyere i Lillehammer og Tromsø enn i Oslo, der nå bare ca 30 % bruker piggdekk.

Det var særlig i 2. halvdel av mars det var ekstremt tørre og bare veier i hele Østlandsområdet, og PM10-konsentrasjonen i Lillehammer ble flere hundre mikrogram pr. kubikkmeter luft flere dager. Finfraksjonen av svevestøvet var imidlertid minst like lav disse dagene som ellers. Kilden til PM2,5 er i hovedsak eksos- og vedfyringsutslipp.

I Tromsø var det ekstremt mye nedbør vinteren 2000 og veiene var sannsynligvis mer eller mindre snø- og/eller isdekte helt ut mars måned. I april var det i perioder lite nedbør og veiene tørket opp, slik at PM10-nivået ble meget høyt ved gatestasjonen noen dager (omtrent som maksimalverdien i Oslo). Ved bybakgrunnsstasjonen var nivået betydelig lavere, og vedfyring var antagelig hovedkilden de fleste dagene.

I Lillehammer overskrides EUs grenseverdier, Nasjonalt mål, EUs vurderingsterskler og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for PM10 betydelig ved gatestasjonen. Ved bybakgrunnsstasjonen overholdes EUs grenseverdi for 2005 og Nasjonalt mål for 2005, men ikke tilsvarende verdier for 2010, samt EUs vurderingsterskler og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium.

I Tromsø overholdes EUs grenseverdi for døgnmiddelverdi av PM10 for 2005 og kanskje også Nasjonalt mål for 2005 ved gatestasjonen, men ikke tilsvarende verdier for 2010. EUs vurderingsterskler og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier overskrides. Ved bybakgrunnsstasjonen i Tromsø overholdes EUs grenseverdier og Nasjonale mål for PM10, mens EUs øvre vurderingsterskel kanskje overholdes og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium sannsynligvis overholdes.

Grenseverdier for benzen gjelder årsmiddelverdier. EUs grenseverdi overskrides på gatestasjonen i Lillehammer. Nasjonalt mål for bybakgrunn overholdes i Tromsø, men ikke i Lillehammer. EUs nedre vurderingsterskel overskrides på gatestasjonen i Tromsø og på bybakgrunnsstasjonen i Lillehammer.

Målingene i Lillehammer og Tromsø viser at det ikke bare i de største byene, men antagelig også i en lang rekke mindre byer i Norge blir EUs nye grenseverdier og Nasjonale mål for PM10 og benzen tidvis overskredet, særlig i gatenære miljøer. I byer hvor andelen biler med piggdekk er mye høyere enn i storbyene, og hvor det kanskje i stor utstrekning brukes grus og sand som strømiddel, kan de maksimale PM10-konsentrasjonene bli meget høye.

I bybakgrunnsområder kan vedfyring ofte være hovedkilden til PM2,5 (og PM10), men de maksimale verdiene kommer likevel ikke opp mot toppverdiene i gatenære miljøer. De norske anbefalte luftkvalitetskriteriene for døgnmiddelverdi av PM2,5 og PM10 kan kanskje overskrides i Lillehammer, men neppe i Tromsø, også som følge av vedfyring alene. Nasjonalt mål og EUs grenseverdi for PM10 overskrides ikke på grunn av vedfyring alene.

I forbindelse med et tidligere EU-direktiv er nå benzeninnholdet i bensin redusert til maksimalt 1 %. Det dannes imidlertid benzen også i forbrenningsprosessen, og målingene fra Lillehammer og Tromsø viser at EUs grenseverdi fortsatt kan overskrides i veinære miljøer i mange byer. Nasjonalt mål for bybakgrunn vil også overskrides mange steder.

Hagen, L.O. og Arnesen, K. (2000): *Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1998-mars 1999. Prosjekt O-99077. OR 61/2000. NILU*

Rapporten gir en oversikt over målinger av nitrogenoksider og svevestøv i byer og tettsteder i vinterhalvåret 1998/99. Måleresultatene er sammenliknet med norske anbefalte luftkvalitetskriterier, Verdens helseorganisasjons retningslinjer og EU-kommisjonens forslag til nye grenseverdier for luftkvalitet i EU/EØS-området. De anbefalte luftkvalitetskriteriene for time- og døgnmiddelverdi av NO₂ og for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} og PM₁₀ ble overskredet ved en rekke målestasjoner. De fleste overskridelsene ble målt på stasjoner nær sterkt trafikkerte veier.

Høsten 1994 startet oppbyggingen av et nytt og moderne overvåkingsprogram for luftkvalitet i en del av de største byene her i landet. I et moderne overvåkingsprogram er det viktig å ha et system med både modellberegninger og faste målestasjoner der dataene er tilgjengelig for å vises på brukernes dataskjermer i nær sann tid. Data fra de faste stasjonene skal gi informasjon om forurensningsnivå og utvikling i tid. Det er viktig at målinger og modellberegninger kombineres på en kostnadseffektiv måte.

Beregnings- og måleopplegget er konsentrert om nitrogenoksider (NO, NO₂, NO_x) og svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀), som anses som de viktigste lokale luftforurensningsproblemene i Norge i dag. Måleresultatene fra vinteren 1994/95 ga grunnlagsdata for å etablere "arealmodeller" for Oslo, Drammen, Bergen, Trondheim og Grenlandsområdet (Skien/Porsgrunn). Utslippsoversikter framskaffes og oppdateres i fellesskap av Statistisk sentralbyrå og NILU. Innhenting av gode trafikkdata er spesielt viktig for å få gode utslippsdata. Det er også viktig at trafikkdataene oppdateres regelmessig.

Når modellene nå er etablert, har en det nødvendige grunnlaget for å beregne hvilke konsentrasjoner av luftforurensninger befolkningen utsettes for (eksponering).

Den første rapporten med måledata fra det nye overvåkingsprogrammet gjaldt data for Oppdragsrapport nr. 8/96, rapport nr. 648/96 i Statlig program for forurensningsovervåking). Senere er det utarbeidet en toårsrapport for vinterhalvårene 1995/96 og 1996/97, samt rapport for vinterhalvåret 1997/98 (NILU Oppdragsrapport nr 14/99, rapport nr. 762/99 i Statlig program for forurensningsovervåking).

Denne fjerde rapporten, som dekker vinterhalvåret 1998/99, gir data for Oslo, Drammen, Sarpsborg, Fredrikstad, Porsgrunn, Skien og Bergen.

Målingene i vinterhalvåret 1998/99 har omfattet nitrogenoksider og svevestøv. Målingene er utført med kontinuerlig registrerende instrumenter (monitører) hvor dataene midles til timemiddelverdier og overføres til NILU på telenettet for løpende kvalitetskontroll.

Målingene er utført i samarbeid mellom NILU og Miljøetaten i Oslo kommune, Statens vegvesen Oslo, Statens vegvesen Østfold, Sarpsborg kommune, Fredrikstad kommune, Bergen kommune, Statens vegvesen Hordaland, Drammen kommune og SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark. NILU har hatt ansvaret for kontroll og akkreditering av måledataene (bortsett fra OPSIS-systemet i Drammen og SFTs målinger i Porsgrunn og Skien).

Bybakgrunnsstasjonene er valgt slik at de kan gi god kontroll av beregningsmodeller, samtidig som de gir representative måleresultater for den generelle luftkvaliteten i delområder i bysentrum (området innenfor 0,5-1 km fra stasjonen). De er derfor plassert enten på tak eller på bakken noe unna de mest trafikkerte veiene. I flere av byene er det i tillegg gatestasjoner.

Måleresultatene for luftkvalitet er sammenliknet med anbefalte norske luftkvalitetskriterier foreslått av en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT. De anbefalte luftkvalitetskriteriene er fastsatt på grunnlag av litteraturstudier om sammenhengen mellom luftforurensninger og skadevirkninger på helse og miljø. Det er også sammenliknet med EUs nye grenseverdier for EU/EØS-området og med Nasjonale mål for luftkvalitet i Norge, som er litt strengere enn de nye EU-verdiene.

Ingen av målestasjonene hadde overskridelser av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for halvårsmiddelverdi av NO₂ på 50 µg/m³. Tåsen i Oslo hadde den høyeste halvårsmiddelverdien med 47 µg/m³.

For PM_{2,5} og PM₁₀ skal det fastsettes nye og lavere anbefalte norske luftkvalitetskriterier for halvårsmiddelverdi. Det er ventet at de vil bli betydelig lavere enn de tidligere verdiene på henholdsvis 30 µg/m³ og 40 µg/m³ (døgnmiddelkriteriet for PM₁₀ er i 1998 redusert fra 70 µg/m³ til 35 µg/m³, og det er fastsatt et døgnmiddelkriterium for PM_{2,5} på 20 µg/m³). Ut fra dette må det forventes at det vil være overskridelser av de nye norske halvårsmiddelkriteriene for PM_{2,5} og PM₁₀ på de fleste stasjonene, også de som er lite påvirket av utslipp fra biltrafikken. Det tidligere PM₁₀-kriteriet på 40 µg/m³ som halvårsmiddelverdi ble ikke overskredet ved noen stasjoner vinteren 1998/99. Den høyeste halvårsmiddelverdien hadde Tåsen i Oslo med 34 µg/m³.

Overskridelser av norske anbefalte luftkvalitetskriterier, Nasjonale mål og EUs nye grenseverdier for time- og døgnmiddelverdier i EU/EØS-området er sammenfattet i Tabell 9-Tabell 11 i rapporten. Nasjonale mål og EU-verdiene skal overholdes innen 2005 eller 2010 og er gitt som prosentverdier for perioder på et år, mens de norske anbefalte kriteriene er absolutte og skal ikke overskrides i løpet av et halvt år.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for time- og døgnmiddelverdi av NO₂ (henholdsvis 100 µg/m³ og 75 µg/m³) ble overskredet én eller flere ganger ved et flertall av de stasjonene som hadde minst 50% datadekning i vinterhalvåret. De fleste overskridelsene ble målt i Oslo, Drammen og Bergen. Den nye EU-grenseverdien for timemiddelverdi (200 µg/m³, 18 tillatte overskridelser pr. år), som skal overholdes innen 2010, ble overholdt på alle stasjonene, men tre av stasjonene hadde maksimale timemiddelverdier over 200 µg/m³. Nasjonalt mål (150 µg/m³ med 8 tillatte overskridelser pr. år) ble overskredet ved Tåsen i Oslo (14 ganger over 150 µg/m³). Alle øvrige stasjoner overholdt Nasjonalt mål, men maksimale timemiddelverdier over 150 µg/m³ ble også målt i Drammen og Bergen.

SFTs nye anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} på 20 µg/m³ ble overskredet på de 4 stasjonene som hadde målinger. Ved Lensmannsdalen i Skien var rundt 20 % av målingene over 20 µg/m³ vinteren 1998/99. Sofienbergparken i Oslo hadde den høyeste døgnmiddelverdien med 70 µg/m³.

SFTs nye anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av PM₁₀ på 35 µg/m³ ble overskredet ved samtlige målestasjoner, unntatt ved Klyve i Skien. Ved Tåsen i Oslo var rundt 35 % av alle døgnverdiene over 35 µg/m³ vinteren 1998/99.

EUs nye grenseverdi for døgnmiddelverdi av PM₁₀ er 50 µg/m³ (35 tillatte overskridelser i året fram til 2010, og deretter 7 tillatte overskridelser i året). Dersom alle verdiene over 50 µg/m³ antas å forekomme i vinterhalvåret, som er forholdsvis realistisk, tillater EU-verdien overskridelser vel 19 % av tiden i vinterhalvåret fram til 2010, deretter inntil 4 % av tiden). Den mest belastede stasjonen i Oslo (Tåsen) hadde overskridelser ca. 19 % av tiden i måleperioden. Den nye trafikkeksponerte stasjonen Lensmannsdalen i Skien hadde overskridelse av EUs grenseverdi ca 12 % av tiden

vinteren 1998/99. Bybakgrunnsstasjonene i Oslo, Drammen og Bergen hadde overskridelse av 50 µg/m³ i ca 2 % av tiden.

Nasjonalt mål for døgnmiddelverdi er også 50 µg/m³, men antall tillatte overskridelser pr. år er 25 fram til 2010, deretter 7. Denne verdien overskrides derfor litt oftere enn EUs nye grenseverdi.

Hovedkilden til nitrogenoksider og svevestøv i byområder er utslipp fra biltrafikken, men det er også betydelige bidrag fra boligoppvarming, særlig fra vedfyring. I perioder med tørr og bar veibane er veislitasjen med piggdekk og oppvirvling av støv fra veibanen den viktigste kilden til PM10.

Målinger av NO, NO_x, NO₂ og PM10 på timebasis ved bybakgrunnsstasjonene i Oslo, Drammen og Bergen er sammenholdt med samtidige meteorologiske data. Dette viste at konsentrasjonene var klart høyest ved svak vind (særlig for NO og NO_x) og avtok omtrent omvendt proporsjonalt med økende vindstyrke. Videre ble det målt høyest konsentrasjon ved stabil vertikal temperatursjiktning (inversjon, dårlige spredningsforhold), mens nøytral sjiktning som oftest ga de laveste konsentrasjonene. Ustabil sjiktning, som forekommer relativt sjelden om vinteren, synes å gi relativt høye konsentrasjoner i enkelte tilfeller, antagelig som følge av røyknedslag fra skorsteiner i nærområdet. Ustabil sjiktning gir vanligvis god spredning av utslipp.

Hagen, L.O. og Haugsbakk, I. (2000): *Måling av luftkvalitet ved to sterkt trafikkerte veier i Oslo vinteren 1999/2000*. OR 32/2000. O-99123. NILU.

For 8. vinter på rad er det gjennomført målinger av NO₂ og svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀) nær sterkt trafikkerte veier i Oslo. Denne vinteren ble det også målt CO ved stasjonen i Kirkeveien. Stasjonene var plassert i Kirkeveien ved Schwachs gate og Store Ringvei ved Tåsen. Det ble målt overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier ved begge stasjonene for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀. Luftkvaliteten ved de to stasjonene for svevestøv, som har veidekkeslitasje på grunn av piggdekk som en viktig kilde, var dårligere enn ved Helsevernetatens bybakgrunnsstasjon Nordahl Bruns gate i Oslo

sentrum. I Kirkeveien økte PM10 nivået til tross for redusert bruk av piggdekk. Dette skyldes i hovedsak tørre og bare veier i store deler av mars, som medførte en rekke dager med høye konsentrasjoner. Ved Tåsen ble luftkvaliteten klart bedre siste vinter. Dette skyldes mindre trafikk etter åpningen av Tåsen-tunnelen.

For 8. vinter på rad har NILU målt konsentrasjoner av nitrogenoksider og svevestøv ved stasjoner nær sterkt trafikkerte veier i Oslo. Målingene i 1999/2000 ble utført ved Kirkeveien og Tåsen ved tidligere Store Ringvei. Denne vinteren ble det også målt karbondioksid ved Kirkeveien.

Regjeringens Nasjonale mål og EUs nye grenseverdi for timemiddelverdi av NO₂ ble overholdt med god margin både ved Kirkeveien og Tåsen i vinterhalvåret 1999/2000. Også EUs foreslåtte grenseverdi for CO ble overholdt med god margin ved Kirkeveien. Nasjonalt mål for døgnmiddelverdi av PM10 som først skal overholdes fra 2010 ble overskredet ved begge målestasjonene, mens Nasjonalt mål som skal overholdes fra 2005 ble overskredet ved Kirkeveien.

EUs grenseverdier for NO₂ og CO ble overholdt med god margin. Grenseverdien for PM10 som først skal overholdes fra 2010 ble overskredet, mens grenseverdien som skal overholdes fra 2005 ble overholdt ved Kirkeveien.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM10 ble overskredet ved begge målestasjonene vinteren 1999/2000. Det var størst frekvens av overskridelser av døgnmiddelkriteriet for PM10 ved Kirkeveien (30,1 % av målingene). Målingene viste et økt nivå av PM10 vinteren 1999/2000 i forhold til vinteren 1998/99 ved Kirkeveien til tross for økt bruk av piggfrie dekk. Lange perioder med bare og tørre veier på ettervinteren, særlig i mars 2000, har gitt optimale forhold for slitasje av asfalten med piggdekk og oppvirvling av støv fra veibanen og veiskuldrene. Trafikkomleggingen ved Tåsen i november 1999 har medført klart reduserte konsentrasjoner der både av PM10 og NO₂. SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for CO ble overholdt med god margin ved Kirkeveien.

NO₂ (nitrogendioksid), PM_{2,5} og PM₁₀ (partikler med diameter mindre enn henholdsvis 2,5 µm og 10 µm) er de luftforurensningskomponentene som hyppigst og

i størst grad overskrider SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier i byer og tettsteder i Norge i dag. Veitrafikken er den viktigste kilden til overskridelser av luftkvalitetskriteriene.

NILU målte konsentrasjoner av NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ og CO på to trafikkbelastede steder i Oslo (ikke PM_{2,5} og CO på Tåsen) vinteren 1999/2000 som vist i Figur A. Målestasjonene Kirkeveien og Tåsen sto nær veikanten og representerer derfor det veinære miljøet. Målestasjonen på Tåsen står i et område hvor det tidligere har pågått anleggsarbeid i forbindelse med veiombygging. Den nye Tåsen-tunnelen ble åpnet for trafikk i november 1999.

Målingene er gjort på oppdrag fra Statens vegvesen Oslo (SVO) som et ledd i etatens overvåking av trafikkforurensningen. Tilsvarende målinger er utført i vinterhalvårene 1992/93-1998/99 ved 3-4 målestasjoner hver vinter.

Måleresultater av PM_{2,5} og PM₁₀

For PM_{2,5} foreligger det ikke Nasjonalt mål og heller ikke grenseverdi i EU.

Halvårsmiddelverdien av PM_{2,5} ved Kirkeveien var godt under det tidligere anbefalte luftkvalitetskriteriet på 30 µg/m³. Den målte verdien (15 µg/m³) var den samme som vinteren 1998/99. Et nytt anbefalt luftkvalitetskriterium, som forventes å bli betydelig lavere enn det tidligere, skal fastsettes.

Det nye anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} på 20 µg/m³ ble overskredet i 15,9 % av tiden ved Kirkeveien, som vist i Tabell C. Vinteren 1998/99 var det overskridelse i 11,9 % av tiden ved Kirkeveien.

Regjeringens nasjonale mål for døgnmiddelverdi av PM₁₀ på 50 µg/m³ med 25 tillatte overskridelser gjeldende fra 2005 ble klart overskredet ved Kirkeveien. Ved Kirkeveien var antallet overskridelser 32 i perioden oktober 1999-april 2000. Tåsen hadde 19 overskridelser i samme periode. Begge stasjonene hadde imidlertid overskridelse av grenseverdien gjeldende fra 2010. Helsevernetatens bybakgrunnsstasjon ved Nordahl Brunsgate hadde ingen døgnmiddelverdier over 50 µg/m³ vinteren 1999/2000 og overholdt dermed EUs grenseverdi og Nasjonalt mål.

Målinger i mars og april hadde antagelig gitt noen få verdier over 50 µg/m³ også i Nordahl Bruns gate.

EUs nye grenseverdi for døgnmiddelverdi av PM₁₀ på 50 µg/m³ ble overskredet 26 ganger (14,8 % av målingene) i Kirkeveien og 16 ganger (9,0 % av målingene) på Tåsen. EUs grenseverdi tillater inntil 35 overskridelser i kalenderåret. Dette skal overholdes fra 1.1.2005. Fra 1.1.2010 tillates inntil 7 overskridelser i året. Med overskridelser også i april hadde Kirkeveien 32 verdier over 50 µg/m³ vinteren 1999/2000, slik at EUs grenseverdi nesten ble overskredet. Noen få flere overskridelser hadde antagelig blitt registrert dersom målingene også hadde blitt gjennomført om sommeren.

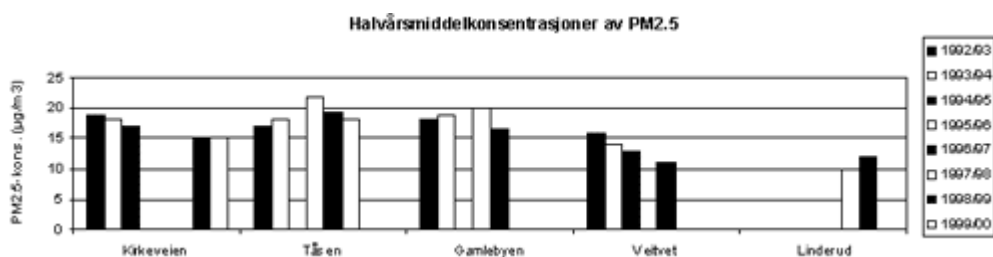
Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av PM₁₀ på 35 µg/m³ ble overskredet i 30,1 % av tiden ved Kirkeveien og 23,2 % av tiden på Tåsen. Ved Helsevernetatens stasjon i Nordahl Bruns gate ble kriterieverdien på 35 µg/m³ overskredet i 3,6 % av tiden. Denne stasjonen er mindre eksponert fra direkte utslipp fra biltrafikken enn de andre stasjonene, men overskridelsene ville antagelig vært flere hvis det hadde blitt målt også i mars og april 2000. Vinteren 1998/99 var det overskridelser i 8,7 % av tiden ved Nordahl Bruns gate.

Tabell C: Frekvens (prosent av tiden) av overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} og PM₁₀ ved Kirkeveien og Tåsen vinteren 1999/2000 (oktober-mars). Tall i parentes gjelder perioden oktober-april.

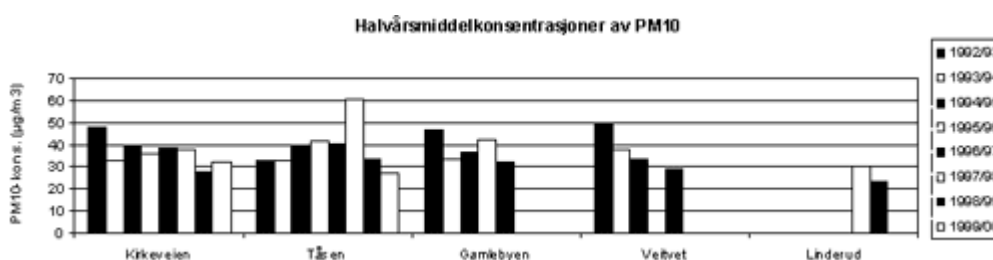
Stasjon	PM _{2,5}	PM ₁₀	
	Døgnmiddelverdi >20 µg/m ³ (%)	Døgnmiddelverdi >35 µg/m ³ (%)	Døgnmiddelverdi >70 µg/m ³ (%)
Kirkeveien	15,9 (15,0)	30,1 (30,6)	5,1 (4,4)
Tåsen	-	23,2 (22,2)	1,1 (1,0)

Figur D og E viser halvårsmiddelkonsentrasjonene av henholdsvis PM_{2,5} og PM₁₀ de 8 siste vintrene. Ingen av stasjonene har målt PM_{2,5} i hele perioden 1992/93-1999/2000. Siste vinter hadde bare Kirkeveien målinger. Nivået nå synes å være lavere enn i første halvdel av 1990-årene. Middelerdien de siste vinterhalvårene var 15 µg/m³ i Kirkeveien. Tåsen har ikke hatt målinger de to siste vintrene.

For PM10 har Kirkeveien hatt et stabilt nivå, særlig i perioden 1994/95-1997/98. På Veitvet har det vært en klar nedgang. Linderud viste samme nivå i 1997/98 som på Veitvet i 1996/97. Tåsen har i likhet med Kirkeveien hatt et stabilt PM10-nivå, men i 1997/98 økte konsentrasjonen betydelig. Dette skyldes jord/ leirepartikler fra anleggsvirksomheten som via biltrafikken (hjulene) avsettes på veibanen og deretter slites av og virvles opp. Både Kirkeveien, Tåsen og Linderud viste klar nedgang i midlere PM10nivå fra 1997/98 til 1998/99. Viktige årsaker til dette var antagelig redusert bruk av piggdekk og en mer nedbørrik vinter. Vinteren 1999/2000 ble PM10 nivået klart redusert på Tåsen som følge av trafikkomleggingen i området. I Kirkeveien økte PM10 nivået til tross for stadig redusert bruk av piggdekk. Dette skyldes i hovedsak tørre og bare veier i store deler av mars, som medførte en rekke dager med høye konsentrasjoner. Med en tilsvarende mars i 2000 som i 1999 (som var nedbørrik) ville nivået gått litt ned på halvårsbasis.



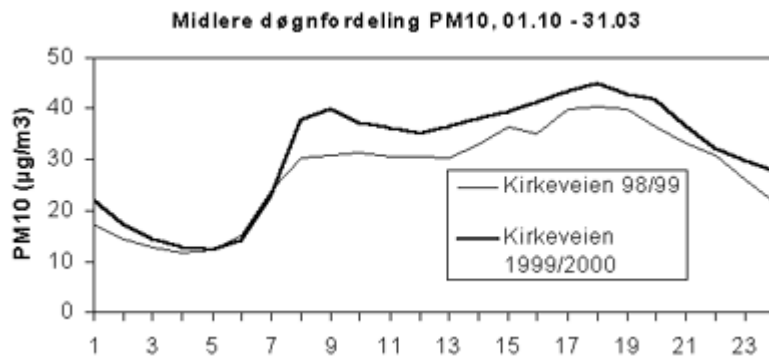
Figur D: Halvårsmiddelkonsentrasjoner (oktober-mars) av PM2,5 de 8 siste vintrene (µg/m³).



Figur E: Halvårsmiddelkonsentrasjoner (oktober-mars) av PM10 de 8 siste vintrene (µg/m³).

Timemålinger av PM10 i Kirkeveien viste at de laveste konsentrasjonene i gjennomsnitt ble målt tidlig om morgenen før morgenrushet startet, se Figur F. Målingene viste små forskjeller i PM10 konsentrasjonene om natten de to siste vintrene, men på dagtid og om kvelden var det høyere konsentrasjoner i 1999/2000 til tross for at stadig flere kjører piggfritt, slik at mengden svevestøv som slites av asfalten er avtagende. Årsaken til økte konsentrasjoner er i hovedsak tørre og bare veier i store deler av mars på grunn av lite nedbør. Dette medførte at støvet som ble

slitt av asfalten ikke ble bundet opp på grunn av fuktighet, men ble virvlet opp fra veibanen og veikantene.



Figur F: Gjennomsnittskonsentrasjon av PM10 over "middeldøgnet" ved Kirkeveien i vinterhalvårene 1998/99 og 1999/2000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Larssen, S., Hagen, L. O. og Tønnesen D. (2000): Foreløpig vurdering av luftforurensningen i Norge, etter EUs nye luftkvalitetsdirektiver. OR 46/2000. O-98125. NILU.

For å gjennomføre foreløpig vurdering av luftforurensningen i Norge, etter EUs nye luftkvalitetsdirektiver, var det nødvendig å framskaffe aktuelle data for luftkvalitet i utvalgte mindre byer i tillegg til de 7 største byområdene, som har fast overvåking av luftkvaliteten. Målinger i Lillehammer og Tromsø viste at maksimale konsentrasjoner av PM10 og frekvensen av høye konsentrasjoner var like høye eller høyere enn i de største byene. Dette skyldes antagelig at strøing med sand og grus er en viktig kilde til svevestøv i tillegg til piggdekkslitasje i mindre byer. I de største byene benyttes overveiende salting istedet for strøing på veiene.

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomført en foreløpig vurdering av luftkvaliteten i Norge med referanse til EUs Rammedirektiv for luftkvalitet (96/62/EC), EUs Datterdirektiver for SO₂, NO₂, NO_x, PM10 og Pb (1999/30/EC), EU-kommisjonens foreslåtte Datterdirektiv for benzen og CO (COM (98) 591 final) og EU-kommisjonens forslag til Datterdirektiv for ozon (COM (1999) 125 final).

I denne vurderingen ble landet delt opp i en rekke soner. I hver sone ble luftkvaliteten vurdert på grunnlag av all mulig tilgjengelig informasjon, luftkvalitetsmålinger, spredningsberegninger, utslippsdata, meteorologiske forhold, trafikkmengde, topografiske forhold, befolkningsdata etc. Svært viktig var det å ha gode luftkvalitetsdata, helst over perioder på flere år.

Da gode luftkvalitetsdata fra de senere årene i hovedsak bare foreligger for de største norske byene og noen industristeder, anbefalte NILU at luftkvalitetsmålinger burde gjennomføres også i et utvalg av mindre byer. SFT bevilget midler til målinger i Lillehammer og Tromsø over en periode på 3 måneder vinteren 2000.

Målingene omfattet nitrogendioksid (NO₂), svevestøv (PM_{2,5} (bare Lillehammer), PM₁₀) og benzen på to steder i hver by; en stasjon ved en sterkt trafikkert gate og en stasjon litt utenfor sentrum ikke direkte påvirket av utslipp fra biltrafikk (bybakgrunnsstasjon).

Målingene i Lillehammer ble gjennomført i perioden 6.1.-6.4.2000 ved Postgården i Fåberggata (gatestasjon) og ved en tilbaketrasket stasjon fra Jernbanegata (bybakgrunnsstasjon).

I Tromsø ble målingene utført i perioden 20.1.-19.4.2000 ved Grønnegate (gatestasjon) og ved en stasjon tilbaketrasket fra Fogd Dreyers gate (bybakgrunnsstasjon).

Måleresultatene er vurdert ut fra EUs nye grenseverdier og vurderingsterskler, Nasjonale mål og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier. Målingene av NO₂ viste de høyeste verdiene ved gatestasjonene i begge byene, med noe høyere verdier i Lillehammer enn i Tromsø. Hovedkilden til NO₂ er utslipp fra biltrafikk. EUs grenseverdi, Nasjonalt mål og EUs øvre vurderingsterskel for timemiddelverdi ble overholdt i begge byene. EUs nedre vurderingsterskel ble overskredet ved bybakgrunnsstasjonene, mens SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for timemiddelverdi sannsynligvis ikke ble overskredet ved bybakgrunnsstasjonene.

I perioder med tørre og bare gater og veier ble det målt til dels meget høye PM10-konsentrasjoner ved gatestasjonene, særlig i Lillehammer der den maksimale PM10-verdien var mer enn 3 ganger høyere enn tilsvarende verdi ved gatestasjonen Kirkeveien i Oslo. Ved tørre og bare veier er piggdekkslitasjen av veidekket og oppvirvlingen fra veibanen og veikantene betydelig. Dersom det strøs med sand og grus, vil dette knuses lett, og virvles opp i perioder med tørre veier. Andelen biler med piggdekk antas også å være betydelig høyere i Lillehammer og Tromsø enn i Oslo, der nå bare ca 30 % bruker piggdekk.

Det var særlig i 2. halvdel av mars det var ekstremt tørre og bare veier i hele Østlandsområdet, og PM10-konsentrasjonen i Lillehammer ble flere hundre mikrogram pr. kubikkmeter luft flere dager. Finfraksjonen av svevestøvet var imidlertid minst like lav disse dagene som ellers. Kilden til PM_{2,5} er i hovedsak eksos- og vedfyringsutslipp.

I Tromsø var det ekstremt mye nedbør vinteren 2000 og veiene var sannsynligvis mer eller mindre snø- og/eller isdekte helt ut mars måned. I april var det i perioder lite nedbør og veiene tørket opp, slik at PM10-nivået ble meget høyt ved gatestasjonen noen dager (omtrent som maksimalverdien i Oslo). Ved bybakgrunnsstasjonen var nivået betydelig lavere, og vedfyring var antagelig hovedkilden de fleste dagene.

I Lillehammer overskrides EUs grenseverdier, Nasjonalt mål, EUs vurderingsterskler og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for PM10 betydelig ved gatestasjonen. Ved bybakgrunnsstasjonen overholdes EUs grenseverdi for 2005 og Nasjonalt mål for 2005, men ikke tilsvarende verdier for 2010, samt EUs vurderingsterskler og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium.

I Tromsø overholdes EUs grenseverdi for døgnmiddelverdi av PM10 for 2005 og kanskje også Nasjonalt mål for 2005 ved gatestasjonen, men ikke tilsvarende verdier for 2010. EUs vurderingsterskler og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier overskrides. Ved bybakgrunnsstasjonen i Tromsø overholdes EUs grenseverdier og Nasjonale mål for PM10, mens EUs øvre vurderingsterskel kanskje overholdes og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium sannsynligvis overholdes.

Grenseverdier for benzen gjelder årsmiddelverdier. EUs grenseverdi overskrides på gatestasjonen i Lillehammer. Nasjonalt mål for bybakgrunn overholdes i Tromsø, men ikke i Lillehammer. EUs nedre vurderingsterskel overskrides på gatestasjonen i Tromsø og på bybakgrunnsstasjonen i Lillehammer.

Målingene i Lillehammer og Tromsø viser at det ikke bare i de største byene, men antagelig også i en lang rekke mindre byer i Norge blir EUs nye grenseverdier og Nasjonale mål for PM10 og benzen tidvis overskredet, særlig i gatenære miljøer. I byer hvor andelen biler med piggdekk er mye høyere enn i storbyene, og hvor det kanskje i stor utstrekning brukes grus og sand som strømiddel, kan de maksimale PM10-konsentrasjonene bli meget høye.

I bybakgrunnsområder kan vedfyring ofte være hovedkilden til PM2,5 (og PM10), men de maksimale verdiene kommer likevel ikke opp mot toppverdiene i gatenære miljøer. De norske anbefalte luftkvalitetskriteriene for døgnmiddelverdi av PM2,5 og PM10 kan kanskje overskrides i Lillehammer, men neppe i Tromsø, også som følge av vedfyring alene. Nasjonalt mål og EUs grenseverdi for PM10 overskrides ikke på grunn av vedfyring alene.

I forbindelse med et tidligere EU-direktiv er nå benzeninnholdet i bensin redusert til maksimalt 1 %. Det dannes imidlertid benzen også i forbrenningsprosessen, og målingene fra Lillehammer og Tromsø viser at EUs grenseverdi fortsatt kan overskrides i veinære miljøer i mange byer. Nasjonalt mål for bybakgrunn vil også overskrides mange steder.

Sivertsen B. (2000): *Understanding Air Quality Measurements*. TR 4/2000. Q-303. NILU.

An introduction to air quality measurement programmes is presented, included the design, instrumentation, methodology, dispersion models and data presentation and interpretation. The report was prepared for a seminar presented at the Egypt

Environmental Affairs Agency (EEAA) and includes several examples from measurements undertaken in Egypt.

The integrated approach towards environmental management is based on the view that the environment should be monitored and followed as an entity. The Brundtland Commission also in line with the concept “sustainable development” introduces these principles, which has been widely adopted by both national governments and international organisations.

Today’s environmental information systems combine the latest sensor and monitor technologies with data transfer, data base developments, quality assurance, statistical and numerical models and advanced computer platforms for processing, distribution and presenting data and model results. Geographical Information Systems (GIS) are an important tool, particular for the presentation of data.

These technologies can be used in environmental management to support integrated pollution prevention and control. They can also be part of an emergency management system to support actions and crisis management during emergencies and accidents of various kinds. The content and operability of the system might be quite different in the two cases.

In the following we will describe the content of such surveillance systems and introduce the air pollution science including:

- Emissions to the atmosphere,
- Meteorological importance for the dispersion of pollution in the atmosphere,
- The models that link emissions and impact,
- The significance of quality assurance,
- The statistics and limit values available to understand the concept of air quality.

Tønnesen D. (2000): Programvaredokumentasjon. VLUFT versjon 4.4. TR 7/2000. O-99140. NILU.

VLUFT 4.4 er en PC-basert beregningsmodell for luftforurensning fra veitrafikk. Programmet anvendes med Windows som operativsystem. Modellen beregner utslipp fra et veinett av CO₂, CO og NO_x. For hver vei i nettet beregnes maksimalkonsentrasjonen.

VLUFT er en modell for luftforurensning fra veitrafikk, som kan brukes for veinett bestående av åpne veier og gaterom. Større kryssystemer kan også behandles på en forenklet måte. Det beregnes utslipp av CO₂, CO og NO_x (NO+NO₂). Utslippsfaktorene for CO og NO_x (g/km) er avhengig av kjøretøyklasse, kjørehastighet og stigning på veien. Drivstofforbruket, som bestemmer CO₂-utslippet, er avhengig av kjøretøyklasse og kjørehastighet. Det beregnes konsentrasjoner av CO, NO₂ og PM₁₀. Modellen fokuserer på de stoffene det finnes anbefalte luftkvalitetskriterier for som overskrides som følge av trafikktutslippene, og stoffer der trafikken har et vesentlig bidrag til totalutslippene i Norge. I tillegg til maksimalbelastning langs veier beregnes også verdier for konsentrasjonsprosentiler svarende til nasjonale mål for luftkvalitet.

Det er lagt inn forutsetninger om teknologisk utvikling på kjøretøysiden, slik at det kan gjøres beregninger frem til 2017. Jo lenger fram i tid man kommer, jo mer usikre blir estimatene. Det er lagt vekt på at forutsetningene skal stemme overens med Vegdirektoratets (VDs) prognoser og prognosene lagt inn i Nasjonal Utslippsmodell utarbeidet av Statistisk sentralbyrå (SSB) og Statens forurensningstilsyn (SFT) (SFT, 1999).

Det benyttes ulike spredningsmodeller for gaterom og veier i spredt bebyggelse til å beregne konsentrasjon av forurensningskomponentene i det veinære miljøet. Det beregnes maksimalkonsentrasjoner i valgt avstand fra veikant, dvs. konsentrasjoner som oppstår når rushtidstrafikk og maksimalt dårlige spredningsforhold inntreffer samtidig. Det beregnes også konsentrasjonsprosentiler, for NO₂ den 8. høyeste årlige timemiddelverdien og for PM₁₀ den 7. Og 25. høyeste døgnmiddelverdien. Videre

beregnes det eksponering, dvs. konsentrasjoner utenfor husene der folk er bosatt. Konsentrasjoner og antall eksponerte ses i forhold til SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier og i forhold til nasjonale mål for luftkvalitet.

I forhold til tidligere modellversjoner har VLUFT 4.0–4.4 blitt forbedret både når det gjelder innhold og brukervennlighet. De viktigste endringene er:

- Systemet opereres under Windows, og alle resultater lagres i databaseformat.
- Utslippsmodellen for PM10 er forbedret og reflekterer regionale forskjeller bedre.
- Eksponeringsberegninger for gaterom utføres ved hjelp av en egen spredningsmodell for gaterom.
- Forslag til bakgrunnskonsentrasjoner er gitt for hvert fylke, med flere tilgjengelige verdier.
- Korrigering av bakgrunnsverdier foretas automatisk som funksjon av beregningsår.
- Beregning av eksponering utføres i forhold til det største bidraget blant de to nærmeste lenkene.
- Utslippsberegningene er i overensstemmelse med Nasjonal Utslippsmodell.

Hagen, L.O. og Arnesen, K. (2001): *Måling av luftkvalitet ved sterkt trafikkerte veier i Oslo vinteren 2000/2001*. OR 48/2001. NILU

For 9. vinter på rad har NILU målt konsentrasjoner av nitrogenoksider og svevestøv ved stasjoner nær sterkt trafikkerte veier i Oslo. Målingene i 2000/2001 ble utført ved Kirkeveien og Tåsen ved tidligere Store Ringvei. Denne vinteren ble det også målt karbonmonoksid (CO) ved Kirkeveien. Målinger i Bjørvika ble startet 12.1.2001 og omfattet nitrogenoksider og svevestøv.

Regjeringens Nasjonale mål og EUs grenseverdi for timemiddelverdi av NO₂ ble overholdt med god margin både ved Kirkeveien, Tåsen og Bjørvika i vinterhalvåret 2000/2001. Nasjonalt mål og EUs grenseverdi for døgnmiddelverdi av PM₁₀ som først skal overholdes fra 2010 ble overskredet ved Kirkeveien, mens Nasjonalt mål og EUs grenseverdi som skal overholdes fra 2005 ikke ble overskredet ved noen av stasjonene.

EUs grenseverdi for CO ble overholdt med god margin.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} og PM₁₀ ble overskredet ved målestasjonene vinteren 2000/2001. Det var størst frekvens av overskridelser for PM_{2,5} i Bjørvika. Stasjonen i Bjørvika ligger noe unna de mest trafikkerte veiene. Det er imidlertid stor trafikk i Gamlebyen, og utslippene fra bileksos antas å være hovedkilden til PM_{2,5}. PM₁₀-nivået var klart lavere vinteren 2000/2001 enn vinteren 1999/2000 ved Kirkeveien og Tåsen. Dette skyldes ytterligere redusert bruk av piggdekk kombinert med en mild og nedbørrik vinter, som gir bedre spredning og dermed reduserte konsentrasjoner av svevestøv.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av NO₂ ble overskredet 5 ganger i Kirkeveien og i Bjørvika, mens det ikke var noen overskridelser på Tåsen. SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for CO ble overholdt med god margin i Kirkeveien.

NO₂ (nitrogendioksid), PM_{2,5} og PM₁₀ (partikler med diameter mindre enn henholdsvis 2,5 µm og 10 µm) er de luftforurensningskomponentene som hyppigst og i størst grad overskrider SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier i byer og tettsteder i Norge i dag. Veitrafikken er den viktigste kilden til overskridelser av luftkvalitetskriteriene.

NILU målte konsentrasjoner av NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ og CO på to trafikkbelastede steder i Oslo (ikke PM_{2,5} og CO på Tåsen) vinteren 2000/2001 som vist i Figur A. Målestasjonene Kirkeveien og Tåsen sto nær veikanten og representerer derfor det veinære miljøet. Målestasjonen på Tåsen står i et område hvor det tidligere har pågått anleggsarbeid i forbindelse med veiombygging. Den nye Tåsen-tunnelen ble åpnet for trafikk i november 1999. I tillegg ble det i perioden 12.1.-30.4.2001 også målt ved Bjørvika, der stasjonen var plassert nær ruinene av den tidligere Clemenskirken. Denne stasjonen må idag karakteriseres som en bybakgrunnsstasjon. Målingene tjener som en førundersøkelse i forbindelse med planene for bygging av Bjørvikatunnelen.

Målingene er gjort på oppdrag fra Statens vegvesen Oslo (SVO) som et ledd i etatens overvåking av trafikkforurensningen. Tilsvarende målinger er utført i vinterhalvårene 1992/93-1999/2000 ved 2-4 målestasjoner hver vinter.

Måleresultater av PM_{2,5} og PM₁₀

For PM_{2,5} foreligger det ikke Nasjonalt mål og heller ikke grenseverdi i EU.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} på 20 µg/m³ ble overskredet i 13,9 % av tiden ved Kirkeveien, som vist i Tabell C. Vinteren 1999/2000 var det overskridelser i 15,9 % av tiden ved Kirkeveien. Bjørvika hadde overskridelser i 39,8 % av tiden i månedene januar-april 2001.

Regjeringens Nasjonale mål og EUs grenseverdi for døgnmiddelverdi av PM₁₀ på 50 µg/m³ med henholdsvis 25 og 35 tillatte overskridelser gjeldende fra 2005 ble ikke overskredet ved Kirkeveien. Ved Kirkeveien var antallet overskridelser 9 i perioden oktober 2000-april 2001. Tåsen hadde 4 overskridelser i samme periode, mens Bjørvika hadde en overskridelse i månedene januar-april 2001. Grenseverdien gjeldende for 2010 (50 µg/m³ med 7 tillatte overskridelser i året) ble overskredet ved Kirkeveien.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av PM₁₀ på 35 µg/m³ ble overskredet i 15,5 % av tiden ved Kirkeveien og 6,6 % av tiden på Tåsen. Bjørvika ville antagelig hatt 18-20 dager med PM₁₀ over 35 µg/m³ ved målinger gjennom en hel vinter, tilsvarende rundt 10 % av tiden.

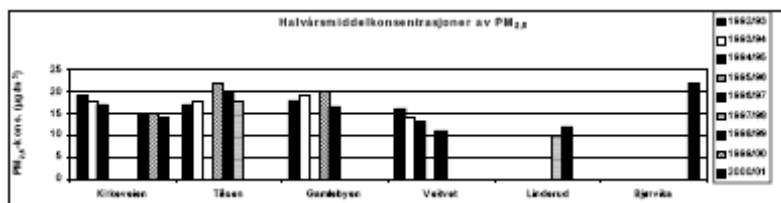
Tabell C: Frekvens (prosent av tiden) av overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier for døgnmiddelverdi av PM_{2,5} og PM₁₀ ved Kirkeveien, Tåsen og Bjørvika vinteren 2000/2001 (oktober-mars). Tall i parentes gjelder perioden oktober-april. Målingene ved Bjørvika startet 12.1.2001.

Stasjon	PM _{2,5}	PM ₁₀	
	Døgnmiddelverdi >20 µg/m ³ (%)	>35 µg/m ³ (%)	>70 µg/m ³ (%)
Kirkeveien	13,9 (11,9)	15,5 (14,2)	0,8 (0,5)
Tåsen	-	6,6 (7,1)	0,0 (0,0)
Bjørvika	49,3 (39,8)	19,0 (13,8)	0,0 (0,0)

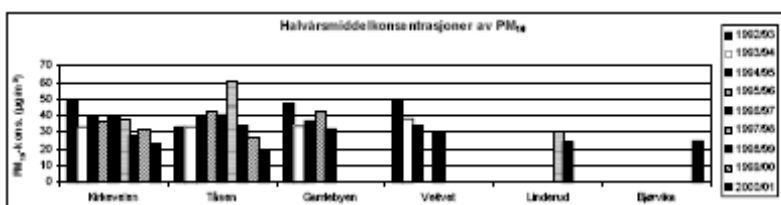
Figur D og E viser halvårsmiddelkonsentrasjonene av henholdsvis PM_{2,5} og PM₁₀ de 9 siste vintrene. Ingen av stasjonene har målt PM_{2,5} i hele perioden 1992/1993-

2000/2001. Kirkeveien har flest målinger. Nivået nå synes å være lavere enn i første halvdel av 1990-årene. Middelerdien de tre siste vinterhalvårene var rundt 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Kirkeveien. Målingene i Bjørvika tyder på et litt høyere nivå der enn i Kirkeveien.

For PM10 har Kirkeveien hatt et stabilt nivå i perioden 1994/95-1997/98. De tre siste årene har det vært en betydelig nedgang som følge av redusert bruk av piggdekk. Vinteren 2000/2001 var det også gode spredningsforhold som bidro til reduserte konsentrasjoner. Tåsen har i likhet med Kirkeveien hatt et stabilt PM10-nivå, men i 1997/98 økte konsentrasjonen betydelig. Dette skyldes jord/ leirepartikler fra anleggsvirksomheten ved Tåsen-tunnelen som via biltrafikken (hjulene) avsettes på veibanen og deretter slites av og virvles opp. Ytterligere redusert nivå vinteren 2000/2001 skyldes fortsatt redusert bruk av piggdekk og gode spredningsforhold og for Tåsens vedkommende også redusert trafikk. I Bjørvika er det reelle PM10-nivået litt lavere enn i Kirkeveien, og PM2,5-fraksjonen utgjør den helt dominerende delen av PM10.



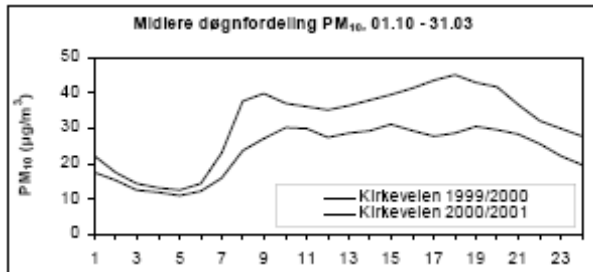
Figur D: Halvårsmiddelkonsentrasjoner (oktober-mars) av PM_{2,5} de 9 siste vintrene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur E: Halvårsmiddelkonsentrasjoner (oktober-mars) av PM₁₀ de 9 siste vintrene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Timemålinger av PM10 i Kirkeveien viste at de laveste konsentrasjonene i gjennomsnitt ble målt tidlig om morgenen før morgenrushet startet, se Figur F. Målingene viste små forskjeller i PM10-konsentrasjonene om natten de to siste vintrene, men på dagtid og om kvelden var det klart lavere konsentrasjoner i 2000/2001. Andelen biler som kjører piggfritt er stadig økende, slik at mengden

svevestøv som slites av asfalten er avtagende. Like viktig er det imidlertid at nedbørmengden vinteren 2000/2001 var mye høyere enn vinteren 1999/2000. Dette medførte færre dager uten nedbør og tørre veier som er en forutsetning for økt oppvirvling av svevestøv pga piggdekkslitasje av veibanen.



Figur F: Gjennomsnittskonsentrasjon av PM10 over "middeldøgnet" ved Kirkeveien i vinterhalvårene 1999/2000 og 2000/2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Slørdal, L. H. og Larssen, S. (2001): Vedfyring og svevestøv. Beregninger i Oslo vinteren 1998/1999. OR 37/2001. O-99012. NILU.

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luft-forskning (NILU) tidligere utført luftkvalitetsberegninger av PM2.5 og PM10 (svevestøvpartikler med diameter mindre enn h.h.v. 2.5 μm og 10 μm) i de største byene i Norge. Disse beregningene har vært basert på utslippsoversikter fra Statistisk Sentralbyrå (SSB). Beregninger har vist at vedfyringen bidrar vesentlig til totalkonsentrasjonen av svevestøv i byene. Imidlertid er det store usikkerheter knyttet til SSB's estimater av både det totale vedforbruk innenfor byene og den geografiske og tidsmessige fordelingen av dette forbruket.

På denne bakgrunn fikk NILU i oppdrag av Miljøverndepartementet (MD) og SFT å gjennomføre målinger av PM10 og/eller PM2.5 vinteren 1998/1999, for å belyse hvor mye vedfyringen faktisk bidrar til de målte svevestøv-konsentrasjonene. I tillegg til den direkte tolkningen av målingene skulle NILU også benytte modellverktøyet AirQUIS for å beregne konsentrasjonene av PM10 og PM2.5 i måleperioden. Modellresultatene skulle da kunne brukes både som støtte for tolkningen av måledataene og til å belyse usikkerheter i modellverktøy og utslippsoversikter.

Modellberegninger med AirQUIS er svært ressurskrevende og siden målingene av svevestøv hovedsakelig viser forhøyede verdier i perioden f.o.m. 7. desember 1998 t.o.m. 18. februar 1999 ble beregninger bare utført for dette tidsrommet. Samtlige 7 døgn som er omtalt spesielt i rapporten som beskriver måleresultatene er innenfor dette tidsrommet.

NILU har tidligere gjennomført sprednings- og eksponeringsberegninger av svevestøvkompomentene PM2.5 og PM10 for bl.a. Oslo. Disse beregningene dekket vinterperioden fra begynnelsen av oktober 1995 til utgangen av mars 1996, og modellverktøyet som ble benyttet beregnet utelukkende gjennomsnittskonsentrasjoner i modellens 1 x 1 km²-rutenett (bybakgrunns-nivåer). De nye beregningene for vinteren 1998/1999 som omtales i den fore-liggende rapporten er imidlertid gjennomført med et mer avansert modellverktøy som er i stand til å beregne konsentrasjonen i vilkårlige posisjoner innenfor modellområdet. Dette gjør det mulig å estimere konsentrasjonsnivået nær veier, der svevestøvkonsentrasjonene varierer sterkt over relativt små avstander, dvs. 10 – 100 m. Beregningsverdiene er av denne grunn ikke bare sammenliknbare med målinger som er foretatt i områder i god avstand fra hovedveier (bybakgrunn-stasjoner), men kan også sammenholdes med målinger som foretas veinært (gate-stasjoner).

Vedfyringsbidraget er funnet ved å benytte SSB's forbrukstall for ved som kildegrunnlag i modellberegningene. Dette forbruket (angitt i tonn/år) er arealfordelt i modellens rutenett. Det estimerte forbruket av ved i rutene som de ulike målestasjonene ligger i er som følger:

Sofienbergparken: rute (12,12): 1139 tonn/år

Kirkeveien: rute (10,13): 512 tonn/år

Linderud: rute (16,14): 83 tonn/år

Nordahl Brunsgt: rute (11,11): 538 tonn/år

Modellrute (12,12) som Sofienbergparken ligger innenfor er forøvrig ruta med nest størst beregnet vedforbruk, og dette parkområdet skulle derfor være et velegnet sted å gjennomføre svevestøvmålinger når målet er å undersøke vedfyringens betydning. Bare rute (10,12) som dekker Fagerborg/Bislett-området har et større forbrukstall. I denne ruta er vedforbruket anslått til 1280 tonn/år.

På bakgrunn av beregningsmaterialet som er presentert i denne rapporten, er det generelle inntrykket at svevestøvnivåene i Sofienbergparken i stor grad er dominert av vedfyringen. For gatestasjonene er vedfyringens betydning noe ulik for de to betraktete stasjonene. I Kirkeveien er finfraksjonsnivået (PM_{2.5}) i overraskende stor grad influert av vedfyringen i området, mens veistøvbidraget er den dominerende kilden i perioder med høyt beregnet nivå av PM₁₀. Forklaringen på at PM_{2.5}-nivået beregnes så høyt i Kirkeveien er at stasjonen ligger rett nord for km²-ruten i Oslo som ifølge SSB har høyest vedforbruk, dvs. ruta som inneholder Fagerborg/Bislett-området. For stasjonen på Linderud utgjør ved-fyringen under halvparten av PM_{2.5}-nivået og oppvirvlet veistøv er den totalt dominerende bidragsyteren til de maksimale PM₁₀-nivåene. For å belyse kildesammensetningen nærmere er beregnet vedfyringsbidrag i forhold til målt og beregnet gjennomsnittlig totalkonsentrasjon for perioden 29.1.-20.2., gjengitt i Tabell A. I Tabell B er dessuten prosentandelen av målt og beregnet finfraksjon (dvs. PM_{2,5}), i svevestøvet angitt.

Tabell A: Beregnet vedfyringsbidrag i forhold til hhv. beregnet og målt PM-konsentrasjon totalt, for PM_{2,5} og PM₁₀ (gjennomsnittsverdier for perioden 29.01.-20.02).

Målested	Beregnet bidrag (gjennomsnitt for 29.1.-20.2.) til PM-konsentrasjoner fra vedfyringen			
	I forhold til beregnet totalkonsentrasjon		I forhold til målt totalkonsentrasjon	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Bybakgrunn				
Sofienbergparken	55%	70%	37%	50%
Gater/veier				
Kirkeveien	40%	58%	29%	58%
Linderud	19%	36%	14%	38%

Tabell B: Finfraksjonsandel (dvs. PM_{2,5}-andelen) av observert og beregnet PM₁₀-nivå (basert på gjennomsnittsverdier for perioden 29.01.-20.02).

Målested	Finfraksjonsandel av observert og beregnet PM ₁₀ -nivå (basert på gjennomsnitt for 29.1.-20.2.)	
	Observert PM _{2,5} -nivå i forhold til observert PM ₁₀ -konsentrasjon	Beregnet PM _{2,5} -nivå i forhold til beregnet PM ₁₀ -konsentrasjon
Bybakgrunn		
Sofienbergparken	73.5 %	78.3 %
Gater/veier		
Kirkeveien	49.2 %	68.2 %
Linderud	47.3 %	51.2 %

For de ulike stasjonene viser tallene i Tabell A og Tabell B følgende:

Sofienbergparken: Beregningene antyder at vedfyringen gjennomsnittlig utgjør 70 % og 55 % av hhv. PM_{2,5}- og PM₁₀- nivåene. Samtidig er den beregnede og den målte finfraksjonsandelen hhv. 78.3 % og 73.5 %. Siden vedfyringen i hovedsak bidrar til finfraksjonen, betyr dette at en økning av det estimerte ved-forbruket i dette området for å kompensere for underestimeringen av de observerte PM_{2,5} og PM₁₀ nivåene, ville føre til en for høy beregnet verdi av forholdet mellom PM_{2,5} og PM₁₀. Derimot kan underestimeringen forklares ved for lave utslipp, dersom vi i modellberegningene samtidig med for lave vedfyringsutslipp også har underestimert veistøvet's betydning i dette området. I tillegg kan en mulig forklaring også være at de meteorologiske spredningsforholdene i dette området i enkelte perioder har vært dårligere enn det modellen har beregnet.

Kirkeveien: For denne stasjonen viser beregningsresultatene at vedfyringen i gjennomsnitt utgjør 58 % og 40 % av hhv. PM_{2,5}- og PM₁₀- nivåene. Den beregnede og den målte finfraksjonsandelen er hhv. 68.2 % og 49.2 %. Ved å sammenholde disse verdiene med de målte konsentrasjonene ser en at modellen har underestimert veistøvbidraget. Dette innebærer at vedfyringen i gjennomsnitt trolig bidrar med betydelig mindre enn 40 % til PM₁₀-nivået og at andelen av beregnet PM_{2,5} i forhold til beregnet PM₁₀ reduseres fra 68 % ned mot det observerte nivået på omlag 50 %.

Linderud: På målestasjonen ved Linderud (ca. 10 m sør for Trondheimsveien, mot Groruddalen-siden) viser beregningsresultatene at vedfyringen i gjennomsnitt utgjør 36 % og 19 % av hhv. PM_{2,5}- og PM₁₀- nivåene. Den beregnede og den målte finfraksjonsandelen er hhv. 51.2 % og 47.3 %. Sammenholdt med de observerte middelnivåene synes de beregnede verdiene å gi et riktig bilde av både totalnivåene og vedfyringsbidraget. Hovedkilden til svevestøvet på denne stasjonen er veitrafikken, dvs. eksospartikler sammen med noe veistøv for PM_{2.5}, og veistøv for PM₁₀.

Det er tidvis tildels betydelige avvik mellom de observerte og beregnede timevise svevestøvverdiene. Det er imidlertid vanskelig ut fra sammenlikningsmaterialet å fastslå årsaksforholdene til disse avvikene, men sammenholding av ulike deler av datamaterialet sannsynliggjør årsaker. Det er en lang rekke usikkerhetsfaktorer knyttet både til de benyttede utslippsestimatene og til selve modellberegningene, og disse

bidrar i varierende grad som feilkilder. Det generelle inntrykk fra resultatene er at modellen har en tendens til å overestimere maksimumskonsentrasjonene i episoder (med varighet 1 – 3 timer), mens observasjonsmaterialet indikerer lenger episodevarighet med noe lavere maksimumsverdi. Slike episoder beregnes for alle målesteder, og som oftest samtidig for PM_{2,5} og PM₁₀. Dette fenomenet er trolig knyttet til selve spredningsmodellen og videre utviklingsarbeid er påkrevet for å forbedre modellen på dette punktet. Det at beregningene gir gjennomgående for lave nivåer av svevestøv utover kvelden og natten kan dels skyldes hvordan spredningen beregnes, dels estimatet av ulike utslipp på kvelds- og nattetid, samt at det regionale bakgrunnsbidraget kan være underestimert.

I Sofienbergparken, gjelder den generelle kommentaren om at modellen gjennomgående gir for lave verdier på kvelds- og nattetid, men overestimeringen av maksimumssituasjonene er mindre markert her enn på gatestasjonene. Dette fører til at de beregnede døgnmiddelverdiene overveiende blir for lave på denne -stasjonen. Årsakene til denne underestimeringen er antakelig mange og sammensatte, men en sannsynlig forklaring er at det angitte vedforbruket i dette området er for lavt, og/eller at den benyttede utslippsfaktoren er for liten. Sammenlikningen mellom de observerte og beregnede svevestøvkonsentrasjonene i Sofienbergparken viser også at enkelte episoder med høye observerte nivåer ikke fanges opp av modellen. Vi tror dette i hovedsak skyldes to forhold. For det første at de meteorologiske inngangsdataene som er målt på Valle Hovin, ikke er representative for spredningsforholdene i det sentrale byområdet i disse situasjonene, og for det andre at de benyttede utslippsestimatene av forbrennings-partikler fra vedfyringen er spesielt lave i disse situasjonene, (f.eks. som følge av feil både i den tidsmessige fordelingen av vedforbruket og forbrukets temperatur-korreksjon).

For gatestasjonene er det noen perioder der beregningene i sterk grad underestimerer PM₁₀-nivåene, mens PM_{2.5}-nivåene samsvarer bra med observasjonene. Dette forekommer typisk i episoder med svært høye observerte PM₁₀-nivåer. Dette gjelder eksempelvis for periodene 5. – 9. februar og 16. – 18. februar 1999. Siden oppvirvlet veistøv er den viktigste bidragsyteren til grovfraksjonen i svevestøvet må årsaken til denne underestimeringen være knyttet til at det beregnede veistøv-bidraget er for lavt i disse periodene. Trolig frigis stadig større støvmengder i perioder når veibane og

veiskuldre gradvis tørker opp. I beregningene har vi ingen informasjon om disse opptørkingsprosessene og kun opplysninger om målt nedbør, luftfuktighet og temperatur benyttes for å anslå tørrheten av veiene. Mer detaljert informasjon om veibanens/veiskulderens tørrhet og støvmengde må fremskaffes for bedre å kunne beregne veistøvets bidrag til de totale PM10-nivåene.

Den romlige konsentrasjonsfordelingen for de to døgnene da de høyeste svevestøvkonsentrasjonene beregnes viser størst vedbidrag i området Grünerløkka/Sofienbergparken og Fagerborg/Bislett. I beregningsmaterialet bidro vedfyringen maksimalt med et svevestøvbidrag på 46.4 µg/m³. Denne døgnverdien ble beregnet 1/2-99 i modellruta (10,12) som dekker Fagerborg/Bislett-området. Det totale PM2.5-nivået ble dette døgnet beregnet til 60.7 µg/m³ i denne modellruta, og vedfyringen utgjorde dermed hele 76.4 %.

Når det gjelder veistøv, samsvarer beregningsresultatene som er presentert i denne rapporten i stor grad med tidligere beregnings- og måleresultater, dvs. at veistøvet i hovedsak bidrar til veinære forurensningsproblemer, og ikke i tilsvarende grad til problemer i sentrumsområder av byer generelt. På gatestasjonene gir bileksos et betydelig bidrag til PM2,5, og veistøv i tillegg et vesentlig bidrag til PM10. Veistøvet bidrar spesielt i episoder med de høyeste PM10-verdiene.

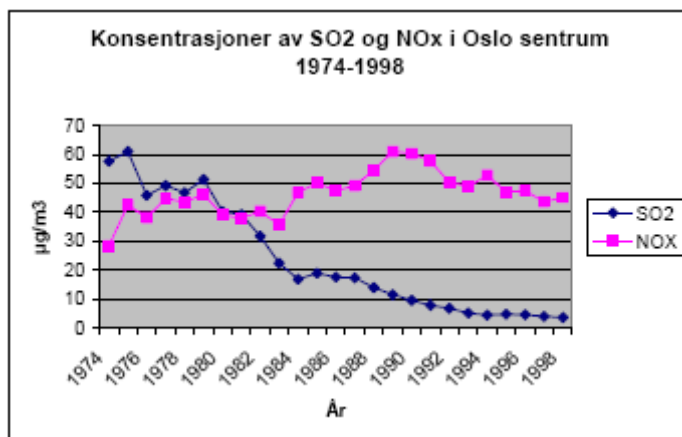
Selv om evalueringen av modellresultatene viser betydelige avvik, er det likevel grunn til å framheve at samsvaret mellom observerte og beregnede nivåer i store deler av beregningsperioden er svært bra. Dette gjelder for begge svevestøv-komponentene, om enn i sterkere grad for PM2.5 enn for PM10. Det er derfor forsvarlig å benytte beregningsmaterialet til å belyse vedfyringens bidrag til den totale svevestøvkonsentrasjonen. Det er imidlertid viktig å understreke at det modellerte vedfyringsbidraget i stor grad er styrt av det estimerte vedforbruket, utslippsfaktoren, og av den antatte romlige og tidsmessige fordelingen av det spesifiserte vedforbruket, og at de betydelige usikkerhetene i disse fordelingene gjenspeiles som usikkerheter i beregningene.

Gram. F. og Grønseki, K.E. (2002): Konsentrasjoner av SO₂, NO_x, partikler og bly i Oslo 1973-1998. Samarbeidsprosjekt om luftforurensning og helse i Oslo. OR 60/2002. NILU.

Folkehelsa har fått økonomisk støtte fra Kreftforeningen og Norges forskningsråd til et prosjekt som går ut på å studere sammenhengen mellom luftforurensning, kreft og dødelighet i en kohort av 16 000 Oslo-menn som er fulgt fra 1972/73 til 1998. NILU har bidratt til prosjektet med å beregne årlige forurensningsfelter av SO₂, NO_x, partikler og bly i Oslo. Disse er så er benyttet til å beregne forurensningsnivåene og eksponeringen på boligadressene til deltakerne.

Alle beregningene er gjort for et rutenett med 22 x 18 km²-ruter, hvor Oslo sentrum er i ruten (11,11). Beregningene av forurensningene er basert på detaljerte beregninger av konsentrasjonsbidraget fra fyring og trafikk i Oslo for årene 1979 og 1995. Resultatene fra disse er ekstrapolert etter målte SO₂-konsentrasjoner i Oslo sentrum til årskonsentrasjonsfelter av SO₂ for årene 1974-1998. For de andre komponentene er det beregnet konsentrasjonsfelter på grunnlag av årlige forbruks- og utslippstall, sammen med målte tidsserier for noen komponenter på noen steder i Oslo.

Figuren viser utviklingen i årsmiddelkonsentrasjonene i Oslo sentrum 1974-1998. SO₂-konsentrasjonene har gått drastisk ned, mens NO_x-konsentrasjonene har holdt seg på samme nivå. Bidraget fra fyring har gått ned, mens trafikkbidraget har økt. For de senere årene har innføringen av katalysator på bensinbiler demmet litt opp for trafikkveksten.



Figur A: Utviklingen i årsmiddelkonsentrasjonene i Oslo sentrum 1974-1998.

For de som har vært bosatt i kortere eller lengre tid utenom selve beregningsområdet er det anslått konsentrasjoner for ialt 20 regioner i Norge for 1973, og disse er så pålagt en tidsutviklingsfaktor som gjelder for hele landet. Anslaget er basert på subjektive vurderinger av noen målte verdier fra noen steder, samt en vurdering av forurensningssituasjonen i norske byer og tettsteder som NILU gjorde i 1983, mens tidsutviklingen følger endringene i utslippet av hver enkelt komponent. Vedlegg D beskriver metodikken.

For de som har vært bosatt ved sterkt trafikkerte gater i Oslo (ÅDT >10 000) er det beregnet et tilleggsbidrag til rutekonsentrasjonene. Gatene er delt i tre klasser etter trafikken, og enkelte av gatene har skiftet klasse i løpet av beregningsperioden. Vedlegg C beskriver beregningene av gate-tillegget.

Bartonova, A., Larssen, S. og Hagen, L. O. (2002): *Utvikling i luftforurensningen 1991 – 2001. Utslippsreducerende tiltak og PM10 partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen.* O-101093. OR 10/2002. NILU.

Luftforurensningsdata fra Oslo og Drammen ble analysert statistisk for å undersøke om reduksjonen i piggdekkbruk i Oslo førte til nedgang i konsentrasjonen av partikler (PM10). Data for luftforurensning, meteorologi, trafikk og utslipp ble koblet sammen fra flere kilder. Multivariat lineær regresjon ble gjennomført. Analysene ble gjort på hele datamaterialet for å beskrive den gjennomsnittlige tendensen, på utvalgte data som representerte dager med hhv. gode og dårlige spredningsforhold, og på datasett med hhv. høye og lave konsentrasjonene av partikler (svevestøv PM10).

Korrelasjonen mellom PM10 og nitrogenoksider på døgnbasis ligger rundt 0,5 både i hele datamaterialet og i utvalgene. Den relativt sett lave korrelasjonen skyldes at kildesammensetningen for disse forurensninger er nokså ulik og spredningen påvirkes noe ulikt ved forskjellige værforhold. Meteorologiske variable alene (vindhastighet, nedbør, temperatur, relativ fuktighet og stabilitet) forklarer en betydelig del av

variabiliteten i forurensningskonsentrasjonene. Dette er i samsvar med erfaringen som sier at det er værforholdene som i størst grad bestemmer konsentrasjonene fra dag til dag.

Forurensningene viser også god samvariasjon med antallet lette kjøretøy i nærheten av målestedene. Samvariasjonen med andel tungtrafikk vises godt for nitrogenoksider, mens for partikler som har mer sammensatte kilder og er i betydelig grad påvirket av fuktighet på og ved veibanen kommer ikke den antatte samvariasjonen med tungtrafikken fram i analysen. Andre utslippsdata i Oslo (utslipp av partikler og nitrogenoksider totalt og fra mobile kilder samt utslipp av partikler fra veistøv) er godt korrelert med hverandre og deres bidrag lar seg ikke kvantifisere hver for seg.

I Oslo ble andel piggdekk redusert fra 81 til 21 % i perioden 1992-2001. I Drammen var piggdekkandelen i perioden 1995-2001 stabil på rundt 52 %. Partikkelkonsentrasjonene i Oslo viste en reduksjon mellom 1992 og 2001 som samvarierte med reduksjonen i piggdekkandelen. I Drammen ble det ikke funnet noen tidsutvikling i partikkelkonsentrasjonene, men der er det heller ingen nedgang i piggdekkandel.

Samvariasjonen mellom PM10 og piggdekkandel i Oslo var påviselig i hele datamaterialet, for utvalgte perioder (episoder) med relativt sett dårlig spredning, og for dager med konsentrasjoner under 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10.

For de målestedene som er analysert har den statistiske analysen gitt at gjennomsnittsverdien av PM10 (vintermiddelverdi) reduseres ca. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved en reduksjon i piggdekkandel på 10 % (absolutt). Dette er i samsvar med tidligere estimater med en annen analyse-metodikk.

Måledata fra målestedene viser at vintermiddelverdien av PM10 har blitt redusert fra knapt 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 1992/93, med ca. 80 % piggdekkandel, til ca. 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 1998/99, med ca. 20 % piggdekkandel. Resultatene fra den statistiske analysen i denne rapporten er konsistente med at det meste av denne reduksjonen i målt PM10 skyldes reduksjonen i piggdekkandelen.

For datasettet som omfatter dager med høy PM10 (over 50 µg/m³) fant man ikke en sammenheng med piggdekkandel. Mange av dagene med høy PM10 skyldes oppvirvling av veistøv som tørker opp etter en fuktig periode. Denne sammenhengen er komplisert, og dynamikken med våte til tørre veiforhold kan føre til høye PM10 konsentrasjoner selv om piggdekkandelen er lav. Etter lange fuktige perioder kan veistøvdepotet som er tilgjengelig for oppvirvling bli stort selv ved lav piggdekkandel.

Selv om den statistiske analysen ikke tok for seg de maksimale konsentrasjonene og ikke har gitt signifikant sammenheng mellom høye PM10-verdier og piggdekkandel, viser langtids måleserier at de maksimale PM10-verdier ved veier har blitt en god del redusert de siste årene.

Resultatene gir grunn for å undersøke nærmere hvilke forandringer som bør foreslås for beregningsmodellene for partikler. De innsamlede data gir god mulighet for slike undersøkelser. Forholdet mellom meteorologiske parametere og konsentrasjonene av svevestøv både for lave og høye konsentrasjoner, utover det som er utført innenfor nåværende arbeid, kan studeres videre, med hensyn også til data innsamlet av Statens Vegvesen i forbindelse med salting av veibane, og muligens også ved bruk av målinger fra andre stasjoner med kortere tidsserier.

Hagen, L. O. og Tønnesen, D. (2002): *Grovvurdering av luftkvaliteten i Norge i henhold til foreløpig utkast til EU-direktiv om tungmetaller og BaP i luft*. O-101125. OR 73/2001. NILU.

Rapporten gir resultatene av en grovvurdering av luftkvaliteten i definerte soner i Norge, i følge kravene i utkast til EUs 4. datterdirektiv. Grenseverdien for BaP kan overskrides i de største byene og ved aluminiumsverkene. Vurderingen for tungmetaller er usikker på grunn av lite luftdata. Tungmetaller i mose antyder at målinger i luft bør gjennomføres ved enkelte industribedrifter for å gi en sikrere vurdering.

Jablonska, H. T. B., Walker, S. E., Böhler, T., Køltzow, M. Ø., Berge, E. og Bjergene, N. (2002): *Bedre Byluft. Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2001/2002*. OR 53/2002. O-99070. NILU.

Som en del av Bedre byluft-prosjektet er det utviklet en prognosemodell for detaljerte beregninger av meteorologi og luftkvalitet i byene Oslo, Bergen, Trondheim, Drammen og Stavanger. Hensikten med prognosemodellen har vært å gi kvantitative prognoser av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ i vintersesongen (perioden 1. november til 1. mai) for å støtte den lokale varslingen i hver enkelt by. Prognosene er ferdigstilt i perioden kl. 07 til kl. 09 om morgenen (lokal vintertid) og er gyldige for neste dag. De lokale myndigheter har dermed den nødvendige tid for å anvende prognosene i varslingen for neste dag.

Prognosemodellen er utviklet på oppdrag for Statens Vegvesen Vegdirektoratet, og den er et resultat av et faglig samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning og Meteorologisk institutt. Modellen har tatt utgangspunkt i eksisterende modeller for luftkvalitet, mens en ny meteorologisk modell utviklet for detaljerte beregninger av meteorologi er tatt i bruk i dette prosjektet. Disse modellene er så koplet sammen til en integrert prognosemodell. De operasjonelle kjøringene utføres på Meteorologisk institutt som har døgnkontinuerlig tjeneste.

Resultatene fra prognosemodellen legges hver morgen automatisk ut på en internettside. På denne internettsiden kan brukerne hente prognoser for luftkvalitet og meteorologi. Prognosene av luftkvalitet gir resultater både i punktverdier og som geografiske kart. Meteorolog på vakt har vært tilgjengelig hver morgen for en vurdering av de meteorologiske prognosene. For Oslo og Drammen er det værvarslingstjenesten i Oslo som har ansvaret for denne kontakten. For Bergen, Trondheim og Stavanger er det værvarslingstjenesten i Bergen som har ansvaret. Det operasjonelle systemet har vært svært stabilt hele vintersesongen med bare noen få dager der resultatene har uteblitt eller blitt forsinket.

For Oslo og Drammen har prognosemodellen vært kjørt gjennom hele vintersesongen. For Bergen, Trondheim og Stavanger er modellen startet opp på dager der meteorolog på vakt har forventet værforhold som ville tilsi høye konsentrasjoner av NO₂, PM_{2,5} eller PM₁₀. Årsaken til dette har vært begrensninger i regneressursene. For de øvrige dagene er luftkvalitetsberegningene i Bergen, Trondheim og Stavanger basert på mindre detaljerte værdata fra met.nos rutinemodeller.

Hensikten med denne rapporten er ved hjelp av statistiske metoder å gi en kvantitativ sammenligning av resultatene fra prognosemodellen for vintersesongen 2001/2002 med observasjoner, og på bakgrunn av dette gi en kort vurdering av resultatene.

Hagen, L.O. (2003): *Måling av luftkvalitet ved sterkt trafikkerte veier i Oslo, mai 2001-desember 2002*. OR 07/2003. NILU.

På oppdrag fra Statens vegvesen, Stor-Oslo distrikt har NILU i perioden mai 2001-desember 2002 målt konsentrasjoner av nitrogenoksider og svevestøv på fire steder, samt CO på ett sted og benzen på to steder. Målingene er en del av Stor-Oslo distrikts overvåking av luftforurensningssituasjonen langs riksveinettet. Målingene er foretatt på steder der planlagte veiutbygginger og omlegginger ventes å påvirke trafikksituasjonen.

Fra 2001 måles det hele året ved Kirkeveien og Løren (ny stasjon fra oktober 2001). Ved de to andre (og nye) stasjonene Furuset og Manglerud måles det i vintermånedene oktober-april, med start i oktober 2001.

Den viktigste grunnen til omleggingen av måleprogrammet er at EUs luftkvalitetsdirektiver, som ble implementert i Norge 4.10.2002 gjennom "Forskrift om lokal luftkvalitet", krever målinger hele året ved et visst antall stasjoner. Grenseverdiene skal også overholdes på kalenderbasis.

Denne omleggingen medfører også at det heretter blir årsrapportering fra måleprogrammet. Denne første årsrapporten dekker i utgangspunktet perioden mai 2001-desember 2002, men data fra Kirkeveien for hele 2001 er tatt med.

Nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet

Den 4.10.2002 ble tre EU-direktiver for luftkvalitet implementert i Norge gjennom "Forskrift om lokal luftkvalitet" fastsatt av Miljøverndepartementet. Dette innebærer at Norge nå har fått juridisk bindende grenseverdier som er like over hele EU/EØS-området. Overskridelser av grenseverdiene skal utløse tiltak for å bedre luftkvaliteten. Grenseverdiene skal overholdes innen 1.1.2005 for svevestøv (PM10) og karbonmonoksid (CO) og innen 1.1.2010 for nitrogendioksid (NO2) og benzen.

I Norge er det også Nasjonale mål. Disse er bygget opp på samme måte som grenseverdiene, men er litt strengere. Nasjonale mål er en målsetning og er ikke juridisk bindende.

Grenseverdiene og Nasjonale mål er gitt i Tabell A. Med grenseverdi forstås det et nivå som er fastlagt på vitenskapelig grunnlag for å unngå, forebygge og minske de skadelige effektene på helse og/eller på miljøet i sin helhet, som skal oppnås innen en gitt tidsfrist, og som ikke skal overskrides når det er oppnådd.

Tabell A: Nasjonale mål og grenseverdier for luftkvalitet med hensyn til virkninger på helse. Grenseverdiene er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, unntatt CO som er i mg/m^3 . Grenseverdiene er lik EUs grenseverdier og er gjort gjeldende som minstekrav i Norge fra 4.10.2002 gjennom "Forskrift om lokal luftkvalitet" fastsatt av Miljøverndepartementet.

Stoff	Midlingstid	1 time	8 timer	24 timer	Kalenderår
NO ₂	Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)	150 ¹⁾ (8 pr. år)			
	Grenseverdier (og antall tillatte overskridelser)	200 ¹⁾ (18 pr. år)			40 ¹⁾
PM ₁₀	Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)			50 ²⁾ (25 pr. år) 50 ¹⁾ (7 pr. år)	
	Grenseverdier (og antall tillatte overskridelser)			50 ²⁾ (35 pr. år) 50 ¹⁾ (7 pr. år)	40 ²⁾ 20 ¹⁾
CO	Grenseverdi		10 ²⁾		
Benzen	Nasjonalt mål				2 ^{1,3)}
	Grenseverdi				5 ¹⁾

- 1) Skal overholdes innen 1.1.2010.
- 2) Skal overholdes innen 1.1.2005.
- 3) Gjelder for bybakgrunn.

Overskridelser av grenseverdier og Nasjonale mål.

For å sammenligne målt luftkvalitet med grenseverdier og Nasjonale mål bør målingene foregå hele året. Data fra Løren og Kirkeveien viser imidlertid at enkeltverdier over disse grenseverdiene normalt ikke forekommer i sommermånedene mai-september. Ved å måle som på Furuset og Manglerud bare i vintermånedene januar-april og oktober-desember vil antall enkeltverdier over grenseverdiene bli riktig, mens middelkonsentrasjonen i de 7 månedene vil bli høyere enn om det hadde vært målt hele året.

Målingene ved de 4 stasjonene viser at grenseverdiene for NO₂, CO og benzen ble overholdt med unntak av årsmiddelverdien for NO₂ på Løren i 2002, som var 10 % over grenseverdien. Denne årsmiddelverdien var likevel klart lavere enn grenseverdien tillagt toleransemarginen, som er 56 µg/m³ i 2002. Toleransemarginen trappes ned med 2 µg/m³ hvert år fram til 2010, da grenseverdien på 40 µg/m³ skal overholdes. Dersom grenseverdien tillagt toleransemarginen overskrides, er det et signal om at umiddelbare tiltak bør settes inn med tanke på å oppnå grenseverdien innen den gitte fristen.

Nasjonalt mål for timemiddelverdi av NO₂ på 150 µg/m³ med 8 tillatte overskridelser i året ble overskredet på Løren i 2001 og på Manglerud i 2002.

Grenseverdien for årsmiddel av PM₁₀ ble overholdt med god margin på alle målestasjonene. Grenseverdien for døgnmiddelverdi er 50 µg/m³ med 35 tillatte overskridelser i året. På Løren ble det målt 40 overskridelser i 2002, slik at grenseverdien ble overskredet der. Nasjonalt mål tillater 25 overskridelser i året, og denne verdien ble overskredet også på Manglerud i 2002.

Årsaker til høy luftforurensning

Veitrafikken er den største kilden til lokale luftforurensningsproblemer i Norge. I Oslo står mobil forbrenning (i hovedsak veitrafikk) for 85 % av NO_x- og 90 % av CO-

utslippene. For svevestøv regnes vedfyring å være den største kilden byen sett under ett. Ved hovedveiene gir imidlertid trafikken som oftest det dominerende bidraget til luftkvaliteten pga. nærheten til utslippet. I perioder kan også luft som kommer inn over Norge fra andre deler av Europa gi relativt høye svevestøvkonsentrasjoner, selv om dette bidraget ikke kommer opp mot grenseverdiene for luftkvalitet.

For benzen antas det at utslippene fra trafikken dominerer totalt. Dette skyldes at benzen er et tilsetningsstoff i bensin, og at det også dannes noe benzen i selve forbrenningsprosessen.

Utslippene fra trafikken varierer lite over året. Likevel er de målte gjennomsnittskonsentrasjonene kanskje nesten dobbelt så høye i vinter- som i sommerhalvåret. Dette skyldes i hovedsak spredningsforholdene. I perioder med kaldt vær og svak vind blir spredningen av utslippene dårlig både horisontalt og vertikalt (inversjonsforhold). Slike forhold kan vare i flere dager vinterstid, og konsentrasjonene kan øke gradvis.

Slitasje av veidekket med piggdekk og oppvirvling av støvet fra veibanen og veikantene kan i perioder medføre svært høye svevestøvkonsentrasjoner. Slitasjen foregår kontinuerlig så lenge veiene ikke er snødekte, mens oppvirvlingen er effektiv bare når det er tørt på veien og veikantene. Selv om veislitasje og oppvirvling er beregnet "bare" å utgjøre vel 10 % av svevestøvutslippet i Oslo, er det likevel dette som er hovedårsaken til de høyeste målte konsentrasjonene (bortsett fra svevestøvpartikler fra nyttårsfeiring) og til flertallet av overskridelsene av grenseverdien for PM10. Antall dager med tørre veier i piggdekkseasonen har derfor stor betydning for hvor mange overskridelser det blir.

I mars 2002 var det eksempelvis hele 12 døgnverdier av PM10 over 50 µg/m³ på Løren, mens det ikke var noen i desember 2002 til tross for en svært kald måned. Dette skyldes at det knapt var tørre og bare veibaner i det hele tatt i desember, mens det i mars var lange perioder med tørre veier.

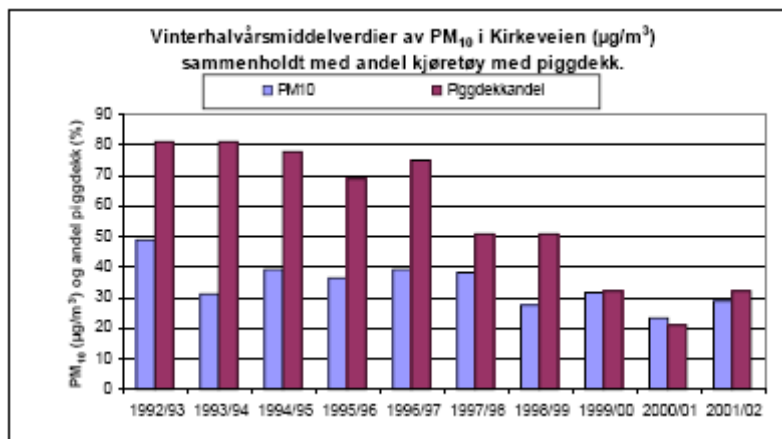
Blir luftkvaliteten i Oslo bedre?

Tidligere ble det målt høye konsentrasjoner av SO₂ og bly i Oslo og andre større byer i Norge. Etter en sterk overgang fra koks, kull og tungoljer til lette fyringsoljer og elektrisitet til boligoppvarming og overgang til blyfri bensin, er konsentrasjonene av disse komponentene nå langt under grenseverdiene.

I dag er det NO₂ og PM₁₀ som er det største problemet, og konsentrasjonene av disse stoffene kan være høyere enn grenseverdiene i episoder. For CO og benzen ser det ut til at grenseverdiene overholdes greit.

Av de 4 stasjonene Løren, Kirkeveien, Furuset og Manglerud er det bare Kirkeveien som har lang nok tidsserie til å si noe om utviklingen i forurensningsnivå. Kirkeveien har hatt målinger i hver vintersesong siden 1992/93, og fra 2001 også i sommersesongene.

Som et eksempel på utviklingen er det i Figur B vist vinterhalvårsverdier (oktober-mars) av PM₁₀ de 10 siste vintrene i Kirkeveien sammenholdt med andelen kjøretøy som har piggdekk. Figuren antyder at PM₁₀-nivået har gått ned fra om lag 40 µg/m³ tidlig i 1990-årene til ca. 25-30 µg/m³ de siste vintrene. Andelen av kjøretøy med piggdekk har samtidig sunket fra 8 % til ca 30 %. Etter at gebyrordningen for kjøring med piggdekk ble opphevet, økte både svevestøvkonsentrasjonen og andelen kjøretøy med piggdekk igjen vinteren 2001/02.



Figur B: Vinterhalvårsmiddelverdier av PM₁₀ i Kirkeveien (µg/m³) sammenholdt med andel kjøretøy med piggdekk.

Hagen, L.O., Larssen, S. og Walker, S. E. (2003): *Forurensning som funksjon av avstand fra vei. Målinger på RV 159 Nordby-sletta v/Skårer vinteren 2001-2002, og sammenligning med VLUFT. OR 22/2003. O-101126. NILU*

Et omfattende måleprosjekt for å studere forløpet av forurensning som funksjon av avstand fra vei er gjennomført ved RV 159 i Lørenskog. Undersøkelsen er finansiert av Vegdirektoratet og NILU i fellesskap, og er gjennomført av NILU. Målet er å gi grunnlag for forbedring av de spredningsmodeller og beregningsverktøy for forurensning langs veier som benyttes i Norge, og gi bidrag til nordisk forskning på dette feltet.

Målingene har gitt svært verdifulle resultater på avstandsavhengigheten for forurensning ved veier i flatt, homogent terreng med høy kjørehastighet (80-90 km/t).

Målt forurensning av tok mindre raskt enn beregnet med KONTILENK/VLUFT. Flere årsaker til dette er identifisert, som gir grunnlag for forbedringer av modellen ved denne type veier.

McInnes, H. og Laupsa, H. (2003): *Historiske beregninger for Oslo for 1995/96, 1998 og 2001. OR 6/2003. O-102022. NILU.*

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) gjennomført spredningsberegninger for luftkvalitet i Oslo for årene 1995/96, 1998 og 2001, for å vurdere endringene i luftkvalitetsnivået i denne perioden.

NILU har beregnet totalbelastning av PM₁₀ og NO₂ for oktober 1995 til og med mars 1996, januar til og med april og oktober til og med desember for 1998 og 2001. Antall personer utsatt for overskridelser av nasjonale mål av PM₁₀ og NO₂ ble beregnet både i bygningspunkter og i ruter. Det vil si personer utsatt for mer enn 8 timer med

overskridelser av 150 µg/m³ NO₂ pr/år og mer enn 7 døgn med overskridelser av 50 µg/m³ PM₁₀ pr/år.

I tillegg er det beregnet prosentvis bidrag fra trafikk, vedfyring og bakgrunn for hver rute og hvert bygningspunkt hvor det er overskridelser av nasjonale mål.

Inngangsdataene for beregningene består av trafikkdata, forbruk av fossilt brensel fra punktkilder og arealkilder, samt meteorologiske data og bakgrunnsverdier av NO₂, NO_x, O₃ og PM₁₀ for beregningsperiodene. I tillegg benyttes befolkningsfordeling i ruter og i bygningspunkt til å beregne eksponering.

Oslo har hatt en jevn økning i trafikk fra 1995 til 2001. Likevel har det vært en reduksjon i oppvirvling av svevestøv i perioden på grunn av betydelig reduksjon i piggdekkandel. For NO₂ har det også i perioden 1995 til 2001 vært en reduksjon i utslippet fra trafikk da utslippsfaktorene for NO₂ er betydelig redusert på grunn av nyere teknologi og høyere andel personbiler med katalysator.

Vedfyring er den dominerende kilden til utslipp fra PM₁₀ fra forbruk av fossilt brensel fra punktkilder og arealkilder. Utslippet fra vedfyring er betydelig redusert fra 1995 til 2001 (34 %). Utslipp fra NO₂ fra forbruk av fossilt brensel fra punktkilder og arealkilder er det ikke noen markant endring fra 1995 til 2001.

Utvikling i antall eksponerte for PM₁₀ og NO₂ fra 1995/96 til 2001 viser en reduksjon på 31 % for PM₁₀ og 77 % for NO₂.

Tabell A: Antall personer utsatt for overskridelser av nasjonale mål for PM10 og NO2

	1995/96	1998	2001
PM ₁₀	319 041	306 140	220 783
NO ₂	58 481	59 807	13 556

Det prosentvise bidragene fra de ulike kategoriene viser at vedfyring og veitrafikk er hovedårsak til overskridelser av PM₁₀ og veitrafikk er hovedårsak til overskridelse av NO₂.

Fra 1995/96 til 2001 er det en klar nedgang i bidraget til overskridelser av PM₁₀ fra veitrafikk. Dette viser at det først og fremst er reduksjonen i utslippet fra veitrafikk som har bidratt til at antall personer eksponert for overskridelser av nasjonale mål for PM₁₀ er redusert fra 1995/96 til 2001.

Utslipet av nitrogenoksider fra trafikk i Oslo viser en reduksjon på ca 33 % i beregningsperioden. Ozonbakgrunnen som vintermiddel viser en økning på 23 %, mens målingene av NO₂ i Kirkeveien tilsvarende er redusert med kun 13 %. Den relativt mindre reduksjonen av NO₂-konsentrasjonen sammenlignet med utslippet av NO_x kan til en viss grad forklares med økt tilgang på O₃ som oksiderer NO til NO₂.

Siden veitrafikken er den viktigste kilden til overskridelser av nasjonale mål for NO₂, er det derfor reduksjonen i utslippet fra veitrafikk som har bidratt mest til at antall eksponerte personer er redusert i perioden.

Steinnes, E., Berg, T., Hagen, L. O., Siegle, S., Vadset, M. og Åberg, G. (2003): Sporelementer i svevestøv i Oslo. TR 05/2003. NILU.

Det er gjennomført en uttesting/sammenlikning av forskjellige analysemetoder for elementsammensetning i svevestøvprøver. De metodene som ble brukt var instrumentell neutronaktiveringsanalyse (INAA) ved IFE og induktivt koplet plasma massespektroskopi (ICP-MS) ved NILU. En kombinasjon av de to teknikkene er vist å gi mer og bedre totalinformasjon om elementer i svevestøv enn bruk av de to teknikkene hver for seg.

Tønnesen, D. (2003): Veibanedata til forbedring av støvutslippsmodul i AirQUIS. NILU rapport nr. OR 61/2003.

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vegdirektoratet gjennomført analyse av meteorologiske data, luftkvalitetsdata samt målinger fra

Vegdirektoratets klimadatabase med mål å forbedre utslippsmodell for svevestøv dannet som følge av veislitasje. Målingene på klimastasjonene inneholder en karakterisering av veibanetilstanden med opptil 8 ulike tilstander, målinger av lokal nedbør, måling av lufttemperatur, duggpunktstemperatur og veibanetemperatur.

Dagens utslippsmodell er basert på måledata for luftkvalitet fra veinære stasjoner under ”tørre” og ”våte” perioder. Metoden i modellen er delvis basert på formuleringer i US-EPAs utslippsmodell for svevestøv. Utslippsberegningene inneholder en dempningsfaktor for veibanetilstand basert på tid siden siste time med nedbør samt luftas relative fuktighet.

Sammenligningene tyder på at den teoretiske opptørkingsmodellen gir for mange tilfeller av tørr veibane og ikke beskriver varigheten av overgangen godt nok. Når modellen beregner utslipp vil den altså ha med for mange situasjoner med ”tørr” tilstand. Denne effekten vil overestimere utslippet. Samtidig tyder målingene av konsentrasjoner på at støvutslippet fra veibanen kan være større enn antatt i modellen.

Situasjoner der veibanetemperatur er lavere enn luftas duggpunktstemperatur forekommer i totalt 730 av timene i måleperioden (16,7 % av tiden). Observert veibanetilstand for disse timene inneholder 40,2 % av alle tilstander av fuktig (MO) veibane og 32,5 % av alle tilstander av ”spor av deising” (TR). Innenfor denne perioden er modellert antall timer tørr veibane 548, mens observert tilstand tørr er 185.

Analyse av differanse mellom lufttemperatur og overflatetemperatur viser at påvirkning fra trafikkmengden er neglisjerbar i forhold til den generelle effekten av strålingsbalansen over døgnet.

Sammenligningene mellom modellert og observert tilstand indikerer at modellen legger for stor vekt på nedbør, og at verdiene for timenedbør, som er satt for at veibanen skal bli ”våt”, er for lave. Videre er opptørkingstiden i modellen (som følge av tilført nedbør) gjennomgående for lang. Effekten av lufttemperaturen er lagt inn i modellen som en ”sekundær” effekt, mens veibanedataene tyder på at temperaturen ofte er mye viktigere enn hvorvidt det er nedbør eller ikke. I tillegg er dugging eller riming viktig for forekomst av ”fuktig” veibane. Demping som følge av ”våt bane” i

modellen er trolig for høy, reduksjonsfaktoren for utslippet bør økes fra 0,05 til 0,2. De ulike overgangstilstandene fra ”våte” til ”tørre” forhold bør ha reduksjonsfaktorer mellom 0,2 og 0,3.

Opptørkingstiden i modellen bør kortes ned til 3 timer (fra 8 timer), og parameter for forekomst av våt veibane basert på nedbørmengde bør økes (fra 0,1 mm pr. time) til 0,3 eller 0,4 mm pr. time. En prosedyre for beregning av fuktig veibane basert på prognose for strålingsbalansen, bakketemperatur og duggpunktstemperatur må inkluderes. Sammenhengen mellom forekomst av veibanetilstanden våt i forhold til temperatur er så entydig at varslet temperatur under frysepunktet bør tillegges vesentlig vekt i beregningen.

Bøhler, T. (2004): *Trendberegninger av partikkeleksponering for Oslo 1995 – 2001. Presentert på ”Samferdsel 2004” Trondheim, 5-6. januar 2004. F 3/2004. NILU.*

NILU har utført spredningsberegninger for Oslo vedrørende personeksponering av PM₁₀ og NO₂ for årene 1995, 1998 og 2001 for evaluering av trender i belastning av luftforurensning.

Oslo har hatt en jevn økning i trafikk fra 1995 til 2001. Likevel har det vært en reduksjon i oppvirvling av svevestøv i perioden på grunn av betydelig reduksjon i piggdekkandel. For NO₂ har det også i perioden 1995 til 2001 vært en reduksjon i utslippet fra trafikk da utslippsfaktorene for NO₂ er betydelig redusert på grunn av nyere teknologi og høyere andel personbiler med katalysator.

Vedfyring er den dominerende kilden til utslipp fra PM₁₀ fra forbruk av fossilt brensel fra punktkilder og arealkilder. Utslippet fra vedfyring er betydelig redusert fra 1995 til 2001 (34 %). Utslipp fra NO₂ fra forbruk av fossilt brensel fra punktkilder og arealkilder er det ikke noen markant endring fra 1995 til 2001.

Spredningsberegningene gav at antall eksponerte for PM₁₀ og NO₂ fra 1995 til 2001 er redusert med 31 % for PM₁₀ og 77 % for NO₂.

Det prosentvise bidragene fra de ulike kategoriene viser at vedfyring og veitrafikk er hovedårsak til overskridelser av PM₁₀ og veitrafikk er hovedårsak til overskridelse av NO₂.

Walker, S. E. (2004): *Beregning av 3-års middelkonsentrasjoner i grunnkretser i Oslo for perioden 1992-2002*. NILU rapport nr. OR 46/2004.

Norsk Institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens Vegvesen, Vegdirektoratet beregnet 3-års personveide middelkonsentrasjoner av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} i alle grunnkretser i Oslo for perioden 1992-2002.

Beregningene i denne rapporten baserer seg på de tidligere timevise konsentrasjonsberegningene som er utført i Oslo med NILUs AirQUIS-system for årene 1992-2002. Regneoperasjonene ble utført for et 22 x 18 km² rutenett, samt for et relativt stort antall bygningpunkter nær veiene med størst trafikk. Det har vært en forutsetning at forurensningseksposeringen av personene i hver rode (grunnkrets) har vært mest mulig i samsvar med den reelle personbelastningen. For å kunne håndtere dette ble data for grunnkretsene i AirQUIS-databasen benyttet til å beregne personveide middelkonsentrasjoner i grunnkretsene. Disse data består av ID-verdier for grunnkretsene med tilknyttede navn, koordinatpunkter som definerer yttergrensene av grunnkretsene (polygonene), grunnkretsenes areal, samt antall personer bosatt i hver grunnkrets.

Personveide middelkonsentrasjoner beregnes for hver grunnkrets ved å benytte konsentrasjonsverdiene fra AirQUIS og antall personer tilknyttet bygningpunktene innenfor grunnkretsen, samt tilsvarende data for et ekstra sett med reseptorpunkter (tilleggspunkter) definert innenfor hver grunnkrets. Tilleggspunktene ble generert som et homogent og uniformt sett med punkter innenfor hver grunnkrets ved hjelp av en forhåndsdefinert prosedyre basert på tilfeldig trekking av koordinater ("random

draw”). Antall tilleggspunkter ble bestemt for hver grunnkrets på basis av arealet av grunnkretsen samt en nærmere definert tetthet for punktene, slik at de minste grunnkretsene fikk som et minimum 1-2 tilleggspunkter hver. Antallet personer tilknyttet hvert tilleggspunkt ble definert ved å ta restbefolkningen i grunnkretsen utenom bygningspunktene, og fordele dette antallet på antallet tilleggspunkter. For alle tilleggspunktene, samt for de bygningspunktene som ligger utenfor buffersonene rundt veiene med størst trafikk, er det blitt brukt konsentrasjoner fra de km²-rutene som punktene ligger innenfor. For bygningspunktene nær veiene med størst trafikk (aktive bygningspunkter innenfor buffersonene) er reseptorkonsentrasjonene fra AirQUIS-databasen blitt brukt direkte. 3-års personveide middelkonsentrasjoner i hver grunnkrets er så beregnet på grunnlag av de timevise konsentrasjonene for hele perioden 1992-2002. Resultatene er fremstilt på kart med en gitt fargeskala for hver komponent som er lik for alle årene.

Resultatene viser at konsentrasjonsnivået generelt avtar i perioden for alle komponenter. Dette er i samsvar med de tidligere gjennomførte beregningene med AirQUIS som har vist en tilsvarende trend. Hvilke grunnkretser som kommer ut med høyest eller lavest personveid middelkonsentrasjon varierer noe gjennom årene, men tar vi utgangspunkt i den siste perioden 2000-2002 er det grunnkretsene Økern senter og Grønland rode 1 som kommer dårligst ut for NO₂ og PM₁₀, og Majorstua, St. Hanshaugen, Fagerborg og Homansbyen som kommer dårligst ut for PM_{2,5}. De minst belastede grunnkretsene er for alle komponentene Sværsvann, Stensrudåsen, Sørkedalen, Maridalen og Tryvann.

Hagen, L.O., Larssen, S. og Schaug, J. (2005): *Miljøfartsgrense i Oslo. Effekt på luftkvaliteten av redusert hastighet på rv 4. OR 41/2005. NILU.*

Grenseverdien for PM₁₀ (svevestøvpartikler med aerodynamisk diameter under 10 µm) i “Forurensningsforskriften, Del 3. Lokal luftkvalitet” overskrides oftere enn tillatt ved veinære målestasjoner i Oslo. De høyeste konsentrasjonene måles når det er tørre og bare kjørebaner og veikanter i piggdekkseongen. Det er slitasje av veibanen på grunn av piggdekk og oppvirvling fra veibanen og støvdepotet langs veien som er

Piggdekkandelen ble estimert til å ha gått ned fra ca. 27 % vinteren 2003/04 til ca. 24 % vinteren 2004/05. Dette innebærer en relativ nedgang på ca. 10 %. Årsaken til nedgangen er trolig re-innføring av piggdekkgebyr.

Veiforhold (tørr/fuktig veibane): I månedene januar-mars 2005 var det mindre nedbør og færre dager med nedbør enn i de samme månedene i 2004. Særlig var forskjellen stor i januar. Dette har medført flere og lengre perioder med bare og tørre veier i 2005.

Midlere vindstyrke økte fra 2,7 m/s vinteren 2004 til 3,1 m/s vinteren 2004/05. Vinteren 2004/05 var det oftere forekommende vind fra nordøst og øst enn vinteren 2004, men samtidig mindre forekommende vind fra sør og sørvest.

Temperaturen i de fleste månedene i begge vintrene var til dels betydelig høyere enn det som er normalt for årstiden. Dette har redusert fyringsbehovet.

Disse endringene korrigeres det for i analysen av endringer for forurensningskonsentrasjoner.

Endringer i forurensningsnivået fra første til andre vinter

a) *Endringer sett i forhold til de andre veinære målestasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud:*

Midlere gjennomsnittlig nivå og nettonivå av luftforurensning på rv 4 er sammenliknet med tilsvarende nivåer som gjennomsnitt for de tre stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud. Nettonivå er definert som målt nivå fratrukket det målte nivået på bakgrunnsstasjonen Aker sykehus. Nettonivået er derfor i hovedsak bidraget fra trafikken ved stasjonene. I hver av vintrene er nivå og nettonivå på Rv4 beregnet i prosent av gjennomsnittlig nivå og nettonivå på de øvrige stasjonene. Endringer i disse relative nivåene på rv 4 fra den første til den andre vinteren gir informasjon om virkningen av nedsatt hastighet.

Ved å sammenlikne nivåer på denne måten elimineres i stor grad effektene av meteorologiske forhold og endringer i piggdekkbruk, siden det må antas at disse

effektene er omtrent likeverdige på alle stasjonene. Dermed fås et uttrykk for effekten av nedsatt kjørehastighet på rv 4.

Nettonivået (bidraget fra veien) har gått ned fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05. Reduksjonen er vesentlig større for PM10 og grovfraksjonen enn for nitrogenoksidene. For PM10 og grovfraksjonen er bidraget fra veien (nettonivået) redusert med nærmere hhv 35 % og 40 %. Nitrogenoksidene er redusert med 12-13 %. For PM2,5 er reduksjonene svært små.

Reduksjonen i NOx og NO2 er dels et resultat av endrete spredningsforhold (midlere vindstyrke var 2,7 m/s første vinter og 3,1 m/s andre vinter, dvs. bedre spredning siste vinter), og dels et resultat av endringene fra første til andre vinter i trafikkmengde, hastighet og kjøremønster.

Trafikkmengden på rv 4 har samtidig gått ned 3 % (men økt i nærmeste kjørefelt), faktisk hastighet er blitt redusert med 14 % inn mot Oslo og 11 % utover, mens piggdekkandelen har gått ned med ca 10 % relativt. Anslaget i piggdekkendring er noe usikkert.

b) Endringer i høye time- og døgnmiddelverdier av PM10:

- De høyeste timemiddelkonsentrasjonene av PM10 er redusert med om lag 100 µg/m³ til 250 µg/m³, dvs. ca. 30 %.
- På rv 4 gikk antall timer med PM10 over 100 µg/m³ ned mer enn 25 % fra januar-mars 2004 til samme periode i 2005. På de andre veinære stasjonene økte dette antallet med over 30 %. Dette betyr at hastighetsnedsettelsen vinteren 2004/05 har medført 40-45 % færre timemiddelverdier over 100 µg/m³ enn det ville vært uten tiltaket.
- De høyeste døgnmiddelverdiene av PM10 på rv 4 er redusert mer enn 20 % fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05.
- Antallet døgnmiddelverdier over 50 µg/m³ på rv 4 vinteren 2004/05 er mer enn 30 % mindre enn det ville vært uten hastighetsnedsettelsen.
- Til tross for nedsatt hastighet og en noe redusert piggdekkbruk var det mer enn 35 overskridelser av grenseverdien for døgnmiddelverdi av PM10 på 50 µg/m³ vinteren 2004/05 (oktober-april).

c) *Endring i forurensningsnivået i utvalgte timer med vesentlig bidrag fra rv 4- trafikken*

Det er også gjennomført en analyse av et utvalg timer med veldefinerte meteorologiske og trafikale forhold i de to måleperiodene. Her er det valgt ut timer etter 12 ulike kriterier hvor trafikken har gitt klare bidrag til de målte konsentrasjonene. Ved tørre veier (her ved antatt relativ fuktighet under 80 %) har nettonivået gått ned som følger fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05:

- Nitrogenoksider ca. 10 %
- PM10 ca. 30-35 %
- Grovfraksjonen ca. 30-35 %
- Endringene i PM2,5 er små regnet i nivå (og usikre regnet i prosent pga. lavt utgangsnivå).

For de utvalgte timene har trafikkmengden gått ned med 7,5 % (noe mer inn mot enn ut fra Oslo), og kjørehastigheten er redusert med ca 16 % (omtrent like mye inn og ut).

Reseptormodellering av partikkelkonsentrasjonene

Reseptormodeller benytter seg av omfattende kjemiske analyser av svevestøvet og vil med gode målinger identifisere kildene for partiklene og kvantifisere bidraget fra hver enkelt kilde, hvis den kjemiske sammensetningen i utslippet fra kildene er forskjellige.

I dette arbeidet er det brukt en 2-dimensjonal PMF-modell med betegnelsen PMF2. Det er benyttet i alt 80 datasett (12-timers støvprøver) av kjemisk sammensetning i både PM10- og PM2,5-fraksjonen fordelt med 40 fra hver vinter. Støvfiltrene er analysert på en rekke komponenter som anioner og kationer, organisk og elementært karbon, levoglucosan (vedfyring), elementer (20 metaller), samt ulike sporstoff for bildekk og drivstoff.

Tabellen gir en oversikt over de kildene som ble funnet i analysen:

Antatt kilde/kildegruppe	Finfraksjonen PM _{2,5}	PM ₁₀	Grovfraksjonen PM ₁₀ - PM _{2,5}
Vanlig veistøv *	X	X	X
Veistøv med NaCl		X	X
Kjøretøy/diesel/dekkpigger	X	X	
Langtransporterte luftforurensninger	X	X	
Antropogen kilde med vedfyring	X	X	
Sulfat og karbonik antropogen kilde	X		
Resuspensjon av støv med mye biologisk materiale			X

* for PM_{2,5} fås bare 1 veistøv-kilde, og denne inneholder også NaCl.

Resultatene viser 5 signifikante kilder til PM₁₀- og PM_{2,5}-fraksjonene, og 3 kilder til grovfraksjonen.

Kildene bidrar i svært ulik grad til de målte konsentrasjonene. Fire av kildene i PM₁₀ og PM_{2,5} må sies å være de samme i begge fraksjoner. Den viktigste kilden i PM₁₀ var veistøv som opptrer med to ulike sammensetninger, med og uten veissalt. De tre andre kildene som opptrer i begge fraksjonene er langtransporterte luftforurensninger, en antropogen kilde svært påvirket av vedfyring, og en kilde som kan knyttes særlig til dieseleksos, og muligens til dekkpigger. Også disse kildene ga periodevis betydelige bidrag til støvet. Veistøv, med og uten veisalt er den dominerende kilden i grovfraksjonen. Belastningen av vanlig veistøv i PM₁₀ er sammenlignet i de to vinter-vår periodene 2004 og 2005 for tørre dager.

Belastningen av vanlig veistøv i PM₁₀ er sammenlignet i de to vinter-vår periodene 2004 og 2005 for tørre dager. Resultatene viser en signifikant lavere middelvei av PM₁₀-konsentrasjonene (23 %) for de tørre dagene med målinger i annen periode sammenlignet med første periode da hastigheten var høyere.

Oppsummering

Tabell A oppsummerer de endringer i forurensningsnivå som er beregnet basert på de ulike metodene. Resultatene fra reseptormodellanalysen støtter opp under dette.

Tabell A: Endringer i forurensningsnivå på rv 4 fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 basert på forskjellige analyser

Komponent	Gjennomsnittsverdier ¹⁾		Analyse basert på		
	nivå %	nettonivå %	høyeste time-verdier %	høyeste døgn-verdier %	utvalgte timeverdier %
NO ₂	- 5	- 13			- 10
PM ₁₀	- 19	- 36	- 30	< - 20	- 33
PM _{grov}	- 27	- 39			- 33
Trafikkmengde		- 3			- 7,5
Kjørehastighet	- 14 (inn) / - 11 (ut)				- 16
Piggdekkandel	Ca. - 10 % relativt				

1) Nivå på rv 4 i forhold til gjennomsnittet av Kirkeveien, Løren og Manglerud. Nettonivå er rv 4 minus bakgrunnskonsentrasjonene fra Aker sykehus i forhold til netto nivå på Kirkeveien, Løren og Manglerud.

Reduksjonen i skiltet hastighet fra 80 km/t til 60 km/t resulterte i en faktisk hastighetsreduksjon fra ca 77 km/t til ca. 67 km/t. Dette ga en reduksjon i bidraget fra rv 4 til gjennomsnittsnivå av PM10 på ca. 35 %, og en reduksjon i grovfraksjonen av PM10 på ca. 40 %. Tilsvarende reduksjoner i PM10 ble også funnet når en så på de høyeste døgn- og timeverdier.

Antall døgn med PM10-konsentrasjoner over 50 µg/m³ ble også redusert, men ikke nok til at grenseverdien for PM10 ble tilfredsstillt.

Reduksjonen i PM10 p.g.a. hastighetsreduksjonen var noe større enn beregnet med VLUFT-modellen.

Laupsa, H. and Fløisand, I. (2005): *Calculation of personal exposure. The Urban Exposure Management Tool*. TR 4/2005. NILU.

The Urban Exposure Management Tool calculates personal exposure to air pollution in the form of particulate matter in indoor and outdoor environments as well as water disinfection by-products from tap water and swimming pools. The module for calculation of personal exposure has been implemented as part of an already existing Air Quality Management System, AirQUIS. Models for calculating indoor concentration, respiratory deposition and dermal absorption have been integrated as

part of the module. The user accesses the tool through a user friendly graphical interface.

Estimates of personal exposure to particulate matter in an urban environment are based on defined daily routes, where the hourly concentration of particulate matter is calculated for various microenvironments. The outdoor concentrations are calculated using an Eulerian dispersion model. The indoor concentrations are calculated on the basis of both outdoor concentrations and contributions from selected indoor sources, such as smoking, indoor heating, pets etc. Based on the microenvironmental concentrations, activity level, gender and age, the respiratory deposition for various particle sizes is calculated as hourly values. The aggregated dose for the various microenvironments for a given period can be calculated from the hourly values.

Individual uptake of chloroform through inhalation and dermal absorption is calculated on the basis of exposure time, concentration in air and water and the subject's physiological characteristics such as age and body weight. The difference in water to air transfer efficiency in showers and baths also affects the relative contribution from inhalation and dermal absorption to the total dose received.

The functionalities of the tool and the integration of the various models have been tested and validated.

Laupsa, H., Slørdal, L. H. og Tønnesen, D. (2005): *Fremskaffing av faglig grunnlag for revisjon av 1. datterdirektiv, partikler. OR 6/2005, NILU.*

Norsk Institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) gjennomført spredning- og eksponeringsberegninger for PM10 og PM2.5 for 2003, 2010 og for to scenarier for 2015. Beregningsresultatene inngår som grunnlag knyttet til revisjon av grenseverdiene for partikler i 1. datterdirektiv.

NILU har, ved bruk av modellsystemet AirQUIS 2003, beregnet totalbelastning av PM10 og PM2.5 for vintersesongen 2010 og 2015, samt gjennomført

referanseberegninger for 2003. Antall personer utsatt for overskridelser av grenseverdier av PM10 og PM2.5 ble beregnet både i bygningspunkter og i ruter. Konsentrasjonsnivåene og antall personer utsatt for overskridelser er vurdert for 8. og 36. høyeste døgn over 50 µg/m³ for PM10 og over 25 og 35 µg/m³ for PM2.5. For årsmiddelverdier er overskridelser over 20 og 40 µg/m³ vurdert for PM10 og over 12 og 20 µg/m³ for PM2.5.

Inngangsdataene for beregningene består av trafikkdata, forbruk av ulike brenseltyper fra punktkilder og arealkilder, samt meteorologiske data og bakgrunnsverdier av luftforurensningskomponentene for beregningsperiodene. I tillegg benyttes befolkningsfordeling i ruter og i bygningspunkt til å beregne eksponering.

Fra 2003 til 2010 og 2015 er det en betydelig reduksjon i antall personer utsatt for overskridelser av PM10 (tabell A). Hovedgrunnene til at konsentrasjonsnivået for PM10 er redusert fra 2003 til 2010 og 2015 er redusert piggdekkandel, redusert hastighet på deler av veinettet og forbedret teknologi. Effekten av disse faktorene dominerer over økningen i utslipp som følge av økt trafikkmengde i denne perioden.

Tabell A: Antall personer utsatt for overskridelser av PM₁₀ i 2003, 2010 og for to scenarier i 2015 (SC. 1 har 10 % piggdekkandel og SC. 2 har 25 % piggdekkandel)

	Grenseverdi (µg/m ³)	Antall personer over grenseverdien for PM ₁₀ i bygning og i felt			
		2003	2010	2015 SC.1	2015 SC.2
8. høyeste døgn	50	239595	122011	74474	156796
36. høyeste døgn	50	39611	2560	861	5847
Årsmiddelverdi	20	76410	26102	3129	57453
Årsmiddelverdi	40	736	257	140	613

For PM2.5 er det relativt små forskjeller i antall eksponerte for de ulike beregningsårene (tabell B). Årsaken til dette er at reduksjonen i utslippet på grunn av forbedret i kjøretøyteknologi omtrent oppveies av økningen i utslipp på grunn av økt trafikkmengde. Den andre grunnen er at vedfyring, som er den andre hovedkilden til PM2.5, er beholdt konstant fra 2003 til 2010 og 2015.

Tabell B: Antall personer utsatt for overskridelser av PM_{2.5} i 2003, 2010 og for to scenarier i 2015 (SC. 1 har 10 % piggdekkandel og SC. 2 har 25 % piggdekkandel).

	Grenseverdi (µg/m ³)	Antall personer over grenseverdien for PM _{2.5} i bygning og i felt			
		2003	2010	2015 SC.1	2015 SC.2
8. høyeste døgn	25	275435	252293	251922	251922
36. høyeste døgn	25	50023	49914	40097	40144
8. høyeste døgn	35	121165	105302	98783	98847
36. høyeste døgn	35	0	0	0	0
Årsmiddelverdi	12	28109	74129	67758	67809
Årsmiddelverdi	20	0	0	0	0

Beregningene viser at overskridelser av PM10 er følsom for hvilke grenseverdi man velger og hvilke krav en setter til utslipp fra trafikk (hastighet, piggdekkandel, trafikkmengde). For PM2.5 er effekten mindre fordi krav til utslipp av eksospartikler fra kjøretøy kun balanserer effekten av økt trafikkvolum, samt at andre kilder, i første rekke vedfyring, har relativ stor betydning.

Walker, S. E. and Rosland, P. (2005): *Calculation of person-weighted average concentrations of NO₂, PM10 and PM2.5 in Oslo for 1992-2002.* NILU PP 4/2005.

Person-weighted average concentrations of NO₂, PM10 and PM2.5, for different averaging periods from 1 hour to 3 years, have been calculated for all the 429 smallest administrative geographic areas of Oslo for the period 1992-2002. The calculations are based on NILUs AirQUIS system using a 22x18 km² Eulerian grid model, with sub-grid scale line source modelling of concentrations at buildings close to streets in Oslo with high traffic load.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Bækken, T. (1993): *Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje*. Prosjekt nr O-92090. Løpenr 2874. Nordiske Seminar- og Arbeidsrapporter 1993:628. Norsk institutt for vannforskning.

Rapporten gir en oversikt over veg og bildekkslitasje, estimerer slitasjemengder og gir en sammenfatning av effekter i det vegnære miljøet basert på litteraturstudier. Det nordiske vegnettet slites betydelig på grunn av utstrakt bruk av piggdekk. Bitumen i vegdekket inneholder små mengder miljøfarlige stoffer som PAH, TOCl og enkelte tungmetaller. Bildekk inneholder bl.a. tungmetallene sink, kadmium og bly. Forurensningene tilføres de vegnære økosystemene, der de akkumulerer og utgjør et forurensningspotensiale. Det finnes mye litteratur angående kjemisk karakterisering av for eksempel vegstøv og avrenningsvann. Det er imidlertid lite kunnskap om virkninger i økosystemene. Det er foreslått mulige forskningsområder.

Hovind, H. (1995): *Ringtest for bestemmelse av tungmetaller og PAH i vegstøv fra tunneler*. Prosjektnr O-95020. Løpenr 3249. Norsk institutt for vannforskning.

Det ble gjennomført en ringtest som omfatter bestemmelse av metallene bly, kadmium, krom og nikkel, samt PAH, i vegstøv fra tunneler. Dessurten var det tatt med referansematerialet PACS-1 for metaller, mens SES-1 viste seg i ettertid å være uegnet som referansemateriale for PAH. Åtte laboratorier deltok i ringtesten, men bare fire av disse rapporterte PAH resultater, hvorav et laboratorium benyttet en underleverandør. Det var relativt bra overensstemmelse mellom resultater rapportert etter bruk av Norsk Standard til opplutning for metallbestemmelse, men resultatene lå vesentlig lavere enn de sertifiserte verdier for krom og nikkel i PACS-1, mens resultatene for bly og kadmium var mer sammenlignbare med de sertifiserte verdier. For PAH var det bare to laboratorier som lå innenfor den normerte verdi $\pm 20\%$.

Vegdirektoratet må stille krav til laboratorienes dokumentasjon av metodenes egnethet ved at resultatene ved analyse av sertifiserte materialer rapporteres sammen med rutineanalysene.

Nasjonalt folkehelseinstitutt

Becher, R., Låg, M., Dahl, J. E., Dybing, E. og Sanner, T. (1988): *Støv fra asfaltveier. Helsevirkninger av oppvirvlet veistøv*. SIFF Toks-rapport nr 02/88. Statens Institutt for Folkehelse og Institutt for Kreftforskning.

Med utgangspunkt i NILU rapport: 'Karakterisering av luftbåret veistøv' (NILU OR 53/87) er Statens Institutt for Folkehelse og Institutt for Kreftforskning bedt om å gi en vurdering av befolkningens helserisiko ved eksponering for luftbårne veistøvpartikler som skyldes piggdekkslitasje av asfaltveier. Den hittil gjennomførte delen av undersøkelsen har imidlertid ikke kvantifisert de ulike kilders bidrag til det oppvirvlede veistøv. Helsefarevurdering av hvilken risiko befolkningen løper som følge av piggdekkslitasje av asfaltveier alene, er derfor vanskelig og vurderingen har måttet omfatte eksponering for totalt oppvirvlet veistøv.

Hetland, R.B., Refsnes, M., Myran, T., Johansen, B. V., Uthus, N. and Schwarze, P.E. (2000): *Mineral and/or metal content as critical determinants of particle-induced release of IL-6 and IL-8 from A549 cells*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 60:47-65.

Mineral particles in occupational exposure and ambient air particles may cause adverse health effects in humans. In this study the ability of different stone quarry particles to induce release of the proinflammatory cytokines interleukin-6 (IL-6) and interleukin-8 (IL-8) from human epithelial lung cells (A549) was investigated. Size distribution within the PM10 fractions was quite similar for all particle samples, whereas mineral content and metal composition differed. Particles, containing minerals such as quartz, amphibole, chlorite, and epidote, induced a marked increase in IL-6 and IL-8 release. Particles composed mainly of plagioclase were much less effective. The most potent particle samples exhibited a relatively high content of transition metals such as iron. Exposure to identical masses of surface areas resulted in

the same order of potency among the different particle samples. Significant cytotoxicity was observed only at higher concentrations of particle exposure. Thus, mineral composition and/or metal contents of particles from different stone quarries were critical determinants for the marked differences in potency to induce cytokine responses in human epithelial lung cells.

Hetland, R. B. (2001): Studies of Ambient Air Particles Generated by the Use of Studded Tires; Characterisation and Inflammatory Potency of Particles from Different Types of Stone Used in Road Surface Material. Faculty of Medicine, University of Oslo.

Four different types of stone samples were chosen for these studies; a type of mylonite, a gabbro, a basalt and a feldspar. They were representatives of materials that are commonly used in road surfaces in different parts of Norway. The four stone samples contained various amounts of the minerals plagioclase, chlorite, amphibolite, epidote and quartz. Mylonite was the only type of stone containing quartz, whereas gabbro contained a much higher portion of amphibolite compared to the others. Feldspar was almost pure plagioclase. With respect to elemental composition, mylonite, gabbro and basalt demonstrated various, but relatively high, levels of metals both in the solid and the soluble fractions compared to feldspar and quartz. Specific surface area varied between the different types of stone particles, whereas size distributions were relatively similar within the PM10 fractions of all samples. Furthermore, the size distribution of the stone particles was representative for winter ambient air dust, as demonstrated by the sample collected in the tunnel between Trondheim Airport and Trondheim City, Norway.

The results presented in the thesis demonstrated that stone types mylonite and gabbro were potent inducers of inflammatory cytokines *in vitro* whereas basalt and feldspar were less active. The inflammatory potency of mylonite was confirmed in rats *in vivo*. With respect to the different minerals constituting the particles and their association with the inflammatory potency, plagioclase did not seem to be particularly involved as demonstrated by the low activity of feldspar. In contrast, epidote, which was present

only in mylonite and gabbro, as well as chlorite that comprised a much higher percent only in mylonite and gabbro than in basalt, are minerals that might be of importance. Alternatively, the quartz in mylonite and the amphibolite in gabbro may contribute to the markedly higher potency of these particles than basalt and feldspar. With respect to the ability to induce cell death, some different mechanisms seemed to be involved. In contrast to the relatively low potency of basalt to induce cytokines, the cytotoxic effect of basalt showed the same potency as mylonite and gabbro.

With respect to potency of the different particles, importance of the minerals and/or elemental characteristics associated with the surface area was further emphasised when the responses induced by equal masses and by equal surface areas were compared. A similar order of potency for the PM10 fractions of the different types of stone particles was demonstrated in both cases. Furthermore, when responses induced by quartz particles of similar chemical content and structure, but of different size distributions were compared; equal total surface area induced equal levels of cytokine release independent of the size distribution of the particles. With respect to the importance of soluble versus solid components of stone particles, the present results indicated that inherent characteristics of the solid fraction, rather than the soluble constituents, are crucial for the potency to induce cytokine release.

The order of potency to induce cytokines by various particles was not reflected in the ability of the respective particles to produce ROS in cell-free systems. Furthermore, no significant differences in the potency of the various particles or particle extracts to induce cellular ROS production was observed. Thus, other mechanisms than ROS production seemed to be responsible for the marked differences in cytokine release induced by the different types of stone particles.

Taken together, the present studies show that different types of stone used in road pavement differ with respect to induction of inflammatory responses in animals and cell cultures. The most important characteristics for the differential inflammatory responses seem to be associated with the mineral composition of the particles, whereas soluble constituents such as metals seem to play a major role. However, further studies on the effect of various types of stone materials, as well as inhalation studies, are needed in order to confirm and extend the findings presented here. More detailed

knowledge about possible health effects of mineral particles, other than quartz and asbestos, would be of importance in occupational settings such as mines, stone quarries and the road construction industry. Furthermore, in order to reduce the potential health effect of particulate ambient air pollution, such information would be useful with respect to decisions about types of stone materials that should be used in asphalt in populated areas.

Hetland, R.B., Schwarze, P.E., Johansen B.V., Myran, T., Uthus, N. and Refsnes, M. (2001): *Silica-induced cytokine release from A549 cells: importance of surface area versus size*. Human & Experimental Toxicology 20, 46-55. Norwegian Institute of Public Health, Division of Environmental Medicine.

Physical and chemical properties such as structure, composition and surface reactivity determine the biological activity of mineral particles. Long-term exposure to crystalline silica is known to cause persistent pulmonary inflammation leading to adverse health effects. There is less information about the potential health effects of amorphous (noncrystalline) silica. In this study, the inflammatory and cytotoxic potency of crystalline and amorphous silica in relation to particle size and surface area was assessed. Human epithelial lung cells (A549) were exposed to different size fractions of quartz (aerodynamic diameter 0.5, 2 and 10 microm) and amorphous silica (diameter 0.3 microm). All particles induced increased release of the proinflammatory cytokines interleukin (IL)-6 and IL-8. When cells were exposed to equal masses of quartz, the smallest size fraction was the most potent. These differences, however, disappeared when cytokine release was related to equal surface areas. When amorphous silica and quartz were compared, the amorphous silica was most potent to induce IL - 6 regardless of how exposure was expressed, whereas the smallest size fraction of quartz was the most potent inducer of IL-8. Thus, the surface area seems to be the critical determinant when potency of different sizes of quartz is compared.

Ormstad, H. (2001): *Svevestøvpartikler i innemiljøet og allergi*. Tidsskr Nor Lægeforen nr. 11, 2001; 121: 1344-50. Avdeling for miljømedisin. Statens institutt for folkehelse.

Forekomsten av allergi og allergibetingede sykdommer som astma synes å ha økt betydelig i de industrialiserte land de siste tiårene, men årsakene til økningen er ukjente. Fordi vi tilbringer omlag 90% av tiden innendørs, rettes søkelyset mot innemiljøet. Med grunnlag i teknikker etablert i forskningsgruppen og oppnådde resultater, foruten vitenskapelig litteratur, vil prosjektet søke å fastslå om støv i innemiljø har en uspesifikk, generell allergifremmende virkning, og finne hvilke komponenter i støvet som er årsak til den allergifremmende virkningen. Prosjektet vil særlig undersøke om også "rent" støv har allergifremmende virkning, om virkningen kan skyldes enzymaktivitet bl.a. fra middallergener, og om den kan skyldes produkter fra bakterier og sopper. For å karakterisere støvprøvene, vil prosjektet bl.a. benytte immunelektronmikroskopiske teknikker. Prosjektet vil arbeide funksjonelt in vivo i en musemodell for intranasal immunisering og inhalasjonseksponering som er etablert tidligere med støtte fra programmet Inneklimate og helse. Prosjektet vil basere arbeidet på "virkelig" støv som samles med teknikker en har erfaring med, og en vil bruke cytokinmønsteret og spesifikt IgE som mål på allergisk immunrespons. Spesifikt IgE er "sluttproduktet" i allergisk immunrespons, og er nær knyttet til allergisk sykdom. Ved at en arbeider så nær det virkelige liv, vil resultatene i prosjektet ha direkte betydning for allergiforebyggende arbeide.

Ormstad, H. og Løvik, M. (2002): *Luftforurensning, astma og allergi – betydningen av ulike partikler*. Tidsskr Nor Lægeforen nr. 18, 2002; 122: 1777-82. Avdeling for miljømedisin. Statens institutt for folkehelse.

Bakgrunn: I Norge har det de seneste årene vært mye diskusjon rundt svevestøvsproblematikken. De viktigste partikkeltypene i luften i byene i dag er dieseleksospartikler, partikler fra vedfyring og veistøv. Grove partikler fra asfaltstøv har andre egenskaper enn de svært små partiklene i dieseleksos.

Materiale og metoder: På basis av faglitteraturen og egen forskning, og med hovedvekten på allergiske luftveissykdommer, diskuteres helseproblemene knyttet til de ulike partikkeltypene.

Resultater: For dieseleksospartikler er virkningen i forhold til allergi godt dokumentert. Disse partiklene kan ikke bare forsterke allergien og symptomene hos allerede allergiske individer, men synes også å gjøre at flere blir allergiske. Partiklene er svært små. De vil bidra forholdsvis lite i målinger av partikkelforurensning, fordi PM10 i dag måles på vektbasis og ikke som antallet partikler.

Fortolkninger: For å redusere de skadelige helseeffektene av partikkelforurensningen i norske byer, bør man i større grad enn nå rette søkelyset mot dieseleksos.

Folkehelseinstituttet (2003): *Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase. Revisjon 2003. Rapport 2003:9. Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.*

Den første utgaven av rapporten ”Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase” ble ferdigstilt i desember 1998. Rapporten var tenkt å fungere som et kunnskapsmessig støttepunkt for ansatte i offentlig forvaltning og andre interesserte som er opptatt av at beslutninger og uttalelser om miljø og helse bygger på best mulig kunnskap. Rapporten ble senere gjort elektronisk tilgjengelig på daværende Folkehelsas hjemmesider.

Det er kommet en god del ny kunnskap om sammenhengene mellom eksponering for miljøfaktorer (kjemiske, fysiske, biologiske) og helseutfall siden den første utgaven. Alle rapportens kapitler er derfor oppdatert, den reviderte utgaven ble gjort tilgjengelig på Folkehelseinstituttets hjemmesider i begynnelsen av juli 2003 (nåværende web-adresse www.fhi.no/miljomed).

Vårt inntrykk er at kunnskapsbasen er blitt mye benyttet, både i elektronisk versjon og i papirform. Vi har derfor besluttet at også den reviderte kunnskapsbasen skal foreligge i trykt versjon.

Den reviderte utgaven er utarbeidet av Folkehelseinstituttet, Riksantikvaren og Direktoratet for naturforvaltning i samarbeid med Statens strålevern og Statens forurensningstilsyn.

**Hetland, R.B., Refsnes, M., Låg, M., Dybing, E. and Schwarze, P.E. (2003):
*Respiratory Allergy and Inflammation Due to Ambient Particles - A
European-Wide Assessment.* Norwegian Institute of Public Health,
Division of Environmental Medicine.**

The overall objective of the RAIAP project is to assess the role of ambient suspended particles in causing local inflammation in the respiratory tract and induction and elicitation of respiratory allergies. In order to understand the underlying mechanisms for involvement of particles in the development of respiratory diseases, knowledge about whether qualitative differences in particulate matter may explain differences in particle-induced inflammatory and/or allergic responses is essential. Coarse (PM 2.5 – 10) and fine (PM_{2.5}) fractions of ambient particulate matter have been collected in Amsterdam, Rome, Lodz and Oslo, as well as at a Dutch seaside background site. Particles were sampled during the spring, summer and winter 2001/2002, and all samples are being characterised by physical-chemical parameters as well as analysed for binding of allergens, endotoxins and b-glucans to the particles. The objective of Work Package 4 was to investigate if the various particle samples have different capabilities to induce markers of inflammatory processes in different types of lung cells. Primary rat type 2 cells and Clara cells, rat alveolar macrophages, a human alveolar epithelial cell line (A549) and primary human small airway epithelial cells (SAEC) were used for this in vitro screening. Release of the proinflammatory cytokines MIP-2 (and the human analogue IL-8), IL-6 and TNF- α was analysed by ELISA. The results demonstrated that ambient air particles collected at different sites differed in their potency to induce inflammatory markers, and the order of potency

among the particle samples was relatively similar from one cell type to another. Among the coarse particles collected during pollen and summer season, the overall results showed a higher potency of the samples from Lodz and Rome with respect to cytokine release, compared to the samples from Oslo and Amsterdam. Coarse particles collected during winter seemed less potent than particles collected during pollen and summer season. Seasonal variation was most evident with the coarse samples from Lodz. The fine fractions of the collected particles did not induce any marked increase in release of cytokines in the primary rat lung cells, whereas dose-dependent increases was observed in the human epithelial lung cells. Differences between cell types with respect to cytokine responses to particles may partly be attributed to differences in the mechanisms of particle uptake or reactions to contact between cells and particles. Furthermore, differences in cellular defence mechanisms may be of importance. In summary, these findings strengthen the hypothesis that particles of different characteristics, e.g. size fraction, chemical content or variations in particle-bound - 5 - RAIAP deliverable 8 components, may have different potencies to induce negative effects in human lung. Before further conclusions can be drawn, results from the in vitro screening presented in this report will be seen in relationship to results from the ongoing in vivo studies.

Låg, M. (2003): *En helsemessig vurdering av konvertering av døgnmiddelbaserte varslingsklasser til timemiddelbaserte.* Nasjonalt Folkehelseinstitutt.

På oppdrag fra Veidirektoratet har Folkehelseinstituttet ved Avdeling for luftforurensning og støy vurdert konverteringer fra døgnbaserte varslingsklasser for PM10 og PM2,5 til timemiddelbaserte. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har utført statistisk bearbeiding av måledata fra representative stasjoner i Norge, og prøvd å finne optimale grenser for timeverdier som er slik at treffsannsynligheten blir størst mulig for de ulike klassene av forurensningsgrad. Folkehelseinstituttets oppgave går ut på å vurdere om de klassene, som er forslått basert på statistisk bearbeiding, kan forsvares ut fra en helsemessig vurdering.

For svevestøv finnes verken luftkvalitetskriterier eller grenseverdier for kortere midlingstid enn døgn. Luftkvalitetskriterier for PM10 og PM2,5 (døgnmiddel) er på hhv 35 og 20 µg/m³ og grenseverdien for PM10 ligger på 50 µg/m³. Det er disse som danner basis for de døgnbaserte varslingsklasser. WHO angir bare risikoestimer for PM10 og PM2,5, og mener at siden det ikke kan påvises noen nedre terskel for effekt er det ikke grunnlag for å sette noen retningslinje for helseeffekter (WHO 2000). Videre vurderer WHO at selv om enkelte studier viser helseeffekter ved korttids-eksponeringer av svevestøv, er datagrunnlaget ikke tilstrekkelig til å anbefale fastsettelse av risikoestimer for midlingstid på mindre enn 24 timer (WHO-rapport til EU-komiteen Clean Air for Europe (CAFE), 2003).

Folkehelseinstituttet har på oppdrag fra Veidirektoratet fått som oppgave å vurdere/lage en ny bedømningsmal/varslingsmal for PM2,5 og PM10 midlet over 1 time. Helserisikovurderingen som er foretatt tyder på at begge fraksjonene av svevestøv kan forårsake helseeffekter også ved en slik kort eksponeringstid. Datagrunnlaget for vurderingen er noe tynt, da det foreligger få studier med korte eksponeringstider. Vi mener at de verdiene som er foreslått basert på statistiske beregninger også kan forsvares ut fra en helsemessig vurdering. Disse verdiene bør revurderes når det kommer flere studier om sammenhengen mellom eksponering for svevestøv i kort tid og helseeffekter.

Usikkerheten i dataene, både når det gjelder statistiske beregninger og mangel på helsedata ved slike korte eksponeringstider, tilsier imidlertid at det kan være hensiktsmessig å bruke mer "avrundede tall" ved fastsettelse av varslingsklassene. Ved å bruke verdier for varslingsklasser som for eksempel 45 og 90 kan det gi inntrykk av større sikkerhet ved fastsettelse av varslingsklassene enn det er grunnlag for. Dessuten vil kommunisering av varslingsklassene til befolkningen bli enklere og befolkningens fortolkning av varslingsklassene vil bli mer i samsvar med datagrunnlaget. Etter en totalvurdering vil derfor Folkehelseinstituttet anbefale følgende verdier for varslingsklassene:

		Folkehelseinstituttets forslag til timemiddelbaserte varselingsklasser
PM _{2,5}	Lite-noe	25
	Noe-mye	50
	Mye-svært mye	100
PM ₁₀	Lite-noe	50
	Noe-mye	100
	Mye-svært mye	200

Schwarze, P. E. og Hetland R. B (2003): *Allergi og betennelsesreaksjoner i luftveiene utløst av svevestøv - en felleseuropeisk undersøkelse (RAIAP)*. Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.

Dette er et EU-finansiert prosjekt ved Divisjon for miljømedisin, der Avdeling for luftforurensning og støy og Avdeling for miljøimmunologi har deltatt. Prosjektet er et samarbeid med deltakere fra Norge, Nederland, Italia og Polen. Hovedmålet med prosjektet var å undersøke hvilken betydning svevestøv har som 1) årsak til betennelsesreaksjoner i luftveiene og 2) induserende og utløsende faktor for luftveisallergier. Denne kunnskapen vil bidra til økt forståelse for de underliggende mekanismer i disse luftveissykdommene. Avdeling for luftforurensning og støy har undersøkt hvordan eksponering for svevestøv kan gi utskilling av cytokiner knyttet til betennelsesreaksjoner i ulike typer lungeceller. Svevestøvet, som ble samlet på forskjellige årstider i fire byer med ulikt klima, trafikk- og industrimiljø (Oslo, Amsterdam, Roma og Lodz), viste varierende evne til å gi utskillelse av betennelsesstoffer (cytokiner). De partiklene som inneholdt mest metaller (fra Roma), eller metaller og organiske forbrenningsprodukter (fra Lodz), var noe mer potente enn partiklene fra Oslo og Amsterdam, og grovfraksjonen (2,5-10 µm) hadde større effekt enn finfraksjon (2,5 µm). Årstidsvariasjoner var mest tydelige i Lodz, med sommerpartiklene som mest skadelige. De skadelige effektene synes videre å være knyttet til egenskaper ved partiklene selv, eller til komponenter bundet til partiklene (for eksempel giftstoffer fra bakterier). Sentrale signalveier i cellene ble aktivert ved

eksponering til svevestøvet, og reaktive oksygenforbindelser ser ut til å kunne ha betydning for utskillelsen av cytokiner.

Løvik, M. (2004): *Dieseleksos – også ei hjertesak*. Tidsskr Nor Lægeforen nr 10, 2004; 124: 1372.

Medan debatten om trafikkforureining her heime mest har dreidd seg om piggdekkstøv, har det kome fleire internasjonale publikasjonar som knyter dieseleksos til akutt hjarte- og lungesjukdom. I dette nummeret av Tidsskriftet rapporter Bård Mannsåker og medarbeidarar at talet på pasientar innlagde ved St. Olavs Hospital i Trondheim i åra 1998 - 2001 pga. akutt hjertesjukdom viste signifikant samvariasjon med luftforureining med nitrogendioksid. Diesebililar er hovudkjelda til nitrogendioksid og ultrafine og fine partiklar. I undersøkinga frå Trondheim kan ein derfor knapt seie om det var nitrogendioksid eller ultrafine og til dels fine partiklar som var den viktigaste årsaka til at det var meir akutt hjertesjukdom dei dagane forureininga var høg. Partiklane kan vere viktigare enn gassane.

Medan eksos frå bilar med bensinmotor er blitt mykje reinare etter at bilane fekk katalysator, er reinseteknikken for dieseleksos enno ikkje god nok. Bensin er framleis miljøvinnaren, jamvel om dieselmotorane er blitt reinare enn dei var for nokre år sidan. Det ville gitt stor gevinst for miljøet om vi kunne fått bilane med dei eldste og «skitnaste» dieselmotorane vekk frå vegane.

Partiklane frå dieseleksos startar som ultrafine partiklar, det vil seie at dei er under 0,1 μm i diameter. Partiklane kan klumpe seg saman i større aggregat, men desse vil framleis vere å finne i finfraksjonen av svevestøvet (mindre enn 2,5 μm). Partiklane i vegdekkstøv er større og kjem i stor grad i grovfraksjonen, dvs. diameter opptil 10 μm . Same vektmenge svevestøv vil innehalde langt fleire små partiklar enn store, og dei fine partiklane har svært mykje større overflateareal enn dei grove. Det er derfor ikkje uventa at ein ofte finn at dei fine partiklane på vektbasis gjer større helseskade enn grovare partiklar.

Mekanismane for korleis partiklane verker på hjartet kjenner vi enno ikkje heilt. Ein hypotese er at betennelsesreaksjonen som partiklane lagar i lungene, gir auka nivå av ymse akutfaseprotein og auka viskositet av blodet, som koagulerer lettare. Fleire undersøkingar viser at slike endringar i blodet skjer ved partikkeleksponering. Det er òg funne at ultrafine partiklar verkar på raude blodceller slik at dei vert stivare og difor ikkje så lett passerer gjennom kapillærårane. Ein annan hypotese er at den kontrollen som det autonome nervesystemet har med hjartet, vert svekka av partikkelforureining, slik at reguleringa av hjartefrekvensen vert dårleg. Fleire gode undersøkingar viser dette. Data frå pasientar med innlagt hjartedefibrillator viser at forekomsten av hjarterytmiar aukar på dagar med høg partikkelforureining. I nokre undersøkingar finn ein at ultrafine partiklar er viktigast, men kanskje fleire kjem til at fine partiklar har sterkast assosiasjon med hjarteproblem. Brystsmerte som symptom er nesten ikkje rapportert ved auka partikkelforureining.

Medan dieseleksos ofte er den viktigaste kjelda til fine partiklar i uteluft, er tobakksrøyk den viktigaste kjelda i inneluft der det ikkje er røykfritt. I forsøk med vaksne ikkje-røykjarar vart det funne at akutt eksponering for tobakksrøyk svekka den autonome styringa av hjartefrekvensen, slik at variasjonen i hjartefrekvens vart mindre. Ein trur det kan vere ein samanheng mellom dette og auka kardiovaskulær mortalitet på grunn av passiv røyking. Mykje tyder på at partiklane som er i røyken ligg bak den svekka autonome reguleringa av hjartet. Når det gjeld hjartet, er difor tobakksrøyk og dieseleksos to stykke av same alen.

Å starte tiltak mot piggdekkbruk var ei takknemleg oppgåve. Slike tiltak var økonomisk bra i høve til vegslitasjen, og ein fekk inga sterk interessegruppe mot seg. Verknaden av slike tiltak er direkte synleg som mindre slitasje på vegen og mindre støv i lufta. Så lenge vi måler partikkelforureining som vektmengde av så store partiklar, bør reduksjon av det grove støvet frå piggdekk gje klare utslag i målingane. Slik er det ikkje for diesel. Fine partiklar slår lite ut i målingane, og ultrafine partiklar nesten ikkje i det heile tatt. Skip, anleggsmaskinar og det meste av busstrafikken og tungtransporten til lands går på diesel eller liknande oljar. Diesel «grip inn i hjartet» også på økonomien, og sterke interessegrupper protesterer mot auka dieselavgift. Politisk er det difor meir problematisk å ta fatt i dieselproblemet. Det er nok ikkje utan grunn at saka har fått lov til å modne så lenge, trass i at skadeverknadene av

dieseleksosene har vore kjende og godt dokumenterte i ein del år. Det er derfor nyttig at vi nå har fått ein rapport frå ein norsk by om at dieseleksos òg er ei hjartesak.

**Låg, M., Myran, T., Refsnes, M., Schwarze, P. E. og Øvrevik, J. (2004):
Vegdekker: Svevestøv og helse. Nasjonalt Folkehelseinstitutt / SINTEF /
NTNU / Statens vegvesen Vegdirektoratet.**

Forekomsten av svevestøv skyldes i hovudsak forbrenningsprosesser og veislitasje, og om vinteren medfører kjøring med piggdekk økt slitasje av veidekke og større produksjon av svevestøv. Befolkningsundersøkelser og eksperimentelle undersøkelser tyder på forbrenningspartikler bidrar til å utløse uønskede helseeffekter. Det er imidlertid usikkert om svevestøv som produseres fra veidekke kan forårsake tilsvarende negative effekter. Målet for dette prosjektet, som ble gjennomført i samarbeid med NTNU/SINTEF, Franzefoss Bruk AS og Vegdirektoratet, var å karakterisere partikler fra ulike steintyper som blir brukt i veidekke i Norge og undersøke deres evne til å forårsake betennelsesreaksjoner i lunge. Resultatene viste store forskjeller mellom de ulike steintypene når det gjelder effekt på lungeceller. Dyreforsøk som er gjennomført bekrefter at noen typer steinpartikler er mer potente enn andre når det gjelder å fremkalle betennelsesreaksjoner i lunge. Dette tyder på at valg av steintype til veidekke kan ha betydning for eventuelle helseskader utløst av svevestøv som produseres ved bruk av piggdekk.

I samarbeid med Vegdirektoratet har Folkehelseinstituttet også gjennomført et prosjekt hvor grove (PM_{2,5} – 10) og fine (PM_{2,5}) partikler fra en rekke steintyper som brukes i veidekke i Norge ble undersøkt med hensyn til å øke utskillelse av betennelsesmarkører (cytokiner) fra lungeceller i kulturer. Disse undersøkelsene viste at det ikke var mulig å identifisere enkeltminerale eller metaller som var ansvarlig for å utløse dannelse av betennelsesstoffer. Steintyper med mye av mineralet plagioklas ga imidlertid liten syntese av slike stoffer. Sannsynligvis er det en kombinasjon av egenskaper på partikkeloverflaten som er ansvarlige for betennelsesreaksjonene utløst av steinpartikler.

Steinstøvet varierte forholdsvis lite i størrelsesfordeling og overflateareal, mens det var vesentlige forskjeller i mineralsammensetning og metallinnhold. Det ser ikke ut til å være noen enkel sammenheng mellom materialets sprøhet og dets potensial til å utløse betennelsesreaksjoner eller mellom sprøhet og støvproduksjon. Resultatene fra denne studien bekrefter tidligere funn som viser at enkelte typer partikler fra stein brukt i veidekket kan indusere kraftige cytokinresponser i epiteliale lungeceller. Dette indikerer et potensial til å kunne gi betennelsesreaksjoner i lungene på eksponerte individer. Støv fra kvartsdioritt (prøve V2,5), fin/grov basalt (VI10, VI2,5 og VII2,5) og hornfels (VIII10 og VIII2,5), samt jaspis (IX10), ser ut til å representere spesielt potente støvtyper som bør undersøkes videre (for figurer og mer resultatbeskrivelse se vedleggene). Det er imidlertid for tidlig å kategorisk konkludere at stein fra de andre lokalitetene ikke kan gi opphav til potente partikler, og å konkludere at de potente partiklene er representative for forekomsten de er tatt fra. Partikkelstørrelse synes ikke å være en avgjørende faktor for steinpartiklers evne til å indusere cytokinutskillelse fra epiteliale lungeceller. Det er derfor grunn til å tro at kvalitative partikkelegenskaper er av langt større betydning for partiklens bioaktivitet. Vi tar her et forbehold for ultrafine partikler som ikke er blitt testet i denne studien, men det er lite sannsynlig at disse vil bli dannet ved piggdekkslitasje på veidekket. Det er imidlertid viktig å være klar over at partikkelstørrelse er avgjørende for hvor partiklene deponeres i lungene, og størrelsen vil derfor ha betydning for sykdoms-/skadebildet ved en reell eksponering. Partiklens bioaktivitet synes først og fremst å avhenge av den totale sammensetningen av mineraler og muligens metaller, og i mindre grad av innholdet av enkelte mineraler eller elementer. Unntaket er at partikler med høyt innhold av plagioklas har lavt potensial for å utløse betennelsesreaksjoner. Det forblir allikevel usikkert hva som gjør en partikkel potent, og den initiale virkningsmekanismen (hva som skjer når en partikkel kommer i kontakt med en celle) er ennå ikke kjent. Derfor er det fremdeles vanskelig å forutsi partiklers potensielle bioaktivitet basert på kunnskap om element- og mineralsammensetning. Per i dag kan bare biologiske analyser gi oss god informasjon om partiklers bioaktivitet. Økt kunnskap om virkningsmekanismer vil kanskje kunne endre dette i fremtiden. Studien tyder imidlertid på at mineralet plagioklas trolig er lite potent mht. cytokin-induksjon. Resultatene bekrefter dermed tidligere funn fra både celledsystemer og dyreforsøk som viser at partikler med høyt innhold av plagioklas er lite bioaktive.

Resultatene viser at ingen mineraltyper kan forklare alle variasjoner i biologiske effekter i lungeceller og dyr. Totalt innhold av enkelte metaller eller innholdet av løselige metaller korrelerer ikke med effektene.

- Av de mineraler som er undersøkt er plagioklas det mineralet som gir lavest reaksjon i cellesystemer. Pyroxen-innholdet synes til en viss grad å ha sammenheng med effektene, men ingen andre mineraler alene peker seg ut som spesielt potente til å fremkalle reaksjoner. Et lavt potensiale for effekter i rottelunge etter eksponering for feltspat tyder på at plagioklas-holdige mineraler har lav evne til å utløse betennelses-reaksjoner i dyr. Det indikerer at bruk av steintyper med mye plagioklas vil gi lavere risiko for helseeffekter enn andre mineraler.
- Ingen enkeltmetaller kan forklare de effektene som observeres. I andre parallelle studier med svevestøv dominert av forbrenningspartikler fra ulike steder finner man heller ingen entydige svar på hvilke metaller eller organiske komponenter som har størst potensial til å utløse uønskede effekter.
- Det er ingen enkel sammenheng mellom sprøhet (LA-verdi) og støvproduksjon. Det er heller ingen slike åpenbare sammenhenger mellom sprøhet eller støvproduksjon og evne til å fremkalle betennelsesreaksjoner. Ut fra de begrensede undersøkelser som er gjort synes det som at slitasje av en type stein gir moderate støvmengder (målt som PM₅ eller PM_{2,5} andel av PM₁₀). Den har også liten evne til å utløse frigjøring av betennelsesmarkører. En annen type stein ser derimot ut til å gi større støvmengder og samtidig å ha større potensial til å utløse frigjøring av betennelsesmarkører. De andre steintypene ligger i mellom disse to.
- Det ble tatt en prøve fra nesten alle forekomster. Disse prøvene behøver ikke å være representative, materialet kan variere fra område til område og over tid. Derfor er det mulig, at stein fra noen forekomster med lavt potensial til effekter kan vise andre egenskaper i nye prøver og omvendt. Det endrer imidlertid ikke på konklusjonen at stein med høyt innhold av plagioklas vil gi støv med lavt potensial til å utløse effekter.

**Refsnes, M., Låg, M., Hetland, R. B. og Schwarze, P. E. (2004):
*Helseeffekter av byluftpartikler. Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.***

Svevestøv i byluft består av forbrenningspartikler og mineralpartikler med svært forskjellige størrelser og kjemiske egenskaper. Svevestøvet kan deles inn i størrelsesfraksjoner som PM₁₀ (PM ≤ 10 μm), PM_{2,5} (PM ≤ 2,5 μm) og PM_{0,1} (PM ≤ 0,1 μm). Nyere befolkningsstudier viser en assosiasjon mellom økning i dødelighet og sykkelighet (pga. lunge- og hjertekarsykdommer) og kortvarige økninger i svevestøvs-konsentrasjoner i byluft. Den relative risikoen (RR) er rundt 1,005 ved en økning av PM₁₀ på 10 mg/m³, uten noen observert terskelverdi, selv ved nivåer under 10 mg/m³. Kronisk eksponering for svevestøv er mindre undersøkt, men årelang eksponering for PM_{2,5} er assosiert med en RR som er omlag 10 ganger større enn ved korttids eksponering. Befolkningsstudiene indikerer at enkelte grupper synes å være spesielt følsomme (lungesyke, hjertesyke og barn). Hos frivillige individer i kammer- og feltstudier, fant man effekter både i luftveiene og i hjerte-karsystemet ved konsentrasjoner av svevestøv (PM_{2,5}/PM₁₀: 100-200 mg/m³) som kan forekomme i episoder med økt luftforurensning. Dyreforsøk med høyere konsentrasjoner ga kraftigere responser. De eksperimentelle studiene understøtter befolkningsstudiene i at byluftpartikler representerer et helseproblem. Både befolkningsstudiene og eksperimentelle studier indikerer at enkelte individer er mer sårbare enn andre. Ved lave til middels konsentrasjoner av byluftpartikler synes det å foreligge en diskrepans mellom disse studietypene som kan skyldes at de mest sårbare individene ikke er inkludert i eksperimentelle forsøk. Studier med mennesker, dyr og celler viser at fysisk/kjemiske egenskaper ved partiklene (størrelse, innhold av metaller, organiske forbindelser, endotoksiner etc.) er sentrale for de observerte effektene av svevestøvet. Mer kunnskap både om helseeffekter ved lave konsentrasjoner, samt egenskaper ved partikler, er nødvendig.

Schwarze, P. E., Låg, M. og Refsnes, M. (2004): *Innånding, avsetning og fjerning av svevestøv i luftveier og lunger*. Nasjonalt Folkehelseinstitutt, Divisjon for miljømedisin, Avdeling for luftforurensning og støy.

Partikler i uteluft varierer betydelig i størrelse, og deles gjerne inn i ultrafine partikler (<0,1 μm ; 100 nm), fine partikler (<2,5 μm), grove partikler (2,5-10 μm) og enda større partikler opp mot 100 μm . Alle disse partiklene er vist å kunne pustes inn. Partikler vil avsettes på ulike steder i luftveissystemet, og fjernes via ulike mekanismer. De kan dermed forbli i luftveier og lunger i varierende grad og ulik tid, avhengig av partikkelstørrelse og andre faktorer som løselighet og overflateegenskaper. Innånding, avsetning og fjerning er avgjørende prosesser for hvilken evne partikler har til å utløse skadelige helseeffekter.

Store partikler ned til 10 μm i diameter vil for det aller meste bli avsatt i de øvre luftveiene (over strupehodet). Særlig ved pusting gjennom nesen er denne fjerningsmekanismen svært effektiv. En stor andel av de aller minste partiklene (1-10 nm) vil også bli avsatt i neselimhinnen. Ultrafine partikler med størrelse opp mot 0,1 μm kan imidlertid trenge dypt ned i lungene. Likeledes vil en relativt stor andel av partiklene i størrelsesområdet 0,1 til 1 μm kunne nå de dypeste lungeavsnittene, men de fleste av disse partiklene vil pustes ut igjen. Det er altså særlig partikler <0,1 μm og en vesentlig del av partiklene med størrelse mellom 1 og 4 μm som avsettes i de nedre luftveiene og lungene.

Avsatte partikler fjernes på ulike måter avhengig av løselighet og hvor de avsettes i luftveissystemet. Løselige partikler eller komponenter fjernes raskt. Fine og grove partikler avsatt i øvre luftveier, vil effektivt fjernes ved hosting, nysing eller slimtransport til svelget hvor de kan gå ned i magetarmkanalen. Partikler med størrelse rundt 1 μm vil mest effektivt bli tatt opp av makrofager. En stor andel av makrofager med partikler fraktes via "slimheisen" til svelget eller alternativt over i lymfesystemet. Noen partikler kan ha svært lang oppholdstid i lungene (måneder til år). Ultrafine partikler kan også komme over i blodbanen og nå andre organer, som hjertet. I hvilken grad dette skjer er fremdeles omdiskutert.

Mønsteret for avsetning og fjerning av partikler kan variere betydelig i antatt følsomme individer. Bildet er ikke enkelt, da de ulike prosessene som er involvert varierer mye med partikkelstørrelsen, aktivitetsmønsteret/ pustefrekvensen og sykdomstilstander. Selv om den totale avsetningen av partikler er forholdsvis lik hos barn og voksne, er avsetningen hos barn relativt sett mye høyere i øvre luftveier. Personer som trener (løper/sykler) i gatemiljøer eller langs veger der det er mye svevestøv i lufta, vil i større grad puste gjennom munnen og ikke gjennom nesa. Svevestøv som de puster inn vil i mindre grad bli fanget opp i nese/svelg. I individer med ulike luftveissykdommer (som oftest eldre) og hos røykere, er både avsetning og fjerning av partikler endret i forhold til hos friske individer. Både hos KOLS-pasienter og astmatikere, og røykere med og uten betennelse i de små luftrørsgeinene, avsettes samlet sett flere partikler av ulik størrelse i luftveissystemet. Fjerningen av partikler er også endret. Økt hosterefleks kan føre til raskere fjerning spesielt av større partikler hos individer med luftveissykdommer. Både hos KOLS-pasienter og astmatikere vil en økt avsetning og endret fjerning i varierende grad føre til at flere partikler totalt sett holdes tilbake i luftveissystemet. Dersom partikler som forblir lenge i lungene, fortsetter å utløse betennelsesreaksjoner, kan dette bidra til å utløse skadelige helseeffekter.

Nasjonalt folkehelseinstitutt. (2005): *Eksponerings-responsfunksjon for konsekvensutredning. Beregning av antall tilfeller av ulike helseskader som skyldes luftforurensning.*

I de senere årene har nivåene av ulike luftforurensningskomponenter gradvis sunket i Norge. Til tross for dette er lokal luftforurensning et stort problem i flere norske byer, og grenseverdier og nasjonale mål for både svevestøv (PM10 og PM2,5) og nitrogendioksid (NO₂) overskrides gjentatte ganger. I dette dokumentet om eksponerings - responsfunksjoner fokuseres det på svevestøv. Andre luftforurensningskomponenter kunne også tenkes vurdert på samme måte, men dette vil bli sett på fortløpende. I den forbindelse pågår det i WHO arbeid med et nytt/revidert dokument om luftforurensning og helse.

Her vises den funksjonen Folkehelseinstituttet anbefaler Vegdirektoratet å bruke til å beregne endring i antall tilfeller av helseskader for befolkningen i et gitt område, dersom svevestøvkonsentrasjonen forandres som resultat av ulike tiltak. Funksjoner for sammenhenger mellom andre luftforurensningskomponenter og helseeffekter som er relevante for norske forhold, vil bli lagt ut på Folkehelseinstituttets hjemmesider når nye data foreligger. Dette skjer i samarbeid med Vegdirektoratet.

Nygaard, U. C. (2005): *The adjuvant effect of particles on the production of allergen specific IgE - cells and mechanisms* [Partiklers forsterkereffekt på allergenspesifikk IgE-produksjon – celler og mekanismer]. Avhandling, Dr.Philos. Institutt for molekylær biovitenskap, Universitetet i Oslo. Nasjonalt folkehelseinstitutt.

Trafikkforurensning er en av flere mulige årsaker til at forekomsten av astma og allergi har økt. En rekke studier både på mennesker og i dyr har vist at ulike partikler kan bidra til å forsterke den allergiske responsen. I dag er det partikkelvekt som benyttes som mål på partikkelforurensning. Siden det i hovedsak er de store partiklene som bidrar til partikkelvekten, mens de små partiklene vil dominere om overflatearealet måles, vil vektkonsentrasjon være et dårlig mål på mengden av de små partiklene i luften. At de store partiklene får telle mest i målingene er uheldig, siden de små partiklene, særlig i allergisammenheng, kan være viktigere enn de større partiklene med hensyn til effekter på helsa vår. For eksempel er dieseleksospartikler små partikler, og vil i liten grad bli målt med dagens målemetoder.

Med dette som utgangspunkt ønsket Nygaard og hennes medarbeidere å undersøke hvilken betydning partikkelstørrelsen har for den forsterkereffekten partikler er funnet å ha på allergiske immunresponser. Videre ønsket de å finne ut hvilke egenskaper ved partiklene (antall, vekt, diameter og overflateareal) som best kan forklare denne forsterkereffekten. Etter å ha gitt mus partikler av ulik størrelse (diameter 0,06, 0,2, 1, 4,6 og 11 μm (tusendels millimeter)) sammen med allergen, ble mengden allergenspesifikt IgE (allergi-antistoff) og IgG2a (ikke-allergisk antistoff) målt i blodet. For et utvalg av partiklene ble også virkningen på celler i den lymfeknuten allergenet og

partiklene kommer, studert ved å måle uttrykket av forskjellige signalmolekyler på celleoverflaten, og utskilte signalmolekyler i form av ulike cytokiner.

Ved samme dose partikler målt som vekt hadde de minste partiklene (0,06 og 0,2 μm , samt dieseleksospartikler) en mye sterkere forsterkereffekt på IgE-produksjonen enn de større partiklene (1, 4,6 og 11 μm). Også cellene i den drenerende lymfeknuten ble sterkere påvirket av de små partiklene enn av de større partiklene. Resultatene med disse ”kunstige” partiklene ble bekreftet med ”naturlige” partikler, samlet inn fra luften i fire europeiske byer, Roma, Amsterdam, Lodz og Oslo, som en del av et EU-finansiert prosjekt. Ved hjelp av lineær regresjonsanalyse fant forskerne at partikkeldosen målt som partikkelvekt ikke kunne forutsi IgE-responsen ($R^2=0,06$), mens derimot partiklenes overflateareal, størrelse og antall i betydelig grad kunne forutsi en slik respons ($R^2=0,64$, 0,62 og 0,58). Disse resultatene tyder på at når det gjelder partiklers forsterkereffekt på allergisk immunrespons, vil måling av overflateareal eller antall partikler være et betydelig bedre mål på partikkelforurensning enn partikkelvekt, som er det man benytter i dag. Selv om de små partiklene fra dieseleksos og vedfyring bare utgjør noen få prosent av luftforurensningen målt som vekt, kan de derfor når det gjelder allergi og astma være en meget viktig forurensningstype.

I avhandlingen ble det også gjort interessante funn av hvilke celler og molekyler i immunsystemet som deltar når partiklene øker en allergisk reaksjon, og hvordan partiklene endret cellenes egenskaper og samarbeid. Avhandlingen indikerer at svevestøvspartikler kan forsterke allergiske responser både ved å bære allergener ned i lungene, og i seg selv direkte påvirke immunresponsen mot allergenet.

Følgende artikler inngår i avhandlingen:

- Nygaard UC, Samuelsen M, Aase A, Løvik M. The capacity of particles to increase allergic sensitization is predicted by particle number and surface area, not by particle mass. *Toxicol Sci* 2004;82:515-24.
- Nygaard, U. C., Ormstad, H., Aase, A. and Løvik, M. The IgE adjuvant effect of particles: characterisation of the primary cellular response in the draining lymph node. *Toxicology* 2005; 206(2): 181-193.

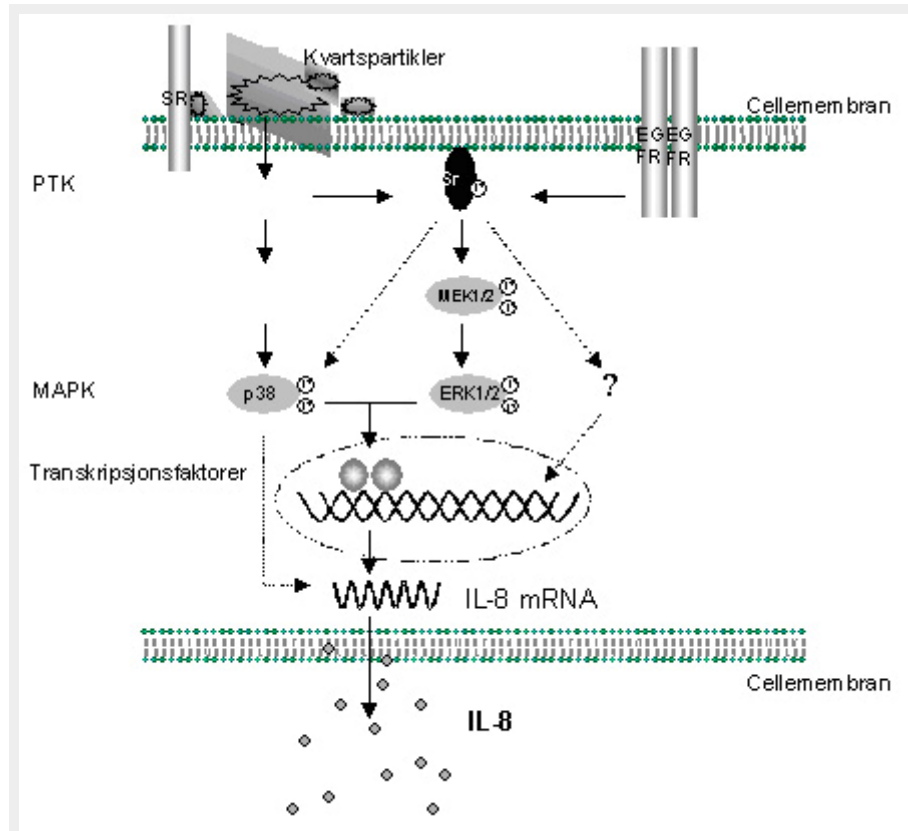
- Nygaard, U. C., Aase, A. and Løvik, M. The allergen adjuvant effect of particles – genetic factors influence antibody and cytokine production. *BMC Immunol.* 2005 Jun 21;6:11.
- Nygaard, U. C., Løvdal, T., Bleumink, R., Aase, A., Dybing, E., Pieters, R. and Løvik, M. Ambient air particles from four European cities increase the primary cellular response to allergen in the draining lymph node. *Toxicology* 2005: 207(2): 241-254.

Øvrevik, J. (2005): *Mechanisms of chemokine release induced by mineral particles in epithelial lung cells [Mekanismer for kjemokinfrigjøring induert av mineralpartikler i epiteliale lungeceller]. Avhandling, Dr. Philos. Universitetet i Oslo. Nasjonalt folkehelseinstitutt.*

Inflammatoriske responser i lungeepitelet antas å være svært viktig for utviklingen av mineralpartikkel-indusert sykdom. Sentralt i disse prosessene er produksjon og frigjøring av kjemokiner som tiltrekker immunceller til det skadde eller irriterte vevet. Kjemokinproduksjonen reguleres via en rekke ulike stress-signalveier inne i cellen. Disse omfatter sentrale intracellulære enzymgrupper som protein tyrosin kinaser (PTK'er) og mitogen-aktiverede proteinkinaser (MAPK'er), samt transkripsjonsfaktorer som nukleær faktor kB (NF-kB) og aktivator protein 1 (AP-1).

Denne studien har tatt for seg ulike mineralpartiklers evne til å indusere kjemokinfrigjøring fra epiteliale lungeceller, hvilke intracellulære mekanismer som regulerer disse responsene, og hvilke fysiske/kjemiske egenskaper som avgjør partiklens biologiske reaktivitet. Hoveddelen av arbeidet har fokusert på effekten av kvarts, som modellpartikkel, på en human epitelial lungecellelinje, A549 (alveolær type-2 cellelinje). Mindre omfattende arbeid ble utført på primære alveolære type-2 (T2) celler fra rottelunger og primære epitelceller fra de små luftveiene hos menneske (SAEC, small airway epithelial cells), og med steinpartikler med kompleks mineralsammensetning.

Våre funn viser at både kvarts og mer komplekse steinpartikler kan indusere en tids- og konsentrasjonsavhengig økning i frigjøring av kjemokinene IL-8 og MIP-2, fra henholdsvis menneske og rotteceller. Studiene med kvarts viser at Src-familiene av PTK'er (SFK) spiller en sentral rolle i kjemokin-reguleringen, sammen med MAPK'ene p38 og ERK1/2 (extracellular signal-regulated kinase) i både A549 og T2 celler. Både SFK'er og MAPK'er ble fosforylert (aktivert) i løpet av minutter etter kvarts-eksponering, og kinase-fosforyleringene vedvarte i flere timer etter eksponering. Kvarts-indusert ERK1/2-fosforylering ser ut til å bli mediert via aktivering av SFK, mens p38 delvis blir aktivert via SFK-uavhengige mekanismer. Fosforyleringskinetikken til p38 og ERK1/2 ser ut til å ha to faser, en tidlig forbigående topp, og en senere vedvarende fase. Videre ser det ut til å være et vekslende forhold mellom fosforylering av henholdsvis p38 og ERK1/2, og hemming av p38-aktivitet forsterket den kvarts-induserte fosforyleringen av ERK1/2. Det er derfor grunn til å tro at aktivert p38 undertrykker aktiviteten av ERK1/2 i kvarts-eksponerte celler.



Figur 1. Foreslått model for kvarts-indusert IL-8-frigjøring. EGFR; epidermal growth factor receptor, ERK1/2; extracellulær signal-regulert kinase, MAPK; mitogen aktivert protein kinase, PTK; protein tyrosinase, SR; scavenger reseptor

Resultatene viser videre at kvartspartikler deponert på overflaten av A549 celler eller i nærhet av cellene, bindes av mikrovilli og trekkes sammen i små grupper på celleoverflaten. A549 cellen fagocytterer dessuten en god del av partikkelen, mesteparten av opptaket ser ut til å foregå mellom 1 til 3 timer etter eksponeringen. Det er derfor grunn til å tro at de tidlige fasene i kvarts-indusert protein kinase-fosforylering medieres via celleoverflaten og er uavhengig av partikkelopptak. Vi kan imidlertid ikke utelukke at partikkelopptak er involvert i de senere fasene av PTK- og MAPK-aktivering, eller kjemokinproduksjon. Deler av IL-8 frigjøringen ser ut til å være mediert via interaksjoner mellom scavenger-reseptorer (mønster-gjenkjennende reseptorer) uttrykt på overflaten av A549-cellene og kvartspartikler. Videre ser også EGF-reseptor (vekstfaktorreseptor) ut til å være involvert i kvarts-indusert SFK-ERK1/2 signalisering og IL-8 frigjøring. EGF-reseptor ble imidlertid ikke fosforylert

ved kvartseksposering, noe som tyder på at basalaktiviteten til EGF-reseptor påvirker kvarts-indusert regulering av IL-8 frigjøring via SFK-ERK1/2 signalveien.

Steinpartikler av ulik størrelse og mineralsammensetning induserte høye nivåer av MIP-2 frigjøring fra T2-celler, men bare lave nivåer av IL-8 fra A549-celler, sammenlignet med kvarts. T2-cellene var generelt sett også mer sensitive for mineralpartikkel-eksponering enn A549-cellene. Resultatene indikerer at de reaktive steinpartiklene aktiverer kjemokinfrigjøring via andre mekanismer enn kvarts, og/eller at aktiveringsmekanismer av kjemokinfrigjøring er ulik for A549 og T2 celler. Studien tyder imidlertid på at MAPK'ene p38 og ERK1/2 er av generell betydning for regulering av ulike cytokiner og kjemokiner fra mineralpartikkel-eksponerte epitelceller.

Ved lik masse induserte tilsynelatende små partikler (< 2,5 µm) høyere kjemokin-nivåer enn større partikler (< 10 µm) av samme bergart. Små partikler har imidlertid større overflate i forhold til masse enn store partikler. Generelt sett kunne korrigerer for forskjeller i overflateareal forklare forskjellene i effekt mellom små og store partikler av samme bergart, men ikke forskjellene mellom partikler av ulik bergart. Dette tyder på at størrelse i seg selv ikke er avgjørende for partiklens evne til å indusere in vitro.

Innholdet av feldspatmineraler var sterkt negativt korrelert med partiklens evne til å indusere MIP-2, noe som antyder at bergarter rike på feldspat er lite biologisk aktive. Videre var innholdet av mineralet pyroksen positivt korrelert med evne til å indusere MIP-2. Imidlertid fant vi ingen sammenheng mellom innholdet av kvarts, som er et velkjent inflammasjon-fremmende mineral, og kjemokinfrigjøring. Partiklens innhold av feldspat og pyroksen var dessuten ikke tilstrekkelig til å forklare alle forskjeller i effekt mellom partikler av ulike bergarter. Vi fant ingen signifikant korrelasjon mellom evne til å indusere kjemokinfrigjøring og partiklens elementsammensetning eller mengde av løselige elementer. Dermed er det ennå uklart hvilke partikkelkaraktistika som er avgjørende for å aktivere cellulære responser.

Følgende artikler inngår i avhandlingen:

- J Øvrevik, M Låg, PE Schwarze and M Refsnes. p38 and Src-ERK1/2 pathways regulate crystalline silica-induced chemokine release in pulmonary epithelial cells. *Toxicol Sci*, 2004, 81: 480-490
- J Øvrevik, M Refsnes, E Namork, R Becher, D Sandnes, PE Schwarze and M Låg. Initial signaling pathways involved in silica-induced IL-8 release in A549 cells: Importance of cell surface receptors and phagocytosis. Submitted manuscript.
- J Øvrevik, T Myran, M Refsnes, M Låg, R Becher, RB Hetland and PE Schwarze. Mineral particles of varying composition induce differential chemokine release from epithelial lung cells: Importance of physico-chemical characteristics. *Ann Occup Hyg*, 2005, 49: 219-231
- J Øvrevik, M Låg, RB Hetland, PE Schwarze and M Refsnes. Stone particle-induced interleukin-6 and -8 release involves activation of MAP kinases and tyrosin kinases. *Ann Occup Hyg*, 2002, 46, Supplement 1: 390-392

Øvrevik, J., Myran, T., Refsnes, M., Låg, M., Becher, R., Hetland, R. B. and Schwarze, P. E. (2005): *Mineral Particles of Varying Composition Induce Differential Chemokone Release from Epithelial Lung Cells: Importance of Physico-chemical Characteristics*. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 49, No. 3, pp. 219-231, 2005.

Presently, little is known about the potential health effects of mineral particles other than asbestos and quartz. In this study, a human epithelial lung cell line (A549), primary human small airway epithelial cells (SAECs) and primary rat type 2 (T2) cells were exposed to stone quarry particles of two size fractions (< 10 and < 2.5 µm) from nine different rock samples. The ability to induce the release of chemokines from lung cells was investigated and compared with the particles' mineral and elemental composition and the amount of soluble elements. The stone particles induced the release of only low levels of interleukin (IL)-8 from A549 cells. In contrast, some of the other particles induced release of high levels of macrophage inflammatory protein (MIP)-2 from T2 cells, and high levels of IL-8 from SAECs. Differences in particle

surface area could account for differences in activity between the < 10 and < 2.5 μm fractions of six out of nine samples. For two samples the < 2.5 μm fraction was most active and for one sample the < 10 μm fraction was most active. Content of the mineral plagioclase displayed a strong, negative correlation with the potential to induce MIP-2, whereas the mineral pyroxene was positively correlated with MIP-2 induction. However, neither plagioclase nor pyroxene content was sufficient to explain differences in bioactivity between the particles. No statistical significant correlation was found between the amounts of total or soluble elements and MIP-2 release. In conclusion, the results suggest that mineral particles with high content of plagioclase have a low potential to induce pro-inflammatory response. However, a particular mineral or element responsible for eliciting strong increase in chemokine release could not be identified. Thus, at present it appears that analysing mineral and element content is insufficient to predict stone particle bioactivity, and that biological testing is a necessity.

Norsk regnesentral

Kåresen, K. og Aldrin, M. (2001): *Effekt av salting på trafikkgenerert svevestøv; foreløpig statistisk analyse. SAMBA/20/01. Norsk regnesentral.*

Vegdirektoratet har våren 2001 gjort forsøk for å finne ut om salting av veger kan redusere mengden helseskadelig svevestøv. Dette notatet inneholder en foreløpig statistisk analyse av disse dataene. Vi benytter en ikke-lineær regresjonsmodell for konsentrasjon av svevestøv som funksjon av trafikkmengde samt en rekke meteorologiske variabler. Vi finner som forventet at mengden av svevestøv øker med trafikkmengde og på kalde dager. Vind, høy luftfuktighet eller nedbør derimot reduserer mengden av svevestøv. For salting finner vi derimot ingen signifikant effekt. En grunn til det kan være at det er foretatt salting relativt få ganger og tett på hverandre i tid slik at det er lite data til å estimere en eventuell effekt av salting. En utvidet analyse bør foretas når forsøksdata for sesongen 2001/2002 er klare. Vi foreslår at den statistiske modellen da utvides til å ta hensyn til evt. samspill mellom variablene og korrelasjon i tid. Dette vil øke mulighetene til å påvise små eller moderate effekter av salting.

Haff, I. H. og Aldrin, M. (2002): *Empiriske modeller for luftforurensning, trafikkvolum og meteorologi. SAMBA/38/02. Norsk regnesentral.*

Denne rapporten presenterer statistiske modeller for hvordan PM10, PM2,5 og NO2 varierer systematisk med trafikkvolum og meteorologiske variable. Modellene er basert på luftforurensningsdata fra til sammen ti målestasjoner ved trafikkerte veier i Oslo, Trondheim og Bergen, med tilhørende data for trafikkvolum og meteorologiske forhold.

Aldrin, M. and Haff, I. H. (2003): *Empiriske modeller for luftforurensning, trafikkvolum og meteorologi - basert på data fra 2001-2003.* Publikasjonsnr.: 997. Norsk regnesentral.

Denne rapporten presenterer statistiske modeller for hvordan PM₁₀, PM_{2.5}, differansen PM₁₀-PM_{2.5}, NO₂ og NO_x varierer systematisk med trafikkvolum og meteorologiske variable. Modellene er basert på luftforurensningsdata registrert mellom høsten 2001 og sommeren 2003 ved tretten målestasjoner ved trafikkerte veier i Oslo, Trondheim, Bergen og Stavanger. Arbeidet er utført på oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Steinbakk, G. H. og Aldrin, M. (2003): *Effekt av salting på svevestøv. En analyse basert på data for vinteren 2001/2002 og 2002/2003.* SAMBA/19/2003. Norsk regnesentral.

Statens Vegvesen, Stor-Oslo distrikt har ønsket å finne ut om salting kan ha en gunstig effekt på svevestøv fra trafikken. I denne rapporten presenterer vi resultater basert på data fra vinteren 2001/2002 og vinteren 2002/2003 hvor vi bruker en ikke-lineær regresjonsmodell av svevestøvmengden som en funksjon av trafikkdata og diverse meteorologiske data. Vi finner ingen entydig effekt av salting på svevestøvmengden da effektene estimeres til å noen ganger være positive og andre ganger negative. Videre viser analysen vår at de estimerte effektene er ganske små (typisk mindre enn 30 %) og ikke statistisk signifikante. Vi konkluderer derfor med at salting ikke har noen tydelig effekt på svevestøvkonsentrasjonen. Om det likevel skulle være en slik effekt, er den ikke svært stor.

Aldrin, M. (2004): *Feiing og salting i Strømsås-tunnelen mars 2004 – innledende analyse.* NR-note SAMBA/27/04. Norsk Regnesentral.

I mars 2004 blei det gjennomført forsøk med vasking og salting i Strømsåstunnelen, med sikte på å redusere konsentrasjonen av svevestøv. Samtidig blei det gjort målinger av PM10, meteorologi og trafikkvolum.

Denne rapporten inneholder en innledende analyse av dataene. Effekten av tiltakene er vurdert ved å studere endringer i PM10-konsentrasjonen ved igangsetting av tiltak, samtidig som det er korrigert for effekten av trafikkvolum og meteorologi. Det kan synes som om tiltakene noen ganger har effekt, og andre ganger ikke. Imidlertid er det vanskelig å trekke noen klare konklusjoner så langt, grunnet følgende momenter: i) Tidsperiode med data er kort og episodene med tiltak er få. ii) Alle tiltak skjer på natta, da det normalt likevel er en nedgang i PM10-konsentrasjonen. iii) De meteorologiske målingene i selve tunnelen viste seg å være av for dårlig kvalitet, slik at PM10-konsentrasjonen i stedet er korrigert for utendørs meteorologi, som vi antar er mindre informativ for forhold inne i tunnelen.

I neste omgang vil det derfor være gunstig med følgende endringer i) Lenger dataperiode og flere episoder med tiltak. ii) Tiltak på ulike tidspunkt av døgnet. iii) Pålitelige meteorologiske målinger inne i tunnelen.

Arbeidet er utført på oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Aldrin, M. and Haff, I. H. (2005): *Generalised additive modelling of air pollution, traffic volume and meteorology*. Atmospheric Environment 39, 2145-2155. Norwegian Computing Center.

This work presents a way to estimate the relationship between each of five pollution variables, namely concentrations of PM10, PM2.5, PM10 - PM2.5, NO2 and NOx, and traffic, as well as a set of meteorological variables. The model used is additive on the log scale, resulting in a multiplicative model on the original scale. The estimates were made based on hourly data collected during a period of one and a half year at four different locations in Oslo.

The estimated models gave a reasonably good fit in terms of the squared correlation coefficient. For all stations, the models for PM₁₀ and PM₁₀ - PM_{2.5} and for NO_x had more explanatory power (higher values of R²) than the ones for PM_{2.5} and NO₂, respectively.

Even though some of the estimates from different locations are rather spread, there are some general trends. Traffic volume has, as expected, a highly significant effect on air pollution, especially on NO_x. For temperatures below 0 ±C, concentrations, of PM₁₀ and PM_{2.5} in particular, increase as the temperature drops. A positive temperature difference between 25 and 2 m above ground raises the concentrations of the two gases NO₂ and NO_x. Wind direction has a very significant, but local effect on the pollution. Higher wind speed reduces the air pollution. Relative humidity decreases the concentration of PM₁₀ and PM₁₀ - PM_{2.5}, and increases the concentration of PM_{2.5} as it increases, but has no effect on NO₂ and NO_x. Overall, heavier precipitation tends to reduce the PM concentrations, and have a more diffuse effect on the NO-concentrations. The concentration of PM₁₀ - PM_{2.5}, and to a lesser extent PM₁₀, is smaller when the ground is covered with snow or ice. Diurnal and seasonal variations of the concentrations were mostly described by variables such as traffic and temperatures. However, some systematic temporal variations remained.

Everything taken into consideration, the relations between air pollution, traffic and meteorological variables are quite well estimated using generalised additive models. These models combine non-linearity, which is to be found in these relations, and interpretability. The estimates for different locations have many traits in common, hence similar models may be estimated for other locations.

However, potential interactions have been ignored. For instance, in reality, there will obviously be an interaction between wind direction and wind speed, since wind direction will have no effect when the wind speed is very low. Fortunately, pairwise interactions can be handled within the same framework and the same software. Interpretation of the effect predictor variables included in the interactions becomes slightly more difficult, however.

Our focus has been on interpretation of empirical relationships, but the models might also be useful for forecasting, for instance one day ahead. The residuals from our models are clearly autocorrelated. This correlation should be modelled, for instance by some autoregressive model, in order to reduce the forecast uncertainty. Further, forecasting the air pollution concentrations requires reliable forecasts of the predictor variables. Forecasts of the meteorological variables are often available on a routinely basis, but their uncertainty will probably contribute considerably to the total uncertainty. On the other hand, the traffic patterns are rather stable over time, making the number of vehicles easy to predict with reasonable precision. Finally, the future values of the variables day number and hour of day are known exactly, so forecasts for these are not required.

Aldrin, M. (2006): *Effekt av feiing, salting og vasking i Strømsås-tunnelen vinteren 04/05. SAMBA/21/06. Norsk regnesentral.*

Det har blitt gjennomført tiltak mot svevestøv i Strømsåstunnelen i en 26-ukers periode fra 18/10 2004 til 17/4 2005. veien blei vasket to ganger og feid 11 ganger. Videre her en saltet med MgCl 43 ganger, hvorav 27 ganger med konsentrasjon 20g/m² og 16 ganger med konsentrasjon 40g/m².

I samme periode målte en konsentrasjon av PM10 og PM2.5, trafikkvolum og en rekke meteorologiske variable i tunnelen.

Hensikten med studien er å tallfeste effekten av de ulike tiltakene. Svevestøvnivået varierer kraftig over tid, og er sterkt påvirket av trafikkvolum og meteorologi, slik at det er vesentlig å korrigere for disse variablene. Konsentrasjonen av PM10, PM2.5 og grovfraksjonen PM10 – PM2.5 blir modellert som en funksjon av trafikkvolum, meteorologi og tiltak. Til det brukes ikke-lineære regresjonsmodeller av klassen generaliserte additive modeller.

Effekten av vasking og feiing er ikke klar. Derimot er det en tydelig effekt av salting på konsentrasjonen av PM10 og PM2.5. Effekten inntreffer umiddelbart og ser ut til å

vare i 5-9 dager. I middel reduserer salting nivået av PM10 med omkring 45 % og nivået av PM10 – PM2.5 med omtrent 60 % i forhold til en situasjon uten tiltak. Det er en tendens til at salting med 20g/m² gir større effekt enn med den dobbelte konsentrasjon. Når det gjelder PM2.5 er effekten av salting atskillig mindre, men det er en tendens til en reduksjon på mellom 0 og 20 %.

Arbeidet er utført på oppdrag av Statens vegvesen, Region sør.

Samferdselsdepartementet

Samferdselsdepartementet (2005): *Lavutslippssoner i norske byer - miljørestriksjoner på tunge kjøretøy. Rapport fra en arbeidsgruppe, 21. april 2005.*

Bakgrunn

I vinterhalvåret er det tidvis høy luftforurensning i en del norske byer. Dette gjelder særlig svevestøv og nitrogendioksider (NO₂). Veitrafikk er den dominerende kilden til NO₂-utslipp og svevestøv, men når det gjelder svevestøv er også vedfyring en stor utslippskilde. I noen byområder vil det bli nødvendig med tiltak for å overholde nasjonale mål for lokal luftkvalitet, samt grenseverdiene fastsatt i forurensningsforskriftens bestemmelser om lokal luftkvalitet.

Det er kommunene som er lokal forurensningsmyndighet og har et overordnet ansvar for luftkvaliteten. Kommunene vil måtte ta i bruk flere tiltak og virkemidler for å overholde grenseverdiene for luftkvalitet framover. Det er viktig at lokale myndigheter forvalter gode virkemidler for å løse problemene, slik at en kostnadseffektiv virkemiddelpakke kan tas i bruk.

Dette er bakgrunnen for at Samferdselsdepartementet våren 2004 opprettet ei arbeidsgruppe med representanter fra Samferdselsdepartementet, Miljøverndepartementet, Finansdepartementet, Statens vegvesen og Oslo kommune for å vurdere hvorvidt kommunene bør gis adgang til å etablere lavutslippssoner i norske byer. En lavutslippssone er – etter gruppas definisjon – et geografisk avgrenset område, der lokale myndigheter søker å bedre luftkvaliteten ved hjelp av virkemidler rettet mot kjøretøyenes utslippsegenskaper.

Varianter av en slik ordning er allerede etablert i flere svenske byer, og er under utredning flere andre steder, bl.a. i England (London) og Danmark (København).

I tillegg til å vurdere om lokale myndigheter bør gis adgang til å etablere lavutslippssoner, har gruppa vurdert hvordan ordningen eventuelt bør utformes.

Arbeidsgruppas vurderinger og anbefaling

Arbeidsgruppas anbefaling: Arbeidsgruppa konkluderer med at det bør settes i gang et arbeid for å gi kommunene hjemmel i vegtrafikkloven til å innføre lavutslippssoner hvor det gjelder særskilte Eurokrav til tunge kjøretøy.

Anbefalingen er basert på følgende forhold:

- Nasjonale mål og grenseverdiene for NO₂ og PM₁₀ ser ut til å overskrides i flere norske byer. Tiltaksutredninger bl. a. for Oslo viser at ny kjøretøyteknologi på sikt vil gi forbedringer, men at det må gjennomføres flere tiltak framover for at luftkvaliteten skal komme under grenseverdiene. De nasjonale målene er strengere enn grenseverdiene, og krever ytterligere skjerpet virkemiddelbruk.
- For høye forurensningskonsentrasjoner gir helseskader. Det er særlig helseeffektene som er årsaken til at det er forskriftsfestet grenseverdier for bl.a. NO₂ og PM₁₀. Anbefalinger fra verdens helseorganisasjon (WHO) og internasjonal forskning generelt tilsier at både langvarige perioder med moderat PM₁₀-forurensning og kortvarige episoder med svært høy forurensning av NO₂ og PM₁₀, kan gi helseskader. Det impliserer at tiltak som reduserer PM₁₀-forurensningen gjennom hele året og i større geografiske områder, vil gi helsegevinster også ut over de dagene og stedene forurensningsforskriften overskrides. Lavutslippssoner med særskilte miljøkrav til kjøretøy er et slikt tiltak.
- Kommunene, som er lokal forurensningsmyndighet, har allerede flere virkemidler til disposisjon for å bedre den lokale luftkvaliteten. Dette inkluderer svært generelle virkemidler som påvirker luftkvaliteten gjennom endringer i transportomfang og transportmiddelfordeling (arealplanlegging, kollektivtilbud osv); og virkemidler som påvirker det konkrete problemet direkte (for eksempel piggdekkavgiften som både Trondheim og Oslo har tatt i bruk). Men desto flere virkemidler lokale myndigheter forvalter, jo lettere er det å sette sammen en kostnadseffektiv pakke av virkemidler, slik at utslippsreduksjonene kan oppnås til lavest mulig kostnader for samfunnet. Lavutslippssoner kan være ett av flere virkemidler i en slik pakke.

- Veitrafikken bidrar betydelig til høye konsentrasjoner av NO₂ og PM₁₀. Tunge kjøretøy står for 50 pst av vegtrafikkens eksosutslipp av NO_x (nitrogenoksider) og 45 pst av PM₁₀ – utslippene - til tross for at tunge kjøretøy bare utgjør 4 pst av kjøretøyparken og står for 13 pst av trafikkarbeidet. Denne asymmetrien henger sammen med at det ikke var nevneverdige Eurokrav til tunge kjøretøy før 1993. Etter hvert som eldre kjøretøy skiftes ut med nye vil utslippene reduseres. Lavutslippssoner, som regulerer tilgangen til et område for kjøretøy som ikke oppfyller et gitt Eurokrav, vil bidra til å øke utskiftingstakten.
- Det er teknisk mulig å ettermontere rensutstyr på tunge kjøretøy slik at utslippene både av NO_x og PM₁₀ reduseres og kjøretøyet oppfyller en høyere Euroklasse enn det gjorde i utgangspunktet. I dag er rensutstyr for partikler best tilgjengelig, og partikkelfilter kan ettermonteres til en kostnad på om lag 80 000 kr. En lavutslippssone vil gi eiere av eldre kjøretøy insentiver til å ettermontere rensutstyr i de tilfellene dette er mindre kostbart enn å skifte ut kjøretøyet.
- Når det gjelder *lette* kjøretøy har de vært underlagt strenge avgasskrav siden 1989, og denne gruppen kjøretøy er i utgangspunktet ”renere” enn gruppen *tunge* kjøretøy. Man oppnår derfor ikke like store forbedringer ved å framskynde utskiftingstakten. Det viktigste argumentet mot å stille særskilte utslippskrav til lette kjøretøy i en lavutslippssone, er likevel at rensutstyr for ettermontering er lite tilgjengelig.
- En lavutslippssone med særskilte restriksjoner på tunge kjøretøy kan være et kostnadseffektivt tiltak for å nå fastlagte mål om lokal luftkvalitet. Ordningen kan også være samfunnsøkonomisk lønnsom. Lønnsomheten avhenger av en rekke usikre faktorer. Når det gjelder nytten av ordningen, avhenger den bl.a. av hvor store utslippsreduksjoner restriksjonene vil føre til, hvordan reduksjonene påvirker helse- og miljøskadene, og verdien av disse skadene. Kostnadssiden avhenger av hvor mange kjøretøy som skiftes ut eller ettermonterer rensutstyr og kostnadene ved dette, samt kostnadene ved å innføre, administrere og kontrollere ordningen. Arbeidsgruppa har utarbeidet regneeksempler som ikke gir klare konklusjoner med hensyn til samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Det er særlig hvordan man velger å verdsette gevinstene ved at tiltaket gir færre helseskader som påvirker konklusjonen.

Arbeidsgruppas forslag til utforming av ordningen:

Restriksjonene i en lavutslippssone bør etter gruppas vurdering relateres til Eurokravene. Kjøretøy som i utgangspunktet ikke oppfyller kravet vil kunne oppgraderes – f.eks. ved ettermontering av partikkelfilter – slik at kravet oppfylles. Eurokravet kan implementeres enten gjennom et forbud – hvor kjøretøy som ikke oppfyller kravet nektes adgang til sonen, eller gjennom en avgift – hvor kjøretøy som ikke oppfyller kravet belastes en avgift for å kunne trafikkere sonen. Samlet sett vurderer gruppa en avgiftsløsning som mest hensiktsmessig. En forbudsløsning vil være problematisk å etablere uten omfattende unntak, både for utvalgte kjøretøy – f. eks. utenlandske, og for deler av vegnettet – f. eks gjennomfartsårene.

En avgiftsløsning vil begrense behovet for unntak. Med en avgiftsløsning er det aktørene selv som beslutter om de vil etterkomme kravet eller betale avgiften, ut fra kunnskap om kostnadene ved de ulike alternativene. En riktig fastlagt avgift vil synliggjøre kostnadene de avgiftsbelagte kjøretøyene påfører miljøet i sonen, og gi et riktig insentiv til å bytte kjøretøy eller ettermontere renseteknologi. En avgiftsløsning vil ha svært mye til felles med dagens ordning med piggdekkavgift. For at de mest forurensende kjøretøyene skal gis de sterkeste insentivene til å etterkomme kravet, anbefaler arbeidsgruppa at avgiften differensieres etter kjøretøyets miljøegenskaper (Euroklasser). Avgiftsnivået bør stå i forhold til miljøkostnadene forbundet med å trafikkere sonen.

Det er etter arbeidsgruppas oppfatning riktig at ansvaret for innføring og gjennomføring av ordningen med en lavutslippssone legges til kommunene. Arbeidsgruppas medlemmer Kirkeby og Rosland mener at også Samferdselsdepartementet i gitte tilfeller bør ha mulighet for å pålegge den enkelte kommune å etablere en lavutslippssone.

Inntektene fra avgiften bør tilfalle kommunene. Kommunegrensen (for en eller flere kommuner) kan være en hensiktsmessig sonegrense. Ordningen skal i utgangspunktet kunne etableres i byområder hvor nasjonale miljømål - og dermed også grenseverdiene i forskrift om lokal luftkvalitet - overskrides, eller står i fare for å overskrides uten nye tiltak. I områder hvor grenseverdiene står i fare for å overskrides vil hensiktsmessigheten av å etablere en lavutslippssone bli vurdert i forbindelse med

tiltaksutredningen. Tilsvarende vurderinger av kostnader og effekter bør også gjennomføres dersom lavutslippssonen ønskes innført for å nå nasjonale luftkvalitetsmål. Lavutslippssonen bør bl. a. vurderes opp mot andre tiltak for å bedre luftkvaliteten, f.eks. piggdekkavgiften eller regulering av vedfyring. Trafikale hensyn som for eksempel trafiksikkerhet, framkommelighet, skilting, håndhevelse m.m. tilsier at utformingen av en lavutslippssone bør godkjennes av veimyndighetene. En slik godkjenningsordning er det også for ordningen med piggdekkavgift.

Flere problemstillinger må utredes nærmere før ordningen med lavutslippssoner kan etableres. Bl.a. må det arbeides videre med å fastlegge avgiftsnivå og avgiftssystem, og størrelsen på tilleggsgebyret dersom kravet ikke overholdes. Hensiktsmessige, praktiske ordninger for dokumentasjon av at kravet er etterkommet eller avgiften er betalt, samt for innkreving og kontroll, må utredes. Krav til dokumentasjon og godkjenningsopplegg av kommunale initiativ om å etablere lavutslippssoner må utredes og spesifiseres. Når det gjelder den konkrete utformingen av ordningen med lavutslippssoner, bør det tilstrebes å lage systemer og regler som på den ene siden ivaretar behovet for lokale tilpasninger, og på den andre siden ivaretar behovet for en rimelig enhetlig utforming over hele landet.

Statens arbeidsmiljøinstitutt

Søstrand, P. (1990): *Dieseleksos – Sammensetning. Mulige eksponeringsindikatorer for kreftfare.* HD 1011/90. Statens arbeidsmiljøinstitutt.

Sammensetningen av dieseleksos varierer betydelig og avhenger av en rekke faktorer. Eksempler og vurderinger omkring variasjonene er gjort ut fra litteraturstudier. Kreftfaren fra dieseleksos er trolig sterkest relatert til den moderat polare fraksjonen av organiske forbindelser i dieseleksospartikler. Mulighetene for å finne en enkelt målbar størrelse som kan brukes som en indikator på kreftfaren er vurdert.

Skaug, V. (2003): *Exposure to particles and lung disease.* Nr 2003:17. Occupational exposure limits – approaches and criteria Proceedings from a niva course held in Uppsala, Sweden, 24–28 September 2001. Department of toxicology, National Institute of Occupational Health, Oslo.

Particulate substances in the air at the workplace may be present as dust (fine particles of dry matter), mist (liquid droplets in gases) or as components of fumes (very fine dusts in gases, particularly air as a result of a chemical or thermal processes). If inhaled by the workers they may cause physiological, biochemical or histopathological abnormalities in the respiratory system. Other organ systems such as the cardiovascular system may also be affected if the particles or their components are translocated to sensitive receptor sites at other locations. There is growing interest for effects on the cardiovascular system from inhaled dust particles (11, 24). The purpose of this paper is to discuss some aspects of particle induced respiratory diseases in relation to risk assessment and occupational exposure limits.

Statens vegvesen

Statens vegvesen Veglaboratoriet (1975): Måling av asbestimmisjon fra asfaltdekker.

Tilsetning av små mengder asbest (1-3 %) i asfaltmasser har vist seg å gi en del positive virkninger. Blant annet oppnås større stabilitet i massene, noe som igjen kan medføre bruk av større mengder bindemiddel og dermed gi mer slitesterke belegninger. Ved bruk av myke bindemidler kan asbesttilsetningen øke viskositeten så vidt mye at belegningene får tilfredsstillende stabilitet samtidig som bindemiddelets lavtemperateregenskaper bibeholdes.

I Norge har en tidligere ikke benyttet asbest som tilslagsmateriale ved asfaltproduksjon, men i 1974 ble det lagt en del forsøksstrekninger. I Stavanger ble det lagt noen veger med asbest, og dette fikk en forholdsvis bred presseomtale, spesielt ble asbestens helsefarlighet og kreftfremkallende virkning sterkt fremhevet. Helsedirektoratet fremhevet bl.a. at asbest ikke burde tillates brukt i asfaltdekker før en hadde målt de asbestkonsentrasjoner som kunne fåes gjennom slitasje og lignende fra asfaltdekkene. Veglaboratoriet ønsket derfor å foreta målinger av asbeststøv. Resultatene indikerer at immisjonen av asbest fra asfaltdekker er ubetydelig og ikke målbar da asbestmengden fra referansestrekningen ble funnet like stor. Denne bakgrunnsimmisjonen kan kanskje komme fra bilenes bremsebånd/klosser.

Statens vegvesen (1988): *Støv fra asfaltveger. Vurdering av helsefare.* Intern rapport nr. 1371. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Veglaboratoriet.

Rapporten består av to delrapporter der den første inneholder resultater av støvmålingene foretatt ved Store Ringveg i Oslo 1985.

Den andre delrapporten er en vurdering av helserisikoen som kan være knyttet til luftbåret asfaltstøv, på grunnlag av førstnevnte rapport og annen kunnskap om forurensningskomponentene i vegstøvet.

Det ble foretatt målinger av inhalerbart og respirabelt støv. Støvprøvene ble tatt under definerte betingelser (vått eller tørt vegdekke) for å skille mellom partikler fra oppvirvlet vegstøv og fra direkte eksosutslipp.

Støvmengder, partikkelstørrelsesfordeling, innhold av bly, kvarts og PAH ble målt. Støvets utagenitet (Ames test) og SHE-celletransformerende evne ble også målt.

Det var ikke mulig å kvantifisere bidraget av helseskadelige komponenter som skyldes piggdekkslitasje alene i denne undersøkelsen.

Det synes som om partikkelkonsentrasjonen i oppvirvlet støv bør tillegges en viss helsemessig betydning, spesielt med tanke på innhold av kvarts.

For forbindelser som bly, PAH og andre mutagene/celletransformerende stoffer gir eksospartikler det dominerende bidraget.

Siden de høye støvkonsentrasjonene er svært begrenset i tid, representerer trolig ikke asfaltstøvet noen helserisiko av betydning.

Statens vegvesen (1988): *Støv fra asfaltveger. Vurdering av helsefare. Sammendragsrapport.* Intern rapport nr. 1372. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Veglaboratoriet.

Rapporten er et sammendrag av hovedrapporten med samme tittel (Intern rapport nr 1371).

I den første delen gis resultater fra støvmålingene foretatt 1985 ved Store Ringvei, og i den andre delen gis en vurdering av helserisikoen som kan være knyttet til luftbåret asfaltstøv.

Denne rapporten gjengir en del figurer, tabeller, resultatoversikter og konklusjoner fra hovedrapporten.

Steffensen, A. (1990): *Sporslitasje på asfalt og betong*. Intern rapport nr. 1449. Veglaboratoriet. Vegdirektoratet.

For å kunne sammenligne evnen til å motstå piggdekkslitasje hos ulike typer og utførelser av asfaltdekker med betongdekker, ble elementer skåret ut fra eksisterende vegparseller og kjørt i "Vegsliter'n", hvor spordannelsen skjer uten deformasjoner.

For vanlige typer asfalt ble målt SPS-verdier på 20-25, og på en spesiell støpeasfalt 12,7, mens referansebetongen hadde SPS=9,0. To prøver tatt fra E18 i Vestfold fikk SPS=20, mens spordannelsen på samme asfalt målt ute i felten tilsvarte SPS=51.

Piggdekkslitasjen var følgelig på vanlige asfalttyper 2,2-2,8 ganger så høy som på en alminnelig god betong, eksklusiv plastisk deformasjon. På støpeasfalt (her på Drammensbrua) var slitasjen 1,4 ganger så høy som på betongen.

Sammenlignet med feltmålinger tilsier forsøkene at den plastiske deformasjonen på asfalt utgjør over 60 % av den totale spordannelsen.

Jørgensen, T. (1992): *Vurdering av helsefare ved asfaltstøv*. Publikasjon nr. 64. Veglaboratoriet, Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Hver vinter produseres store mengder asfaltstøv som følge av piggdekkenes slitasje av vegdekket. Vegstøvet fører til nedsmussing av omgivelsene ved sterkt trafikkerte

veger. Om slitasjestøvet medfører noen helsefare, har vært lite undersøkt. Hensikten med dette prosjektet har vært å få en bedre karakterisering av luftbåret vegstøv, samt å foreta en vurdering av helserisikoen ved eksponering for slitasjestøvet. Dette for å gi et bedre grunnlag for å vurdere tiltak mot piggdekkbrukens miljølemper.

I 1984 ble NILU engasjert for å koordinere forskningsprosjektet der følgende institutter også har medvirket:

- Senter for industriforskning, Oslo
- Institutt for miljø- og yrkesbetinget kreft ved Radiumhospitalet, Oslo
- Toksikologisk avdeling ved Statens institutt for folkehelse, Oslo
- Institutet för Vatten og Luftvårdsforskning, Göteborg

Artikkelen er bygd på hovedrapporten, som i sin første del inneholder resultater fra støvmålingene (kjemisk karakterisering, mutagenitetstesting m.m.). I andre del gis en vurdering av helserisikoen som kan være knyttet til luftbåret støv.

Statens vegvesen (1993): *Konsekvensanalyse av alternative miljøkvalitetsnormer for lokal luftforurensning og støy. Veg og trafikk.*
Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Stortinget har besluttet at Forurensningsloven skal gjøres gjeldende for Samferdselssektoren. Det skal utarbeides forskrifter med hjemmel i forurensningsloven. Forskriftene skal inneholde miljøkvalitetsnormer for lokal støy og luftforurensning. Som en del av beslutningsgrunnlaget for å fastsette disse normene, har Asplan Østlandet i samarbeid med Vegdirektoratet utarbeidet foreliggende utredning som inneholder:

- en overordnet oversikt over vegtrafikkens bidrag til lokale støy- og luftforurensningsproblemer
- en overordnet vurdering av tiltak og grove kostnader for å nå ulike grenseverdinivåer

Rønning, R. og Solheim, T. H. (1994): Regionale forbud og andre muligheter for restriksjoner på bruk av piggdekk. Erfaringer fra Sveits, og muligheter for lignende ordninger i Norge. Studieprosjekt. Statens vegvesen Akershus.

Utgangspunktet for prosjektet er å undersøke mulighetene for å legge restriksjoner på bruken av piggdekk. Bakgrunnen for å komme med slike restriksjoner er at de negative sidene av piggdekkbruken etter hvert har blitt åpenbare, både når det gjelder veislitasje, miljø og helse for folk som bor i tilknytning til tett trafikkerte ferdselsårer.

Som empirisk grunnlag for slike restriksjoner er bestemmelsene i Sveits undersøkt. Regelverket der bestemmer blant annet at piggdekk er forbudt på motorveiene og på kjøretøy med tillatt totalvekt på over 3,5 tonn. Disse reglene ble innført i 1975, og har fungert uten nevneverdige problemer. Reglene hadde som resultat at piggdekkandelen gikk ned fra 40-45 % før 1975 til rundt 10 % i 1994.

Restriksjoner på piggdekkbruk bør ideelt sett omfatte områder der de negative konsekvensene er verst, og frita øvrige områder. En bør ta vare på frivilligheten i valg av dekkutrustning, ved at de kjørende får alternativer dersom de velger pigger.

Et regelverk der bysentraene omfattes av piggdekkforbud, men der gjennomgangstrafikken kan avvikles på omkjørings-/ringveier synes mest gjennomførbart.

En bør kunne forvente en generell nedgang i piggdekkandelen på grunn av at mange ønsker å ha mulighet til, eller må, kjøre i områder med restriksjoner.

Takagi, H. og Horita, N. (1994): *Virkning av forbud mot piggdekk i Japan.* Statens vegvesen Sør-Trøndelag.

Japanske bilister har brukt piggdekk de siste 30 årene, som i Skandinavia. Japan har gjennomgått den samme diskusjonen om miljø og sikkerhet som vi har hatt her hjemme. Debatten i Japan har munnet ut i et forbud mot piggdekk i Sapporo-området fra vinteren 1991/92. Senere er forbudsområdet utvidet til å dekke stadig større deler av Hakkaido-regionen. Denne regionen har et vinterklima som svarer til det Skandinaviske.

Sett med mange norske øyne fortøner piggdekkforbudet i Japan seg som et gigantisk eksperiment der trafikksikkerheten ble ofret til fordel for miljøet.

De resultatene som her foreligger vil trolig føre til at den norske debatten beveger seg bort fra den kvalifiserte synsing og over til kunnskapsbasert diskusjon. Blant rapportens viktigste konklusjoner er:

- antallet personskader og dødsfall i trafikken synes ikke å ha vært påvirket av forbudet mot piggdekk
- antallet trafikkuhell med mindre materielle skader har økt, men viser nå en nedadgående tendens pga bedret vegvedlikehold
- luftkvaliteten i forbudsområdene er kraftig bedret
- vegslitasjen er kraftig redusert

Statens vegvesen (1995): *Rapport fra arbeidsgruppe for vurdering av ny renholdsmaskin.* Statens vegvesen Sør-Trøndelag og Trondheim kommune, Trondheim bydrift.

Fordeler/muligheter med kjøp av ny renholdsmaskin i 1995:

- Vi må uansett anskaffe ny feiemaskin et av de nærmeste år.
- Hyppig feiing med bruk av høytrykksspyling vil mye bedre synliggjøre reflekser, hvit- og gulmalte striper. Dette vil bedre trafikksikkerheten.
- Utstyret kan om ønskelig benyttes til feiing forut for asfaltering. Muligens kan bruk av en slik renholdsbil redusere bruken av klebemiddel ved asfaltering. Det er

også mulig at asfaltering kan foregå i regnvær når en slik maskin kjører foran og suger opp overflatevannet.

- Utstyret er interessant for andre, for eksempel luftfartsverket på Trondheim lufthavn, Værnes.
- Vi får være med på utviklingen av maskinen slik at den mest mulig blir tilpasset vårt bruk.
- Forholdene på Heimdal vegsentralligger allerede til rette for en slik renholdsbil. Det er montert et blandedanlegg for saltvannsløsning, samt nødvendig utstyr for rengjøring av bilen (vaskehall).
- Utstyret kan i hovedsak brukes mens trafikken går. Kun mens midtstripa skal rengjøres er det nødvendig å stenge tunnelen. Dette tar for eksempel ca ½ time i Grillstadttunnelen.
- Økt renhold vil muligens føre til besparelser på viftebruken.
- Det kan være muligheter for salg av tjenester til andre. En slik maskin bør etter vår mening fungere i hele regionen (Midt-Norge). Det er også viktig å være klar over at denne typen tjeneste så langt ikke kan kjøpes utenfor vegvesenet.
- Svevestøvet produseres så raskt at det minst må feies hver dag på samme sted dersom det skal være mulig å holde konsentrasjonen nede på et lavt nivå.
- Utenom piggdekkseasonen utgjør eksosutslipp fra tunge kjøretøyer såpass mye at det vil sees som et dislag i tunnelen. Dette er vanskelig (umulig) å få fjernet med feiing og spyling.
- Ca 1 million dyrere enn vanlig feiemaskin.
- Krever faste, engasjerte sjåfører i større grad enn vanlig utstyr. Det er viktig at det daglig avsettes tid til rengjøring av bilen.
- Pga. opphoping av trafikk bak renholdsbilen er det nødvendig å foreta rengjøringen om natta.
- Det er stor slitasje av dyser og større vedlikeholdskostnader enn normalt,

**Statens vegvesen (1995): *Virkinger av piggdekkbruk. Litteraturstudie.*
Asplan Viak A/S. Statens vegvesen Oslo.**

Byrådet i Oslo ønsker et forbud mot piggdekk av hensyn til støvplagen langs veinettet. I fagmiljøet råder imidlertid delte meninger om virkningene av et eventuelt piggforbud og det blir hevdet at ulykkestallet vil gå i været. Litteraturstudiet har som mål å gi en bred oversikt over dagens kunnskaper om piggdekkbruk og dets konsekvenser. Studiet tar utgangspunkt i databaser for litteratur innenfor transportområdet, supplert med referanser som er fanget opp underveis i arbeidet.

Krokeborg, J. og Eriksen, O. (1996): *Konsekvenser av endret vintervedlikehold og piggdekkbruk, helse og trivsel.* Intern rapport nr. 1894. Vegdekkekontoret, Veglaboratoriet. Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Foreliggende rapport er en del av Veg-grepsprosjektet og tilhører delprosjekt 5.4. Arbeidet er utført og rapportert av Ergoplan AS.

Rapporten omhandler miljøeffekter som følge av piggdekkbruk i Norge og miljøgevinster ved redusert piggdekkbruk. Det er fokusert på støv- og støyforurensningens påvirkning på menneskers helse og trivsel.

Partikkelforurensning langs veger skyldes hovedsakelig eksosutslipp og piggdekkslitasje. Ved tørre veger vinterstid er det målt i Oslo og Bergen at 75 % av PN10-støvet (inhalerbart støv) kan skyldes piggdekkslitasje.

Omtrent 1 million mennesker er i dag utsatt for vegtrafikkstøy over 55 dBA utendørs. Bruk av piggdekk kan innebære en støynivåøkning på 2-3 %.

I rapporten utredes miljøgevinster (forbedret helse og trivsel) som følge av redusert piggdekkbruk til fem ulike nivåer. Ved totalforbud av piggdekk i hele landet (95 %

reduksjon) er gevinsten beregnet til 1140 mill.kr/år, mens regionalt forbud i Oslo/Akershus vil gi miljøgevinst på 700 mill.kr/år. Redusert støvplage utgjør av dette rundt 99 % mens redusert støvplage bare utgjør rundt 1 % fordi redusert piggdekkbruk ikke gir noen kraftig reduksjon i vegtrafikkstøyen.

Helsekostnadene er beregnet med utgangspunkt i SSBs nye analyse av helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til befolkningseksponering for partikler, mens trivselskostnadene er beregnet med utgangspunkt i EDB-baserte beregningsverktøyene MIKO og VLUFT.

Krokeborg, J. og Jørgensen, T. (1996): *Veg-grepsprosjektet. Delprosjekt 5.3: Vegstøv – sammensetning og effekt på fysisk miljø. Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon.* Intern rapport nr. 1911. Vegdekkekontoret, Veglaboratoriet. Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Foreliggende rapport er en del av Veg-grepsprosjektet og tilhører delprosjekt 5.3. Rapporten er utarbeidet av NILU. Rapporten inneholder to deler, prosjektrapport og vedleggsrapport.

Prosjektrapporten gir en beskrivelse av prosjektet der hovedhensikten var å få et grunnlag for å kvantifisere piggdekkenes effekt på svevestøv PM10. Metodikken gikk ut på å måle støvkonsentrasjonene på to ulike steder langs en veg hvorav den ene strekningen ble rengjort med avansert vaskeutstyr. Av ukjente årsaker ble det målt forskjeller i svevekonsentrasjonen i luft på de to strekningene, men dette påvirker imidlertid ikke mulighetene for å trekke konklusjoner av forsøkene.

De viktigste konklusjonene kan sammenfattes slik:

- Når det er tørt, synes det til enhver tid å være en balanse mellom generert (avslitt) vegstøv og oppvirvlet/bortvirvlet vegstøv. Vegstøvet danner ikke noe depot på selve vegbanen.

- Rengjøring av vegbanen og skulderen med avansert vaskeutstyr fikk ikke reduksjoner i svevestøvkonsentrasjonen langs vegen. Man kan ikke ”vaske” seg ut av et PM10-problem relatert til piggdekk langs vegen.
- Rengjøring hadde også liten effekt på nedsmussingen langs vegen.
- Rengjøringen av skulderen ved piggdekk sesongens slutt vil redusere støvproblemet langs vegen om våren.

Statens vegvesen (1996): *Sentralt kurs om forurensning fra vegtrafikk. Scandic Hotell i Asker 25.-26. november 1996. Statens vegvesen Vegdirektoratet.*

Kurset er ment for saksbehandlere i Statens vegvesen som skal jobbe med støy og luftforurensning, på overordnet nivå eller innenfor planlegging, bygging og drift av veganlegg.

Statens vegvesen (1996): *Veg-grepsprosjektet. Samlerapport. Konklusjoner, forslag til ny veg-grepspolitikk og resultater. Intern rapport nr. 1994. Statens vegvesen Veglaboratoriet.*

Rapporten inneholder konklusjoner, forslag til ny veggrep politikk, resultater og ervervet kunnskap gjennom Veg-grepsprosjektet. Prosjektet har hatt som mandat å fremme forslag til ny politikk for å sikre godt veggrep ved endringer i piggdekkbruken. Det er utviklet en modell for beregning av samfunnsøkonomiske kostnader, og det er bl.a. med utgangspunkt i resultatene av disse at man fremmer forslag til ny veggrep politikk. Hovedkonklusjonene i prosjektet er følgende:

- Det er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt å redusere piggdekkbruken i landet generelt fra et nivå på ca 80 % (nivå pr 1995 som er utgangspunkt for beregningene).

- Det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å redusere piggdekkbruken i visse områder av landet, særlig knyttet opp mot de fire største byene (Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger) og omkringliggende områder.
- Usikkerheten i de samfunnsøkonomiske beregningene er i første rekke knyttet til helsekostnadene, men konklusjonene er robuste for usikkerheten i disse kostnadene.

På denne bakgrunn er det fastsatt mål om at 80 % av trafikkarbeidet i de fire største byene skal foregå på piggfrie dekk innen år 2002.

Veg-grepsprosjektet har bestått av mer enn 20 delprosjekter og fra de fleste delprosjektene foreligger det rapporter, se vedlegg 1.

Rapporten gjengir en del av den kunnskap som er ervervet gjennom prosjektet og inneholder noen sentrale resultater fra modellberegningene. For fullstendige beregninger henvises til Intern rapport nr 1990 og 1959.

Statens vegvesen (1996): *Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.1: Litteraturstudium. Litteraturstudie i forbindelse med veg-grepsprosjektet.* Intern rapport nr. 1896. Statens vegvesen Veglaboratoriet.

Foreliggende rapport er en del av Veggrepsprosjektet og tilhører delprosjekt 5.1. Arbeidet er utført og rapportert av Transportøkonomisk institutt (TØI).

Rapporten omhandler et begrenset litteraturstudium innenfor aktuell litteratur, det meste fra Norge, Sverige og Finland. Det er gjort forsøk i IRRD-basen og TØI-biblioteket. Formålet med litteraturstudiet har vært å identifisere aktuelle problemstillinger og påvise kunnskapsluker.

Rapporten er hovedsakelig delt i tre, hvorav de to siste delene er i form av vedlegg. Første del omfatter hovedinntrykk fra litteraturstudiet og er inndelt i fire kapitler; trafiksikkerhet, forurensning/miljø, framkommelighet og samfunnsøkonomiske

kostnader. Hvert kapittel gir en oversikt over konklusjoner som er trukket i den tilhørende litteratur. Det pekes i tillegg på områder som kan være gjenstand for videre FoU.

Andre hoveddel utgjør sammendrag av rapporter som er gjennomgått, til sammen 21 stykk.

I tredje hoveddel presenteres en liste over og sammendrag fra rapportene i det finske prosjektet "Road traffic in winter". Listen og sammendragene er på engelsk, men rapportene er på finsk.

På bakgrunn av dette begrensede litteraturstudiet kan problemområder som bør utredes nærmere identifiseres.

Statens vegvesen (1996): *Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.3: Vegstøv – sammensetning og effekt på fysisk miljø. Vegstøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud vinteren 1995/96.* Intern rapport nr. 1911. Statens vegvesen Veglaboratoriet.

Foreliggende rapport er en del av Veggrep-prosjektet og tilhører delprosjekt 5.3. Rapporten er utarbeidet av NILU, og inneholder to deler; projektrapport og vedleggsrapport.

Projektrapporten gir en beskrivelse av prosjektet der hovedhensikten var å få et grunnlag for å kvantifisere piggdekkens effekt på svevestøv PM10. Metoden gikk ut på å måle støvkonsentrasjonene på to ulike steder langs en veg hvorav den ene strekningen ble rengjort med avansert vaskeutstyr. Av ukjente årsaker ble det målt forskjeller i svevestøvkonsentrasjonen i luft på de to strekningene, men dette påvirker imidlertid ikke mulighetene for å trekke konklusjoner av forsøkene. De viktigste konklusjonene kan sammenfattes slik:

- Når det er tørt, synes det til enhver tid å være balanse mellom generert (avslitt) vegstøv og opp-/bortvirvlet vegstøv. Vegstøvet danner ikke noe depot på selve vegbanen.
- Rengjøring av vegbanen og skulderen med avansert vaskeutstyr fikk ikke reduksjoner i svevestøvkonsentrasjonen langs vegen. Man kan ikke ”vaske seg” ut av et PM10 problem relatert til piggdekk langs vegen.
- Rengjøringen hadde også liten effekt på nedsmussing langs vegen.
- Rengjøringen langs skulderen ved piggdekkseasonen slutt vil redusere støvproblemet langs vegen om våren.

Vedleggsrapporten inneholder data fra forsøkene.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Statens vegvesen, Oslo, og Torbjørn Jørgensen på Veglaboratoriet har vært prosjektleder for prosjektet.

Statens vegvesen (1996): *Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.7: Tunge bilers bidrag til vegdekkeslitasjen. Ringbaneforsøk: Sammenlignende forsøk stålpigg/miljøpigg ved varierende hastigheter.* Intern rapport nr. 1898. Statens vegvesen Veglaboratoriet.

Foreliggende rapport er en del av Veggrens-prosjektet og tilhører delprosjekt 5.7. Arbeidet er utført og rapportert av NORCEM A/S FoU-Avd.

Rapporten omhandler slitasjeforsøk med piggdekk på betongunderlag gjennomført i Veislitern ved NORCEM i 1995.

Forsøkene er gjennomført med 5 tonn aksellast (2,5 tonn på hvert hjul), 7 bar hjultrykk og C75 betong. Det ble foretatt tørr- og våtkjøring med hastigheter på 40 og 60 km/t med 5,8 g stålpigger og 2,5 g miljøpigger. Hver kombinasjon, til sammen 8, ble kjørt 3*10 000 omdreininger (våtkjøring med stålpigg, 60 km/t ble kjørt med 2* 20 000 omdr., men omregnet til 3*10 000).

Resultatene av slitasjeforsøket gjengis som SPS omregnet til Vestfoldklima (80 % tørt, 20 % vått). Ved 60 km/t vil man da oppnå en reduksjon i SPS fra 9,0 til 7,2 (20 % reduksjon) ved overgang fra stålpigg til miljøpigg. Ved 40 km/t finner man tilsvarende reduksjon i SPS fra 8,0 til 6,7 (ca 15 %).

Betydningen av vått eller tørt underlag illustreres ved SPS verdiene for stålpigg ved hastighet på 60 km/t som er 5,2 og 22,2 for henholdsvis 100 % tørr og 100 % våt vegbane. Uansett piggtipe vil SPS for våt vegbane være 3-5 ganger større enn for tørr vegbane.

Statens vegvesen (1996): *Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.15: Samfunnsøkonomiske konsekvenser. Dokumentasjon av beregningsmodell.* Intern rapport nr. 1918. Statens vegvesen Veglaboratoriet.

Denne rapporten består av en samling notater utarbeidet av ViaNova A/S, TØI, Sintef – Institutt for samferdselsteknikk og Trafitec A/S. Notatene utgjør en dokumentasjon av Veggreps-prosjektets delprosjekt 5.15.

I Veggreps-prosjektet er det utviklet en modell for beregning av endringer i samfunnsøkonomiske kostnader som følge av endringer i piggdekkbruk, saltpolitikk og fartsgrenser om vinteren. Beregningene er gjennomført som delprosjekt 5.16, og resultatene av beregningene er ikke tatt med i denne rapporten. Rapporten gir bakgrunn for de enkelte delmodeller i beregningsmodellen, samt en beskrivelse av regnearket i Excel som er det verktøy som er brukt for å lage modellen.

Rapporten omhandler ved siden av selve regnearket og bakgrunn for modellen følgende delmodeller for beregning av endringer i: vegkostnader, tidskostnader, vintervedlikeholdskostnader, kjørekostnader, ulykkeskostnader, og sommervedlikeholdskostnader som framkommer som følge av politikken om vinteren.

I beregningsmodellen er ikke miljøkostnader lagt inn som egen delmodell. Dette har bakgrunn i at miljøkostnader definert som helse- og trivselskostnader, støykostnader samt miljøkostnader knyttet til bruk av salt, ikke på samme måte som de andre kostnadene knytter seg til entydige veg- og trafikkparametre. Miljøkostnadene er avhengige av vegens omgivelser, bosetting og vegetasjon, og disse lar seg ikke knytte direkte til ÅDT, hastighet osv. Miljøkostnader er derfor beregnet separat, og det henviser her til internrapport 1894 og 1902. Resultater av beregninger fra modellen vil bli rapportert som en del av delprosjekt 5.16.

Nhat Trang thi Tran (1996): Oppsummering av måleresultatene svevestøv (PM10) og meteorologiske faktorer i Elgesetergata perioden november 1995-juni 1996. Statens vegvesen Sør-Trøndelag vegkontor.

Støvproblemet blir stadig viktigere og vekker økende oppmerksomhet i norske byer. En stor del av Trondheims befolkning er plaget av støvet. Denne rapporten gir resultatene av målinger av svevestøv (PM10) ved Elgeseter gate i Trondheim i perioden fra november 1995 til og med juni 1996.

Målingene har vist betydelige overskridelser av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier både for døgnmiddel- og halvårsmiddelverdi av PM10 ved Elgeseter gate. De høyeste konsentrasjonene av svevestøv ble målt i piggdekkseasonen i perioder med tørr veibane og kjørebane kant. De høyeste timeverdiene av PM10 var 461 ug/m³ i vårperioden og 583 ug/m³ i høstperioden. De høyeste døgnmiddelverdiene var 229 ug/m³ i vårperioden og 297 ug/m³ i høstperioden. I februar lå alle døgnmiddelverdier av svevestøv PM10 under SFTs anbefalte luftkvalitetskriteriet på 70 ug/m³. Det har snødd i nesten hele februar. Halvårsmiddelverdi fra november til april var ca 55 ug/m³ (37,5 %), som var høyere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriteriet på 40 ug/m³.

Det var høyere konsentrasjon av svevestøv i slutten av piggdekkseasonen (i mars og april), og dette skyldes at gatene da i stor grad har blitt bare etter vinteren og at piggdekkene var fremdeles i bruk. Piggdekkforbudet varer fra den 15. april og telling

av 500 biler viste at den 12. april var 72 % av bilene med piggdekk og den 17. april var fortsatt 15 % av bilene med piggdekk.

I mai og juni lå svevestøvverdier PM10 langt under SFTs grenseverdi og ingen dager er over døgnmiddelgrenseverdi på 70 ug/m³. Det kan konkluderes med at kilden til svevestøv PM10 er slitasje av vegdekket og oppvirvling av vegstøv etter piggdekkbruk.

Det vises ingen sammenheng mellom svevestøvkonsentrasjoner og vindhastigheter. Det er flere faktorer enn vindhastighet som må virke samtidig for å redusere svevestøvkonsentrasjoner, og svevestøvmengden vil variere mye med klima- og værforhold i området. Den eneste faktoren som har vist seg å gi en reduserende virkning på svevestøvkonsentrasjonen i byens sentrumsområder hvor problemene er størst, er nedbør.

Statens vegvesen (1996): Veg-grepsprosjektet. Delprosjekt 5.17: Omfang av saltskader. Sluttrapport. Intern rapport nr. 1902. Statens vegvesen Veglaboratoriet.

Foreliggende rapport er en del av Veg-grepsprosjektet og tilhører delprosjekt 5.17. Arbeidet er utført og rapportert av Norges Landbrukshøgskole, GEOfuture as og Forskningsparken i Ås AS.

Rapporten er en videreføring av rapporten ”Effekter av salt på jord, vann og vegetasjon”, og er et forsøk på å prissette ulike skader. Skader på vegetasjon fra vegsalt skyldes hovedsakelig sprut og avdrift av saltholdig vann fra vegbanen direkte på blader, nåler, greiner og stammer, eller planterøtters opptak av saltholdig jordvann. Kostnadene grunnet saltskader kan i hovedsak knyttes til tap av inntektsgivende skog, skader på vegetasjonsfasader langs vegen, skader på trær i byer og tettsteder og estetisk forringelse av miljøet.

Forebyggende tiltak for å unngå saltskader på vegetasjon ved kontroll av overvann vha. grøfter og overføringsledninger, vil være uforholdsmessig kostbart, slik at enklere tiltak bør vurderes. Forebyggende tiltak mot forurensning av grunnvannsforekomster beløper seg til ca. 1600 kr/løpemeteter pluss ca. 700-1000 kr/løpemeteter for bortledning av overvann til egnet resipient. Det antas at 45 store grunnvannsforekomster (eksklusive Nordland, Troms og Finnmark) potensielt berøres av vegsalting.

På utsatte lokaliteter kan salter av organiske syrer, for eksempel kalsium magnesium acetat (CMA) være et alternativ til NaCl. CMA forbruker imidlertid oksygen under nedbrytning, noe som kan gi uheldige konsekvenser både for planter og grunnvann.

Henjesand, G., Olsen, G. I. og Moksnes, Y. (1997): *Status for luftovervåkning i Statens vegvesen og diverse kommuner*. Transport og sikkerhetsavdelingen. Kontor for drift og trafikkteknikk. Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Svevestøv:

- Det ble på en del lokaliteter i Oslo (Kirkeveien, Tåsen, Gamlebyen, Veitvet, Mortensrud) målt PM10-verdier som lå rundt grensen for halvårsmiddelkonsentrasjonene (40 µg/m³). Det er målt overskridelser en rekke steder spesielt vinteren 1992/93. Halvårsmiddelkonsentrasjonene for PM_{2,5} ligger noe under den anbefalte grenseverdi på 30 µg/m³ over 6 måneder på de ulike lokalitetene.
- PM10-målinger som ble utført av Oslo kommune ved Kirkeveien lå noe over den anbefalte grenseverdi for 6 måneder.
- Også målinger foretatt av Statens vegvesen, Hordaland og Bergen kommune viste høye verdier for svevestøv. Månedsmidler for PM10 ligger i området 10-70 µg/m³. Målingene utført i 1995/96 i Nygårdsgaten hadde høyeste verdier. Det var også 8 dager hvor døgnmiddelet for PM10 var høyere enn 70 µg/m³. Dette klassifiseres som mindre eller ikke tilfredsstillende luftkvalitet.
- Fra Stavanger foreligger det ikke systematiske måleresultater enda. Det er imidlertid foretatt enkeltmålinger fra tre målestasjoner. I hovedsak viser målingene lave konsentrasjoner av svevestøv sett i forhold til SFTs norm. Unntak fra den

positive situasjonen er Løkkeveien på dagtid virkedager, der nivået ligger rundt 100 µg/m³, og i noen tilfeller morgenrushtiden på Godeset. Rennfastunnelen er bare målt over kortere tidsrom, men det ser ut til at PM10 utenom piggdekkseongen ligger over 300 og oppover til noen tusen µg/m³ avhengig av trafikkbelastningen.

- I Drammen er middelet over måneden av PM10 regnet ut i 1995/96. Det ligger i området 15-30 µg/m³. Verdier for 1 times maksimum belastning i tidsrommet ligger i området fra 50-200 µg/m³.
- I Hedmark (Hamar) ble de månedlige middelveiene for PM10 målt fra 25 til oppunder 180 µg/m³. For 49 % av døgnene i 1995/96 mot 23 % i 1994/95 ble det observert overskridelser. Den viktigste årsaken til dette var at gatene i Hamar sentrum, utenom Strandgaten, ble strødd med kalkstein denne vinteren. Strøing med kalkstein var også årsaken til fjorårets høye svevestøvkonsentrasjoner. Halvårsmiddelkonsentrasjonen for PM10 i perioden 15 november til 7 mai i 1996 var 96 µg/m³. Dette var om lag dobbelt så høyt som SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium.
- I Sør-Trøndelag viser målingene betydelig overskridelse av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier både for døgnmiddel- og halvårsmiddelverdier. De høyeste døgnmiddelverdiene var 229 µg/m³ i vårperioden og 297 µg/m³ i høstperioden. I februar lå alle døgnmidler av PM10 under SFTs anbefalte luftkvalitetskriterie på 70 µg/m³. Halvårsmiddelverdi fra november til april var på 40 µg/m³.

Moksnes, Y. (1997): *Status for luftovervåkning i Statens vegvesen og utvalgte kommuner. Rapport TTS-2. Transport og sikkerhetsavdelingen, Kontor for drift og trafikkteknikk. Statens vegvesen Vegdirektoratet.*

Rapporten inneholder resultater fra spørreundersøkelse om status for luftovervåkning i SVV Oslo, Hordaland, Rogaland, Buskerud, Hedmark, Sør-Trøndelag og Akershus. Kommunene som er med er Oslo, Bergen, Stavanger, Drammen og Bærum.

Statens vegvesen (1997): *Vegavrenning. Aktuell miljøforskning. MISA 97/08. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Miljø- og samfunnsavdelingen.*

Rapporten belyser en rekke problemstillinger innenfor fagfeltet vegavrenning relatert vannforurensning og jordforurensning, og lister opp en del uprioriterte forslag til forskningsprosjekter. Svært mange av disse har sammenheng med å skaffe seg kunnskap om problemomfang, skadevirkninger, effekter av tiltak osv. Kompetanseheving her vil kunne danne et viktig grunnlag for hvordan vi som vegplanleggere, vegbyggere og vegholdere skal håndtere temaet ved planlegging, utbygging og drift av veg.

Statens vegvesen (1997): *Renhold i tunneler. Prosjektrapport. 97-3615. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Driftsteknisk avdeling.*

I forbindelse med at de nye tunnelene som bygges i Norge ikke lenger har tak og vegger av råsprengt fjell, men har kledninger av forskjellige typer, har behovet for effektivt renhold vokst. De nye tunnelene som nå bygges er i tillegg ofte høytrafikkerte, noe som medfører til dels stor nedsmussing av tunnelens tak, vegger og installasjoner.

I takt med renholdsbehovet er det utviklet forskjellige typer vaskeutstyr spesielt beregnet på veggene, men utstyr for rengjøring av tak, installasjoner og øvrig utrustning i tunnelene er også tatt i bruk.

Ikke alt vaskeutstyr er like velegnet for alle typer kledninger, og de forskjellige typer kledninger som etter hvert finnes i tunnelene, er ikke like renholdsvennlig. Prosjektet renhold i tunneler har hatt som mål å kartlegge det vaskeutstyret som finnes, få en oversikt over kapasiteter, prinsipper og ressurser knyttet til bruk av utstyret. Videre var målet å vurdere de metoder som ble anvendt og hvilket vaskeresultat som ble oppnådd. Til slutt hadde man også som mål å kunne utarbeide en renhetsstandard for tunneler.

Statens vegvesen (1997): Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.4: Vegstøv – helseskader og -kostnader. Konsekvenser av endret vintervedlikehold og piggdekkbruk, helse og trivsel. Intern rapport nr. 1990. Statens vegvesen Veglaboratoriet.

Foreliggende rapport er en del av Veggrepsprosjektet og tilhører delprosjekt 5.4. Arbeidet er utført og rapportert av Ergoplan A/S. Rapporten inneholder to sammendrag. Det nye sammendraget presentert først i Ergoplans rapport er utarbeidet som et supplement til den opprinnelige rapporten med beregningseksempel 6 som et nytt alternativ. Dette alternativet er i tråd med Statens vegvesens målsetting om 20 % piggdekkbruk i de fire største byene innen år 2002.

Som en innledning til Ergoplans rapport finnes en kort vurdering av usikkerheter i fastsettelsen av helsekostnadene. Bakerst finnes et notat fra TØI som omhandler det samme.

Ergoplans rapport omhandler helse- og miljøeffekter som følge av piggdekkbruk i Norge og helse- og miljøgevinster ved reduksjon i piggdekkbruken. Det er fokusert på støv- og støyforurensningens påvirkning på menneskers helse og trivsel.

Partikkelforurensning langs veier skyldes hovedsakelig eksosutslipp og piggdekkslitasje. Ved tørre veier vinterstid er det i Oslo og Bergen gjennomført målinger som viser at inntil 75 % av PM10 forurensningen (inhalerbart støv) på visse dager kan skyldes piggdekkslitasje.

Omtrent 1 mill mennesker er i dag utsatt for vegtrafikkstøy over 55 dBA utendørs. Bruk av piggdekk kan innebære en støynivåøkning på 2-3 %.

I rapporten utredes miljøgevinster (forbedret helse og trivsel) som følge av redusert piggdekkbruk til 6 ulike nivåer. Ved totalforbud av piggdekk i hele landet (angitt som 5 % piggdekk i hele landet) er gevinsten beregnet til 1140 mill kr/år. En regional restriksjon i Oslo/Akershus vil gi en gevinst på 700 mill kr/år. Restriksjoner som

reduserer piggdekkbruken i de fire største byene i Norge til 20 % og gir en virkning i omkringliggende områder, gir en gevinst på 874 mill kr/år. Redusert støvplage utgjør av dette ca 99 %, mens redusert støyplage utgjør bare 1 %. Redusert piggdekkbruk gir liten reduksjon i vegtrafikkstøyen.

Helsekostnadene er beregnet med utgangspunkt i SSBs analyser av helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til befolkningseksponering for partikler, mens trivselskostnadene er beregnet med utgangspunkt i de edb-baserte beregningsverktøyene MIKO og VLUFT.

Statens vegvesen (1997): *Veggrep på vinterveg. Delprosjekt 5.16: Konsekvenser av utvalgte strategier. Beregningsresultater eksklusive miljøkostnader.* Intern rapport nr. 1959. Statens vegvesen Veglaboratoriet.

Følgende rapport er en del av Veg-grepsprosjektet og tilhører delprosjekt 5.16. Arbeidet er utført av ViaNova A/S, TØI, Sintef Samferdsel, og Tafitek A/S.

Rapporten gir beregningsresultater fra beregningsmodellen som er utviklet for å beregne endringer i samfunnsøkonomiske kostnader ved endringer i piggdekkbruk, endring av lengden av saltet vegnett og innføring av vinterfartsgrense. Beregningsmodellen tar ikke hensyn til miljøkostnader som er beregnet i en egen delmodell, og resultatene i foreliggende rapport er derfor eksklusive miljøkostnadene. Miljøkostnadene forbundet med helse og trivsel finnes i Intern rapport nr 1894, mens omtale av saltskader finnes i Intern rapport nr 1920. En samlet framstilling av resultatene vil bli publisert i en samler rapport i Veglaboratoriets interne rapportserie medio 1997.

Beregningen i rapporten gir effekten av å kombinere endringer i piggdekkbruk med endringer i lengden av saltet vegnett og vinterfartsgrense for alle tre vegnettene; riks-, fylkes- og kommunalvegnett, separat og samlet. I rapporten finnes resultater som

overensstemmer med Vegdirektoratets mål om 20 % piggdekkbruk i de fire største byene i Norge ved siden av resultater der Norge er behandlet som en enhet.

Rapporten inneholder også en følsomhetsanalyse med særlig vekt på vurdering av ulykkeskostnadene.

Rapporten inneholder ikke beskrivelse av selve beregningsmodellen. Denne er beskrevet i Intern rapport nr 1918.

Statens vegvesen (1998): *Vegprising. Hva, hvorfor og hvordan?* MISA 98/06. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Miljø- og samfunnsavdelingen.

Vegprising er et noe uklart begrep og er et stadig omdiskutert tema. Denne rapporten prøver å definere hva som ligger i begrepet, hvorfor vegprising bør gjennomføres, hvordan vegprising kan bli et effektivt virkemiddel, og teorigrunnlaget for vegprising presenteres. I rapporten benyttes et utvidet vegprisingsbegrep og vegprising presenteres som et mulig virkemiddel for å løse kø-, piggdekk samt klimagassproblemer.

Rapporten er utarbeidet av Are Lindegaard på oppdrag av Samfunnsplankontoret.

Statens vegvesen (1998): *Veggrep på vinterveg. Sluttrapport fra Veg-grepsprosjektet.* Publikasjon nr. 90. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.

Trafikksikkerhet og fremkommelighet er sentrale virksomhetsområder for vegmyndighetene. Studier av positive og negative virkninger av piggdekk, salt og andre virkemidler for å bedre sikkerhet og fremkommelighet, har vært høyt prioritert i Vegdirektoratet fra midten av 1960-årene. Resultater fra en rekke FoU-prosjekter viste bl.a. at piggdekk var effektive for veggrepet, men forårsaket stor slitasje på

vegdekkene. Bruk av salt viste seg også å være et effektivt tiltak under mange kjøreforhold, men hadde negative virkninger på miljø, kjøretøy og infrastruktur.

Fra annen halvdel av 1980-årene kom hensynet til miljøet mer og mer i fokus. Stadig bedre data om tiltakenes omfang og miljøkonsekvenser ble etterspurt. Dette førte til et behov for å analysere alternative tiltak og konsekvenser.

På denne bakgrunn ble Veg-grepsprosjektet etablert med hovedformål å utrede miljømessige, trafikksikkerhetsmessige og driftsmessige sider ved bruk av piggdekk og ulike driftstiltak i vintervedlikeholdet. I dette arbeidet har følgende forhold vært prioritert:

- Gi et oppdatert bilde av trafikken på det offentlige vegnettet
- Utarbeide ulykkesfrekvenser under ulike føreforhold
- Bruk og effekt av sand, salt og alternative strømidler, og disses virkning på miljø
- Bruk og effekt av piggdekk/piggfrie dekk, og konsekvenser for slitasje og miljø, analysere og vurdere helseeffekter av svevestøv
- Utvikle en føreforholdsmodell
- Beregne de samfunnsøkonomiske konsekvenser ved alternative tiltak

I veggrepsprosjektet har man gjennomgått de viktigste faktorene som forventes å innvirke på miljøet, trafikksikkerheten og fremkommeligheten. Man har beregnet de samfunnsøkonomiske konsekvensene av endringer i piggdekkbruk, saltbruk og skiltet hastighet.

Konsekvensanalysene viser at ulykkeskostnadene og helse- og miljøkostnadene dominerer de totale samfunnsøkonomiske konsekvenser ved endringer i piggdekkbruken. Ved å redusere piggdekkbruken i Norge til 20 % vil man totalt sett få en økning i de samfunnsøkonomiske kostnadene på ca. 350 mill kr per år. Beregningene viser imidlertid at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å redusere piggdekkbruken i visse deler av landet.

I beregningseksemplene finnes et alternativ kalt sone. I dette eksemplet har man foretatt en beregning som viser konsekvensene av redusert piggdekkbruk i visse områder i landet.

I sone-alternativet har man forutsatt en piggdekkbruk på 20 % i de fire største byene i Norge samt i Akershus fylke. I de omkringliggende områdene er piggdekkbruken redusert til henholdsvis 50 og 70 % avhengig av avstand fra byene og antatt reisemønster rundt byene.

Den samfunnsøkonomiske gevinsten framkommer i hovedsak fordi helsegevinsten er relativt sett størst ved å redusere piggdekkbruken i de sterkest trafikkerte byområdene, samtidig som dette gir den minste beregnede økningen i ulykkene.

En kombinasjon av redusert piggdekkbruk og redusert lengde av det saltede vegnettet fører til en betydelig økning i de samfunnsøkonomiske kostnadene, først og fremst økte ulykkeskostnader. En kombinasjon av redusert salting og redusert piggdekkbruk har positiv innvirkning på så vel kjørekostnadene som på miljøkostnadene. Å salte mer av vegnettet kan i liten grad kompensere for de negative konsekvenser som redusert piggdekkbruk har på ulykkeskostnadene.

Kombinasjonen av vinterfartsgrense og redusert piggdekkbruk har positiv innvirkning på både kjøre- og ulykkeskostnadene. Vinterfartsgrense har en negativ innvirkning på tidskostnadene, men økningen i tidskostnader er mindre enn reduksjonen i ulykkeskostnadene. Med vinterfartsgrense menes en generell reduksjon i tillatt hastighet i vinterhalvåret fra 80 til 70 km/t og fra 90 til 80 km/t på alle veger med to kjørefelt.

Stortinget har vedtatt et mål om 80 % piggfri kjøring i landets fire største byer innen år 2002. Med bakgrunn i dette vedtaket har en sett nærmere på hvordan de samfunnsøkonomiske kostnadene forventes å fordele seg mellom riksveger, fylkesveger og kommunale veger. Ca. 93 % av reduksjonen i dekkekostnadene er knyttet til riksvegnettet, mens bare ca. 3 % er knyttet til de kommunale vegene. Med de forutsetninger som ligger inne i konsekvensberegningene betyr det at redusert piggdekkbruk vil være til liten hjelp for anstrengte kommunebudsjetter.

Statens vegvesen (1998): *Vinterdrift i Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger i en situasjon med 80 % piggfrie vinterdekk. Anbefalt standard og kostnader.* Statens vegvesen Vegdirektoratet, Trafikkavdelingen.

Et omfattende utredningsarbeid er igangsatt for å vurdere forskjellige virkemidler for å oppnå redusert bruk av piggdekk. Et av virkemidlene som er foreslått er å øke standarden på vinterdriften. I denne rapporten er en vinterstandard som vil medvirke til at en oppnår en piggfri andel på 80 % i Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger beskrevet og kostnadsberegnet.

Statens vegvesen (1998): *Bedre byluft – delprosjekt Tiltak – 98. Nedsatt fart i Oslo og Bergen fra 1.12.98.* Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Delprosjekt Tiltak-98 har som mål for vinteren å iverksette akutttiltak i byene Oslo og Bergen på dager hvor prognosene viser at luftforurensningen vil komme til å overskride akuttiltaksgrensen for PM10 (svevestøv) som er satt til 150 ug/m³. Samferdselsdepartementet forutsetter at akutttiltak skal være mulig å iverksette allerede fra 1. desember 1998.

På grunn av svært korte tidsfrister var det viktig at man raskt kom til enighet om hvilke tiltak som var aktuelle for en mer inngående konsekvensvurdering. Prosessen førte fram til en anbefaling om å redusere hastigheten til 60 km/t på noen utvalgte innfartsveger i Oslo og Bergen denne våren.

Arbeidet i prosjektet har i hovedsak vært fokusert på Tiltak-98, og resultatet av arbeidet er sammenfattet i denne rapporten. Rapporten beskriver innledningsvis bakgrunnen for prosjektet og arbeidet som er gjort på dette området i kommunene Oslo og Bergen.

Hovedtyngden i rapporten er lagt på å beskrive tiltaket. Kort skissert skal Statens vegvesen i Oslo/Hordaland sette ned hastigheten til 60 km/t på noen utvalgte veger når prognosene viser at luftforurensningen for PM10 kommer til å overstige 150 ug/m³.

De berørte vegkontorene vil før sesongen fatte vedtak om at hastigheten skal settes ned på slike dager. Vedtaket følges av en instruksjon fra vegdirektøren hvor han instruerer vegsjefene om at de skal iverksette akutttiltaket og hvordan det skal gjøres i praksis når situasjonen oppstår.

Når prognoser viser at en akutttiltaksgrense vil bli overskredet vil en kommisjon verifisere prognosen. Deretter vil tiltaksansvarlig foreta beslutning om at tiltaket skal iverksettes og samtidig gi melding til de som har ansvar for den praktiske gjennomføringen, for informasjon både internt og mot publikum, til ansvarlig for håndheving og til de ulike ansvarlige for evaluering av tiltaket.

Redusert hastighet på hovedveger ned til 60 km/t der den er høyere er et like virksomt tiltak mhp reduksjon av luftforurensning (PM10) som å redusere kjøringen på alle veger med 17 % samme dag.

Det er foretatt en beregning som viser at reduksjon av hastigheter til 60 km/t ikke vil ha nevneverdig innflytelse på de aktuelle vegenes kapasitet.

Kostnader i forbindelse med gjennomføring av tiltaket er ca. 900 000,- per dag (Oslo) og 200 000,- kr (Bergen). Av dette er ca 70 % kostnader i forbindelse med håndheving av tiltaket. Kostnadene forbundet med investeringer er for Oslo anslått til ca 4,5 mill kr og i Bergen til 1,5 mill.

Lie, B. T. et al. (2000): *Vegtrafikken og Oslolufta. Prosjektoppgave i KJ 203 (Miljøkjemi) ved Universitetet i Oslo. Intern rapport nr. 2170. Overbygningkontoret. Vegteknisk avdeling. Statens vegvesen Vegdirektoratet.*

Rapporten gjengir en prosjektoppgave som ble utført i kurset Miljøkjemi I (KJ 203) ved Universitetet i Oslo våren 1999. Siden en av studentene er ansatt ved Vegteknisk avdeling og emnet passer til avdelingens arbeidsområde, ble det bestemt å utgi oppgaven som Intern rapport. Oppgaven ble delt i følgende fire deler: kilder, overvåkning av luftkvaliteten i Oslo, virkninger av luftforurensninger på helse, og tiltak.

Innledningsvis ser vi litt på forbrenningsprosessen og dannelse av forurensningsprodukter i bensin- og dieselmotorer. Det er sett på kilder til de enkelte avgassene både nitrogenoksider, flyktige organiske forbindelser, partikkelforurensning og PAH. Partikler kommer også fra slitasje av vegdekket.

Måleprogrammet som gjennomføres i Oslo i dag er studert. Det viser seg at forurenset luft er et vinterproblem. Pga inversjon av luftmassene, kan kald, tung luft bli liggende i "Oslogryta" i flere døgn i strekk og samle forurensninger. Det mest alvorlige problemet i Oslo nå ser ut til å være de høye konsentrasjonene av svevestøv. Benzen er gjenstand for gryende oppmerksomhet.

Det er sett på hvilke virkninger de enkelte luftforurensningskomponenter har på helsen og ulike mulige tiltak som kan settes i verk for å motvirke effektene som forurensningskomponentene skaper.

Hastighetsreduksjoner er innført som mulig akutttiltak i perioden 1. desember til 11. april hvis luften inneholder for mye svevestøv. Det nevnes også en del andre aktuelle tiltak og tiltak som allerede er satt i gang. Til slutt presenteres dagens situasjon med igangsatte tiltak for Oslolufta.

Konklusjonen er at luftkvaliteten i Oslo ikke er god nok, selv om bedring i nivået er rapportert. Av aktuelle tiltak nevnes internasjonalt samarbeid og styrking av kollektivtilbudet. Det mest effektive akutttiltak utpekes til å være delvis kjøreforbud, det såkalte Paris-tiltaket.

Statens vegvesen (2000): *Bedre byluft. Evaluering av akutttiltaket nedsatt hastighet. Statens vegvesen Oslo.*

Luftforurensningsnivåene i Oslo er i perioder til dels svært høye. Statens vegvesen Oslo har derfor igangsatt et prosjekt for å finne fram til tiltak som iverksettes for å bedre forholdene rent akutt. Spesielt er partikkelkonsentrasjonene høye i vinterhalvåret dels som følge av høy piggdekkandel på kjøretøyene og dels pga de klimatiske forholdene.

Selv om piggdekkandelen har blitt redusert, har det likevel vært en beredskap for iverksetting av strakstiltak for å redusere PM10. Tiltakene som har vært iverksatt når gjeldende tiltaksgrense overskrides har vært:

- nedsatt hastighet til 60 km/t på hovedvegnettet
- kjøreforbud for kommunale tjenestebiler

Målingene viser liten forskjell fra kontrolldagen til tiltaksdagen. Mer trafikk og dårligere spredningsforhold skulle tilsi at PM10 konsentrasjonen ville gitt høyere PM10 nivåer hvis ikke hastigheten var satt ned. Det betyr at fartsreduksjonen har gitt effekt, men vi kan ikke angi hvor mye. Under ellers like forhold vil lavere kjørehastighet gi mindre oppvirvlet støv, og derved mindre PM10. En stasjon og en episode vil likevel ikke gi nok grunnlag for å se effekten av hastighetsreduksjonen.

Målingene av kjørehastighet viste noe reduksjon på tiltaksdagen, men fortsatt var kjørehastigheten klart høyere enn 60 km/t. Ved en faktisk reduksjon til 60 km/t er det overveiende sannsynlig at tiltaket ville redusert forurensningen klart i forhold til dagen før.

Flere avisoppslag har hatt titler om at redusert fart til 60 km/t fører til økt forurensning i form av eksosutslipp. 60-70 km/t er den mest optimale hastighet for å avvikle stor trafikk. Eksosutslippet er relativt lavt i dette hastighetsintervallet. Ved køer i lav hastighet (mindre enn 30-40 km/t) øker eksosutslippet. Trafikktallene viser imidlertid at det ikke var mer kø ved lav hastighet. Eksosutslippet økte derfor ikke.

Det ble også gjennomført støymålinger for å teste andre virkninger. Lydnivået ble redusert med ca. 3 dBA.

I tillegg til nedsatt hastighet gjennomførte Oslo kommune kjøreforbud for kommunens biler på tiltaksdagen. Det var i alt 57 virksomheter som ble omfattet av vedtaket. Det er vanskelig å si noe om effekten av tiltaket, men erfaringen viser at vedtaket ble fulgt opp.

Vår konklusjon er at hastighetsreduserende tiltak gir positiv forurensningsgevinst, men hvor mye kan vi ikke trekke utfra en akutt tiltaksdag.

Snilsberg, B., Melby, K., Larsen, Ø. og Aksnes, J. (2003): *Miljøvennlige vegdekker; Forprosjekt.* Intern rapport nr. 2336. Vegdirektoratet, Veg- og trafikkfaglig senter, Trondheim. Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Rapporten inneholder et sammendrag av det arbeidet som er utført i forprosjektet for et mulig større prosjekt om ”miljøvennlige vegdekker”. I utlandet, og også i Norge, er det over flere år arbeidet med utvikling av støysvake vegdekker. Problemstillingen er imidlertid at vegdekker som er gunstige med hensyn til støy, gjerne har dårligere egenskaper med hensyn på miljø og sikkerhet. Pga. dårligere slitasjeegenskaper kan de, under norske forhold med bruk av piggdekk og kjetting, gi mer støvdannelse (og helseproblem). Enkelte støysvake dekker har også vist seg å ha redusert friksjon. Dessuten kan slike spesialdekker være vanskelig og kostbare å vedlikeholde. Ut fra denne komplekse problemstillingen er følgende arbeid utført i forprosjektet:

- a) Måling av støy på noen utvalgte vegdekker for å skaffe mer kunnskap om måleteknikk og støynivå (se vedlagt rapport fra SINTEF)

- b) En liten vurdering av sammenhengen mellom støy, støv, helse, trafiksikkerhet og vedlikehold av vegdekker i tilknytning til norske forhold
- c) Litteraturstudium på støysvake dekker. Disse kan deles inn i følgende to typer: porøse dekker og tynndekker, hvorav porøse dekker synes å ha det største potensialet.
- d) Litteraturstudium på støv generert fra vegtrafikk. Her kommer det klart fram at vi har relativt mer mineralsk støv enn andre land. Det er forsket lite på mineralsk støv i forhold til forbrenningsstøv.
- e) Det er utarbeidet et forslag til prosjektplan for et større, flerårig prosjekt om miljøvennlige vegdekker
- f) Dr. ing. studium om støv er i ferd med å bli startet.

For å komme videre med utvikling av ”miljøvennlige vegdekker” kreves at det gjennomføres et større, flerårig forskningsprosjekt som inkluderer både laboratorieundersøkelser, støymålinger, litteraturstudier, deltagelse i andre lands forskningsprosjekt og praktiske forsøk i Norge. Gjennomføringen av et slikt prosjekt vil gi betydelig høyere kompetanse innenfor støy-, støv-, helse- og sikkerhetsaspekt for forskjellige norske vegdekker, og det vil gi mulighet for å skape en strategi for bruk av ”miljøvennlige vegdekker” i Norge. (Et resultat kan også bli at det ikke er mulig innenfor samfunnsøkonomiske rammer å oppnå noen vesentlig forbedring av støynivået fra vegdekker uten at det iverksettes andre regulerende tiltak om piggedekkkbruk, pigdtype, fartsnivå osv.)

Statens vegvesen (2005): *Vinterfriksjonsprosjektet – forsøk med befuktning med magnesiumkloridløsning i Oslo. Sesongene 2001/2002 – 2004/2005. Sluttrapport. Rapport nr. 2414. Teknologidivisjonen. Statens vegvesen Vegdirektoratet.*

Rapporten er utarbeidet av Sintef Teknologi og samfunn, Transportsikkerhet og – informatikk ved Torgeir Vaa.

Målsettingen med prosjektet på magnesiumklorid ($MgCl_2$) har vært både å se hvilke muligheter befuktning av tørt salt med $MgCl_2$ -løsning gir for å operere ved lavere temperaturer, samt å se på varigheten av tiltak, opptørkingstid og saltforbruket sammenlignet med befuktning med $NaCl$ -løsning. En av hensiktene med prosjektet har også vært å se om ulike metoder gir forskjellig virkning når det gjelder friksjon og friksjonsutvikling på forskjellige føretyper. Vegnettet innenfor Ring 3 ble valgt som studieområde. Prosjektet er gjennomført som et 4-årig prosjekt. Det ble startet opp sesongen 2001/2002, og gikk ut sesongen 2004/2005.

Konklusjonen er at når det tas hensyn til ytre faktorer på det undersøkte vegnettet i Oslo, blir den reelle effekten av å benytte befuktning med $MgCl_2$ -løsning i stedet for $NaCl$ -løsning en reduksjon i saltforbruket på mellom 20 – 25 prosent ved bruk av førstnevnte saltmetode. En kan ut fra foreliggende materiale ikke slutte at overgang til $MgCl_2$ fører til en reduksjon i antall saltdøgn og antall tiltak. På den annen side kan det konkluderes med at overgang til bruk av $MgCl_2$ ikke har medført økt tiltaksomfang på forsøksvegnettet i Oslo.

Resultatene av en miljøundersøkelse tyder på at de to befukningsmetodene har tilnærmet like egenskaper på miljøet gitt samme mengdeforbruk. Det ligger imidlertid en miljøgevinst i den påviste reduksjonen i saltforbruket. I tillegg har studien vist at dette ikke har gitt redusert friksjon på veiene i Oslo. I bestemte situasjoner (temperaturer under $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$) er det faktisk påvist en friksjonsforbedring. Ut ifra et miljøperspektiv vil det derfor være gunstig å gå over fra befuktning med $NaCl$ til befuktning med $MgCl_2$. Hvis en bare tar hensyn til rene driftskostnader og ikke regner inn nyttekomponentene (miljø, friksjonsforbedring) blir befuktning med $MgCl_2$ 4 prosent dyrere.

Transportøkonomisk institutt (TØI)

Fosser, S. og Sætermo, I. A. (1995): *Vinterdekk med eller uten pigger – betydning for trafikksikkerheten*. TØI rapport 3105/1995. TØI.

Det er sendt spørreskjema til eiere av ca 20 000 tilfeldig valgte forsikrede biler og ca 17 000 som hadde rapportert kollisjonsskade vinteren 1994/95. Alle var biler forsikret i Gjensidige.

Undersøkelsen er gjennomført som en case control-studie hvor vi det er forsøkt å kontrollere for alle faktorer som har sammenheng med valg av type vinterdekk og uhellsrisiko.

Resultatene viser at vinteren sett under ett var det ingen signifikant forskjell i sannsynligheten for å bli involvert i uhell mellom de som bruker piggdekk og de som bruker piggfrie dekk.

Amundsen, A. H. (2002): *Lavere vinterfartsgrense i Oslo. Betydningen for utslipp, støy, trafikkavvikling og trafikksikkerhet*. TØI rapport 560/2002. TØI.

Denne rapporten dokumenterer et litteraturstudium som har sett på mulige konsekvenser av nedsatt fartsgrense vinterstid på innfartsveger i byområder. Mulige virkninger av tiltaket for luftforurensning, støy, trafikksikkerhet, trafikkavvikling og holdninger i befolkningen er vurdert. Fokus ligger på luftforurensning og rapporten inneholder også en forenklet beregning av hvilke konsekvenser nedsatt hastighet vil kunne ha på avgassutslipp og oppvirvling av partikler fra trafikken på Oslos innfartsveger. Her er et målepunkt på RV4 ved Ammerud brukt som referanse.

Bakgrunnen for studien er diskusjonen om hvorvidt en bør innføre en permanent reduksjon i fartsgrensen fra 80 til 60 km/t på innfartsveger til Oslo vinterstid med sikte på å redusere oppvirvlingen av vegstøvparkler. Partikkelnivået i Oslolufta er tidvis så høyt at lovpålagte krav som vil bli gjort gjeldende fra 2005 overskrides. Undersøkelser antyder at rundt 600 personer i Oslo får redusert sin levetid på grunn av PM10. Mange flere er plaget av allergier og andre luftveisproblemer som følge av forurensningen.

Klæboe, R. (2003): *Samspill trafikk, miljø og velferd*. TØI rapport 645/2003. TØI.

I 1998 ble det opprettet et strategisk tverr institusjonelt instituttprogram (SIP) "Samspill mellom trafikk, miljø, helse og velferd" under Norges Forskningsråd. Bak initiativet sto Statens vegvesen, Samferdselsdepartementet og Miljøverndepartementet og de bidro med i alt 5,5 mill kr til forskningsprogrammet.

SIP'en skulle blant annet undersøke hvorfor folk ikke reagerte som forventet på miljøendringer. Dose-responsammenhenger var f.eks ulike før og etter vesentlige trafikkreduksjoner. En mulig hypotese var at bedring av flere miljø problem på en gang, kunne spille sammen og gi en synergi- eller "område"-effekt. Siden miljø problemer både i forskning og praksis vanlig vis behandles hver for seg, og uten å ta hensyn til belastningssituasjon eller samspill, krevdes en alternativ forskningsmessig tilnærming til miljøeksponering og miljøplager. SIP'ens formål var derfor å analysere trafikens samlede miljøvirkninger og å utarbeide ulike virkningskurver tilpasset ulike belastningssituasjoner.

SIP'en ble avsluttet i 2002. En rekke artikler, konferansebidrag og rapporter har presentert resultater for forskermiljøer, og bidratt til kvalitetssikringen av resultatene. Denne rapporten tar sikte på å gjøre resultatene tilgjengelige for flere.

Bymiljødatabase opprettet

SIP'en har etablert en bymiljødatabase som omfatter 19 000 respondenter fra 17 miljøundersøkelser med 50 delområder. For 8 000 personer fins gode opplysninger om

de belastninger de er utsatt for. Eksponeringsdataene i databasen har stor spredning i verdier, og byr på gode muligheter for analyse av kom p l i ser te samspills forhold, samt betydning av byområde, tidsperiode mv. Nye undersøkelser bør utformes slik at dataene kan legges inn i basen. På denne måte kan en sikre at lokale undersøkelser både trekker nytte av basen og inngår som del av et nasjonalt referansegrunnlag.

Standardisering av spørsmål

Sammenlikning av resultater mellom undersøkelser forutsetter standardisering av målemetoder og spørsmålsstillinger. SIP'en har utviklet standarder for spørsmål som bør brukes i nye miljøundersøkelser og skissert hvordan plagespørsmål med ulike antall svarkategorier kan harmoniseres. SIP'en har bidratt til en ny standard for måling av reaksjoner på vibrasjoner, NTACOU 106, og til utarbeiding av en ny ISO-teknisk spesifisering ISO/TS 15666:2003, for spørsmål om støyplager.

Miljøbelastning og helse

Oppmerksomheten rundt trafikk og helse er rettet mot død, sykdom og skade. Men helse omfatter også fysisk, psykisk og sosialt velvære. SIP'en dreier seg således om folks opplevelse og plager av ulike trafikkmiljøulemper, og om trafikkenes betydning for trivsel og daglige aktiviteter. En teori om bystress skisseres. At ulike miljø stress faktorer kan bidra til en samlet stressbelastning betyr at mistrivsel kan medvirke til direkte helse effekter.

For subjektive helsesyntomer, spiller personlige kjennetegn som alder, kjønn, røyke atferd, kroniske sykdommer en dominerende rolle. I SIP'ens analyser av folks plager av miljøulemper, er det kontrollert for slike forhold. Hovedkonklusjonen hva gjelder folks miljøplager er at miljøbelastningen er den klart viktigste for klaringsfaktoren. Selvrappert sensitivitet spiller imidlertid også en stor rolle.

Analysene viser samspill

Trafikken medfører en rekke ulemper. Støy og luft forurensning oppleves som de mest plagsomme. SIP'ens analyser av samspill tar utgangspunkt i disse ulempene. I analysene kontrolleres det for individ og situasjonsbetingete faktorer som kan påvirke samspillet.

Viktige konklusjoner er at:

- Folks grad av sensitivitet har betydning for plage graden, men er ikke hovedforklaringen til samspillseffekter. Effekter er også til stede når en analyserer personer som ikke er sensitive.
- Det er ikke støy alene som forklarer folks støyplager, og forurensning alene forklarer ikke plager av støv/skitt og eksosluft.
- Når folk utsettes for flere belastninger blir de mer plaget av hver enkelt belastning enn hvis de bare er utsatt for en type belastning.
- Situasjonen i hele nabolaget spiller inn, og ikke bare belastningen rett ved bolig. Ved omfattede trafikkreduksjoner i et område, vil folk få et nabolag med bedre miljø

Når en ikke tar hensyn til støybelastningen i nabolaget, men bare ved boligen, vil miljø problemene lett undervurderes. Boliger godt skjermet fra en hovedveg har tilsynelatende en lav støybelastning. Men beboerne her kan like vel være henvist til å bruke hovedvegen når de handler, besøker venner, leker eller tar en gang- eller sykkel tur. Resultatene i SIP'en tyder på at denne belastningen også har betydning for plager ved og i boligen.

Ulike virkningskurver trengs

Virkningskurver (dose- respons kurver) er viktige redskaper for myndighetene. De angir hvor sterkt folk reagerer ved ulike mengder støy, vibrasjoner og luftforurensning. De kan sammen med en miljø kartlegging brukes til å definere problemområder og områder som trenger ulike typer tiltak og tiltakspakker.

Rapporten presenterer nasjonale virkningskurver, som kan benyttes av veg- og miljømyndighetene. SIP'ens resultater betyr imidlertid at man i praktisk planlegging og miljøforbedrings arbeid bør bruke ulike virkningskurver avhengig av belastningssituasjon. I flerbelastete områder vil tiltak som kun virker på enkeltproblemer være langt mindre effektive enn det de udiffereensierte virkningskurver en i dag bruker gir illusjoner om, mens tiltakspakker som virker på flere problemer kan gi betydelige synergieffekter. Virkningen av enkelttiltak i

enkeltbelastningssituasjoner under vurderes fordi den beregnede ”effekten” stammer fra undersøkelser med stort inn slag av flerbelastningssituasjoner.

Ignorerer samspill mellom miljølempene, blir nyttekostnadsanalyser og samfunnsøkonomiske kalkyler misvisende. Myndighetene risikerer da å sette i verk tiltak som er ulønnsomme, mens lønnsomme tiltak kanskje ikke blir gjennomført. Ved å ta hensyn til samspill og dynamiske virkningskurver kan derimot effekten av endring er i ulike belastningssituasjoner predikeres bedre.

Nye miljøforbedringsgrep

Miljøvirkningene av samlede endringer av støy, utrygghet, luftforurensning mv ved at en hovedveg legges om eller etableres i områder der det bor mange folk, kan være opptil åtte ganger så store som hvis bare ett problem blir redusert. SIP’ens påvisning av samspillseffekter bør således få konsekvenser for kartlegging, prioritering, utforming og gjennomføring av tiltak.

Noen prinsipper utledet av SIP’en, er:

- Tiltakspakker som bedrer situasjonen både ved bolig og nabolaget, vil ha større effekt enn punkttiltak.
- Miljøforbedring i større områder, slik som f eks er tenkt i miljøsoner, vil kunne gi større effekt enn punktvis tiltak.
- En bør satse på å redusere miljøproblemer i middels belastede områder (grå soner) hvor de fleste av oss bor. Dette bør gjøres i tillegg til å eliminere store problem som rammer få mennesker (sorte flekker).
- Ved omlegging av trafikken på en hovedveg, f eks gjennom bygging av tunneler, bør en utnytte det lokale potensialet for miljøforbedring. Ved å regulere og oppgradere det lokale veg nettet kan en hente ut dobbelt så stor miljøgevinst som fra hovedvegomleggingen alene.
- Tiltak rettet mot kilden til problemene vil ha større effekt enn tiltak som går ut på å skjerme enkelt boliger.

SIP’en har finansiert en oppstart av et verktøy – TORNADO – som skal kunne håndtere ulike virkninger av tiltak og samspillseffekter.

SPI indeksen bør revideres

SIP'en har sett på den samlede støyplageindeks (SPI) som utgjør grunnlaget for det nasjonale målet om 25 % reduksjon i støy plage innen 2010. En del svakheter ved SPI påpekes; vanskeligheter med å bruke internasjonale data for norske plagereaksjoner, behov for å skille på plager utenfor og i bolig, samt at ”ikke plaget” teller i SPI.

Ut fra dette og at indeksen bør skille mellom plageomfanget ved enkelbelastning i forhold til situasjoner med flerbelastning fore slås en revisjon av målet og beregningsgrunnlaget.

Kolbenstvedt, M. og Fyhri, A. (2004): *Veger til bedre bymiljø. Miljøundersøkelser i Oslo Øst 1987-2002. TØI rapport 743/2004. TØI.*

Mange byer og tettsteder har miljøproblemer som følge av vegtrafikk. Å håndtere disse krever både kunnskap om hvilke miljø- og helsevirkninger trafikken har (hva er viktig å gjøre noe med?) og om hvilke effekter ulike tiltak og satsninger har (hvor får vi mest igjen for pengene?).

I Oslo Øst er det de siste tyve årene gjennomført en omfattende hovedvegomlegging finansiert av Oslopakke 1 og 2 (statlige midler og bompenger). Hensikten har vært å sikre en mer effektiv trafikkavvikling, og også et bedre miljø i denne trafikkbelastede bydelen. Vålereng-, Ekeberg- og Svartdalstunnelene er bygget og flere lokale gater er stengt. Miljøgater og andre tiltak for miljømessig oppgradering av det lokale vegnettet er også satt i verk.

Statens vegvesen har, sammen med flere norske forskningsmiljøer, fulgt opp satsningene i Oslo Øst med en serie lokale miljøundersøkelser foretatt i 1987, 1990, 1994, 1996, 1999 og 2002. En har her kombinert Statens vegvesens behov for kunnskap om effekter av bestemte prosjekter med generell kunnskapsutvikling på temaet trafikk og miljø. I alt er 5 200 personer fra 17 delområder/gatestrekninger intervjuet. Trafikk-, støy- og luftforurensningsbelastninger ved de intervjuedes bolig er

registrert/beregnet. Bredden i undersøkelsene og oppfølgingen av prosjektene over lang tid er unik i internasjonal sammenheng.

Rapporten dokumenterer at tunnelene sammen med supplerende tiltak i det lokale vegnettet har bedret trafikkmiljøet, redusert støy- og luftforurensningsnivået og også redusert befolkningens plager av ulike miljølemper. Sett i forhold til den generelle utviklingen i Oslo, er nedgangen i Oslo Øst større enn forventet. Den kan derfor tilskrives trafikkomleggingen i området. Investeringskostnadene har imidlertid vært høye.

Utfordringer nå ligger i tendensen til lokal trafikkøkning i området, ny boligbygging nær trafikkerte veger og høye luftforurensningsnivået ved tunnelmunningene. Hvis utviklingen fortsetter vil gevinstene av hovedvegomleggingen kunne bli redusert.

Reduksjon i miljøbelastninger og plager

Trafikkbelastningen på lokalvegnettet og støy- og forurensningsnivået har gått ned i de fleste områdene som er undersøkt. 80 prosent av de spurte i området fikk en reduksjon i støynivå på minst 3 dBA. Støynivået i området er likevel fortsatt høyt. Nedgangen i luftforurensningsnivå følger den generelle trenden i Oslo, mens det lavere støynivå er direkte relatert til de lokale trafikkendringene. Befolkningens plager er tilsvarende redusert. Unntaket fra dette er Ensjøveien ved nordre tunnelåpning for Vålerengtunnelen der plagene har økt.

Tunnelene ga Gamle Oslo nytt miljø

I 1987 gikk E6 i Strømsveien og St Halvardsgate (delområde 4, her kalt Galgeberg), dvs gjennom bebyggelsen i Gamle Oslo. Nærliggende gater ble også belastet av trafikken. Vålereng- og Ekeberg tunnelene åpnet i 1998 og 1995, og førte til at trafikken ble ledet gjennom disse, slik at flere gater i området ble avlastet. Dette åpnet for en rekke andre miljøforbedringer, noe som har medført at hele området har endret karakter. Gamle Oslo er nå et sentralt beliggende byområde med mange miljøkvaliteter. I 1987 var dette Norges mest trafikkbelastede byområde, mens situasjonen i 2004 er på linje med den vi finner i andre sentrale byområder.

Svartdalstunnelen flyttet gjennomkjøringen og gir nye utbyggingsmuligheter

Svartdalstunnelen ble åpnet i 2000 og kopler E6 trafikken fra Ryen til Ekeberg- og Vålerengtunnelene,. Dermed ble boligområder i Ekebergskråningen og ved Lodalen avlastet for gjennomkjøringstrafikk mot byen eller nordover. Tunnelen reduserte trafikken på tilfartsveger som Svartdals- og Ryenbergveien, og andelen beboere som sier vegtrafikken er plagsom er redusert fra 68 til 30 prosent fra 1998 til 2002. De mange planene for rehabilitering og utbygging av nye boliger som nå foreligger i dette området, er også et uttrykk for at miljøforholdene er blitt bedre.

Stengte gater åpner for godt miljø

I tillegg til å hindre at tidligere hovedvegtraseer fortsatt blir brukt til gjennomfartstrafikk, er det viktig å hindre at trafikken fra hovedvegssystemet får fordele seg ut over i hele vegsystemet. Statens vegvesen følger derfor opp avlastning av riksveger med andre tiltak. Miljøundersøkelsene viser at flytting av trafikk vekk fra bebyggelsen og til tunneler åpner for mange ulike typer lokal miljøforbedring – ikke minst tiltak i det lokale vegnettet. I Strømsveien har man for eksempel rustet opp gata etter trafikkomleggingen. Dette har ført til at andelen som syns at gata de bor i er stygg er blitt redusert fra 47 til 27 prosent. Samtidig ser vi at utbygging av tunneler ikke er nok for å bedre miljøforholdene. Gjennom tiltak i det lokale vegnettet kan en kan ta ut ekstra miljøgevinster av å legge om hovedveger. I enkelte tilfelle kan det være nødvendig å stenge av gater for å hindre fortsatt gjennomkjøringstrafikk. Miljøgater kan bidra til at trafikkavviklingen skjer på stedets og de myke trafikantenes premisser. Miljøundersøkelsene viser også at miljømessig oppgradering kan bidra til at trafikken oppleves som mindre plagsom enn det trafikkmengden i seg skulle tilsi.

Miljømessige utfordringer ved tunnelåpninger

Hovedvegomleggingen i Oslo Øst har gitt store miljømessige forbedringer, men enkelte områder har fått større belastning enn tidligere. Dette gjelder områder i nærheten av tunnelåpninger og tilfartsveger. I hovedsak har en lagt tunnelmunningene slik at de berører få mennesker. Området i Lodalen har imidlertid et relativt høyt forurensningsnivå. Foreløpig har området få beboere. Det er viktig å lokalisere ny utbygging i dette området slik at nye beboere ikke får uakseptable miljøbelastninger. Når det gjelder tilfartsveger har Ensjøveien, med relativt mange beboere, et særlig problem. Beboerne her er i dag de mest plagede i Oslo Øst, og det vil være rimelig å vurdere avbøtende tiltak.

Myndighetenes innsats vurderes positivt

Befolkningen ble spurt om de hadde fått det bedre eller verre som følge av myndighetenes innsats i området de siste årene. De fleste er fornøyde. Andelen fornøyde er størst i områder der det nettopp har skjedd forbedringer de siste årene, det vil si etter at Svartdalstunnelen og Galgebergforbindelsen ble bygget. Sistnevnte gjorde at Enebakkveien kunne stenges og Dalehaugen dermed avlastes for trafikk.

Hva kan vi lære av Oslo Øst?

Miljøundersøkelsene dokumenterer at;

- Tunneler og andre vegomlegginger kan avlaste det lokale vegnettet.
- Tiltak i det lokale gatenettet er nødvendig for å ta ut gevinstene av slik avlastning.
- For å holde gjennomfartstrafikken borte, må enkelte gater stenges.
- Med generell trafikkvekst, trengs en kontinuerlig vurdering av tiltak for å holde lokaltrafikken i sjakk.

Det vil være naturlig å gi Statens vegvesen ansvar for denne type supplerende tiltak. Andre utfordringer i områder der store ressurser er lagt i vegutbygging og miljøforbedring, er å:

- Sette i verk avbøtende tiltak for de som har fått det verre.
- Sørge for at ny bebyggelse ikke blir lagt i områder med for stor trafikkbelastning.

Antallet som har fått bedre miljøforhold er langt større enn antallet som har fått det verre. Slik sett overstiger de positive miljøvirkningene av innsatsen i Oslo Øst de negative. Samtidig er det slik at hovedvegomlegging er et kostbart tiltak. Det er ikke mulig å gjennomføre det alle steder der det er miljøproblemer. Det er derfor behov for alternative strategier for lokal trafikkmiljøforbedring. Statens vegvesen og Oslo kommune har nettopp laget en tiltaksutredning for Oslo som beskriver slike strategier.

Skedsmo, A. og Hagman, R. (2006): *Miljøavgifter i lavutslippssone. TØI rapport 848/2006. TØI.*

De utslippstekniske forbedringene på nye tunge kjøretøy er så store at disse bilenes utslipp av NOx og PM10 i storbyene kan reduseres med omtrent 80 % dersom alle

eldre lastebiler byttes ut med nyeste modeller. Gjennom ”naturlig” utskiftning av kjøretøyparken oppnås en slik reduksjon i utslippene mot 2020. En raskere innfasing av nye kjøretøy kan stimuleres ved å innføre lavuslippssoner hvor kjøring med eldre kjøretøy avgiftsbelegges. Med et avgiftsnivå som gjenspeiler helsekostnaden ved kjøring i sonen kan potensialet for utslippsreduksjon forseres med 4-5 år. Basert på en tenkt politisk målsetting om en betydelig raskere luftkvalitetsforbedring, er det beregnet et avgiftsnivå hvor potensialet på omkring 80 % reduksjon i luftforurensningen fra tunge kjøretøy realiseres umiddelbart etter implementering av tiltaket. En nytte-kostnadsanalyse viser at ingen av avgiftsregimene er samfunnsøkonomisk lønnsomme.

Jordforsk

**Andersen, S., Snilsberg, P., Amundsen, C. E. og Olsen, R. D. (1995):
Miljøkjemisk undersøkelse av tunnelvasking. Rapport nr 31/95.
Jordforsk.**

Det er gjennomført prøvetaking av veistøv, sediment og avrenningsvann i forbindelse med vasking av 6 tunneler. Det er særlig bly, sink og tjærestoffer som finnes i forhøyede konsentrasjoner ved tunnelvask. Det er ikke grunnlag for å foreslå at andre forurensningsstoffer enn disse bør måles i forbindelse med tunnelvask. Hoveddelen av miljøgiftene finnes i partikkelfraksjonen (>0,45 µm). I tillegg bør man bestemme ledningsevne og løst organisk karbon, siden disse vil være av betydning for å vurdere mobilitet av forurensningsstoffene. Forurensningsstoffene finnes hovedsakelig i støvet i tunnelen. For å unngå en oppkonsentrering gjennom vaskingen, bør derfor så mye som mulig av støvet samles opp før vasking. Det er liten grunn til å forvente forhøyede konsentrasjoner i avrenningsvann fra tunneler som har vifter som fjerner støv fra tunnelatmosfæren. Det vil være tunneler uten vifter, liten gradientforskjell (og dermed liten utlufting) og toveis trafikk. Ved prøvetaking er det viktig å måle første avrenningstopp. Innhold av miljøgifter er gjennomgående høyest i denne, og den vil være en god indikator i en "worst case"-betraktning. For øvrig vil en vannproporsjonal blandprøve være et godt estimat på utvaskingskonsentrasjoner.

Statens forurensningstilsyn (SFT)

Statens forurensningstilsyn (1982): *Luftforurensning - virkninger på helse og miljø. En utredning om sammenhengen mellom konsentrasjoner og virkninger av noen vanlige forurensningskomponenter.* SFT rapport nr 38. SFT.

Rapporten beskriver sammenhengen mellom luftforurensning og virkninger på helse og miljø for SO₂, svevestøv, NO₂, CO, fotokjemiske oksydanter, bly og fluorider. Det er angitt grenseverdier som man ut fra nåværende viten antar at befolkningen og miljøet kan utsettes for uten at helsevirkninger og skade på dyr og vegetasjon forekommer. Rapporten bygger på litteraturstudier.

Statens forurensningstilsyn (1992): *Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø – anbefalte luftkvalitetskriterier.* Publ. nr. LM376. Universitetet i Bergen, Fysisk institutt.

SFT-gruppen har på grunnlag av litteraturstudier beskrevet sammenhengen mellom luftforurensning og skadevirkninger på helse og vegetasjon (dose-effektforhold) for stoffene NO₂, NO, O₃, SO₂, svevestøv, sure aerosoler, CO, fluorider, Pb og PAH. Eventuelle effekter på materialer er også beskrevet. Det er utarbeidet luftkvalitetskriterier for en del komponenter

Statens forurensningstilsyn (1992): *Virkninger av luftforurensning på helse og miljø – anbefalte grenseverdier*. SFT rapport nr 92:16. TA 848/1992. SFT.

SFT gruppen har på grunnlag av litteraturstudier beskrevet sammenhengen mellom luftforurensning og skadevirkninger på helse og vegetasjon (dose-effektforhold) for stoffene NO₂, NO, O₃, SO₂, svevestøv, sure aerosoler, CO, fluorider, bly og PAH. Eventuelle effekter på materialer er også kort beskrevet.

I uteluften opptrer de ulike stoffene sjelden enkeltvis. I tillegg til at stoffene er behandlet hver for seg er det derfor beskrevet en del samspilleffekter med hensyn til virkninger både på helse og vegetasjon. Sur nedbørs effekt på vegetasjon, samt tålegrenser for nitrat og sulfat i jord er også omtalt.

For NO₂, O₃, SO₂, svevestøv, CO og fluorider har gruppen foreslått anbefalte grenseverdier for luftkvalitet med hensyn til helseeffekter. For NO₂, O₃, SO₂ og fluorider har gruppen foreslått anbefalte grenseverdier med hensyn til effekter på vegetasjon, og for fluorider er det i tillegg foreslått en anbefalt grenseverdi med hensyn til virkninger på dyr.

Bang, J. (TI), Figenbaum, E. (TI), Flugsrud, K. (SSB), Larssen, S. (NILU), Rypdal, K. (SSB) og Torp, C. (NILU) (1993): *Emissions from road traffic in Norway – Method for estimation, input data and emission estimates*. SFT-report nr 93:02. TA-1021/1993. SFT.

The new exhaust emission criteria for motor vehicles, and new measurement data, have made it necessary to update the methods used by Statistics Norway (SN) and the State Pollution Control Authority (SFT) up to 1992 to calculate emissions from road traffic. After reviewing and evaluating the available basic data, SN, the National Institute of Technology (TI) and the Norwegian Institute for Air Research (NILU) have, at SFT's request, developed a new methodology for estimating emissions of

SO₂, NO_x, CO, CO₂, NMVOC, CH₄, N₂O, NH₃, particulates and lead from road traffic. The report provides detailed emission figures for the years 1973, 1980, 1987, 1989, 1990 and 1991. The model can be easily updated in order to estimate emissions in later years. Since the emission figures are calculated at relatively detailed level, the model can also be used for technical analyses. The model incorporates emission data for gasoline and diesel and some other types of fuels, as well as emission factors for historic, current and future exhaust emission criteria. The calculations will provide input data for the national emission inventories for Norway, prepared every year by SN in cooperation with SFT.

Bang, J. (TI), Figenbaum, E. (TI), Flugsrud, K. (SSB), Larssen, S. (NILU), Rypdal, K. (SSB) og Torp, C. (NILU) (1993): *Utslipp fra veitrafikken i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*. SFT-rapport nr 93:12. TA-957/1993. SFT.

Nye avgasskrav til kjøretøy har gjort det nødvendig å oppdatere de nasjonale utslippsberegningene for veitrafikken som har vært benyttet av SSB/SFT fram til 1992. Ut fra en gjennomgang og vurdering av det nye datagrunnlaget, har SSB, TI og NILU på oppdrag fra SFT, utviklet en beregningsmodell for årlige utslipp av SO₂, NO_x, CO, CO₂, NMVOC, CH₄, N₂O, NH₃, partikler og bly fra veitrafikken. Rapporten presenterer detaljerte utslipp for årene 1973, 1980, 1987, 1989, 1990 og 1991. Modellen er lett å oppdatere for å gjøre nye beregninger for nye år. Den kan også benyttes som en teknisk analysemodell, resultatene foreligger på en relativt detaljert form, og det er lagt inn utslippsdata for bensin, diesel og noen alternative drivstoff samt historiske, nåværende og framtidige avgasskrav.

Mortensen, L. M. (1995): *Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE). Effekter på avlinger, skog og annen vegetasjon (dose-respons)*. SFT rapport 95:21. SFT.

Denne rapporten er en delrapport under SFTs LEVE-prosjekt. Den fokuserer på sannsynlige effekter av bakkenær ozon på jordbruksavlinger, skog og annen vegetasjon i Norge. En rekke dose-respons forhold er diskutert og det er gitt anbefalinger om bruk av skadefunksjoner for et utvalg viktige vekster. Det er videre gjort noen foreløpige vurderinger av vekst- og avlingstap grunnet ozon med bakgrunn i ovennevnte skadefunksjoner.

Hansen, A. M. og Hunnes, O. (1998): *Luftforurensning i Oslo – framskrivninger og tiltak*. SFT rapport 98:15. SFT.

I denne rapporten analyseres et utvalg tiltak med hensyn på bedret luftkvalitet og kostnader. Analysen bygger på en framskrivning av forventet utvikling i luftkvaliteten i Oslo i perioden 1994-2010. Analysen viser hvordan ulike tiltak bidrar til at SFT og Folkehelsas anbefalte luftkvalitetskriteier nås i 2010 på bybakgrunnsnivå.

Bang, J. (TI), Flugsrud, K. (SSB), Holtskog, S. (SSB), Haakonsen, G. (SSB), Larssen, S. (NILU), Maldum, K. O. (TI), Rypdal, K. (SSB) og Skedsmo, A. (TI) (1999): *Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*. Oppdatering av SFT-rapport 93:12. TA-1622/99. SFT rapport 99:04.

Rapporten er en oppdatering og videreutvikling av metodikken for å beregne nasjonale tall for utslipp til luft fra veitrafikk som benyttes av SSB/SFT. Nye avgasskrav og måledata er inkludert i modellen. I modellen beregnes nasjonale utslipp av SO₂, NO_x, NMVOC, CO₂, CH₄, N₂O, NH₃, CO, Pb, PM₁₀ og PM_{2,5} fra avgassen. Avgassutslipp av benzen og PAH samt PM₁₀ fra veislitasje er nye komponenter inkludert i modellen. Beregningene av utslipp fra kjøring med kald motor er forbedret og tar hensyn til kjøring med lunken motor og bruk av motorvarmer. Det er lagt inn utslippsdata for bensin, diesel og alternative drivstoff, både historisk og for nye

teknologier. Utslippsdata presenteres i rapporten for årene 1973, 1980, 1986-87 og 1989-97 samt framskrevet.

SFT (2000): *Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning. Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE). Klima, luftforurensning og støy. 1718/2000.*

Rapporten presenterer resultater fra en studie der helseskader og fremskyndet dødelighet knyttet til luftforurensning i Norge er beregnet. Det er også gitt estimater av samfunnsøkonomiske kostnader forbundet med disse helseeffektene. Knut Einar Rosendahl i Statistisk sentralbyrå har utført studien og skrevet rapporten på oppdrag fra SFT.

Statistisk sentralbyrå (SSB)

Haakonsen, G. (2000): *Utslipp til luft i Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer 1991-1997. Fordeling på utslippskilder og bydeler. Rapport 2000/26. Statistisk sentralbyrå.*

Data om utslipp til luft i Norge beregnes årlig av Statistisk sentralbyrå (SSB) i samarbeid med Statens forurensningstilsyn (SFT). Disse utslippsoversiktene er utarbeidet ved hjelp av aktivitetsdata (f.eks. SSBs energiregnskap) og utslippsfaktorer (f.eks. tonn CO₂/tonn fyringsolje). De nasjonale utslippstallene brytes ned på kommunenivå. SSB har på oppdrag fra SFT fordelt tallene for enkelte viktige kommuner videre ned på grunnkrets og bydelsnivå. Denne rapporten omhandler utslipp til luft av svevestøv, nitrogenoksider (NO_x), svoveldioksid (SO₂) og klimagassene CO₂, metan og lystgass i byene Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer.

Svevestøv er en viktig komponent for lokal luftkvalitet. Utslippene fra vedfyring og veitrafikk er omtrent like store i flere av byene, men vil likevel i varierende grad kunne ha betydning for luftkvaliteten. Dette skyldes at støv fra vedfyring slippes ut i piper på hustakene og fortynnes før det kommer ned på bakkenivå. Støv fra eksos og asfaltslitasje slippes derimot ut ved bakken. Svevestøv fra asfaltslitasje er videre konsentrert om enkelte dager i vinterhalvåret med tørre veibaner. Utslippene fra vedfyring er særlig store i bydeler med høy befolkningstetthet.

Veitrafikk var ansvarlig for mellom 70 og 83 prosent av NO_x-utslippene i 1997 i de fire kommunene omtalt i denne rapporten. Utslippene fra personbiler er til tross for dette blitt betydelig redusert siden 1991. Dette skyldes først og fremst påbudet om katalysator i nye biler. Effekten av reduksjonen fra personbiler på de totale utslippene motvirkes delvis av økte utslipp fra sjøfart og tunge kjøretøy.

I Oslo var veitrafikk ansvarlig for halvparten av de samlede utslippene av klimagassene CO₂, metan og lystgass omregnet i tonn CO₂-ekvivalenter. I Bergen,

Drammen og Lillehammer er tilsvarende tall henholdsvis 42, 35 og 33 prosent. CO₂-utslippene har økt merkbart i 1997 i forhold til 1991, men 1996 var likevel toppåret for perioden. Dette skyldes at vintermånedene var kalde og strømprisene høye dette året. I disse byene er det lite tungindustri, og veitrafikk og oppvarming er ansvarlige for det meste av CO₂-utslippene.

Holtskog, S. (2001): *Direkte energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. 1994 og 1998. Rapport 2001/16. Statistisk sentralbyrå.*

Transport kan være både energikrevende og luftforurensende. I dette arbeidet har vi gjort et forsøk på å sammenstille de forskjellige transportmidlene med hensyn på energiforbruk og utslipp til luft. Rapporten tar for seg persontransport og godstransport for årene 1994 og 1998. Analysen av de forskjellige transportformene fokuserer bare på direkte energiforbruk og utslipp fra innenriks aktivitet. Indirekte energibruk og miljøkonsekvenser i forbindelse med infrastruktur o.l. er ikke analysert. Tallene vi har kommet fram til er gjennomsnittstørrelser for hele landet og bygger på en sammenstilling av statistikk på nasjonalt nivå.

Analysen viser at det er store forskjeller mellom transportmidlene. Tog er svært energieffektivt med hensyn på frakt av både passasjerer og gods. Det kreves også lite energi å frakte gods med skip, mens godstransport med fly og varebiler er minst energieffektivt. Lastebil er i snitt dobbelt så energikrevende som skip. Det kreves fire ganger så mye energi å frakte en person en kilometer med rutebåt og dobbelt så mye med fly sammenlignet med en personbil. Tilsvarende krever trikk og T-bane halvparten så mye energi som en reise med personbil.

Utslipp av klimagasser følger samme mønster som energibruken. Om vi ser på utslipp av forsurende gasser kommer fly bedre ut.

Det er relativt få endringer i energibruken og klimagassutslipp i forhold til transportarbeidet mellom 1994 og 1998. Energibruken for jernbane, varebil, t-bane og busser i rute er noe redusert. Utslipp av forsurende gasser er redusert for blant annet

personbil, drosje, buss, varebil og lastebil. Dette skyldes både redusert svovelinnhold i drivstoffet og strengere avgasskrav til kjøretøy.

Haakonsen, G. og Kvingedal, E. (2001): *Utslipp til luft fra vedfyring i Norge. Utslippsfaktorer, ildstedbestand og fyringsvaner. Rapport 2001/36. Statistisk sentralbyrå.*

Utslipp fra vedfyring bidrar til problemer med lokal luftkvalitet i form av bl.a. utslipp av svevestøv. Dette utslippet kommer i første rekke fra tradisjonelle vedovner og åpne peiser. Ved å bytte ut en tradisjonell vedovn med en ny rentbrennende, reduseres utslippet med mer enn 80 prosent. Fra og med 1998 er det påbudt at alle lukkede ildsteder som selges i Norge skal tilfredsstillere strenge krav til svevestøvutslipp. Dette vil føre til at samlet utslipp gradvis vil gå nedover etter hvert som gamle ovner skiftes ut, hvis ikke vedforbruket samtidig øker dramatisk. Hvis alle gamle vedovner som er i bruk skiftes ut med nye rentbrennende, vil utslipp av svevestøv fra vedfyring i Oslo bli redusert med mer enn 60 prosent.

Data fra Levekårsundersøkelsen 2000 bekrefter det årlige estimatet av vedforbruket i Norge fra SSBs energiregnskap. Levekårsundersøkelsen gir også informasjon om hva slags type innretning veden er brent i. På landsbasis ble 89 prosent av veden brent i tradisjonelle, lukkede vedovner vinteren 1999/2000. Bare 7 prosent av veden ble brent i nye, rentbrennende vedovner, mens 4 prosent ble brent i åpen peis. Peisfyring er et typisk byfenomen. Tilsvarende tall for Oslo kommune er hhv. 55, 4 og 42 prosent. Nesten halvparten av all ved som ble brent i Oslo ble altså brent i åpen peis, og til tross for kampanjer med tilskudd til utskifting av gamle vedovner ble ikke mer enn 4 prosent av veden brent i nye, rentbrennende vedovner.

Med den beregningsmetoden som inntil nå har vært brukt i SSB/SFTs utslippsmodell, ville ikke en eventuell omfattende utskifting av vedovner blitt fanget opp i utslippstallene. I denne rapporten kombineres opplysninger fra Levekårsundersøkelsen med resultatene fra en litteraturgjennomgang av utslippsfaktorer, slik at nye utslippstall som tar hensyn til reelt forbruk av ved i de ulike teknologiene kan

beregnes. Rapporten skisserer en metode for å beregne konsistente tidsserier med utslippstall ved at spørsmålene i Levekårsundersøkelsene gjentas jevnlig og kombineres med teknologispesifikke utslippsfaktorer. En implementering av denne metoden vil føre til at samlet utslipp fra vedfyring i Norge oppjusteres kraftig, fordi den gjennomsnittlige utslippsfaktoren (g partikler/kg ved) øker. Denne oppjusteringen vil bare i begrenset grad skje i byene. En ny og bedret metode for å fordele utslippene på kommuner implementeres nemlig samtidig, og denne vil føre til at økningen i første rekke skjer i spredt bebygde strøk og i mindre tettsteder.

Selv om dette arbeidet bekrefter at vedfyring ofte er den største kilden til utslipp av svevestøv i norske kommuner, kan det ikke konkluderes med at vedfyringen representerer noe helseproblem alle disse stedene. Ett tonn svevestøv sluppet ut fra en pipe mange meter over bakken vil på grunn av fortyningseffekter gi lavere svevestøvkonsentrasjon langs bakken enn ett tonn sluppet ut ved bakkenivå (som eksos eller asfaltstøv). Denne rapporten beskriver kun tall på utslipp og ikke bidrag til konsentrasjonen. En slik vurdering av helseeffekter må derfor gjøres av andre institusjoner, basert på en vurdering av hvilke bidrag disse utslippene har på svevestøvkonsentrasjonene lokalt.

Nye fullstendige utslippsberegninger etter den nye metoden vil bli presentert i januar 2002.

Finstad, A, Haakonsen, G. og Rypdal, K. (2003): *Utslipp til luft av partikler i Norge – Dokumentasjon av metode og resultater*. Rapport 2003/15. Statistisk sentralbyrå.

I dette arbeidet er det samlet informasjon om utslipp til luft av partikler i Norge. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og forbrenningsanlegg til Statens forurensningstilsyn og på beregninger basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer.

Utslipp til luft av partikler er viktig for lokal luftkvalitet. Ved eksponering for partikler økes blant annet risikoen for hoste, bronkitt og bihulebetennelse. Det kan forverre sykdom hos folk med kroniske luftveislidelser og i verste fall framskynde dødsfall. Utslippene påvirker også klimaet og bidrar til transport av bl.a. miljøgifter over større avstander. Klimaeffekten varierer med partikkelsammensetning, da noen partikler har en avkjølede effekt på jorda fordi de reflekterer sollys, mens andre bidrar tvert imot til oppvarming ved å absorbere sollyset.

Det norske utslippsregnskapet skiller nå mellom de tre partikkelfraksjonene TSP ("totale utslipp"), PM10 med diameter under 10 µm og PM2,5 med diameter under 2,5 µm. Tidligere omfattet det norske utslippsregnskapet kun utslipp av PM10 fra forbrenningskilder og PM2,5 og PM10 fra veistøv.

I dette arbeidet er utslippsfaktorene revidert basert på ny kunnskap, prosessutslipp fra industrien er blitt inkludert og utslipp fra andre utslippskilder er blitt vurdert (f.eks. slitasje av bildekk og bremseklosser).

De totale utslippene av de tre partikkelfraksjonene omtalt i dette arbeidet var 79,9 ktonn TSP, 64,4 ktonn PM10 og 54,4 ktonn PM2,5 i 2001. Avhengig av fraksjon er utslippene redusert med 7-10 prosent fra 1990 og 3-7 prosent fra 1995 til 2001. Utslippene er redusert som følge av mindre halmbrenning, installering av rensesystemer ved kommunale avfallsanlegg og i prosessindustrien, mer bruk av piggfrie dekk og strengere avgasskrav for bensin- og dieselkjøretøy.

Utslipp fra vedfyring er den største kilden til partikkelutslipp til luft. 52 prosent av alt utslipp av TSP kom fra vedfyring i 2001. For PM10 og PM2,5 sto vedfyring for henholdsvis 64 og 69 prosent av de totale utslippene. Utslipp fra mineralsk produksjon og veistøv er etter vedfyring de viktigste kildene til utslipp av TSP. For PM10 og PM2,5 er imidlertid utslipp fra metallproduksjon den viktigste kilden etter vedfyring. Avgassutslipp fra bensin- og dieselkjøretøyer sto for kun 3-4 prosent av de totale partikkelutslippene i 2001.

Det er viktig å merke seg forskjellen mellom utslipp til luft og lokal luftkvalitet eller konsentrasjoner. Tallene som presenteres i dette arbeidet er utslipp til luft, det vil her

si den mengden partikler som kommer ut fra pipa, eksosrøret eller lignende. Dette må ikke forveksles med lokal luftkvalitet eller konsentrasjoner. Da tenker man på den mengden av stoffene som faktisk kan pustes inn. I konsentrasjonsberegninger blir det tatt hensyn til at utslipp fra vedfyring slippes ut høyere oppe enn for eksempel eksos fra bilene, slik at vedfyringsutslipp ofte fortynnes mer før vi kan puste det inn. Derfor er ofte ett tonn partikler fra vedfyring mindre viktig for konsentrasjonen ved bakkenivå enn ett tonn fra eksos, siden sistnevnte slippes ut i en høyde der mennesker oppholder seg. Været betyr svært mye for effekten av vedfyring på luftkvaliteten i et område.

**Finstad, Flugsrud, K., A, Haakonsen, G. og Aasestad, K. (2004):
*Vedforbruk, fyringsvaner og svevestøv. Undersøkelse om vedforbruk og
fyringsvaner i Trondheim og Bergen 2003. Rapport 2004/27. Statistisk
sentralbyrå.***

Vedfyring er, sammen med veitrafikk, den viktigste utslippskilden til svevestøv (PM10) i byer og tettsteder. Likevel er beregningene for denne kilden svært usikre som følge av at det er flere ”diffuse” faktorer som spiller inn ved beregningene. Høsten 2003 gjennomførte Statistisk sentralbyrå en undersøkelse om vedfyring og fyringsvaner i Trondheim og Bergen på oppdrag fra Vegdirektoratet. Dette var tilsvarende undersøkelsen som ble gjort i Oslo i 2002 (Undersøkelse om vedforbruk og fyringsvaner i Oslo 2002, Finstad mfl. 2004). Resultatene fra disse undersøkelsene har blitt sammenstilt og analysert, samt satt i sammenheng med andre statistikker og undersøkelser som SSB gjennomfører: energiregnskapet, beregningene av utslipp til luft, Folke- og bolig tellingen 2001 og den landsomfattende Levekårsundersøkelsen i 2002.

Ifølge Folke- og bolig tellingen finnes det 69 100 boliger i Trondheim. Av disse har 37 300 boliger mulighet til å fyre med ved, men 4 600 benyttet seg ikke av den, ifølge vedfyringsundersøkelsen i Trondheim. Dermed var det 32 600 boliger i Trondheim som fyrte med ved vinteren 2002/2003. 72 prosent av veden ble brent i gamle,

forurensende ovner vinteren 2002/2003, mens 25 prosent ble brent i nye, rentbrennende ovner. Kun 3 prosent ble brent i åpen peis.

I Bergen er det 105 000 boliger, derav 55 200 som kan fyre med ved. Ifølge vedfyringsundersøkelsen i Bergen var det 47 300 boliger som fyrte med ved vinteren 2002/2003. 66 prosent av veden ble brent i gamle ovner, 22 prosent i rentbrennende ovner og 12 prosent i åpen peis.

Drøyt halvparten av utslippene av svevestøv i Trondheim og mer enn 60 prosent av svevestøvutslippene i Bergen stammet fra vedfyring i 2001. Årsaken til at vedfyring bidrar så mye til disse utslippene, er at mesteparten av veden blir brent i gamle, forurensende ovner som i gjennomsnitt slipper ut 5 ganger så mye svevestøv som nye, rentbrennende ovner.

Disse resultatene viser at det fortsatt kan gjøres store utslippsreduksjoner i Trondheim og Bergen. Hvis alle gamle, forurensende ovner blir byttet ut med nye, rentbrennende, vil svevestøvutslippene bli redusert med mer enn 400 tonn både i Trondheim og Bergen. Dette tilsvarer en reduksjon på henholdsvis 75 og 70 prosent. Det er imidlertid ikke ukontroversielt å bytte ut absolutt alle gamle vedovner, da noen av dem har antikvarisk verdi.

Vedfyring foregår hovedsakelig på ettermiddagen og kvelden, mens nattefyring er nesten fraværende både i Trondheim og Bergen. Kun 1 prosent svarte at de fyrte om natta. 90 prosent i Trondheim og 84 prosent i Bergen fyrer temperaturavhengig, det vil si at de fyrer mer på en kald vinterdag enn på en mild vinterdag i motsetning til "kosefyrerne" som fyrer mest for kos og hygge slik at temperaturen ikke er så avgjørende for om de fyrer. 5 prosent av alt vedforbruket i Trondheim og 10 prosent av alt vedforbruket i Bergen ble vinteren 2002/2003 brukt til "kosefyring".

98 prosent bruker andre energikilder enn ved til oppvarming. Over 60 prosent både i Trondheim og Bergen rangerte elektrisitet som den viktigste energitypen til oppvarming, mens ved ble rangert høyest av 27 prosent i Trondheim og 23 prosent i Bergen.

**Finstad, Flugsrud, K., A, Haakonsen, G. og Aasestad, K. (2004):
Vedforbruk, fyringsvaner og svevestøv. Resultater fra Folke- og
boligtellingen 2001, Levekårsundersøkelsen 2002 og Undersøkelse om
vedforbruk og fyringsvaner i Oslo 2002. Rapport 2004/5. Statistisk
sentralbyrå.**

Vedfyring er sammen med veitrafikk den viktigste utslippskilden til svevestøv (PM10) i byer og tettsteder. Likevel er beregningene for denne kilden svært usikre som følge av at det er flere "diffuse" faktorer som spiller inn ved beregningene. Høsten 2002 gjennomførte Statistisk sentralbyrå en undersøkelse om vedfyring og fyringsvaner i Oslo på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) og Enøketaten Oslo kommune. SFT bidro også til at spørsmål om vedforbruk kunne tas med i den landsomfattende Levekårsundersøkelsen i 2002 for å få et bedre inntrykk av vedforbruk og ildstedsbestand i Norge. I 2003 ble resultatene sammenstilt og analysert, samt satt i sammenheng med andre statistikker som SSB gjennomfører (SSBs Energiregnskap, beregningene av utslipp til luft og Folke- og boligtellingen 2001). Dette prosjektet har bidratt til at utslippene for Oslo nå kan beregnes med en større sikkerhet, men bør følges opp med nye prosjekter i årene som kommer.

Det finnes nesten 1,2 millioner boliger i Norge som brenner ved i ovn eller peis. Det finnes ytterligere 100 000 boliger som har mulighet til å fyre med ved, men som ikke gjør det. Nesten 80 prosent av all ved brent vinteren 2001/2002 ble brent i vedovner fra før 1998. Fra 1998 har det vært krav om at alle nye ovner skal være rentbrennende, og fram mot 2002 økte bruken av rentbrennende ovner kraftig. Slike ovners andel av vedforbruket steg fra 7 til 18 prosent fra 2000 til 2002. Likevel var 882 000 ovner med gammel teknologi i bruk vinteren 2001/2002, mens tallet på nye ovner var 196 000. Gamle vedovner slipper ut anslagsvis seks ganger så mye svevestøv som en ny ovn. Når flere boliger i et byområde fyrer med ved samtidig, kan det føre til lokal luftforurensning. I spredtbygde strøk er ikke forurensning fra vedfyring ansett å være et like stort problem.

Resultatene fra prosjektet viser at drøyt 60 prosent av veden i Oslo brennes i ovner med gammel teknologi. Disse er ansvarlig for mer enn 80 prosent av svevestøvutslippene fra vedfyring. Men 8 000 boliger fikk rentbrennende ovner i perioden 1998-2002, og mer enn en sjettedel av veden brennes nå i slike ovner. Fordi det er mange ildsteder som ikke er i bruk, er det et stort potensial for økte utslipp dersom strøm- eller oljeprisene stiger.

Aasestad, K. (2004): *Utslipp til luft 1973-2003*. Statistisk sentralbyrå.

Denne publikasjonen skal gi en helhetlig oversikt over utslipp til luft i Norge og viser utviklingen over tid for de ulike utslippene. Utslippene beregnes nå årlig både på nasjonalt og regionalt nivå (fylke og kommune) fordelt på næringer, kilder og energivarer. De nasjonale utslippene har for de seks komponentene karbondioksid (CO₂), svoveldioksid (SO₂), nitrogenoksider (NO_x), NMVOC (flyktige organiske forbindelser unntatt metan), karbonmonoksid (CO) og partikler tidsserier fra 1973. For metan (CH₄), lystgass (N₂O) og ammoniakk (NH₃) er utslippene beregnet for 1980, 1987 og 1989 og fram til i dag. Miljøgiftene er det beregnet utslipp for siden 1990. De regionale utslippene er beregnet for utvalgte år siden 1991.

Statistisk sentralbyrå (SSB) og Statens forurensningstilsyn (SFT) samarbeider om å beregne utslipp til luft av forurensende komponenter i Norge. Beregningene dekker alle de viktigste utslippskomponentene som er kilde til miljøproblemer som klimaendringer, forsurening og dannelse av bakkenær ozon, og inkluderer også en rekke miljøgifter. Beregningene omfatter bare menneskeskapte utslipp og ikke naturlige utslipp fra f.eks. hav og skog.

Nasjonale tall for utslipp til luft publiseres nå for første gang i serien Norges offisielle statistikk (NOS). De ulike statistikkene vil fremdeles bli publisert enkeltvis som Dagens statistikk på SSBs websider. I statistikkbanken kan en finne totale utslippstall for de ulike komponentene, samt utslipptall fordelt på fylke og kommune. Bakgrunnsmateriale vil bli publisert som Rapporter, Notater, Documents (engelsk

serie fra SSB) eller Magasinartikler. Publikasjonene vil i de fleste tilfeller inneholde mer detaljerte opplysninger enn det som publiseres i serien Norges offisielle statistikk.

AsplanViak

Asplan Viak (1996): *Utredning om piggdekkforbud i Oslo.*

Stortingets samferdselskomité har gjennom behandlingen av Norsk vegvegtrafikkplan 1994-97 bedt Samferdselsdepartementet om å vurdere innføring av en ny prøveordning med piggdekkforbud i et begrenset område, der piggdekkbruk fører til forurensningsproblemer i form av helseskadelige støvpartikler. Byrådet anmodet i 1994 departementet om at Oslo måtte komme i betraktning som prøveområde. I svaret fra departementet ble det vist til at relevante utredninger nylig var igangsatt.

Ved behandling av bystyremelding nr 1/1994, Oslo samferdselsplan, stilte et enstemmig bystyre seg positiv til lokale restriksjoner, forutsatt at disse var praktisk og økonomisk gjennomførbare. Ved bystyrets behandling av kommunens budsjett for 1996, gikk et flertall bestående av A, H, SV og V inn for at det skulle søkes om forsøk med piggforbud i Oslo.

Denne utredningen vil danne grunnlag for en konkret søknad til de sentrale samferdselsmyndighetene om innføring av et piggforbud i Oslo.

Asplan Viak (1999): *Bedre byluft Trondheim. Konsekvenser av hastighetsreduksjoner. Konsekvenser av miljøsoner i midtbyen. 99048.*

Denne rapporten inngår i hovedprosjektet "Bedre byluft", der hensikten er å kartlegge konsekvensene av ulike tiltak for å kunne oppnå lavere luftforurensning i de største byene i Norge. Vegsjefen og rådmannen i Trondheim har gjennom mandat av 9. juli 1998 nedsatt en prosjektgruppe, som skal foreslå tiltak som kan iverksettes for generelt å bedre luftkvaliteten i Trondheim. Prosjektet er kalt "Bedre byluft Trondheim". Flere delprosjekt er satt i gang. Dette delprosjektet analyserer effekten av hastighetsreduksjoner og effekten av miljøsoner (piggdekkrestriksjoner) i midtbyen i

Trondheim på svevestøvplagen gitt ved PM10-konsentrasjoner langs gatelenker i Trondheim.

DIVERSE

Norges Offentlige Utredninger (1983): *Luftforurensning fra vegtrafikk.* NOU 1983:40. Fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 19. august 1977. Avgitt til Miljøverndepartementet 30. mai 1983.

Den foreliggende utredning om luftforurensning fra vegtrafikk er bygget opp i to hoveddeler. Kap. 1 representerer hovedkapitlet i utredningen. Her er den viktigste del av våre kunnskper om bilforurensning samlet og det gis en virdering av mulighetene for å bekjempe foreliggende og fremtidige luftforurensningsproblemer. I den andre hoveddelen gis en fyldigere presentasjon av de viktigste elementene i det foreliggende beslutningsgrunnlaget. Deler av bakgrunnsdokumentasjonen for det som presenteres i utredningen er dessuten samlet i en rapport utarbeidet av Statens forurensningstilsyn.

Utredningen konkluderer med at problemene knyttet til luftforurensning fra vegtrafikk i Norge hovedsakelig er av helse- og trivselsmessig karrakter. De akutte og kroniske effekter vil først og fremst ramme grupper i befolkningen som er spesielt følsomme for luftveis- og hjertelidelser. Personer med slike lidelser kan forventes å oppleve en forverring av sin helsetilstand ved opphold i områder med høye luftforurensningsnivåer. I dag synes det å være SO₂, svevestøv, CO og NO₂ som bidrar mest til slike virkninger. Av disse komponentene er det SO₂-utslippene som berører flest personer. Dette innebærer at forurensning fra oljefyring, når det gjelder slike effekter, må anses å være et like stort problem som avgassutslippene fra biler. Forventet endring av utslippene fra vegtrafikk i årene framover vil føre til at CO-forurensningen reduseres til et forholdsvis beskjedent omfang, mens økte utslipp av NO_x synes å kunne gi problemer av et omfang nesten på høyde med SO₂ innen år 2000.

Økt risiko for langtidsvirkninger i form av kreft og skade på arveanleggene er et annet viktig helseproblem. Luftforurensingens bidrag til slike effekter er usikker. Foreliggende kunnskaper tyder imidlertid på at forurenset omgivelsesluft øker risikoen for lungekreft og at det spesielt er grunn til å anta at luftforurensinger kan

forsterke en kreftfremkallende effekt av sigarettføyking. Avgasser fra vegtrafikken anses å bidra betydelig til omgivelsesluftens innhold av kreftfremkallende stoffer.

De trivselsmessige virkningene av luftforurensing fra vegtrafikk knytter seg dels til luktstoffene i bilavgassene og dels til nedsmussing fra vegstøv. Dette støvet dannes hovedsakelig fra asfaltslitasje. Grove anslag tyder på at 1/5 av Norges befolkning føler seg plaget av lukt og vegstøv og at 10-20 % av disse føler seg sterkt plaget.

På bakgrunn av utredningen har Bilforureningsutvalget utformet følgende hovedsynspunkter og anbefalinger:

- Forurensede utslipp fra vegtrafikk gir i kombinasjon med utslipp fra andre kilder betydelige luftforureningsproblemer. De viktigste problemene som vegtrafikken bidrar til er knyttet til NO₂, svevestøv, kreftfremkallende stoffer, vegstøv og lukt.
- Dersom disse problemene langt på vei skal løses ved tiltak overfor vegtrafikken vil bare overgang til katalytisk avgassrensing for bensindrevne person- og varebiler gi store nok forbedringer. Dette betinger også innføring av blyfri bensin.
- Trafikktiltak i form av blant annet trafikkreduksjon og trafikksanering kan, innefor det som i dag anses å være realistiske, bare gi en begrenset reduksjon av luftforureningsproblemene. Slike tiltak akn imidelertid gi betydelige forbedringer blant annet med hensyn til nedsmussing, lukt, støy og trafiksikkerhet.
- Før endelig vedtak fattes om eventuell introduksjon av katalysatorbiler og blyfri bensin bør det gjennomføres en grundigere konsekvensanalyse av disse tiltakene. Dessuten bør det foretas en mer detaljert utforming av et praktisk opplegg for gjennomføringen.

IN'BY Institutt for byutvikling as. (1991): *Miljøanalyse Store Ringvei. Hovedveiutbyggingen Oslo-Akershus.*

Statens vegvesen, Oslo Vegkontor gav i september 1990 IN'BY - institutt for byutvikling i oppdrag å gjennomføre en miljøanalyse for Store Ringvei i Oslo.

Store Ringvei er en av Oslos hovedtransportkorridorer. Den er byens tredje ringgatesystem regnet fra sentrum, med ca 5 km avstand fra bykjernen. Den utgjør nå en 25 km lang sammenkobling av de radiære innfartsårene fra Lysaker i vest til Skullerud i øst. Det er forventet en sterk trafikkvekst i forbindelse med utbyggingen av hovedveinettet fram til år 2000, med en trafikkbelastning på 50-80 000 kjøretøyer i døgnet. Ringveisystemet er gammelt, og opprinnelig planlagt for en helt annen transportfunksjon enn dagens hovedvei. Rundt veien skulle den tette sentrumsdelen av Stor-Oslo avsluttes, med tett boligbebyggelse langs veianlegget. Det er fortsatt boliger som er dominerende arealbruk inntil Ringveien, og storbyens klassiske konflikt mellom trafikk og miljø blir svært tydelig.

I miljøanalysen er dette forsøkt belyst med en tematisk metode. Det er foretatt en gjennomgang av dagens og framtidig trafikk. Nåværende og planlagt arealbruk er registrert. Støyberegninger og soner med teoretisk luftforurensning er sammenstilt. Veiens romforløp og forhold til bylandskapet er vurdert, og det er gjort en oppsummering av veianleggets sammenheng med omgivelsene som byformelement.

Analysen viser at typen og omfanget av miljøproblemene langs Ringveien stort sett varierer med hovedutbyggingsperioden for veianlegget. På den eldste, vestlige delen er veien kilt inn i et område med småhusbebyggelse, med knappst mulig veikorridor. Den midtre parsellen har mye større variasjon i arealbruken i omgivelsene, store områder er næringsbygg. Den søndre delen, fra Ryen til Skullerud ligger som et konvensjonelt veianlegg i en bred korridor, med liten kontakt til byen rundt.

Den etappevise ombyggingen av Ringveien som nå skjer, har som hovedmålsettinger bedre framkommelighet og utbedring av akutte støyproblemer. Registreringene viser et meget stort støy- og luftforurensningsproblem langs veien. Rundt 1000 boliger ligger innenfor et belte med 65 dB(A) etter gjennomføring av enkle skjermingstiltak. Analysen viser dessuten at utfordringene til miljøhensyn er atskillig mer sammensatte. Det foregår en omdanning av et veianlegg som for store deler er planlagt i sammenheng med arealbruk og byform til en nedkilt transportkorridor med minst mulig kontakt til byen rundt. Enkle, bymessige plankryss og rundkjøringer erstattes av mototveiens planskilte løsninger med direkteførte ramper. Trafikken må finne sin vei i byen utfra skilting, ikke utfra gjenkjennelse av stedene langs veien.

Det stilles spørsmål om en kapasitetsgrense for den videre utbyggingen av Store Ringvei i dagens trase. Analysen tar til orde for en samlet vurdering av arealbruk og videre utbygging av veianlegget, for eksempel som en kommunedelplan for hele veikorridoren. Det antydes en mer variert utbyggingsstrategi, der separasjonstiltakene med skjerming og sanering av randbebyggelse suppleres med en byutviklingsstrategi for enkelte knutepunkter på Ringveien. Variasjonen i Ringveisystemet som avspeiler over 60 års utbyggingsperiode, bør utvikles videre, til en bevisst forskjell i behandlingen av sammenhengen mellom vei og omgivelser på de tre hovedstrekningene.

Interdepartemental gruppe (1996): *Forslag til en politikk for redusert bruk av piggdekk*. Rapport fra interdepartemental gruppe 12. desember 1996. Oslo.

Rapporten inneholder:

- Gjennomgang av ulike virkninger av piggdekkbruk, herunder miljø, helse og ulykker
- Samfunnsøkonomiske analyser av redusert piggdekkbruk
- Gjennomgang av aktuelle virkemidler for å redusere skadevirkninger av piggdekkbruk

Ingebø, A. og Eitrheim, K. (1997): *Måling og varsling av luftkvalitet i Bergen*. Presentasjon på Miljødagene '97 i Trondheim 13-15 mai.

En kort beskrivelse av målemetoder, måleresultater og varsling av luftkvalitet i Bergen. Et samarbeidsprosjekt mellom Bergen kommune, Statens vegvesen Hordaland, NILU og DNMI Vervarslinga på Vestlandet. Sammenligning av måleresultater for PM10 fra Trondheim og Bergen.

NORFAKTA (1998): *Opinionsundersøkelse piggdekk/piggfrie dekk.*

Norfakta presenterer i denne rapporten resultatene fra en undersøkelse som er gjennomført på oppdrag fra Statens vegvesen Sør-Trøndelag. Undersøkelsen kartlegger folks holdninger til bruk av piggdekk. Det er også stilt spørsmål om hvilken dekktype man benytter denne vintersesongen, og hvilken dekktype man regner med å kjøpe neste gang kjøp av dekk er aktuelt.

Rosendahl, K. E. (1998): *Health Effects and Social Costs of Particulate Pollution – A Case Study for Oslo.* Environmental Modelling & Assessment, Vol. 3, no. 1 and 2, 47-61. Baltzer Science Publishers BV.

This study analyses health damages from particulate pollution and the corresponding social costs. The analyses, which are based on transferring dose-response functions to Norway, is made within an integrated approach, where the economic impacts of the health damages are handled separately from the non-economic welfare effects. We find that the social costs of health damages in Oslo are significant, and that the non-economic welfare effects clearly dominate the cost figure.

Statens helsetilsyn (1999): *Bedre byluft. Rapport fra arbeidsgruppe som har vurdert strakstiltaksnivåer, varslingsgrenser og terminologi.* IK-2674.

Arbeidsgruppa foreslår strakstiltaksnivåer for nitrogendioksid (NO₂) og svevestøv (PM₁₀) for vinteren 1999-2000. For NO₂ foreslår arbeidsgruppa at det bør settes i verk strakstiltak ved 200 ug/m³ og for PM₁₀ foreslår arbeidsgruppa at det bør settes i verk strakstiltak ved 100 ug/m³. For begge komponentene gjelder at minst 20 000 personer av kommunenes befolkning er eksponert for disse nivåene. Dette betyr at arbeidsgruppa har skjerpet sin anbefaling når det gjelder svevestøv fra vinteren 1998-1999, som var 150 ug/m³, mens anbefalingen for NO₂ er uendret. Dette er gjort etter en gjennomgang av relevant internasjonal litteratur.

Betegnelse på varslingsklasser	NO ₂ timemiddel µg/m ³	PM ₁₀ 24 timesmiddel µg/m ³	PM _{2,5} 24 timesmiddel µg ^{m3} /m ³
Lite forurenset	<100	<35	<20
Noe forurenset	100-150	35-50	20-35
Mye forurenset	150-200	50-100	35-60
Svært forurenset	>200	>100	>60

Arbeidsgruppa foreslår en varslingsmal for luftforurensning med tilhørende varslingsstekst. Varslingsmalen har fire varslingsklasser: lite, noe, mye og svært forurenset. Laveste varslingsklasse (lite forurenset) tilsvarer for NO₂ og PM₁₀ mindre forurensning en SFTs og Folkehelsas anbefalte luftkvalitetskriterier, mens grensen for svært forurenset er satt tilsvarende arbeidsgruppas forslag til strakstiltaksnivå for NO₂ og PM₁₀. Dessuten foreslår arbeidsgruppa at varslingsmalen også skal omfatte finere svevestøv, PM_{2,2}, siden også eksponering for PM_{2,5} vurderes å kunne utgjøre et helseproblem i norske byer.

Arbeidsgruppa mener ut fra helsemessige vurderinger at strakstiltak mot høye nivåer av enkelte komponenter bør være ett av flere tiltak for å få ned forurensingen i byene, men at dette som eneste tiltak ikke er tilstrekkelig.

Wedberg, W. C. (1999): Støvmålinger i Nygårdstunnelen. Publ. nr. LM376. Universitetet i Bergen, Fysisk institutt.

Ved hjelp av mobilt, manuelt måleutstyr er det foretatt gravimetrisk målinger av svevestøvet (PM₁₀) i Nygårdstunnelens vestgående løp. Målingene er utført på det sted Statens vegvesen Hordaland har en automatisk, kontinuerlig registrerende støvmonitor. De manuelle målingene har strukket seg over to dager i september, med totalt syv timers effektiv måletid. Forholdsvis store sprik kan spores i måleverdiene fra de to målesystemene når tilnærmet synkron enkeltmålinger av ca. fire minutters varighet sammenlignes. Disse forskjeller kan ha sin forklaring i at de to målerne fanger ulikt opp raske endringer i svevestøvnivået forårsaket av kjøretøyer med

spesielt kraftig eksosutslipp. Gjennomsnitt av måleserier over ca. en time viser forskjeller på under 20 %. Gjennomsnittet av samtlige nær synkrone enkeltmålinger første dag (24 par måleverdier) fremkommer som 77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for den automatiske måleren og 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for den manuelle. Tilsvarende tall for andre dag (18 par måleverdier) er henholdsvis 91 og 86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Begge dager er altså forskjellen i totalgjennomsnitt ca. 6 %, med de automatiske måleverdiene høyest. Med så liten forskjell er det ikke grunnlag for å anbefale endring av den automatiske målerens kalibrering ved bruk under kilde- og klimaforhold tilsvarende de som rådet på de to måledagene.

Granum, B. (2000): *The effect of particles on the development of an allergic immune response in a mouse model.* Avhandling, Dr.Scient. Universitetet i Oslo, Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, Biokjemisk institutt.

Svevestøv og allergi - generell effekt av partikler uavhengig av deres kjemi Mye tyder på at forekomsten av allergiske sykdommer har økt. En rekke undersøkelser tyder på at luftforurensning, og kanskje særlig svevestøv (partikkelforurensning) er en av de mulige årsakene som har bidratt til denne økningen. Dette doktorgradsarbeidet gir nye holdepunkter for at små partikler i lufta vi puster inn kan forsterke allergiske reaksjoner.

Den viktigste bidragsyteren til helseskadelig svevestøv fra veitrafikk er sannsynligvis de meget små sotpartiklene som dannes ved forbrenning av diesel (dieseleksospartikler, diameter $<0,001$ mm). Forsøk utført i mennesker forteller at disse partiklene kan forsterke allergiske reaksjoner. Dieseleksospartiklene har en uregelmessig karbonkjerne med ulike kjemiske stoffer fra forbrenningen bundet til denne kjernen. Det er derfor vanskelig å vite om dieseleksospartiklenes effekt på allergiske reaksjoner skyldes partikkelkjernen eller de kjemiske stoffene som er bundet til den.

I dette doktorgradsarbeidet ble det brukt musemodeller og ulike, godt karakteriserte modellpartikler (diameter < 0,001 mm) for å undersøke om små partikler i seg selv, uavhengig av kjemiske stoffer på partiklene, kan ha en effekt på utviklingen av allergiske reaksjoner. Resultatene tyder på at små partikler i seg selv kan ha en slik virkning.

I dag brukes vekt som mål på mengden av svevestøv (mikrogram partikler per volumenhet luft). Resultater fra vår studie tyder på at i forhold til allergi, så er det totale overflatearealet til partiklene og det totale antall partikler i lufta et bedre mål på svevestøv enn bare vekten av partiklene. Disse funnene har betydning for hvordan svevestøv bør måles, da vekta i betydelig grad påvirkes av de relativt store steinpartiklene dannet ved bl.a. slitasje på veidekket. De meget små partiklene utgjøre derimot bare en liten prosentandel av total vekt, men kan bety mest for helsa.

Arbeidet ble utført ved Avdeling for miljømedisin ved Statens institutt for folkehelse.

Norsk petroleumsinstitutt (2000): *Innblikk*. Rapport nr 1 2000, Halvårsrapport fra bransjeforbundet for markedsførende oljeselskaper.

Drivstoffavgiftene skal på en mest mulig effektiv måte brukes for å redusere de samfunnsmessige kostnadene ved veitrafikken – sier statsbudsjettet. Men virkeligheten er en helt annen: Avgiftene på bensin og diesel påvirker nesten ikke utslipp, kjørelengde eller kjøremønster. Med dagens avgiftssystem betaler dessuten distriktene høye avgifter på grunn av køkostnadene i de store byene.

NP mener det derfor er nødvendig med en total omlegging av avgiftssystemet: En omlegging som vil gi betydelige reduksjoner i de samfunnsøkonomiske kostnadene ved veitrafikken – samtidig som bensin- og dieselavgiftene reduseres med to kroner.

Men det spørres om politikerne vil! For drivstoffavgiftene er ypperlige redskaper for å sikre staten inntekter. Spørsmålet er om ikke politikerne bruker de samfunnsmessige kostnadene bare som et skalkeskjul for å kunne trekke inn skatteinntekter?

Grinna, S., Hedstein, A., Kruse, B. og Musæus, T. E. (2001): *Transport og luftutslipp. Fakta, løsninger og strategi*. Bellona rapport nr 4:2001.

Bellona har i denne rapporten valgt å se nærmere på utslipp til luft (avgasser) fra transportsektoren. Avgassene bidrar til å skape både lokale, regionale og globale miljøproblemer. I Norge blir blant annet over 700 000 mennesker utsatt for forhøyede verdier av forurensningskomponenter i byluft. Videre medfører transportsektorens bidrag til gasser som danner sur nedbør og bakkenær ozon, store kostnader, og utslipp av karbondioksid påvirker klimaet på jorda.

Berents, T. L. og Claussen, B. (2002): *Luftforurensning og helse Tidsskr Nor Lægeforen nr 10, 2002; 122: 198-201.*

Luftforurensningen i Norge og andre vestlige land har over tid endret karakter. Tidligere var forurensningen i luften, særlig i de store byene, dominert av svoveldioksid og større partikler. Forurensningen er i dag i større grad preget av små partikler, flyktige organiske forbindelser, ozon og nitrogenoksider.

Formålet med denne artikkelen er å se nærmere på behovet for å sette i verk større forskningsarbeider i Oslo omkring temaet luftforurensning og dødelighet.

Innledningsvis gir artikkelen en generell innføring i luftforurensning. Deretter blir resultater fra enkelte sentrale studier om luftforurensning, dødelighet og sykkelighet presentert. Trenden i resultatene synes å være at luftforurensning kan føre til økt sykkelighet og dødelighet. Det virker imidlertid usikkert hvilke luftforurensningskomponenter og hvilken konsentrasjon av disse som kan ha helseskadelige effekter. Denne usikkerheten trekker i retning av at det kan være hensiktsmessig med forskningsprosjekter innenfor dette feltet i Oslo.

Statens vegvesen, Samferdselsetaten, Helsevernetaten og Plan- og bygningsetaten (2003): Luftforurensningskart for Oslo. Brukerveiledning.

Denne brukerveiledningen presenterer beregnede luftforurensningskonsentrasjoner i Oslo på kartform og gir en innføring i hvordan kartene skal brukes og tolkes. Kartene kan brukes separat, men gir videre muligheter i GIS verktøy - se vedlagte CD rom. Kartene kan fåes tak i fra Helse- og velferdsetaten (www.hev.oslo.kommune.no).

Håndtering av lokal luftforurensning i plansituasjoner har avdekket et stort behov for faglig veiledning for saksbehandlere. På denne bakgrunn ble det utarbeidet en veiledning om luftforurensning i plansaker i 2001 (Tilrådningsnotat Statens vegvesen m.fl., 2001). For å kunne synliggjøre luftforurensningssituasjonen i Oslo på kartgrunnlag ble det nedsatt en arbeidsgruppe som skulle sørge for at slike kart ble utarbeidet. Beregninger er gjennomført av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på grunnlag av data for 2001. Foreliggende rapport presenterer disse kartene og gir en veiledning i hvordan de kan brukes og tolkes. Ved vurdering av luft i plansaker bør denne brukerveiledningen brukes sammen med det reviderte Tilrådningsnotatet som finnes på www.luftkvalitet.info/oslo.

I prinsippet bør luftkvalitet sjekkes ut i alle plansaker. De beregnede forurensningskartene gir en forholdsvis god geografisk beskrivelse av luftforurensningssituasjonen i Oslo-området. Kartene vil derfor kunne være et nyttig verktøy for raskt å få et inntrykk over situasjonen i planområdet. Kartene er beregnet for 2001, men antas å være gyldige inntil utslippene av svevestøv og nitrogendioksid, eller andre parametere som veinetten, har endret seg vesentlig. Målgruppen for veilederen er i utgangspunktet saksbehandlere med noe kunnskap om lokal luftkvalitet i etater som Statens vegvesen, Samferdselsetaten, Helsevernetaten og Plan- og bygningsetaten.

Deltakerne i arbeidsgruppa har vært:

- Statens vegvesen v/Wenche Styrvold og Ellen Foslie
- Samferdselsetaten v/Anne Gislerud og Gesa Isabella Rudolph
- Plan- og bygningsetaten v/Bente Moringen

- Helsevernetaten v/Ingrid Myrtveit

Engebretsen, S. E. (2004): *Magnesiumklorid. MgCl₂ salt til vegformål. Egenskaper, muligheter og begrensninger.* G. C. Rieber Salt A/S

Bruken av Magnesiumklorid i vegvedlikeholdet har så langt vist seg å ha mange positive effekter. De beste erfaringene har man fra støvdempingstiltak på grusveger, som har vist seg positive og med en god langtidseffekt.

På forsøksbasis startet man for to år siden tester med å tilsette magnesiumkloridløsning til tørt salt, FS-30, ved temperaturer under -8°C . Resultatene har vært svært gode, både med hensyn til tineeffekt, langtidsvirkning og nedsatt saltforbruk. Forsøkene vil fortsette i én, og kanskje to sesonger til, i et samarbeid mellom vegdirektoratet og SINTEF. Resultatene er positive så langt, og det er grunn til å følge fortsettelsen med en forsiktig optimisme.

Målet vil være at magnesiumkloridløsning blir et fast tiltak i vintervedlikeholdet.

På bakgrunn av en SINTEF-rapport om svevestøv i Trondheim, er magnesiumklorid blitt et fast tiltak mot akutt svevestøv i denne byen, spesielt mot svevestøv i tunneler. Forsøk er også foretatt i bygater, med positive resultater, og disse forsøkene vil fortsette. Trondheim har vært en "problemby" når det gjelder svevestøv. Oppnår man gode resultater her, vil disse tiltakene bli standardrutiner i de andre storbyene.

Det fine er, at man benytter et salt som er en naturlig bestanddel i sjøvann. Saltet, magnesiumklorid, er dessuten tilnærmet 100 % løselig i vann, og det etterlater ingen uopløselige komponenter som selv kan produsere støv. Magnesiumkloridets potensial ser med andre ord svært lovende ut.

På bakgrunn av de positive resultatene i Trondheim, ble det igangsatt tilsvarende tiltak i Helsingfors. Også her falt tiltaket positivt ut. Disse tiltakene ga støtet til tilsvarende undersøkelser i Stockholm, utført av "Väg och transport-forskningsinstitutet." Man så

tydelig en markant forbedring ved bruk av magnesiumkloridløsning, til bekjempelse av, de til tider, høye PM10 verdier. Fra 2005 vil det innføres en ny miljøkvalitetsnorm, som vil sette et tak på innåndingsluftens innhold av PM10. Da vil forsøket med bruk av magnesiumkloridløsning i denne kampen, bli til et permanent tiltak.

Mannsaker, B, Vikan, T. og Holme, J. (2004): *Luftforurensning og kardiovaskulær sykdom i Trondheim*. Tidsskr Nor Lægeforen nr 10, 2004; 124: 1381-3.

Bakgrunn. Det er holdepunkter for å tro at luftforurensning kan virke inn på risikoen for kardiovaskulær sykdom.

Materiale og metode. Vi sammenliknet gjennomsnittlig antall akuttinnleggelser for kardiovaskulær sykdom per døgn ved St. Olavs Hospital ved ulike lokalt målte konsentrasjoner av forurensningskomponentene PM10, PM2,5, NO, NO2, SO2, O3, toluen og paraxylene. Det ble også gjort tidsserieanalyse for å se om dag-til-dag-variasjoner i luftforurensning førte til endringer i daglig antall akuttinnleggelser.

Resultater. Gjennomsnittlig antall akuttinnleggelser for kardiovaskulær sykdom var signifikant høyere på dager med NO- og NO2-nivåer over 80-percentilen (henholdsvis 57,6 µg/m³ og 43,1 µg/m³) enn på dager med forurensningsnivåer under 20-percentilen (henholdsvis 11,3 µg/m³ og 16,9 µg/m³) (p < 0,05). Tidsseriestudien viste ingen signifikant sammenheng mellom dag-til-dag-variasjoner i forurensning og akuttinnleggelser for kardiovaskulær sykdom.

Fortolkning. Resultatene kan tyde på at relativt høye nivåer av NO og NO2 gir flere akuttinnleggelser for kardiovaskulær sykdom. Dette kan tale for en etiologisk rolle for dieseleksos, som er hovedkilden til NO og NO2.

Karlsen, M. og Ousland, E. (2005): *Bruk av magnesiumklorid som støvdempende tiltak*. Hovedoppgave. Høgskolen i Oslo, avdeling for ingeniørutdanning. Bygglinjen.

Forsøkene med utlegging av $MgCl_2$ -løsning på fire vegstrekninger i Oslo ble gjennomført i perioden 15.11.04 – 31.03.05. Pga problemer med måleutstyr, har denne rapporten tatt for seg strekningen Ryen – Bryn senter, der tiltakene ikke ble iverksatt før 15.02.05. At den vurderte perioden er såpass kort, og at den vurderte strekningen er relativ kort (ca.3,2 km av totalt 58,4 km), er to faktorer som ikke er gunstige. Men uansett har disse forsøkene en viktig rolle, da de er med på å bekjempe et økende svevestøvsproblem i lufta i Oslo. De resultatene som ble oppnådd på dette forsøket, vil gi en gyldig pekepinn på om $MgCl_2$ -løsningen kan være en viktig bidragsyter til bekjempelse av svevestøv eller ikke, på de mest svevestøvbelastede vegstrekningene i Oslo.

Det har tidligere blitt gjennomført mindre forsøk i Oslo, med utlegging av $MgCl_2$ -løsning på vegbanen, men ikke like omfattende som dette prosjektet, og med lite tilgjengelig dokumentasjon. Prosjektet ”Bruk av magnesiumklorid som akutttiltak for støvdemping på E6 gjennom Trondheim”, ble gjennomført i Trondheim i 2003 og ga gode resultater. Også flere prosjekter i Norge med bruk av $MgCl_2$ -løsning i tunneler har gitt gode resultater.

Denne vinterens forsøk med bruk av $MgCl_2$ -løsning har til dels gitt positive resultater. En sammenligning av svevestøvs konsentrasjonene dagen før utlegging av $MgCl_2$ -løsning med dagene etter, viste en sterk prosentvis reduksjon av alle fraksjonene. Grovfraksjonen av PM_{10} (partikler med diameter mellom 2,5 og 10 mikrometer) hadde en reduksjon på nesten 20 % i gjennomsnitt over perioden. PM_{10} hadde en reduksjon på 17 %, mens den minste fraksjonen $PM_{2,5}$ hadde en reduksjon på 13 %.

I antall overskridelser av grenseverdien av PM_{10} , som er på $50\mu g/m^3$, kom det fram positive resultater. Sammenlignet med referansestasjonen på Løren, der det ikke ble lagt ut $MgCl_2$ -løsning, var tallenes tale klar. Observasjoner de to foregående år (2003 og 2004), har vist at de to målestasjonene lå omtrent likt i antall overskridelser før

tiltaket med $MgCl_2$ -løsning ble gjennomført på Manglerud. Denne vinteren som tiltakene ble gjennomført var det 23 % færre døgn med overskridelser på Manglerud sammenlignet med Løren. Også den gjennomsnittlige døgnkonsentrasjonen for hele perioden viste seg fordelaktig for Manglerud.

Det har ikke vært mulig å finne et mønster gjennom forsøksperioden, som viser en entydig positiv effekt på svevestøvkonsentrasjonen dagen etter utlegging av $MgCl_2$ -løsning. Det er vanskelig å se om det er klimaforholdene eller $MgCl_2$ -løsningen, som har størst innvirkning på svevestøvkonsentrasjonen. Sammenligningen med referansestasjonen på Løren har imidlertid vist at hele perioden sett over et, har det vært en stor nedgang i svevestøvsnivåene på Manglerud sammenlignet med Løren.

Utlegging av $MgCl_2$ -løsning ble gjennomført på natten. Ikke bare har dette store praktiske fordeler med tanke på trafikken etc., men også med tanke på støvnivåene. Lite trafikk på natten gjør at det er lite av svevestøvet som virvles opp. Isteden legger svevestøvet seg i vegbanen, og lar seg dermed binde opp av $MgCl_2$ -løsningen.

Ved å sammenligne klimadataene fra Valle Hovin med svevestøvkonsentrasjonene på Løren og Manglerud har vi prøvd å finne ut hvordan klimaet påvirker svevestøvet. Basert på tidligere erfaringer og det innsamlede datagrunnlaget kan vi med stor sikkerhet si at både den relative luftfuktigheten og nedbørsmengdene har betydning for spredning, mengde og hvor lenge svevestøvet holder seg i luften.

Med vindhastigheten var resultatene sprikende. På Manglerud var effekten minimal, mens det på Løren var en klar tendens til at økte vindhastigheter førte til lavere konsentrasjoner svevestøv. Dette kan skyldes topografien i området og de fysiske omgivelsene. Det er umulig å fastslå om temperaturen har noen som helst innvirkning på svevestøvet. Temperaturintervallet var heller ikke særlig stort.

Varigheten av $MgCl_2$ -løsningen fikk vi ikke veldig gode resultater på. Målingene som ble foretatt viste at virkningen var veldig god på alle fraksjoner i ca. 10-12 timer etter utlegging, men at virkningen var mindre tydelig etter denne tiden.

Det ble kun gjennomført feiing av vegbanen tre ganger i forsøksperioden. Dette kunne med fordel ha blitt gjennomført flere ganger, og gjerne hver gang før utlegging av $MgCl_2$ -løsning, slik at resultatene av disse to tiltakene i sammen kunne blitt vurdert. En negativ effekt ved bruken av magnesiumkloridløsning, er at utleggingen medfører merarbeid ved rengjøringen av vegbanen og vegskuldrene. Utleggingen fører til at støvet blir en seig masse idet det bindes opp, i motsetning til det tørre stoffet det normalt er. Dette gjør det vanskeligere å ta det opp. Sugebilene har ofte hatt problemer med at slangene tetter seg og arbeidet tar generelt lengre tid, og de har problemer med å ta opp de minste partiklene.

Anbefalinger

Svevestøvkonsentrasjonene er veldig langt unna å tilfredsstille kravene i forskrift om lokal luftkvalitet til antall overskridelser.

Erfaringene med tiltakene gjennomført i perioden, har vært såpass positive at vi anbefaler videre utprøving av bruk av $MgCl_2$ -løsning som støvdemper. Datadokumentasjonen i dette prosjektet er for liten til at vi med sikkerhet kan fastslå en entydig positiv effekt. Vi anbefaler videre bruk av $MgCl_2$ -løsning til neste år, men da med et bredere datagrunnlag for å bedre kunne dokumentere effekten. Vi anbefaler også at frekvensen økes på feiing av vegbanen, helst før hver utlegging av $MgCl_2$ -løsning.

SVERIGE

Sammanställning av forskningsprojekt i Sverige med bäring på vägdammer

Mats Gustafsson

Innehållsförteckning

<i>1</i>	<i>Vägverket (2001-2005)</i>	<i>4</i>
1.1	Avslutade projekt	4
1.2	Pågående projekt (2006)	21
1.3	Planerade projekt	23
<i>2</i>	<i>Emissionsforskningsprogrammet EMFO</i>	<i>24</i>
2.1	Pågående projekt	24
<i>3</i>	<i>Naturvårdsverket (SNAP)</i>	<i>29</i>
3.1	Avslutade projekt	29
3.2	Pågående projekt	31
<i>4</i>	<i>FORMAS</i>	<i>37</i>
<i>5</i>	<i>Arbete i kommuner</i>	<i>38</i>

1 Vägverket (2001-2005)

1.1 Avslutade projekt

Icke-avgasrelaterade partiklar i vägmiljön

Mats Gustafsson, VTI

Sammanfattning

Icke-avgasrelaterade partiklar härrör från, i huvudsak, slitage och korrosion av vägbeläggning och fordonskomponenter som t.ex. däck och bromsbelägg. Bidrar gör även drift- och underhållsåtgärder, vägutrustning och partiklar transporterade till vägmiljön från omgivningen. Denna litteraturstudie syftar till att sammanställa befintlig kunskap om luftburna partiklar från dessa källor. Tyngdpunkten har varit partikelkaraktäristik, emissioner samt hälso- och miljöeffekter.

I Sverige är det slitaget som orsakas av dubbdäcksanvändning den i särklass största källan till icke-avgasrelaterade partiklar. Mängden bortsliten vägbeläggning är idag ca 110 000 ton per år. Detta är i ca. en tiopotens högre än däckslitaget som i sin tur är ca en tiopotens större än slitaget av bromsbelägg. Siffrorna är dock osäkra, speciellt vad gäller bromsbelägg.

Partiklar från vägbeläggning består i huvudsak av det i beläggningen ingående stenmaterialet (i Sverige en stor andel kvartsrika bergarter) samt några procent bitumenpartiklar. Beläggningssten har även visats vara en viktig källa till tungmetaller.

Partiklar från däck består i huvudsak av olika gummisorter, men ingår gör även en mängd kemiska substanser som används vid däckframställningen. Ingående s.k. HA-oljor innehållande PAH har diskuterats som en miljö- och hälsorisk och arbete pågår med att avlägsna dessa ur däckmaterialet. Däck är även den huvudsakliga källan till zink i vägmiljön. Mycket skiftande uppgifter förekommer dock om omfattningen av och riskerna med emissioner av däckslitagepartiklar.

Partiklar från bromsbelägg är den minst undersökta av de tre huvudsakliga källorna. I Sverige har en fåtal undersökningar, grundade på slitageberäkningar, visat att bromsbelägg kan vara en viktig källa till föroreningar av tungmetaller och då främst koppar, i storstadsregioner. En förhållandevis stor andel av bromsbeläggspartiklarna utgörs av respirabla partiklar (PM_{2,5}).

Bland övriga partikelkällor kan nämnas katalysatorer, som tillfört platinametallerna till vägmiljön, vars eventuella effekter idag är i stort sett okända. Vad gäller bidraget från vägens omgivningar är litteraturen obefintlig.

SMHI:s modell Dispersion och den norska VLUFT är luftföroreningsmodeller där resuspension av vägdamm från bl.a. dubbdäcksanvändning ingår. Dispersion tar hänsyn till en mycket stor mängd parametrar men vad gäller beläggningsslitage används värden från norska undersökningar vilka kan vara svåra att jämföra med svenska beläggningar p.g.a. stora skillnader i hårdhet. VLUFT är en Windows-baserad modell. Den hänsyn som tas till dubbdäcksslitage på vägbeläggning begränsas dock till en konstant som sätts till 1 eller 2. Båda modellernas vägdammsmoduler är således i behov av vidare verifiering och utveckling.

Trots att huvuddelen av den medicinska litteraturen menar att finare partiklar är hälsofarligare, visar de många undantagen att partikelstorleken endast är en av flera egenskaper, som måste beaktas för att nå en mer entydig bild av partiklars hälsoeffekter. I nuläget föreligger en diskordans mellan experimentella och epidemiologiska studier.

De potentiella hälsoriskerna kopplade till icke-avgasrelaterade partiklar, som bör undersökas vidare, är partiklarnas storleksfördelning och andelen PM10 och PM2,5, kvarts i beläggningsdamm, PAH och latex från däck och den stora andelen PM2,5 och tungmetaller i partikelemissioner från bromsbelägg.

Åtskilliga studier visar på effekter av slitagepartiklarnas kemi, där främst problem med tungmetaller och PAH från vägdamm i ytvatten, grundvatten och mark har behandlats. Direkta partikeleffekter är endast något undersökt med avseende på vegetation.

Forskningsbehovet kring icke-avgasrelaterade partiklar bedöms som stort, främst med tanke på den växande kunskapen om partiklars hälsoeffekter i kombination med den brist på kunskap som föreligger såväl om partiklarnas fysikaliska och kemiska egenskaper som om de verkliga emissionerna av dessa partiklar i Sverige.

Rapport

[VTI Meddelande 910](#)

Effekter på epitelceller och alveolarmakrofager av slitagepartiklar från beläggning, däck och dubbar genererade i provvägsmaskin, WearTox (VTI/Li U/L U))

Mats Gustafsson, VTI

Projektbeskrivning

Slitagepartiklar från beläggning, däck, bromsar och dubbar bidrar säsongsvist starkt till att miljökvalitetsnormen för PM₁₀ idag inte uppfylls i många stadsmiljöer. Eftersom måttet PM₁₀ inte i sig självt räcker för att avgöra om partiklar är hälsofarliga eller ej krävs kunskap om dessa partiklars storleksfördelning, kemisk/mineralogisk och fysikalisk karaktäristik och analyser av den toxiska effekten av källspecifika partiklar. Syftet med detta projekt är att öka kunskapen om de biologiska effekterna av inhalerbart vägdamm i luftvägarna och att karakterisera partiklarna avseende fysikaliska och kemiska egenskaper. Hypotesen är att en stor del av partiklarna i vägdamm utgörs av de respirabla storleksfraktionerna PM₁₀ och PM_{2,5} och att dessa partiklar påverkar frisättningen av inflammationsmediatorer från alveolarmakrofager och därmed är inflammationsframkallande. Samt att slitagepartiklar utgör en betydande del av dessa storleksfraktioner och därmed bidrar till inflammationsutvecklingen. Projektet tar fram information om karaktäristik och inflammationspotential hos en av de vanligast förekommande partikelkategorierna i urban miljö - slitagepartiklar, vilket ger kunskap för att bedöma partiklarnas potentiella hälsoeffekter.

Sammanfattning

Höga halter av inandningsbara partiklar (PM₁₀) i omgivningsluften har en bevisad relation till befolkningens dödlighet och insjuknande i olika typer av luftvägssjukdomar. Det finns även indikationer på kopplingar till hjärt- och kärlsjukdomar. Partiklarnas negativa inverkan på vår hälsa har medfört att EU infört direktiv för hur höga halter som får förekomma i utomhusluften. I Sverige har detta direktiv omsatts i våra miljökvalitetsnormer för inandningsbara partiklar, som innebär att medelhalten under året får vara högst 40 µg/m³ luft och medelhalten under dygnet högst 50 µg/m³ luft. Dygnsmedelhalten får överskridas högst 35 dygn på ett år.

Idag överskrids miljökvalitetsnormen i flera tätorter. De högsta halterna av PM₁₀ uppstår i hårt trafikerade väg- och gatumiljöer under torra perioder på vinterhalvåret. En del av partiklarna är förbränningspartiklar, men upp till 80 % av massan kan utgöras av slitagepartiklar från främst vägbeläggning, däck och bromsar. I miljöer där vintersandning används bidrar även denna till luftens partikelinnehåll. Den helt dominerande andelen av partiklarna är beläggningsslitage, som orsakas av vinterhalvårets dubbdäcksanvändning.

Kunskapen om slitagepartiklarnas betydelse för PM₁₀ har medfört ett ökat intresse för deras egenskaper och huruvida partiklarna är lika hälsofarliga som förbränningspartiklar. Föreliggande projekt, WearTox, är en pusselbit i denna kunskapsuppbyggnad. I projektet har en provvägsmaskin använts för att bilda ”rena” slitagepartiklar genom interaktion mellan dubbdäck och två olika beläggningar. Fördelen med den experimentella miljön är att bidraget till PM₁₀ från andra källor kunnat minimeras. Beläggningarna var en så kallad asfaltbetong (ABT) och en skelettasfalt (ABS) med granit respektive kvartsit som huvudsakligt stenmaterial. PM₁₀ från försöken samlades in och deras egenskaper studerades. Partiklarnas inflammatoriska egenskaper studerades i cellförsök där celler från mänskliga luftvägar

exponerades och deras utsöndring av cytokiner uppmättes. Cytokiner är en typ av signalsubstanser som cellerna avger då de utsätts för t.ex. partiklar.

Projektet byggdes under projekttiden på med försök där odubbade vinterdäck (så kallade friktionsdäck) och två olika typer av vintersand (friktionsmaterial) användes. Dels provades tvättat stenkross, dels otvättad natursand i kombination med såväl dubb- som friktionsdäck.

Resultaten styrker att dubbdäcksslitage av beläggning orsakar stora mängder PM₁₀, i storleksordningen 40–50 gånger mer än friktionsdäck, men visar också på stor skillnad mellan de två belägningarna. ABT-beläggningen med granit orsakar flera gånger högre halter i experimenten. Halterna ökar med ökande hastighet. Storleksfördelningen för PM₁₀ var mycket lika för de två belägningarna, med maximum vid ca 3–4 µm och mer än 95 % av massan grövre än 1 µm. Grundämnesanalys och mikroskopi visar att PM₁₀ totalt domineras av stenmaterial. Partiklarnas skarpa och kantiga former visar att partiklarna är nybildade. Vid försöken upptäcktes även en fraktion mycket små partiklar, med en antalstopp runt några tiotals nanometer (10⁻⁹ m). Dessa s.k. nanopartiklar utgör en försvinnande liten del av massan, men en mycket stor andel av antalet partiklar. Nanopartiklarnas ursprung är ännu okänt, men då storleksfördelningen av dessa förändrades då dubbdäck byttes till friktionsdäck, kan däcken antas vara en trolig källa.

I experimenten med sandningsmaterial befanns den otvättade natursanden orsaka högst koncentrationer. Såväl dubb- som friktionsdäcksförsöken med natursanden gav högre halter än försöken med det tvättade stenkrosset. Dubbdäck gav för båda friktionsmaterialen högre halter än friktionsdäck. Natursandens innehåll av fina fraktioner redan från start förklarar de höga partikelhalterna. I stenkrosset var dessa fraktioner i huvudsak redan borttvättade och det mesta måste alltså produceras då materialet mals mot beläggningen av däckens rörelser.

I cellstudierna jämfördes slitagepartiklarna med PM₁₀ insamlat vid Hornsgatan i Stockholm (som är den mätplats som visat på högst halter i Sverige) resp. från luften i en tunnelbanestation i Stockholm. Sent i projektet kunde även dieselpartiklar tillgängliggöras, varför även dessa kunde användas som jämförelsematerial.

Resultaten från cellstudierna tyder på att PM₁₀ härrörande från dubbdäcksslitage av ABT-beläggningen är minst lika inflammatoriskt som dieselpartiklar och mer inflammatoriskt än partiklar från tunnelbanan. Partiklarna från Hornsgatan var generellt mest inflammatoriska, men PM₁₀ från ABT var ofta lika (eller nästan lika) inflammatoriska. Detta trots att PM₁₀ från Hornsgatan innehöll endotoxin, ett ämne som finns i vissa bakterier och som ger en extra effekt i den typ av cellförsök som använts i denna studie. PM₁₀ från ABS-beläggningen var genomgående mindre inflammatorisk än PM₁₀ från ABT-beläggningen.

Sammanfattningsvis visar projektets resultat att dubbdäck bidrar i mycket högre grad än friktionsdäck till luftens innehåll av PM₁₀. Bildningen av PM₁₀ varierar, förutom med däcktypen, även med hastigheten och beläggningstypen. Slitagepartiklarna har i förhållande till jämförelsematerialet förhållandevis hög inflammatorisk potential. Partiklarnas inflammatoriska potential påverkas även av beläggningstypen. Sandningsmaterial bestående av otvättad natursand orsakar avsevärt högre PM₁₀-bildning än tvättat stenkross, särskilt i kombination med friktionsdäck.

Studien visar att slitagedamm från dubbdäcksanvändning och vinterdrift är en viktig källa till inflammatoriska partiklar i väg- och gatumiljöer, men också på potentialen att minska emissionerna av dessa partiklar genom t.ex. förbättrade beläggningmaterial och förbättrad vinterdrift av gator och vägar.

Rapporteur:

[WearTox, VTI Rapport 520](#)

[WearTox, VTI Rapport 521](#)

Kvantifiering av relativa betydelsen av dubbdäck, sandning/saltning och vägmateriale för PM10-halten längs vägarna

Christer Johansson, Institutionen för tillämpad miljövetenskap, Stockholms universitet.

Projektbeskrivning

I detta projekt föreslås direkta mätningar som skall kunna klargöra relativa betydelsen av dubbdäcken, sandningen/saltningen och vägmaterialet under verkliga förhållanden längs vägarna. PM10 halten mäts omedelbart bakom framhjulet på ett fordon som färdas längs olika vägtyper under olika förhållanden. Dessutom mäts PM10 halten i luften ovanför taket på bilen. Skillnaden i halt är ett direkt mått på emissionen av slitagepartiklar. Eftersom instrumentet endast detekterar partiklar mindre än 10 µm är mätningen ett mått på den potentiella PM10 emissionen. Mätningarna genomförs i samråd med den kommunala väghållaren (Stockholms kommuns gatu- och fastighetskontor) och den statliga väghållaren (Vägverket Region Stockholm). Väghållarna förutsätts ansvara för sandning/saltning/sopningsaktiviteterna inom projektet samt bistå med information om lämpliga vägsträckor för att studera vägmaterialets betydelse för PM10 emissionerna. Resultaten skall kunna ligga till grund för åtgärdsprogram som syftar till att klara miljö kvalitetsnormerna för PM10.

Artiklar:

[AMBIO 2005](#)

[Brunekreef & Forsberg ERJ Aug 05](#)

[Editorial ERJ Aug 05](#)

Utveckling och validering av modell för beräkning av PM10 i urban miljö (Sib Analys/SMHI)

Gunnar Omstedt, SMHI

Projektbeskrivning

Projektet skall resultera i en validerad modell som kan användas på ett tillförlitligt sätt vid kontroll av luftburna partiklar i urban miljö och vid miljökonsekvensbeskrivningar i plansammanhang (t ex detaljplaner och arbetsplaner). Avsikten är också att klarlägga betydelsen av olika källor till halterna av partiklar mätt som PM10 i urban miljö. I projektet ingår mätningar som skall ligga till grund för käll- receptorberäkningar och skall kunna användas för att validera beräknade PM10 halter. Beräkningar kommer att genomföras med en meteorologisk spridningsmodell som tar hänsyn till alla källor inklusive förbränningspartiklar, långdistanstransport och processer som bidrar till uppvirvlingen av partiklar (vägslitage, däck, bromsar etc). Målsättningen är att modellen skall kunna simulera alla bidragen till partikelhalterna, även från processer såsom vägslitage under vinter- och sommarförhållanden (med respektive utan dubbdäck och halkbekämpning) och slitage av däck och bromsar.

Modellen skall beskriva betydelsen av olika fordonstyper (tungt respektive lätta fordon), så att den kan appliceras på olika framtida beräkningsscenarier där andelen av olika fordonstyper varierar. Olika fordon genererar olika mängder partiklar via avgasutsläpp, slitage och även genom att de på olika sätt genererar turbulens som virvlar upp partiklar. Betydelsen av olika meteorologiska förhållanden måste också kunna beskrivas. Till detta hör vägbanans fuktighet och betydelsen av vindgenererad uppvirvling.

Sammanfattning

I denna rapport presenteras en ny modell för beräkning av emissioner från uppvirvlade partiklar (PM10 och PM2.5) i trafikmiljö. Modellen bygger på två grundläggande antaganden, nämligen att uppvirvlingen är kraftigast då gatan/vägen är torr och att mängden damm på gatan/vägen ökar under vintern. Den är en vidareutveckling av den modell som presenterats av Bringfelt et al. (1997). Den nya modellen har utvärderats med hjälp av mätdata från två olika trafikmiljöer. Den första är ett slutet gaturum i Stockholm (Hornsgatan) och den andra är en öppen motorväg norr om Stockholm (Vallstanäs). Resultaten visar att modellen beskriver väl uppmätta halter, såväl för Hornsgatan som Vallstanäs. Modellen beskriver väl variabilitet i PM10 halter, speciellt de höga halter som uppträder på senvintrar och tidigt på våren som ofta uppmäts i Nordiska länder då dubbdäck används.

Rapport:

[SMHIs modell 2004](#)

Artiklar:

[SMHI Ketzal et al 2005](#)

[SMHI Omstedt et al 2005](#)

Försök med intensifierat vintervägunderhåll i Stockholmsregionen (VST/Slb A)

Christer Johansson, SLB analys

Projektbeskrivning

Slb har utfört kontinuerliga mätningar av partikelhalten på två större vägar i Stockholm och halterna för dessa två vägar följer varandra. Intensifierad vägrengöring införs på den ena av dessa vägar medan den andra sköts enligt normala rutiner under två vintersäsonger. Därefter mäts partikelhalt på båda vägarna och jämförs. Mätningarna bör visa om denna metod leder till förbättrad luftkvalitet i form av lägre PM10-halter.

Projektet som bedrivs i samarbete med Stockholms stad har studerat betydelsen av konventionell rengöring av vägbanan, högtrycksspolning av vägrene samt dammbindning med kalciummagnesiumacetat (CMA).

Rapport:

[SLB analys 4 2004](#)

[SLB Rapport 10 2005 om dammbindningsförsök](#)

Modell för beräkning av luftkvalitet i vägars närområde, SIMAIR (VV/NV/SMHI)

Lars Gidhagen, SMHI

Projektbeskrivning

Bakgrunden till projektet är att det saknas ett enkelt och lätt tillgängligt modellsystem för beräkning av luftkvalitet i vägars närhet. Tidigare hjälpmedel har blivit föråldrade och är dessutom inte anpassade till nya miljökvalitetsnormer. I dagsläget är man utöver mätningar hänvisade till att antingen använda enkla nomogram eller bygga upp avancerade modellsystem. Det nya internetbaserade modellsystemet skall täcka in luckan mellan dessa nivåer. I ett inledningsskede används emissioner beräknade med samma metod som i Vägverkets EVA-system. Vägnetet baseras på databasen NVDB, vilken förses med trafikdata och andra aktivitetsdata från information hos Vägverket och kommunerna själva. SAMPERS/EMME användas för att uppskatta trafikflödena på länkar där tillförlitlig information saknas, eventuellt schabloniseras trafikuppgifter på mindre trafikerade vägar och gator. Den s k Sverigemodellen (MATCH), som redan idag beräknar vissa av de önskade bakgrundshalterna, vidareutvecklas till att generera regionala bidrag uppdelat i två komponenter: import från länder utanför Sverige samt regional påverkan från källor inom Sverige. För urbana bidraget används en traditionell Gaussisk flerkällemodell, alternativt en variant av den enklare danska trajektoriemodellen BUM. På lokal skala används linjekällemodellen HIWAY för öppna väglänkar och den danska OSPM för gaturum. Alla modellsimuleringar föreslås ske som tidsserier av timmedelvärden under ett år, vilket medför att simulerade halter direkt kan jämföras mot riktvärden och mot eventuella mätningar. Den stora mängd information som ska hanteras, och samtidigt vara uppdaterad och uniform för alla användare i Sverige, medför att den tekniska plattformen baseras på en central server, mot vilken användarna är uppkopplade via Internet. Modellsystem och databaser lagras på en central Linux-server. Användargränssnittet görs som förenklade varianter av det nyutvecklade Internet-Airviro.

Modell (lösenord krävs) och info finns på <http://simair.smhi.se/>

Rapporter:

[SIMAIR teknisk rapport](#)

[SIMAIR användarbeskrivning](#)

Emissionsfaktorer för inandningsbara slitage- och resuspensionspartiklar förknippade med vägtrafik (VTI)

Mats Gustafsson, VTI

Projektbeskrivning

Det förligger ett behov av att, i luftkvalitetsmodeller, kunna ta hänsyn till faktorer som styr emissioner av partiklar bildade vid slitage av vägbanor (speciellt för dubbdäcksslitage), däck och bromsar samt resuspension av partiklar ansamlade i vägmiljön. Detta projekt syftar till att inventera metoder för detta använda i befintliga modeller, samt att sammanställa faktorer som styr emissionerna för att ge ett underlag för implementering i modeller använda för svenska förhållanden.

Sammanfattning

Partiklar från slitage och resuspension i vägmiljön är svårhanterliga i modelleringshänseende av flera skäl. Exempelvis är de primära emissionerna av slitagepartiklar oftast svåra att uppskatta pga. att emissionerna påverkas av ett stort antal faktorer relaterade till materialsammansättning, trafikkaraktäristik och variationer över tid och rum mellan fordonstyper i fordonsflottan. Uppskattningar utifrån mätningar i omgivningsluft inkluderar källfördelningsanalyser medan laboratorie-försök endast blir stickprov av enskilda detaljer under förhållanden som ej är de som förekommer i verkligheten. Resuspensionen, dvs. återuppvirvling av damm som ansamlats på vägytan, beror förutom av tillflödet av partiklar från slitage även av tillförsel från andra källor såsom avgaspartiklar och partiklar från omgivningen, vägytans egenskaper och meteorologiska förhållanden.

Denna rapport ger en bild av hur några olika modeller hanterar slitage- och resuspension och ger även en överblick av de emissionsfaktorer som används samt sammanställer de faktorer som påverkar emissionen av slitage- och resuspensionspartiklar.

Rapport:

[VTI meddelande 944](#)

Inventering av vägrengöringsmetoder lämpliga för att reducera höga halter av PM₁₀ orsakade av resuspension av vägdamm. (VTI)

Mats Gustafsson, VTI

Projektbeskrivning

Syftet med studien är att kartlägga vilka metoder för effektiv rengöring av vägar som idag används i Sverige och i andra länder med dubbdäcksanvändning eller andra damningsproblem.

Sammanfattning

Uppvirvlande vägdamm har under senare år visat sig vara en viktig bidragande orsak till höga halter av inandningsbara partiklar i omgivningsluften. Då dessa partiklar, vanligtvis benämnda PM₁₀ (masskoncentrationen av partiklar mindre än 10 µm m⁻³), idag betraktas om en av de mest oroande luftföroreningarna, är det av vikt att undersöka hur man kan komma tillrätta med vägdammets bidrag till PM₁₀. Kopplingen till negativa hälsoeffekter har medfört att en miljö kvalitetsnorm för PM₁₀ nu gäller fr.o.m. 1/1 2005. Detta ställer krav på kommuner och väghållare att dels undersöka om normen överskrids och dels hur man i så fall kan åtgärda problemet.

Syftet har varit att undersöka vilka metoder och strategier för väg- och gaturengöring som idag används i svenska kommuner och vägverksregioner, vilken medvetenhet som finns kring åtgärdernas effektivitet avseende damningsproblem och vilka kunskaper som finns i våra grannländer avseende motsvarande problematik.

En enkät utformades av VTI och Vägverket och riktades till renhållningsansvariga i 103 kommuner och sju vägverksregioner genom telefonintervjuer, som genomfördes av Medialect AB. Några frågor kunde även ställas i en enkät till miljöchefer i 203 kommuner.

Resultaten av enkäten visar att damning från vägar i hög grad (93 %) betraktas som ett problem av renhållningsansvariga medan hela 53 % av miljöcheferna anser att damning inte är något problem i deras kommun. Problem med damning upplevs främst på våren. Knappt 40% av renhållningsansvariga uppmärksammar problemet främst *vid* sandupptagningen på våren, bara 7 % *innan* sandupptagningen. Den viktigaste orsaken till att rengöring utförs är trivsel och sanitära problem, följd av säkerhet och hälsa i nämnd ordning. Stenkross är det vanligast använda friktionsmaterialet och från miljösynpunkt beaktas främst materialets saltinnehåll. Endast 12 % anger damningsegenskaper som viktigast aspekt. Våtsopning är den i särklass vanligaste rengöringsmetoden för såväl gator och vägar (>70 %) som sidoområden och trottoarer (>60 %). Den ur damningssynpunkt undermåliga torrsopningen förekommer dock, liksom mer ambitiösa metoder med högtryckstvätt t.ex.

Idag används inga metoder som av de ansvariga bedöms kunna reducera luftens innehåll av inandningsbara partiklar och endast ca 10 % av de ansvariga planerar att förbättra metoder eller strategier. Dock används ofta strategier genom frekvenskrav och genom tidsgränser för när sandupptagningen skall vara genomförd. Endast fem kommuner uppger att olika krav finns för olika områden.

Av de 203 miljöcheferna anser alltså bara 49 (24 %) att dämning är ett problem. Bland dessa planeras motåtgärder av 17 kommuner, varav ett antal visar sig avse damning på grusvägar. Dock är hela 27 % av de 203 positiva till att delta i forskningsprojekt för att praktiskt ta fram olika metoder och strategier med syfte att minska halter av vägdamm.

I Helsingfors är damningsproblemet uppmärksammat som kopplat till sandning och man använder sedan slutet på 80-talet en ambitiös rengöringsmetod bestående av fyra samverkande enheter som arbetar i följd: dammbindning, grovsopning, sopning + uppsugning, spolning. Metoden kan ha sänkt halterna av TSP, men har inte påvisats ha effekt på PM₁₀.

I Oslo skylls damningsproblemet på dubbdäcksanvändning och insatserna har därför fokuserat på att minska användningen. Dock har även rengöringsmetoder och strategier utvärderats och man följer idag resultatet av denna utvärdering. I Danmark används inte dubbdäck och knappt friktionsmaterial varför damningsproblemen på våren inte uppstår.

I Kalifornien har en särskild förordning kallad ”Rule 1186”, som kräver att rengöringsfordon är PM₁₀-certifierade resulterat i viss metodutveckling, t.ex. regenerativluftsoptning och vacuumassisterad torrsopning.

Sammantaget visar denna rapport att kunskapen om vägdamms bidrag till PM₁₀ och eventuella möjligheter att ”städa sig till miljö kvalitetsnormen” är liten bland svenska kommuner och vägverksregioner. Våra grannländer Norge och Finland har kommit betydligt längre i tankegångarna kring problematiken dubbdäck-vinterunderhåll-renhållning-damning än vad vi gjort i Sverige idag.

Rapporten rekommenderar kommuner och vägverksregioner att som har påvisat höga halter av PM₁₀ att i första hand prova ändrad strategi och då lära av norska och finska erfarenheter; i andra hand att prova ändrade metoder, t.ex. utvärdera alternativa renhållningsfordon och i tredje hand att se över strategier för vinterväghållningen. Det bedöms dock som svårt att hinna med allt detta utvärderingsarbete som måste föregås och följas av, idag närmast obefintligt förekommande, mätningar/modelleringar av PM₁₀ innan miljö kvalitetsnormen skall uppfyllas.

Rapport:

VTI meddelande 938

Jämförelse mellan två metoder för mätning av trafikrelaterade partiklar (IVL)

Martin Ferm, IVL

Projektbeskrivning

Huvudsakligen två typer av mätteknik används idag inom miljöövervakningen för att mäta masskoncentrationen av inandningsbara partiklar (PM10) i utomhusluft i Sverige. Bägge teknikerna används inom projekt som finansieras av Vägverket. Den ena har fördelen att man kan analysera partiklarna kemiskt. Metoden är dessutom kopplad till lagstiftning om mätningar inom EU. Den andra metoden har fördelen att man kan följa halten kontinuerligt i realtid. En mycket stor andel av partiklarna i Sverige är långdistanstransporterade från andra länder. Bakgrundhalten mäts idag med kontinuerligt instrument medan urbanhalter till övervägande del mäts med den andra tekniken. Dessa bägge metoder ger inte helt jämförbara resultat vilket är ett problem när data inom olika projekt ska utvärderas. Skillnaden mellan dem orsakas av att partikulär ammoniumnitrat förloras i realtidsinstrumentet. Nitraterna härrör till stor del från biltrafik. För att förbättra utvärderingar i framtiden föreslås de bägge teknikerna jämföras på en bakgrunds- och en urban station. Resultaten jämförs även med halten ammoniumnitrat.

Rapport:

[IVL Rapport B1527](#)

Spridning av metaller och partiklar i olika vägtrafikmiljöer – miljöpåverkan och spridningskällor (IVL)

John Sternbeck, IVL

Projektbeskrivning

Projektet syftar till att genom aerosolmätningar i landsväg och tätort identifiera trafikrelaterade spridningskällor till metaller och icke-avgasrelaterade partiklar, samt att dessutom studera hur denna typ av miljöpåverkan skiljer sig mellan de olika trafikmiljöerna. Genom att studera spridning i olika trafikmiljöer med olika körmönster torde betydelsen av olika fordonsrelaterade spridningskällor variera. Vår hypotes är att man kan använda olika metaller som ”tracers” för specifika partikelkällor, t.ex. koppar för bromsslitage. Både PM-10 och TSP kommer att studeras. Data utvärderas genom multivariata metoder, varigenom vi avser att identifiera hur betydelsen av olika källor varierar med körmönster. Härigenom kan vi även bedöma den relativa betydelsen av resuspension för förekomst av partiklar och metaller i luften. Spridningskällorna för större partiklar och metaller identifieras. Betydelsen av olika spridningskällor i olika trafikmiljöer kan bedömas. Trafikens miljöpåverkan avseende metaller och större partiklar studeras i både urbana gaturum och längs landsväg.

Rapport:

[IVL Rapport B1598](#)

MIL-Metodik för inventering av luftkvalitet längs det statliga vägnätet (TFK, IVL)

Projektbeskrivning

I grova drag kommer metodiken utformas så att halterna av de aktuella luftföroreningarna beräknas utifrån summan av gatans bidrag och bakgrundshalten. Gatans bidrag kommer beräknas utifrån en emissionsmodell, troligtvis emissionsmodellen i EVA, och enklare spridningsmodeller med indata från bl.a. Vägverkets vägdatabank. Bakgrundshalten kommer i städer beräknas med hjälp av den av IVL utvecklade URBAN-modellen. På landsbygd används befintliga data från modeller och mätningar för bedömning av bakgrundshalter. Metodiken kommer att valideras utifrån befintliga mätningar.

Projektet redovisades dels i rapportform och dels som en datormodell.

Projektet ledde till att en screening av statliga vägnätet kunde göras och en ungefärlig uppfattning av problemets storlek kunde tas fram. Modellen ersätts nu av SIMAIR.

Sammanfattning

Regler om miljö kvalitetsnormer (MKN) infördes i svensk lagstiftning när miljöbalken trädde i kraft. När en MKN meddelats ska statliga myndigheter och kommuner vid planering, tillståndsprovning tillsyn och liknande, iaktta att normerna uppfylls. Vägverket skall som verksamhetsutövare på det statliga vägnätet genomföra egenkontroll. För att kunna genomföra denna egenkontroll beslutade Vägverket att i ett forskningsprojekt låta TFK i samarbete med IVL ta fram en metodik som kunde användas för att inventera det statliga vägnätet m.a.p. MKN för kvävedioxid och partiklar samt om möjligt även för bensen. Under projekts gång har det framkommit att underlaget för bensen inte är tillräckligt för att kunna ta fram en tillförlitlig metod för att beräkna halter av bensen längs det statliga vägnätet. Förenklade beräkningar av emissionen av bensen görs dock. Metodiken är uppdelad i en del för beräkning av emissioner och en del för halter. Kortfattat kan man beskriva metodiken enligt följande.

- Vägdata inklusive 25 olika företeelser hämtas från VDB (ett uttag per län).
- Med framförallt vägdata som utgångspunkt görs sedan emissionsberäkning för aktuella väglänkar enligt EVA-metodik i MIL EMISSION som är uppbyggt i Excel. Data exporteras sedan till Arcview.
- Beräkning av halter görs därefter i MIL som är uppbyggt kring Arcview 3.x. I MIL görs en beräkning av det lokala bidraget från vägen till vilket en bakgrundshalt adderas. Beräkning av det lokala bidraget från vägen görs med funktioner enligt de nomogram som SMHI tagit fram. Bakgrundshalterna baseras tätt på data från Urbanmodellen som har utvecklats av IVL. På landsbygd baseras bakgrundshalterna på data från EMEP-mättnätet.

MIL beräknar årsmedelhalter, 98 percentil av dygnsmedelhalter samt 98 percentil av timmedelhalter för kvävedioxid för åren 2000 och 2006. För partiklar, PM10, beräknas årsmedelhalter och 98 percentil av dygnsmedelhalter för åren 2000 och 2005. Årsmedelemissioner kan beräknas med MIL EMISSION för kväveoxider, partiklar (PM10) och bensen för åren 2000-2010. Alla data kan presenteras i kartform i Arcview. Metodiken är relativt enkel och skall mest ses som en metodik för att göra en första grovskattning. Metoden har använts av Vägverkets regioner i samband med planeringsomgången 2002. I stort kan sägas att målet med projektet är nått. Liksom för många andra nya system innehåller dock denna första version av MIL en del brister.

Fortsatt utveckling av systemet för att öka precisionen och för att få en mer lättanvänd produkt behövs därför.

Rapport:

[TFK Rapport 2002_15](#)

Vägdamm och grova partiklars effekter på befolkningens hälsa

Bertil Forsberg, Umeå universitet

Projektbeskrivning

Epidemiologiska studier har visat på ökad mortalitet och morbiditet i hjärt- och lungsjukdom redan vid måttligt förhöjda halter, vanligen mätt som PM10. Studierna talar för en i stort sett linjär riskökning utan någon nedre tröskel inom observerade haltområden. Ett fåtal studier har kunnat jämföra ohälsan samband med olika partikelmått. Ofta har den finare fraktionen PM2.5 givit ett tydligare dos-responssamband än PM10 eller den grova fraktionen PM10-PM2.5, men undantag finns där den grova fraktionen haft samma effekt. PM10 har blivit det partikelmått som använts för att reglera partikelhalten i de flesta länder, så även i Sverige och inom EU. Valet av indikator har ifrågasatts både utifrån fysiologiska (deposition etc), toxikologiska och preventiva aspekter. En viktig del i kritiken består av att PM10-halten starkt kan påverkas av grova partiklar såsom uppvirvlat vägdamm, vars relevans ur hälsosynpunkt är osäker. Om de grova partiklar som virvlas upp av vind och trafikrörelser har liknande negativa hälsoeffekter som partikelmassan för övrigt, finns inget skäl att negligera denna fraktion eller sammanhängande åtgärder. Har däremot dessa partiklar ingen eller obetydlig effekt, är det i en prioriteringssituation ett mindre angeläget problem. Det är därför angeläget att få bättre kunskaper om hälsoeffekterna av denna grova partikelfraktion.

Projektet syfte är att undersöka jämföra hälsoeffekterna av grova partiklar (uppvirvlat vägdamm) med effekterna av PM10 och PM2.5 genom epidemiologiska tidsserieanalyser av sjukhusinläggning för hjärt- och lungsjukdom och dödsfall i Stockholm.

Projektet är avrapporterat 2004.

Rapport:

[VV rapport 136, 2004](#)

[Bertil Forsberg, 2002, 4u111](#)

1.2 Pågående projekt (2006)

Damningsminimerad vinter- och barmarksdrift (VTI)

Mats Gustafsson, VTI

Projektbeskrivning

Slitagedamm från vägbeläggningar är idag den viktigaste orsaken till höga halter av inandningsbara partiklar (PM10) i väg- och gatumiljö. Dammet härrör i huvudsak dels från slitage från dubbdäck och dels från vinterdrift, såsom sandning och saltning av vägar. Vägbeläggningens egenskaper och benägenhet att bilda PM10 vid slitage är av central betydelse för damningen. Något mått som relaterar en beläggningsslitageegenskaper till bildad mängd PM10 finns inte idag. Likaså är det oklart vilka åtgärder relaterade till vägdriften som verkligen ger effekt i form av sänkta halter av inandningsbara partiklar. De studier som gjorts kan bara delvis relateras till svenska förhållanden och problem finns med att t.ex. olika åtgärder utförts samtidigt vilket gör det omöjligt att skilja ut effekterna av enskilda åtgärder eller att inte optimala metoder använts för åtgärden. Det finns t.ex. en mängd metoder för renhållning, men metodernas effektivitet att tvätta bort inandningsbara partiklar från vägytan är i stort okänd. Den certifieringsmetod som används i Kalifornien bedöms av många forskare som otillräcklig. Ett annat centralt problem för uppföljning av åtgärderna är att partikelhalten i luften, som normalt används uppföljning, är ett svåränvänt mått då andra faktorer, främst meteorologin, snabbt kan påverka halterna och således överskugga effekter av driftåtgärder.

I syfte att öka kunskapen inom detta problemkomplex föreslås föreliggande projektförslag därför innefatta:

- utveckling av metod för uppföljning av vägytans damningsbenägenhet och olika driftåtgärders effektivitet-
- utveckling av metod för uppföljning av vägytans damningsbenägenhet
- strategiinriktad syntes där en strategi för damningsminimerad drift av vägar föreslås.

Avslutas 2006

Utvärdering av PM10-mätningar i några olika trafikmiljöer

Gunnar Omstedt, SMHI

Projektbeskrivning

I projektet "Utveckling och validering av modell för beräkning av PM10 i urban miljö", finansierat av Vägverket, har en ny modell för beräkningar emissioner från slitage partiklar tagits fram (ref.1). Modellen har implementerats i SIMAIR, som är ett modellsystem utvecklat av SMHI och Vägverket för beräkning av luftkvalitet i vägars närområde (ref.2). Emissionsmodellen beskrivs detaljerat i ref. 3. Utvecklingen av emissionsmodellen är baserat på ett fåtal mätdata, dels från Hornsgatan år 2000 och dels från ca tre månaders mät kampanj på E4:an norr om Stockholm. Modellen innehåller flera empiriska parametrar som kan vara platsberoende och behöver därför testas på andra gator och vägar där trafiken och meteorologin är annorlunda. Speciellt intresse är att undersöka modellens generallitet vad gäller andelar dubbdäck, som är en viktig parameter i modellen. Det har också uppmärksammats av Vägverket som genomfört en mät kampanj i Malmö. Dessa data kommer att användas i ett senare projekt för utvärdering av SIMAIR.

Inom NORPAC (ref.4), som är ett projekt stött av Nordiska Ministerrådet, pågår Nordiskt samarbete om partiklar i atmosfären. En databas har tagits fram med mätdata för utveckling och tester av spridningsmodeller (ref. 5). Med hjälp av data från denna databas har en första jämförelse gjorts mellan olika metoder för beräkning av slitage partiklar från vägtrafiken (ref.6). Denna jämförelse behöver fördjupas och utvecklas. Initiativ till en arbetsmöte har därför tagits. Arbetsmötet som heter Workshop on modelling of PM emission in different Nordic traffic environments kommer att hållas på SMHI 4-5 oktober, 2005. Inför detta arbetsmöte har några nya intressanta dataset tagits fram, dels från Hornsgatan/Stockholm år 2004, Jagtvej/ Köpenhamn och Runebergkatu/Helsingfors. Det är med hjälp av dessa data som vi vill analysera och genomföra nya tester av vår PM emissions modell. Data finns för såväl luftkvalitet, meteorologi och emissioner.

Syftet med projektet är att analysera och testa emissionsmodellen för slitage partiklar mot nya mätdata för att undersöka modellens generallitet och förstå bättre processerna bakom bildandet av höga partikelhalter i luften. Därigenom kan också modellen förbättras. Eventuella förbättringarna införs i SIMAIR.

De data som är aktuella är från Hornsgatan 2004, Jagtvej/Köpenhamn och Runebergkatu/Helsingfors. Modellen har tidigare testats mot data för Hornsgatan år 2000 men behöver testas för ett annat år för att kontrollera modellens generallitet. Data från Jagtvej/Köpenhamn är intressanta eftersom inga dubbdäck eller någon sandning vintertid sker där. Förhållandena vid Runebergkatu liknar de vid Hornsgatan men det finns också skillnader.

1.3 Planerade projekt

Beläggningars och friktionsmaterials damningsbenägenhet

Mats Gustafsson, VTI

Projektbeskrivning

Syftet med föreliggande projekt är att studera olika beläggningars och friktionsmaterials egenskaper i förhållande till generering av PM10 och PM2,5.

I projektet används VTI:s provvägsmaskin (PVM) för att generera partiklar från slitage av vägbana. PVM har använts som partikelgenerator med gott resultat i projektet WearTox. Maskinen kan köras i upp till 70 km/h med olika kombinationer av däck och beläggningar. Förslagsvis 5-10 olika beläggningar provas. Val av beläggningar kan grundas på geografisk användning, ÅDT, relation till befolkningsexponering av PM10 och PM2,5, hållfasthet etc. Partiklarnas storleksfördelning beskrivs med hjälp av APS (aerodynamic particle sizer) och SMSP (scanning mobility particle sizer) och halten av PM10 och PM2,5 med DustTrak.

Såväl ingående stenmaterials petrografi, hållfasthetsegenskaper och storlekssammansättning som beläggningens övriga uppbyggnad, yttextur etc., bör användas i multivariat analys, för att relatera dessa till uppmätta partikelhalter. För friktionsmaterial är också storlekssammansättning, form och hållfasthetsegenskaper viktiga, liksom effekten av att använda tvättat stenmaterial. T.ex. är natursand normalt mer rundat än stenkross, vilket kan antas påverka damningsegenskaperna. På så vis kan de viktigaste egenskaperna som påverkar damning hos beläggning och friktionsmaterial tas fram.

Partikelprover av PM10 och/eller PM2,5 insamlas även för kemisk/fysikalisk analys i detta eller angränsade projekt.

Projektet förväntas leda till kunskap om olika beläggningars och friktionsmaterials damningsbenägenhet som direkt kan implementeras i drift och underhåll av gator och vägar för att minimera PM10-bidraget från beläggningsslitage och vinterdrift.

Påbörjas 2006

2 Emissionsforskningsprogrammet EMFO

2.1 Pågående projekt

**Trafikgenererade inandningsbara slitagepartiklar:
bildningsprocesser, emissionsfaktorer och förekomst ur
åtgärds perspektiv**

Åke Sjödin, IVL

Projektid: 2005 - 2008

Projektbeskrivning

Projektet syfte är att generera nödvändigt kunskapsunderlag avseende bildning, egenskaper, emissioner samt förekomst av inandningsbara trafikgenererade slitagepartiklar, och föreslå kostnadseffektiva åtgärder som syftar till klara gällande/framtida miljö kvalitetsnormer för partiklar. Projektet genomförs i samarbete mellan IVL, VTI, LTH/LU samt Miljöförvaltningen, Stockholms Stad, och omfattar fyra olika moment:

1. Dedikerade provtagningar/mätningar av PM10, PM2.5 och PM1 i gaturum, urban bakgrund samt regional bakgrund i Stockholm och Malmö.
2. Breddning av dataunderlaget geografiskt genom utnyttjande av befintliga partikelprov från bl.a. det s.k. Urbanmätnätet.
3. Studier av egenskaper, bildningsprocesser och emissionsfaktorer för slitagepartiklar under kontrollerade former i provvägsmaskin, för att öka kunskapen om betydelsen av de olika faktorer som påverkar vägslitaget och emissionen av olika partikelfraktioner.
4. Utvärdering, modellering och syntes av resultaten från moment 1-3. Trafikens samlade bidrag och de olika trafikdelkällornas (däck, vägbana, bromsar, etc.) bidrag till förekommande partikelhalter kvantifieras och förslag på kostnadseffektiva åtgärder för att minska partikelhalterna formuleras.

Nanopartiklar från däck- och vägbaneslitage?

Projektansvarigt företag/organisation: VTI

Mats Gustafsson, VTI

Projektid: 2005 - 2007

Projektbeskrivning

I experimentella försök där slitagepartiklar från däck och vägbanor studerats, har det visat sig att det även bildas en fraktion mycket små partiklar (några tiotal nm). Grövre partiklar bildas nästan enbart då dubbdäck används, men denna fina fraktion bildas i minst lika hög grad då dubbfria vinterdäck används. Då forskningen visat att mindre partiklar i högre grad än grövre är relaterade till vissa typer av hälsoeffekter, är det av vikt att studera källan till dessa nanopartiklar. Syftet med föreliggande projekt är att, i VTI:s provvägsmaskin,

1. på en och samma beläggningstyp studera ett antal olika däcktypers generering av nanopartiklar vid slitage
2. undersöka dessa partiklars egenskaper som t.ex. partikelstorleksfördelning, koncentration, flyktighet och kemiska sammansättning (PAH bl.a.) samt relatera dessa egenskaper till däckens egenskaper avseende friktion, däckmönster, uppbyggnad och sammansättning
3. identifiera partiklarnas förekomst i väg- och gatumiljöer
4. beräkna emissionsfaktorer för partiklarna och testa dessa i en befintlig spridningsmodell.

TESS - Trafikens emissioner; Samhällsekonomisk värdering och Samhällsekonomiska åtgärder

Projektansvarigt företag/organisation: VTI

Lena Nerhagen, VTI

Projektid: 2005 - 2008

Projektbeskrivning

I TESS ska vi tillämpa den modell som tagits fram i det EU-finansierade ExternE-projekten. Arbetet kommer att vara inriktat på partiklar, både med lokal och regional spridning. I del 1 kommer vi att studera förhållandet mellan NO_x och avgaspartiklar för att avgöra om NO_x kan användas som indikator för avgaspartiklar. Vidare kommer vi att samla in kunskap kring vilka effekter olika typer av partiklar kan förväntas ha på människors livslängd. Den kunskap som genereras i del 1 av projektet kommer att ligga till grund för del 2. I del 2 kommer vi först att studera vilka kostnader som lokala utsläpp (från trafiken och andra källor) ger upphov till på lokal och regional nivå med Stockholm som fallstudie. Utifrån denna kunskap kommer vi att analysera hur styrmedel för att minska partikelhalterna bör vara utformade för att vara samhällsekonomiskt effektiva med beaktande av att utsläppen sker från olika sektorer i samhället.

Betydelsen av lokala kontra regionala partikelkällor för hälsoeffekter observerade i Stockholms län

Projektansvarigt företag/organisation: ITM Stockholms universitet

Projektid: 2005 – 2007

Projektbeskrivning

Allt fler studier visar på sambandet mellan olika hälsoeffekter och partikelhalterna i omgivningsluften. Men en rad viktiga frågor måste få svar för att kunna identifiera de mest effektiva åtgärderna. I detta projekt undersöks hur stor betydelse lokalt genererade partiklar från vägtrafiken i Stockholms län har för hälsoeffekterna i jämförelse med sekundära partiklar som främst uppkommer vid transport från andra länder. En annan fråga är om det finns skillnader i hälsoeffekter beroende på vilken luftföroreningsblandning som råder. I Sverige finns internationellt sett unika möjligheter att studera detta. Hypotesen är att de långdistanstransporterade luftföroreningsepisoderna har stor betydelse för vissa hälsoutfall samt att blandningen av föroreningar kan vara viktig, inte enbart enskilda ämnen. När vi vet vilken hälsopåverkan olika partiklar ger upphov till kan vi bättre beräkna vägtrafikens verkliga samhällskostnader.

Projektet genomförs i samarbete mellan Karolinska institutet, Stockholms universitet, Miljöförvaltningen, Stockholm och SMHI. Detta innebär samarbete över olika discipliner; epidemiologi/folkhälsa, meteorologi samt atmosfärsvetenskap.

Trafikrelaterade partiklars relativa och absoluta betydelse för kvantifierbara hälsoutfall

Projektansvarigt företag/organisation: Umeå universitet

Bertil Forsberg, Umeå universitet

Projektid: 2005 - 2008

Projektbeskrivning

Syftet med detta projekt är dels att beskriva samband mellan partiklar och hälsa med flera specifika partikelmått, inklusive sot, och flera viktiga och väldefinierade hälsoutfall studerade med tidsserieanalys. Detta ska göras med enhetlig metodik och inom samma Stockholmsbefolkning för att skapa jämförbarhet. Projektet ska även kvantifiera antal fall per år som kan tillskrivas olika föroreningstyperna, främst avgaser, vägdamm respektive intransporterad partikelmassa. Vi avser även kunna utveckla lättanvända beräkningsverktyg konsekvensskattningar utifrån de mest relevanta exponerings-responssambanden, aktuella halter och hälsoutfallens grundfrekvens. Målsättningen är att ta fram en databas med 5 års samtidiga data för luft och hälsoutfall. Luftföroreningsdata erhålls från SLB-analys vid Stockholms miljöförvaltning. Sot antas kunna vara ett hälsorelevant partikelmått, men för sot saknas emellertid mätningar. ITM, Stockholms universitet kommer genom projektets sotmätningar att kunna ta fram underlag för att skapa historiska tidsserier för sothalten utifrån andra variabler som NOx och/eller partikelantal/partikelmassa. Betydelsen av olika källor kommer att analyseras. Dessutom genomförs spridningsberäkningar av sothalter och halter av grova partiklar så att den geografiska och tidsmässiga variationen i halterna kan kopplas till motsvarande ohälsodata också ned till församlingsnivå. Metodik för detta angreppssätt har redan testats inom ramen för PASTA-projektet vad gäller antalet partiklar.

3 Naturvårdsverket (SNAP)

3.1 Avslutade projekt

Concentrations and sources of PM10 and PM2.5 in Sweden

Hans Areskoug, ITM, Stockholms universitet

Projektbeskrivning

A network of Swedish sites, ranging from regional rural background, urban background to kerbside sites, measuring PM2.5 and PM10 on one hour basis has been operated over 2 years in Sweden. The results show two important features determining the concentrations, long distance transport of particles and re-suspension of road dust. Strong low-level inversions especially in the inland of Northern Sweden during winter lock out the long distant transport and lead to less dilution of the local emissions and induce at times very high concentrations.

Typical annual mean values for PM2.5 at rural background, urban background and kerb side sites are 5 – 10, 6 – 11 and 10 – 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively, while for PM10 it is 7 – 13, 12 – 18 and 20 – 30. The ratio PM2.5/ PM10 is about 0.8, 0.6 – 0.7 and 0.4 – 0.6 at the rural background, urban background and kerb side sites respectively. The strongly decreasing ratio implies the strength of road dust emissions and other mechanical wearing processes giving coarse particle emissions.

Using NOx as a tracer for traffic emission and assuming a fixed relation to NOx for the particle exhaust emissions the non-exhaust emission factors for PM2.5 and PM10 is estimated to 25 and 200 mg/vehkm compared to the estimated 23 mg/vehkm for exhaust related particle emissions. The ranges observed for the non-exhaust emission factors for PM2.5 and PM10 are 0 – 76 and 25 – 554 mg/vehkm, respectively.

Totally the non-exhaust emission factor for PM10 is 9 times larger than the PM10 exhaust emission factor but for PM2.5 the non-exhaust emission factor is equal to the exhaust emission factor.

The high correlation between PM10 and PM2.5 found in this study are explained in this study and possibly others too by the emission of road dust and other coarse particle sources are closely linked to traffic intensity and thus primary exhaust, together totally dominating PM10. In background situations PM2.5 is as such dominating PM10 and thus explaining the correlation.

Road dust emerges as the major local source responsible for exceedance of limit values in Sweden. However it is superimposed on strongly enhanced background concentrations due to long distance transport.

It is obvious from this study that PM2.5 has a strong component of non-exhaust coarse particle sources. PM2.5 thus do not reflect the correct concentrations due to combustion sources and long range transported emissions. Using PM2.5 will complicate the assessment of sources and the choice of abatement strategy. Use of PM1 would avoid these problems.

Rapport: [ITM Report 110](#)

HEAPSS Hälsoeffekter av luftföroreningar i befolkningsgrupper med ökad känslighet – traditionella luftföroreningar, ultrafina partiklar och hjärtinfarkt.

Fredrik Nyberg, Karolinska institutet

Projektbeskrivning

The proposed study will provide increased knowledge for better assessment of the consequences for public health from the current levels of air pollution in Stockholm, including the importance of ultrafine particles, as well as a better basis for risk assessment in the chronically ill.

Several studies have found a relation between daily variations in air pollution and health effects, including myocardial infarction (MI). It is however still uncertain in which segments of the population the effect has most impact. Persons with an existing illness can be assumed to constitute such a sensitive group. The aim of this project is to study how short-term exposure to air pollution affects the risk for hospitalization (for e.g. MI) and mortality in population based cohorts of survivors of a first time MI, compared to e.g. the risk for MI in the general population.

Approximately 29,000 cases of non-fatal MI will be identified through existing MI-registers (in Augsburg, Germany, Barcelona, Spain and Stockholm, Sweden) or through data on hospital admissions (in Helsinki, Finland and Rome, Italy). Each patient is followed for at least one year with regards to renewed hospital admission for MI or death, especially "sudden death". Since the study is based on an individual level, we will be able to investigate which properties in these patients increase their sensitivity to air pollution. A common protocol in the five cities will be used for data collection and standardized simultaneous measurements of ultrafine particles will be performed using the CPC TSI 3022 instrument. The ultrafine measurements will be performed in collaboration with the PASTA project. These measurements will be the basis for retrospective estimation of the exposure to ultrafine particles for the entire study period. The main method for data analysis will be the case-crossover design, originally developed to study triggers for disease onset, which has recently been applied in studies of the effects of air pollution. The design allows both for confounding control and effect modification.

EU-Rapport: [HEAPPS final report](#)

Hemsida: <http://www.epiroma.it/heapss/>

3.2 Pågående projekt

PASTA - Partiklar i stadsmiljö - utsläpp, spridning och hälsoeffektskattningar med dos- respons samband.

Tage Jonsson, Stockholm luft- och bulleranalys (SLB analys)

Projektbeskrivning

From the health point of view, airborne particulate matter (PM) is considered as one of the most important constituents of urban air pollution. The lack of data on the physical and chemical properties of urban PM have made it difficult to explain correlations between PM and various health effects as observed in epidemiological studies. PM is very diverse in terms of its physical and chemical properties. Aerosol particles typically range in size from a few nanometers up to 100 or more micrometers.

The hypothesis is that PM₁₀ and PM_{2.5} are not very good indicators for health effects of PM. The aims are to:

- further develop and validate existing models so that they can be used to assess the temporal and geographical distribution of particulate matter in urban air in Stockholm
- evaluate the relationships between PM (mass, number and surface area) and other air pollution and traffic parameters
- assess the health effects of particulate matter in urban air by evaluating dose-response relationships between particle numbers, particle surface area and mass

Two types of models will be developed so that the geographic and temporal variation of PM may be evaluated and quantified. One local scale model that considers short-term physical transformations of particles and local wind and turbulence fields in street canyons. On a larger scale the MATCH model will be used. The models will be validated using both fixed and mobile measurements of particle numbers, mass and chemical composition. Health assessment will be performed by quantification of the relationship between (modelled and/or measured) particle concentrations and health indicators. For this purpose total number of non-violent deaths, cardiopulmonary hospital admissions and daily statistics from the primary health care centres will be used. At least two years of data from fixed monitoring stations may be gathered. Model calculated concentration matrixes include daily values during at least one year.

The project is a co-operation between SLB-analysis at the Environment and Health Protection Administration of Stockholm, ITM Stockholm university, SMHI Norrköping and the Dept of Public Health & Clinical Medicine of Umeå University. Most of the measurements and all model development is funded separately. The measurements will be co-ordinated with the HEAPSS study. All studies will be done in the urban area of Stockholm.

Lägesrapport:

[PASTA lägesrapport 2005](#)

FALKONAIR - En registerbaserad fall-kontrollstudie av långtidsexponering för luftföroreningar och hjärtinfarkt.

Lars Alfredsson, Karolinska institutet

Projektbeskrivning

1) Under de senaste 30 åren har akuta hälsoeffekter vid exponering för luftföroreningar väl dokumenterats i åtskilliga epidemiologiska studier. Däremot har endast ett fåtal studier fokuserats på hälsoeffekter av längre tids luftföroreningsexponering. Trots att konsekvenserna för folkhälsan är mer betydelsefull om man tar hänsyn till hela livet så innehåller SNAP endast ett fåtal studier av hälsoeffekter relaterat till långtidsexponering för luftföroreningar.

2) Tidigare genomförda studier av långtidsexponering för luftföroreningar har utförts i regioner med höga luftföroreningsnivåer, vilket gör riskuppskattningen för svenska förhållanden osäker. Den föreslagna studien kommer därför att bidra med väsentlig kunskap om hälsoriskerna vid långtidsexponering för luftföroreningar vid de nivåer som förekommer i vårt land, vilket är viktigt för den kvantitativa riskbedömningen, framtida revideringar av gränsvärden, vid prioriteringar av den nationella miljöpolitiken och vid utvärderingar av de svenska miljö kvalitetsmålen avseende luftföroreningar. Även om riskökningen för hjärtinfarkt relaterat till luftföroreningsexponering troligen är lägre än vissa andra faktorer, så kan detta få omfattande folkhälsokonsekvenser, med hänsyn till sjukdomens höga incidens och att många människor exponeras för förhöjda luftföroreningsnivåer i städer.

3) Syftet med denna studie är att undersöka sambandet mellan långtidsexponering för luftföroreningar och hjärtinfarkt, med särskild fokus på olika aspekter av exponeringen såsom kumulativ dos, duration och olika tidsfönster, samt interaktioner med andra faktorer, såsom socioekonomi och yrke.

4) Vi kommer att använda en metod som vi tidigare utvecklat för att klassificera varje individs exponering för luftföroreningar under flera decennier tillbaka i tiden i en registerbaserad fall-kontrollstudie av hjärtinfarkt omfattande drygt 45.000 fall och över 500.000 slumpmässigt utvalda kontroller. Metoden går ut på att med hjälp av GIS koppla individernas koordinatsatta bostadsadresser till beräkningar av den geografiska spridningen av luftföroreningar under varje år sedan 60-talet i hela Stockholms län. Dessa spridningsmodeller baseras på emissionsdatabaser som innehåller information om utsläpp av kväveoxider och svaveldioxid, vilka konstruerats för 1960, 1970 och 1980. Studien kommer även att dra nytta av en ytterligare emissionsdatabas för 1990 samt spridningsberäkningar för kolmonoxid som utvecklas inom ett annat SNAP-projekt (LEAP), samt de valideringar av dessa modeller som föreslås i en annan projektansökan (EXPOSE).

5) Resultaten från studien kommer att publiceras i såväl internationella vetenskapliga tidskrifter som i nationella media, samt på SNAPs hemsida och programmets slutrapport. Särskilda ansträngningar kommer att göras för att sprida studiens slutsatser till berörda miljö- och hälsomyndigheter och statliga verk, samt andra nationella organ med intresse inom luftföroreningsområdet.

Upptag av fina partiklar - Är det en skillnad i upptag av ultrafina partiklar efter exponering för luftföroreningar, hos friska personer, astmatiker och rökare?

Magnus Svartengren, Karolinska institutet

Projektbeskrivning

Traffic related air pollution is held to contribute to pulmonary diseases and reactive airways effects. It has been proposed that the world-wide increased prevalence of allergy and asthma might be caused by exposure to air pollution. The uptake and distribution of ultrafine combustion particles have not been studied in humans. The consequences of exposure to ultrafine particles in subjects who have already an increased pulmonary epithelial permeability, are not known.

The objectives of the study are to modify a clinically used method to produce ultrafine radiolabelled particles, and to use these particles to determine whether there is a difference in lung retention between healthy subjects, asthmatics and smokers. Further, to determine the uptake of ultrafine particles into the systemic circulation. The hypothesis is that due to various degrees of respiratory epithelial inflammation, a greater part of the ultrafine particles can pass the lung barrier of asthmatics and to an even greater extent among smokers.

The measurement of lung clearance of inhaled ^{99m}Tc -labelled carbon particles, Technegas, will be used to assess the uptake. Technegas is an ultrafine radioactive aerosol normally used for lung scintigraphy. The particle size distributions will be measured by use of the particles electrical mobility. The amount ultrafine particles entering the blood system will be determined by radioactivity in urine. The working plan includes generation of a stable aerosol of ^{99m}Tc -labelled ultrafine particles <100 nm by dilution of the aerosol produced by a Technegas generator. In a study on voluntary humans the uptake of inhaled ultrafine particles will be measured in healthy subjects, asthmatics and smokers. The leakage, i.e. the activity not bound to particles in the aerosol, will be estimated in vitro in order to measure the correct uptake of particles. By ultra filtration it is possible to separate particles from the fraction of activity that is not bound to particles.

A continuation is planned for a third year with the generation of particles labelled with isotopes other than ^{99m}Tc , i.e. ^{111}In with a half-life of 2,8 days, which will enable us to follow clearance up to about 30 days in a study on human volunteers. We also intend to generate ^{99m}Tc -labelled ultrafine particles of different sizes by alteration of temperature, aerosol concentration and time factor. A study on healthy volunteers will reveal if the size of the ultrafine particles have any influence on the uptake.

Hjärtkärl- och luftvägseffekter - Hjärtkärl- och luftvägseffekter av experimentell exponering för oxidativ och partikulär luftförorening.

Thomas Sandström, Umeå universitet

Projektbeskrivning

1/. Detta projekt är inriktat mot programmets målsättningar vad gäller studier av biologiska bakom hälsoeffekter av luft-föroreningar och hälsoeffekter studerade i både och kombinerade luftföroreningsmodeller.

2/. Projektet är att ge en ökad biologisk och toxikologisk kunskap om bakgrunden till hälsoeffekter inom luftvägar och det kardiovaskulära systemet av oxidativa och partikulära luftföroreningar, ge indikationer om hänsyn bör tas till kombinationseffekter av olika luftföroreningar.

3/. Målsättningen för projektet är att med hjälp av humanexperimentella modeller klarlägga om kombinationsexponering med ozon och dieselavgaser förstärker effekter på luftvägar och de kardiovaskulära systemet. En projektdel inriktas mot att klarlägga den lokala arteriovenösa inverkan dieselavgaser på endotelaktivering och koagulation mätt in-vivo på försökspersoner, i kombination med kompletterande mätningar av systemeffekter. Med hjälp av en nyutvecklad partikel-instillationsmodell på människa tar vi steget vidare från in-vitro djurförsök inom EU-projektet HEPMEAP genom att instillera utvalda partikelprover, samlade i europeiska trafikmiljöer och som visat sig ha speciella, oxidativa och arachidonsyre-metabolit-genererand kapacitet. Via den humanexperimentella modellen försöker vi klarlägga lokala immuneffekter människa och validera de tidigare använda modellerna. Därtill fördjupas vår mekanistiska forskning under projektet beträffande signaltransduktion på kinas- och transkriptionsfaktor -nivå i bronkslemhinnebiopsier från diesel- och ozonförsök för att detaljerat klarlägga via vilka mekanismer som hälsoeffekterna medieras.

4/ Denna grupp använder väletablerade exponeringskammare för dieselavgaser och ozon tillsammans med bla bronkoskopier, analyser av lungsköljvätska, biopsier, blodprover, Holter-EKG samt en underarms-modell av kärl- och koagulations-aktivering, inom ramarna för ett väl etablerat mångårigt internationellt samarbete.

5/ Projektets resultat kommer att redovisas för SNAP såväl som nationella och internationella myndigheter, internationella konferenser och publiceras i vetenskapliga tidskrifter.

Luftvägsceller - Inflammatorisk och genotoxisk potential i humana luftvägsceller av tätortsprtklar - en relativ riskjämförelse.

Lennart Möller, Karolinska institutet

Projektbeskrivning

Projektet kommer att ge underlag för att mellan partikeltyper/fraktioner insamlade i tätortsmiljö kunna göra riskbedömningar avseende potential att orsaka inflammatoriska effekter, oxidativ stress och genotoxisk verkan via resultat på humana celler från andningsvägarna. Undersökta partikelprover kan jämföras kvantitativt mellan varandra avseende analyserade effekter. I stadsmiljön kommer barn/vuxen exponeringen (andningshöjd) samt olika rörelsemönster vid olika årstider att undersökas.

En minskning av partikelexponeringen är önskvärd men kan komma att bli svår att genomföra generellt annat än med stora kostnader. I det läget är det av betydelse att prioritera insatser där partiklar/partikel fraktioner från olika källor har störst potential att inducera inflammatoriska effekter, oxidativ stress samt genotoxisk verkan på humana celler. Detta projekt syftar till att ge ett underlag för sådana bedömningar.

Hypotesen är att partiklar varierar i inflammatorisk och genotoxisk respons beroende på källa och storlek på partiklarna (visat i preliminära resultat). Projektet syftar till att undersöka partiklar från gata, vedeldning, t-bana, däckslitage ± sand och ± dubb avseende genotoxiska, inflammatoriska och oxidativ stress relaterade effekter i humana celler från andningsvägarna. Vidare kommer i gatumiljö andningshöjd (barn/vuxen) avseende PM10 och PM2.5 påverkan på humana lungceller in vitro att undersökas.

Genom ett nätverk av Karolinska Institutet, Linköpings Universitet, VTI, Stockholms Miljöförvaltning samt Inst för tillämpad miljöforskning vid Stockholms Universitet kommer partikelprover att insamlas (olika miljöer/källor och partikel fraktioner). Dessa prover analyseras sedan avseende inflammatoriska mediatorer (IL-6,8,10, TNF alfa), oxidativ stress på DNA (8-oxo-dG), genotoxisk och oxidativ DNA-påverkan (comet assay) via in vitro studier på humana celler från andningsvägarna. Målsättningen är att dessa prover relativt varandra skall kunna jämföras avseende inflammatorisk, oxidativ stress samt genotoxisk verkan uttryckt i effekt/ μg partiklar. Partiklarna som sådana kommer att karakteriseras avseende org/oorg kol, grundämnen (metaller), PAH samt bildanalys med högupplösande elektronmikroskopi (ner till nm).

SENSI - Akuta hälsoeffekter av luftföroreningar i känsliga grupper.

Tom Bellander, Stockholms läns landsting

Projektbeskrivning

Several studies in the last decade have confirmed that daily variations in ambient air pollution levels are associated with daily variations in hospital admissions as well as mortality. Recent studies have shown that the effect per unit is at least as strong at low levels as in the high level range and if these results can be confirmed there is a high potential for significantly improving public health by reducing air pollution in Swedish cities. It is however still unclear in which population segments the health improvements can be made by reducing pollution levels and how persons with a history of treatment for different diseases are affected by the pollutants. The results from the proposed study will be important for identification of sensitive subgroups and will shed some light on the mechanisms that behind acute effects from air pollution.

The aim of the study is to quantify the relationship between short time variations in air pollution levels, hospital admissions for cardiopulmonary disease and mortality in groups of individuals defined by disease status in the time preceding the studied health event.

The study population consists of all inhabitants of Stockholm county and the study period is the 1990:s All inhabitants will be assigned exposure to air pollution from one or more central monitoring stations, measuring PM10, PM2,5, CO, NO2, SO2 and/or O3. By matching the National Patient Registry for Hospital Care to the National Cause of Death Registry we will be able to reconstruct the medical history for each person in the study population who dies. Using this information we will be able to construct sub populations of individuals that are potentially sensitive to the effects of air pollution and perform analyses of the association between daily variations in air pollution and mortality. Similarly, we will reconstruct the medical history for everyone admitted to a hospital for cardiopulmonary disease and investigate the relation between air pollution and hospital admission in potentially sensitive groups. The associations will be investigated in groups of persons never previously treated and in groups treated close in time as well as long time before the health event. The results from the study will be published in the scientific literature and presented at scientific conferences internationally as well as in Sweden.

4 FORMAS

Hälsoeffekter av fina aerosolpartiklar - Utveckling och validering av en metod för uppskattning av dos till andningsvägarna i bakgrunds- och stadsluft.

Erik Swietlicki, Lunds universitet

Projektbeskrivning

Luftburna partiklar (aerosoler) anses numera vara ett av de allvarligaste luftvårdsproblemen och utgör ett reellt hot mot människans hälsa och välbefinnande. Nya gränsvärden för PM10 (massan av luftburna partiklar med en diameter mindre än 10 mikrometer) kommer att gälla i Sverige och övriga EU fr.o.m. 1/1 2005. Sannolikt kommer EU att föreslå gränsvärden även för de mindre partikelfraktionerna (troligtvis PM2.5). För närvarande bygger uppskattningar om hälsoeffekter på upmätta eller beräknade halter i luft eller i bästa fall uppskattningar av människors exponering, medan det i själva verket är dosen till olika delar av andningsvägarna som är avgörande för hälsoeffekterna. Detta projekt avser att utveckla och validera en metod för uppskattning av dos till andningsvägarna. Mätningar av aerosolpartiklarnas storlek och hygroskopiska egenskaper kommer att utföras både i bakgrunds- och stadsmiljö. Direkta mätningar av lungdepositionen hos en grupp människor i stad och land kommer att jämföras med partikeldepositionen beräknad med olika lungmodeller. Resultaten från den detaljerade lungmodellen kommer att generaliseras i syfte att validera en enkel men tillräckligt noggrann modell. Den förenklade modellen kan sedan användas för att, utgående från kontinuerliga mätningar av partikelstorleksfördelningar och väl underbyggda antaganden om partiklarnas hygroskopiska egenskaper, kunna uppskatta dosen av aerosolpartiklar till andningsvägarna, avseende partiklarnas antal, yta, massa samt löslighet i lungvätskan. Kontinuerliga storleksfördelningsmätningar kommer troligtvis i framtiden att utföras på ett flertal platser i Sverige och inom EU.

5 Arbete i kommuner

Stockholm

I Stockholm har Miljöförvaltningen genom SLB analys arbetat med partikelmätningar och åtgärdsförsök under många år. Många projekt är finansierade via Vägverket och har presenterats under denna rubrik.

Till föreliggande dokument bifogas rapporter från särskilda studier. Miljöförvaltningens mer allmänt hållna årsrapporter och dylikt finns på: <http://www.slb.nu/slb/rapporter.htm>

I Stockholm har även ett åtgärdsprogram för partiklar tagits fram. Detta arbete har utförts av Länsstyrelsen i Stockholms län i samarbete med Stockholms Stad och Vägverket region Stockholm.

Beslut och beslutsunderlag för åtgärdsprogram mot partiklar i Stockholm:

[Åtgärdsprogram Stockholm\Beslut_20040119](#)

[Åtgärdsprogram Stockholm\bilaga_1](#)

[Åtgärdsprogram Stockholm\bilaga_2](#)

[Åtgärdsprogram Stockholm\bilaga_3](#)

[Åtgärdsprogram Stockholm\bilaga_4](#)

[Åtgärdsprogram Stockholm\bilaga_5](#)

[Åtgärdsprogram Stockholm\bilaga_6](#)

[Åtgärdsprogram Stockholm\bilaga_7](#)

Göteborg

Även i Göteborg genomförs mycket mätningar och man har även börjat studera effekter av olika åtgärder. En PRELIMINÄR rapport från försök med dammbindning med CMA och förbättrad renhållning bifogas:

[Göteborg Rapport 2005-16](#)

Åtgärdsprogram mot PM₁₀ skall tas fram även i Uppsala och Norrköping.

FINLAND

Litteratursøk på vegstøv i Finland

ROAD DUST RESEARCH PROJECT

SUMMARY OF THE RESULTS

*Heikki Tervahattu, Kaarle Kupiainen, Mika Räisänen
Nordic Envicon Oy, Helsinki, Finland*

**Miljøvennlige vegdekker
2006**

1. INTRODUCTION

Road dust has been acknowledged as a dominant source of PM₁₀ (airborne particulate matter with aerodynamic diameter <10 µm) especially during spring in many winter cities of Scandinavia, North America and Japan and causes serious environmental problems (Amemiya et al. 1984, Fukuzaki et al. 1986, Kantamaneni et al. 1996, Hosiokangas et al. 1999, Kukkonen et al. 1999). The high proportion of road dust has been linked to the snowy winter conditions that make it necessary to use traction control methods. These measures enhance the generation of mineral particles. A fraction of the particles is deposited in snow and later released when the snow melts. These abrasion particles are observed in high concentrations, especially during spring in urban areas with high volumes of traffic (Hosiokangas et al. 1999, Pohjola et al. 2002).

Urban road dust is a complex mixture of particles released from several different sources and its composition is usually dominated by geological material (Hosiokangas et al. 1999, Rogge et al. 1993, Harrison et al. 1995, Chow et al. 1996, 2003, Pakkanen et al. 2001). In addition to many kinds of discomfort, road dust causes health effects. Studies of exposure to mineral and resuspension particles have shown evidence of toxicity and a possibility of adverse health impacts (Tiittanen et al. 1999, Klockars et al. 2000, Salonen et al. 2000). Respirable mineral particles, e.g. aluminosilicates and crystalline quartz, have been implicated in human diseases with lung cancer as most severe (Puledda et al. 1999, Powell et al. 2002, NIOSH 2002). Paved road dust is also a source of allergen exposure for the general population (Miguel et al. 1999).

The methods for traction control include dispersion of traction sand on the road surface and equipping the tires with metal studs or a special rubber design. High particle concentrations have been connected to the use of studded tires in e.g. Japan and Norway (Amemiya et al. 1984, Fukuzaki et al. 1986). 80% of low-duty vehicles and 5% of high-duty vehicles are equipped with studded tires in Finland during the wintertime. Traction sand has also been linked to an increased particle loading in urban air (Kantamaneni et al. 1996, Kupiainen et al. 2003a, Kuhns et al. 2003). In Helsinki, 20,000-50,000 tons of traction sand is used annually. The formation processes of the particles are the mechanical wear of the actual traction sand grains and the wear of road pavement both by tires and by traction sand (Kupiainen et al. 2003a).

Urban road dust is an important issue also from the viewpoint of the EU limit values for airborne particles (Table 1). Furthermore, Finland has its own guide values for both TSP and PM₁₀ (Table 2). Council Directive 1999/30/EC allows member states to designate the zones within which the limit values are exceeded due to the resuspension of particulates following the winter sanding of roads. This statement challenges to study the impact of traction sanding on PM₁₀ concentrations.

Table 1. The EU limit values for PM₁₀ which are implemented in two stages.

EU limit values (PM ₁₀)	Daily (µg/m ³)	Number of exceedances allowed	Annual (µg/m ³)
2005	50	35	40
2010	50	7	20

Table 2. The Finnish guide values for TSP and PM₁₀.

The Finnish guide values	Daily ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Statistical definition	Annual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Statistical definition
PM ₁₀	70	second highest daily value the month	-	-
TSP	120	98. percentile of the data	50	arithmetic mean of daily values in a year

The main objective of the Road Dust Research Project has been to study the composition and sources of the springtime road dust. The work has been focused to PM₁₀-particles but also TSP (total suspended particles) has been studied. Especially, there was a need to get quantitative information about the shares of the most important sources in road dust, such as

- Sanding aggregate
- Asphalt wear by studded tires
- Tire wear
- Emissions from automobiles and other combustion processes

Two subprojects were included, namely

1. Experimental investigations to study the impact of different factors on the generation of road dust
2. Field research to study the composition and sources of road dust under ambient conditions.

The project was performed by Nordic Envicon Oy. Dr Heikki Tervahattu worked as the leader, Kaarle Kupiainen as the principal investigator and Mika Räisänen as the researcher. The project was funded by several institutions and a wide network of researchers, laboratories, companies and institutions collaborated.

2. MAIN RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

Studies on the generation of road dust

We studied experimentally the factors that affect the generation of abrasion components of road dust from the two mineral dust sources, asphalt and anti-skid aggregates. The research was performed in several test series in a test facility. The impact of anti-skid aggregates on suspended PM was studied by using different amounts of sanding aggregates having various particle size distribution, and different modal composition. We used studded tires and friction tires to investigate asphalt pavement wear and suspended PM generation caused by tires. Two rock types were used as asphalt aggregates to study the role of asphalt aggregates in the PM generation. The impact of driving speed was also studied. The research data included the particle size distribution as well as mechanical and petrographical properties of asphalt and anti-skid aggregates, measurements of the concentrations of PM₁₀ and TSP in the air of the test facility, studies on the particle size distribution of suspended PM, measurements of organic and elemental carbon in

PM, and the composition of PM studied by an individual particle analysis using a scanning electron microscope (SEM) coupled with an energy dispersive X-ray analyzer (EDX). This paper presents the main results from all test series. Some of the results are reported in (Kupiainen et al. 2003a, 2003b, Räisänen et al. 2003).

2.1.EXPERIMENTAL

2.1.1. The test facility and aggregates

This study was conducted in a test facility, which made it possible to rule out dust contributions from other sources than abrasion of asphalt or anti-skid aggregates, and tires. It is difficult to estimate the shares of the different mineral dust sources, because they often have a similar mineralogical composition (Song et al. 1999). For these tests, aggregates (anti-skid and asphalt aggregates) with distinguishable mineralogy were chosen to be able to estimate the proportions from different dust sources. Tested asphalt and anti-skid aggregates are also used in real life. The modal compositions of tested aggregates are given in Table 1. In tests during 2001-2002 only the asphalt aggregate (mafic volcanic rock) contained the mineral hornblende, which was used as a tracer for the mineral dust from the asphalt pavement. In 2003 tests the asphalt aggregate was granite and its minerals quartz and potassium feldspar were used as tracers because anti-skid aggregates did not contain these minerals. We performed 3 test series and totally 59 tests.

The test room (180 m³ in volume) was cooled to a temperature of 0-2° C to represent the temperature in dry spring conditions. RH was 50-75%. Tests were performed with studded and friction tires; with and without anti-skid aggregates ; with different amounts of anti-skid aggregates (~300, ~1000, and ~2000 g/m²); with 4 different natural anti-skid aggregates and blast furnace slag anti-skid aggregate; and with 2 different asphalt aggregates. All tests were performed at low speeds (either 15 or 30 km h⁻¹). The results showed which factors affect the emissions as well as the relative importance and the possible magnitude of the effect of these factors. The facility and the test descriptions are presented in more detail in Kupiainen et al. (Kupiainen et al. 2003a, 2003b, 2004) and Räisänen et al. (2003, 2004).

The particle size distribution of anti-skid aggregates was determined with sieves from 0.063 to 8 mm (ECS 1997). The Los Angeles test (LA) was used to determine aggregates' resistance to fragmentation (ECS 1998a). The studded tire test (STT) measures the ability of an aggregate to tolerate the abrasive wear of studded tires (ECS 1998b). Point-counting method with a polarizing microscope was used to determine the modal composition of studied aggregates. The petrographical and mechanical-physical properties of the aggregates used in the tests are presented in more detail in Kupiainen et al. (2003a, 2003b, 2004) and Räisänen et al. (2003, 2004).

Table 1. The modal compositions (%) of aggregates. Mafic volcanic rock was used as an asphalt aggregate in 2001-2002 and as an anti-skid aggregate in 2003. Granites were used as anti-skid aggregate in 2001-2002 and as asphalt aggregate in 2003. STT = studded tire test value (ECS 1998b); LA 10-14/4-5.6 = Los Angeles test value for 10-14/4-5.6 mm (ECS 1998a).

Aggregates	Granite 1	Granite 2	Diabase	Mafic volcanic rock	
Used for	Sanding 2002	Asphalt 2003	Sanding tests	Asphalt 2001-2002 Sanding 2003	Chemical formula
Quartz	30.4	28.4			SiO ₂
K-feldspar	29.6	26.3			KAlSi ₃ O ₈
Plagioclase	32.4	39.4	57.4	29.4	(Na,Ca)Al(Si,Al)Si ₂ O ₈
Biotite	5.9	1.8	3.8		K(Mg,Fe) ₃ (Al,Fe)Si ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂
Hornblende				53	Ca ₂ (Mg,Fe) ₄ Al(Si ₇ Al)O ₂₂ (OH,F) ₂
Clinopyroxene			17.3		(Ca,Mg,Fe) ₂ Si ₂ O ₆ (Augite)
Olivine			17.5		(Mg,Fe) ₂ SiO ₄
Cummingtonite-grunerite				12.8	(Mg,Fe) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂
Others	1.7	4.1	4	4.8	
STT	20.7	5.2	11.6	6.2	
LA 10-14/4-5.6	42/43	15/24	16/23	11/17	

2.1.2. Particle sampling and analysis

Two high volume samplers (Wedding & Associates Sampler – TSP and PM₁₀) were used to measure the concentrations of suspended particles and to collect samples for the analyses of PM. In one test series we studied the size distribution of the aerosol and collected samples for a more detailed PM research using two virtual impactors (VI – PM_{2.5-10} and PM_{2.5}) and two 12 stage (0.045-10.7 μm) cascade impactors (SDI, Maenhaut et al. 1996). The VIs were equipped with quartz and PTFE filters, the SDI with aluminium substrates and polycarbonate membranes and the high volume samplers with glass fiber filters. Background concentration was monitored before the tests. The average background was less than 10% of the lowest concentration measured in the tests.

The morphology, composition and mineralogy of the particles were determined from high volume TSP- and PM₁₀-filters and the cascade impactor membranes with individual particle analysis by a scanning electron microscope (SEM - ZEISS DSM 962) coupled with an energy dispersive X-ray analyzer (EDX - LINK ISIS with ZAF-4 measurement program). A similar instrumentation has been used in several particle studies (Mamane et al. 1980, Kasparian et al. 1998, Ganor et al. 1998, Paoletti et al. 1999, 2002, Breed et al. 2002). The morphology and chemistry of fine and submicron particles were studied in detail from the polycarbonate membranes of the cascade impactor. A field emission SEM (FESEM - JEOL JSM-6335F) coupled with an energy dispersive X-ray microanalyzer (EDX - LINK ISIS and INCA) was used for the analyses. The carbonaceous fractions, elemental carbon (EC), organic carbon (OC), and carbonate carbon, were determined from the VI-quartz filter samples with a thermal-optical analyzer (Birch et al. 1996, Viidanoja et al. 2002).

2.2. RESULTS

2.2.1. Impacts of sanding on dust generation

Very high increase in PM_{10} concentrations was observed as a function of the amount of anti-skid aggregate dispersed on the asphalt surface. The concentrations were 2 fold with $\sim 300 \text{ g m}^{-2}$ of anti-skid aggregate, 4 fold with $\sim 1000 \text{ g m}^{-2}$ of anti-skid aggregate, and 9 fold with 2000 g m^{-2} compared with the experiments without the sanding. The dust concentrations correlated with the amount of anti-skid aggregate even though different sanding and asphalt materials were used. If the results of anti-skid aggregates of the lowest quality (inside circles) are excluded from Fig. 1, the R^2 increases from 0.682 to 0.934.

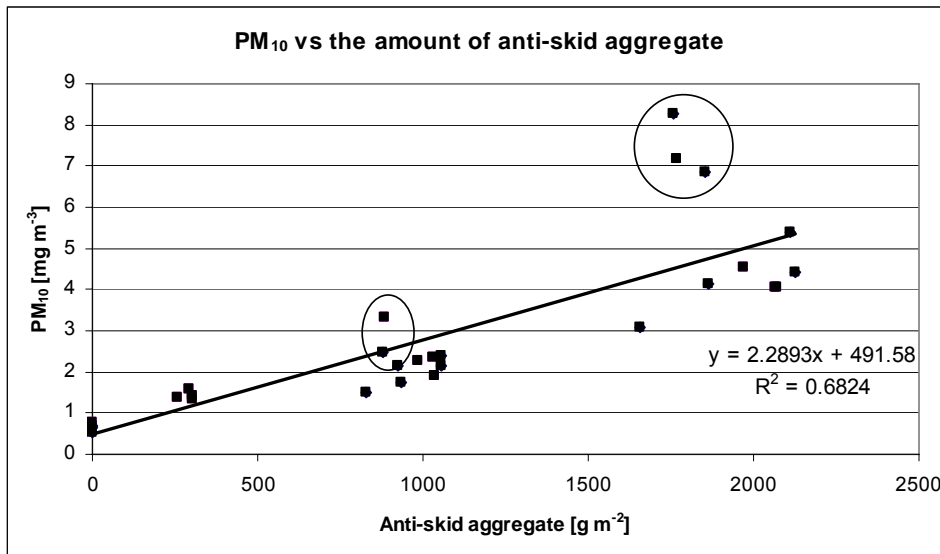


Figure 1. The correlation between PM_{10} concentrations and the amount of anti-skid aggregate used in tests with the studded tires. The aggregate with lowest resistance against fragmentation (granite 1, inside circles) caused higher emissions especially with higher amounts of anti-skid aggregate.

In Fig. 2 we present results from one test which show the impact of sanding on the modal composition of PM. Mafic volcanic rock was used as an asphalt aggregate and granite as an anti-skid aggregate. Tests without anti-skid aggregates were used as a reference to show the mineral composition of PM from only asphalt abrasion. Since all the hornblende must originate from the asphalt aggregate, its abundance was used as a basis to study the sources of the particles. Figure 2 shows that when anti-skid aggregate was used, the share of hornblende decreased and shares of quartz and K-feldspar increased compared with the test without sand (asphalt-ref.) indicating that dust was originated both from asphalt and anti-skid aggregates.

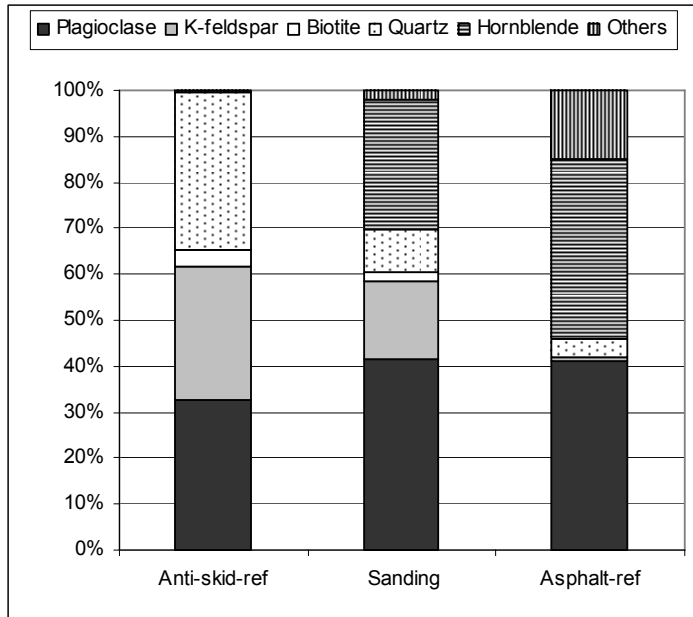


Figure 2. The modal composition of PM₁₀ samples (studied by SEM/EDX; studded tires in all tests).

Anti-skid-ref = the modal composition of the anti-skid aggregate;

Sanding = the modal composition of PM in the test with 1000 g m⁻² of this anti-skid aggregate;

Asphalt-ref = the modal composition of PM in the test without anti-skid aggregate.

These analyses of the dust by SEM/EDX showed that a large percentage of the particles (32-97%; 70% on average, see Kupiainen et al. 2003a) originated from the asphalt. The use of anti-skid aggregates greatly increased the PM₁₀ concentrations but the source of the particles in our experiments was predominantly from the asphalt pavement. It was concluded from the particle concentrations and the analyses of the particle chemistry that anti-skid aggregate was not only crushed into small PM₁₀ particles but also increased the asphalt pavement wear. We named this phenomenon as “**the sandpaper effect**”. Kanzaki and Fukuda (1993) and Lindgren (1998) have previously suggested that loose particles (e.g. scraped off the road surface) may work as grinding material and increase the wear. Fig. 3 demonstrates the sandpaper effect. Two tests on the left were performed without anti-skid aggregate. PM in these cases was generated only from asphalt pavement. The white line shows the maximum PM₁₀ concentration level of these tests. Anti-skid aggregate was used in all other tests. All the asphalt-based PM above this line indicates PM generation by the sandpaper effect which was thus a major source for suspended PM.

We used granite anti-skid aggregates with different grain size distribution to study the impact of the grading on the dust concentrations. The comparison of the tests (Fig. 4) shows that high percentage of fine-grained anti-skid aggregate particles of overall grading greatly increased the PM₁₀ concentrations when high amounts of sand were dispersed. This impact was observed both with studded and friction tires. PM from both the anti-skid aggregate and from asphalt aggregate increased. When there are more fine-grained particles the number and surface area of particles increase. Therefore, more particles can grind the asphalt pavement and the sandpaper effect increases.

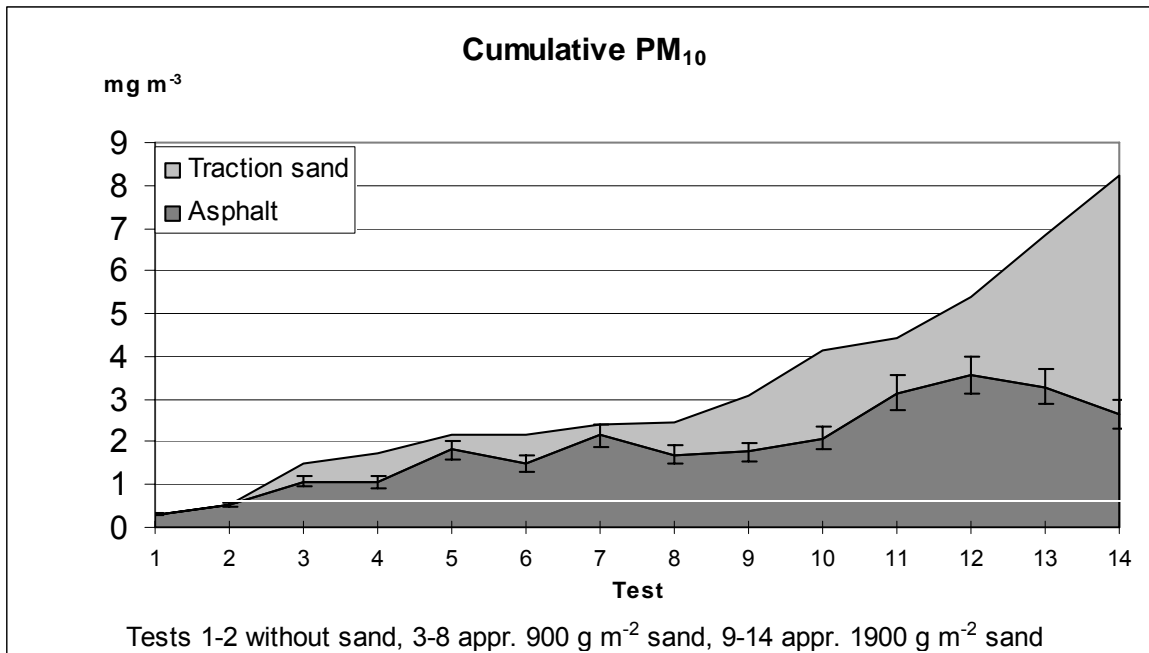


Figure 3. The fractions of PM₁₀ concentrations from the anti-skid aggregate (traction sand) and from asphalt as a function of increased sanding. Dark grey area represents PM from asphalt, light grey area from anti-skid aggregates. Tests 1 and 2 were performed without sanding. Sanding increased PM from asphalt: all PM from asphalt above the white line indicates the abrasive wear of the asphalt pavement by sand grains under the tires (the sandpaper effect). Studded tires and traction sand with the grain size 2/5.6 mm were used in all tests.

The properties of the rock used as anti-skid aggregates affected the PM₁₀ concentrations, too. The aggregate with lowest resistance against fragmentation (granite 1 in Fig. 1; LA value 42/43, see Table 1) caused higher emissions and the effect became more significant when more anti-skid aggregate was dispersed. Diabase resulted in lower PM₁₀-concentrations but had a relatively large sandpaper effect.

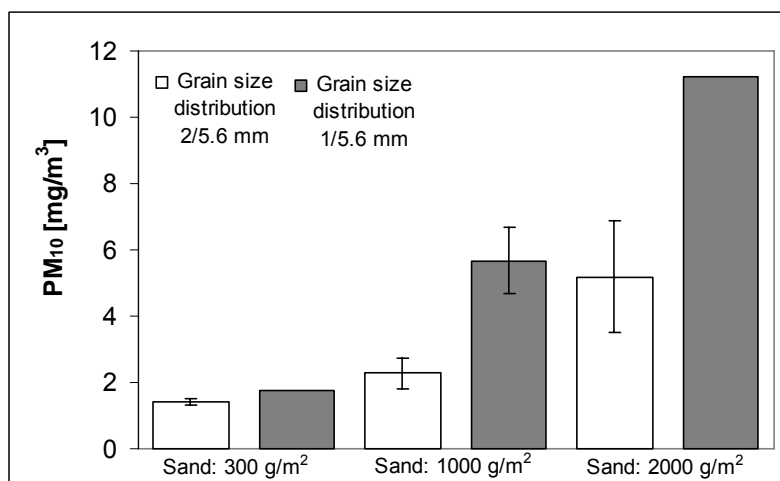


Figure 4. The impact of the grain size distribution of anti-skid aggregate on PM₁₀ concentrations when different amounts of anti-skid aggregate (sand) were used. Studded tires in all tests.

2.2.2. Impacts of asphalt aggregates

In Fig.1 we showed that sanding greatly increased dust emission. These results were obtained in tests in which mafic volcanic rock was used as asphalt aggregate. In order to study the impact of asphalt aggregate on the generation of airborne PM, we made tests using granite as asphalt aggregate. Figure 5 shows the comparison of PM₁₀ emissions using these two asphalts and diabase anti-skid aggregate. Both rock aggregates have good mechanical properties [25]. Great quantities of PM₁₀ were measured in both cases but somewhat (20% on average) more when mafic volcanic rock (A1 in Fig. 5) was used. The difference was statistically almost significant (Sign test, p=0.063, n=4).

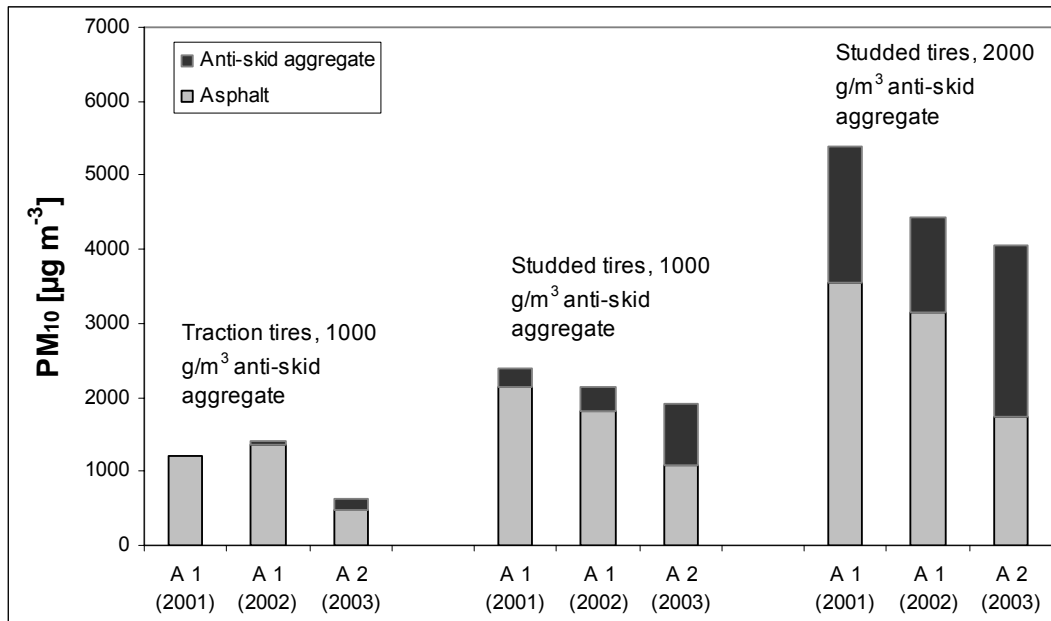


Figure 5. PM₁₀-concentrations generated from anti-skid and asphalt aggregates. Two asphalts and diabase as an anti-skid aggregate were used. Asphalt was made out of mafic volcanic rock in A1 (2001 and 2002) and of granite in A2 (2003). Both friction and studded tires and different amounts of anti-skid aggregate (1000 and 2000 g/m³) were used.

We also wanted to know is there any difference in the composition of PM when different asphalt aggregates were used. We studied the shares of particles originated either from asphalt aggregate or anti-skid aggregates using the same anti-skid material (diabase) and two different asphalt aggregates. The results in Fig. 5 show that the share of PM from asphalt aggregate was relatively lower when granite was used as asphalt aggregate (A2 in Fig. 5). Because the total PM concentrations were also lower with granite, the PM generated from asphalt aggregate was only half (on average) with granite as the aggregate material from that generated with mafic volcanic rock. On the other hand, PM₁₀-dust concentrations generated from diabase anti-skid aggregate were somewhat higher when granite was used as asphalt aggregate. These observations show that the properties of both asphalt and anti-skid aggregate as well as their interaction should be taken into account.

2.2.3. Impacts of tires

The differences in PM₁₀- and PM_{2.5}-concentrations between the tires were studied comparing 6 pairs of measurements from the second set of tests [21]. Statistically significant differences were observed, with higher concentrations when studded tires were used (Sign Test, PM₁₀ p-value 0.016 and PM_{2.5} p-value 0.031). Similar results were obtained in other test series suggesting that the studded tires increased the PM₁₀-concentrations on average by a factor of 1.5 (Fig. 6).

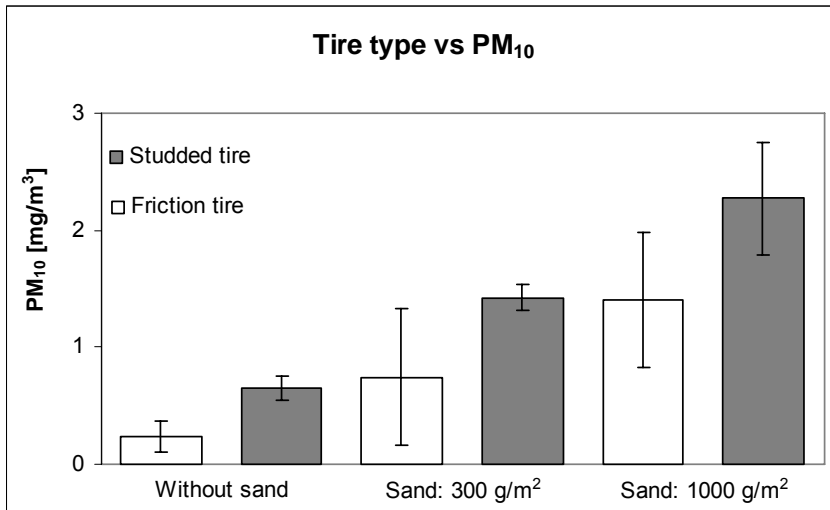


Figure 6. The impact of tire type on PM₁₀-concentrations when different amounts of anti-skid aggregate (sand) were used. The use of studded tires produced more PM than friction tires.

The results of the carbon measurements made from the second set of tests [21] are shown in Table 2. The average share of the carbonaceous fraction was 5.0% (SD 2.0%). It was composed mostly of organic carbon (4.4%, SD 1.7%) with trace amounts of elemental (0.2%, SD 0.3%) and carbonate carbon (0.4%, SD 0.1%). Carbonate-C was present in all tests, which indicated the presence of dust from the limestone powder used in the asphalt pavement filler.

Table 2. Results from the OC measurements from the second set of tests for friction and studded tires.

		OC [mg m ⁻³]		OC (%)		Notes
		Friction	Studded	Friction	Studded	
No	anti-sl					
aggregate		0.04	0.02	8.3%	3.0%	
No	anti-sl					
aggregate		0.04	0.10	5.7%	3.0%	(30 km h ⁻¹)
Granite1		0.15	0.11	5.9%	3.9%	(1000 g m ⁻²)
Granite1		0.18	0.18	4.0%	2.8%	(1000 g m ⁻² , with <2mm grains)
Granite2		0.09	0.11	6.3%	6.2%	(1000 g m ⁻²)
Diabase		0.13	0.09	6.4%	3.1%	(1000 g m ⁻²)
Sign Test		p = 0.656		p = 0.016		

The OC originates either from the asphalt pavement bitumen or from the tires. A statistically significant difference (Sign Test, p-value 0.016) was observed with higher mass percentages of OC in the tests with friction tires (Table 2; Kupiainen et al. 2003b). This is probably due to the softer rubber of friction tires, which produced more OC than the rubber of studded tires. On the other hand, there was no significant difference between the two tire types for the mass concentrations of OC (Sign Test, p-value 0.656). We concluded that studded tires produced more suspended particles from the asphalt pavement increasing OC-mass from the bitumen thus compensating higher tire wear from friction tires and leading to non-significant differences for mass concentrations of OC.

2.2.4. Size distribution and the composition of fine particles

Mass size distributions of the particles were measured in the second test set and are reported in Kupiainen et al. (2003b). The comparison of size distributions in tests with studded and non-studded tires are shown in Fig. 7a for 15 km h⁻¹ without anti-skid aggregate, Fig. 7b for 30 km h⁻¹ without anti-skid aggregate, and Fig. 7c for 15 km h⁻¹ with 880 g m⁻² anti-skid aggregate (Kupiainen et al. 2003b). It can be seen that in tests without the sand (Figs. 7a and 7b), studded tires produce much more particles in the main size classes and more pronounced with higher speed (Fig. 7b) which is considered to enhance wearing of the asphalt aggregate by tire studs. When anti-skid aggregates were used (Fig. 7c), friction tires produced relatively lot of particles that indicates the importance of the sandpaper effect regardless of the tire type.

The average shares of PM₁₀ were approximately 30% of TSP, and shares of PM_{2.5} ~12% of PM₁₀. The submicron fraction (PM_{0.9}) was ~ 6% of PM_{10.7} (Kupiainen et al. 2003b). Particles in the fine and submicron size ranges were present in all measurements. The size distributions are similar to those measured by Chow et al. (1994) and Kuhns et al. (2001) for paved road dust, Puledda et al. (1999) for silica particles and Silva et al. (2000) for soil dust in field conditions. All of these sources are dominated by mineral particles.

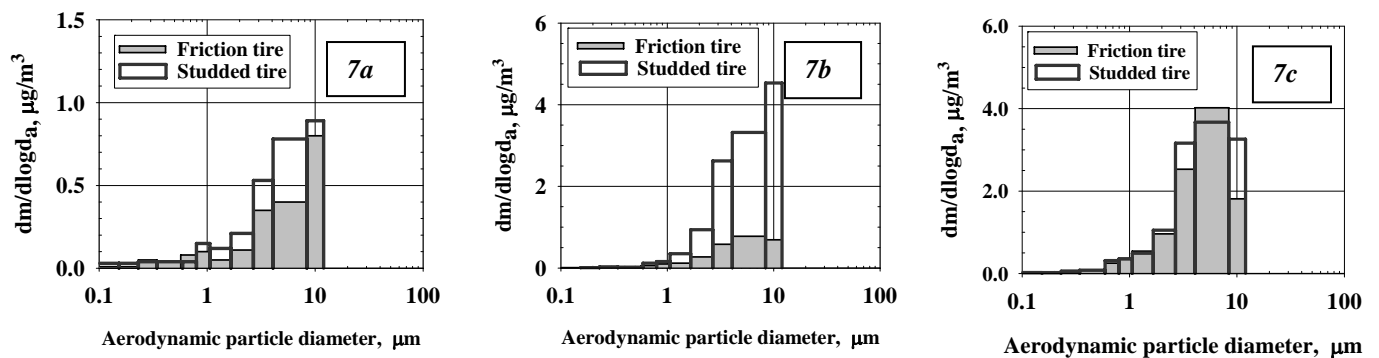


Figure 7. Size distributions of PM with studded and friction tires. 7a for 15 km h⁻¹ without anti-skid aggregate; 7b for 30 km h⁻¹ without anti-skid aggregate; 7c for 15 km h⁻¹ with 880 g m⁻² anti-skid aggregate.

A FESEM/EDX analysis of the submicron particles (50% cut off sizes: 0.45 and 0.69) showed that they were mainly mineral particles from either asphalt or anti-skid aggregates, such as plagioclase, hornblende and quartz (Kupiainen et al. 2003b). Results show that mineral particles from mechanical abrasion have a measurable contribution especially in the fine mass but also in the submicron mass fraction.

Because both TSP- and PM₁₀-samples were used in field investigations, we wanted to know do they have different ratios of particles originated from asphalt and sand. Studies in experimental conditions showed that similar ratios of both sources were generated in both size classes when coarse anti-skid aggregate was used (Table 3). However, more asphalt PM than sand PM was measured in the PM₁₀-samples (38%) than in the TSP-samples, which at the same time means that more PM originated from the sand in TSP. Similarly, the ratio of PM₁₀-mass/TSP-mass was higher with fine-grained sand than with coarser aggregate (Figure 8). From these results we concluded that the use of fine-grained sand causes a stronger sandpaper effect and generates substantially more PM₁₀-particles from asphalt.

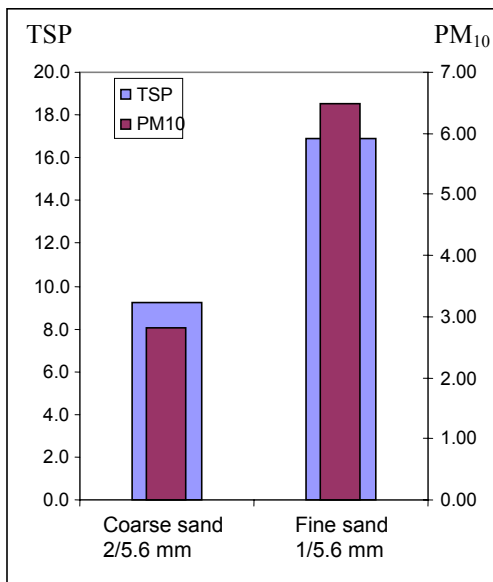


Figure 8. *The impact of the grain size of the anti-skid aggregate on TSP- and PM₁₀-concentrations. Studded tires were used in all tests.*

Table 3. *The shares of asphalt in TSP- ja PM₁₀-samples.*

Experimental design	Asphalt in TSP	Asphalt in PM ₁₀
sand 1000 g/m ³ , friction tire	66 %	61 %
sand 1000 g/m ³ , studded tire	69 %	69 %
sand 2000 g/m ³ , studded tire	32 %	32 %
Fine sand 1000 g/m ³ , studded tire	26 %	38 %
N	2	4

3. MAIN RESULTS OF FIELD INVESTIGATIONS

Field research was performed on several localities in southern Finland in order to study the composition and sources of road dust under ambient conditions. The aim of this study was to estimate the share of the sanding component in airborne particles in a situation where both studded tires and traction sand are in use. Estimations of other possible sources in the springtime dust were also made.

Ambient particle samples were collected with particle samplers which also measured continually the PM-concentrations in the air. The elemental composition of individual particles was studied with a scanning electron microscope (SEM - ZEISS DSM 962) coupled with an energy dispersive X-ray microanalyzer (EDX - LINK ISIS with ZAF-4 measurement program). Each particle was identified according to its elemental composition and classified into different particle types that represented different sources. The shares of each particle type were counted in every particle sample and the source contributions were thereby assessed.

Additionally, field research included an investigation about the impact of calcium chloride sprinkling on the atmospheric PM₁₀-concentrations during the vernal road dust period. CaCl₂ is used for dust binding by wetting the road surfaces.

3.1. Hanko-Tammisaari, south-western coast of Finland

The composition and origin of springtime dust was studied with two different methods in two neighbouring small cities, Hanko and Tammisaari, on the southern coast of Finland (Kupiainen and Tervahattu 2004). Suspended particles (PM₁₀ and TSP) were collected with high volume particle samplers and particle deposition was collected with moss bags. The composition of the PM₁₀ was studied using individual particle analysis with SEM/EDX. The deposition in the moss bags was analysed with ICP-MS. Special aim was to estimate the share of dust originating from traction sanding. The contribution of the traction sand to road dust was estimated in Hanko by using clinker sand as a sanding material. The particles originated from the clinker were identifiable by their high calcium content (40%). The results of both methods showed that during the vernal dust episode, approximately 10 percent of both PM₁₀ particles and the deposition originated from sanding which was ~20% of the mineral fraction of PM. Other major sources in the springtime PM₁₀ were asphalt aggregate (50%) and combustion processes. It can be concluded that sanding produced relatively small amount of particulate matter under the investigated circumstances.

3.2. Museokatu, Helsinki

In Museokatu at Helsinki downtown, the fugitive particles from the sanding material made up 50% of the mineral fraction of PM₁₀ being much higher share than in Hanko. Other sources like emissions from fossil fuel burning (including automobiles) produced a substantial part of PM. It was concluded that a major part of mineral particles were imported from neighboring streets increasing the share of sanding material.

3.3. Tikkurila, Vantaa

The composition and origins of road dust particles were studied in Tikkurila Vantaa during the winter-spring season 2000-2001 and 2001-2002. TSP-samples were collected by YTV and analyses were made by individual particle analysis using SEM/EDX. Particles of mineral origin made up the majority of all TSP in spring 2001 counting 72%. This mineral matter contained 70-84% particles originated from the sanding material. The share of mineral matter from all TSP was lower in spring 2002 but it was similarly divided into the two main fractions containing 80% of particles from the sanding material and 20% from the asphalt. The high content of sanding material was caused by the high amount of fine size aggregate used for sanding in Tikkurila. Our experimental results showed that fine grain size of sanding material greatly increases the concentration of PM, especially that originated from the sanding aggregate.

3.4. Pohjoisranta, Helsinki

YTV measured both PM₁₀- and TSP-concentrations as well as collected PM-samples for individual particle analysis. Here we had difficulties to assess the shares of sanding and asphalt aggregate and came to the conclusion that this was caused by mineral matter transported from more distant sources being difficult to identify. This transport mainly takes place in wheels and other parts of automobiles. Its impact was observed also in Museokatu and Tikkurila. The use of Chemical Mass Balance (CMB) receptor modelling showed that sanding aggregate particles were more common than asphalt stone particles in the airborne mineral matter of Pohjoisranta.

3.5. Lappeenranta, South-Eastern Finland

70% of PM₁₀-particles were composed of mineral matter during the vernal dust period. Anti-skid aggregate produced more PM than asphalt stone material. The grains of the anti-skid aggregate contained high amount of fine sized material which greatly increased the PM emissions from the roads as was demonstrated by our experimental research. Furthermore, fine-grained sanding material wears asphalt more than coarser aggregate which additionally stresses the need of coarse sand. Emissions of local industry were detectable in the composition of PM in Lappeenranta.

3.6. Dust-binding by calcium chloride

Calcium chloride solution has been used in a small scale in Finland during serious dust episodes to bind dust and by that means lower fugitive PM. The profits of this method are not well-known. We studied the impacts of CaCl₂-sprinkling during the spring 2004 when a long dry period (over one month) prevailed in Helsinki Metropolitan Area. The binding capacity of CaCl₂

turned out to be greatly dependant on the relative humidity (RH) of air. High PM₁₀-concentrations were measured even immediately after sprinkling if the air was dry. On the other hand, calcium chloride absorbed more moisture from the air when RH increased having a very high hygroscopic capacity at high RH. This property was observed as long as two weeks after the sprinkling. At RH 60-70% the dust-binding by CaCl₂ was clearly decreased and it was very low at RH 40-50%. During the dry days of the study period, RH fell under 30% which explains the high PM₁₀-concentrations on such days even though the sprinkling was recently performed. Environmental and corrosive impacts of the use of calcium chloride as a dust-binding chemical were reviewed from the literature. It was concluded that these must be insignificant since the need of CaCl₂-sprinkling occurs only once or twice a year and the sprinkling can be restricted to relatively small areas.

4. SUMMARY AND CONCLUSIONS

During the wintertime, dust from several sources accumulates on road surfaces. This PM is emitted into urban air in spring after the snow has melted and roads got dry. Airborne PM is therefore a complex mixture that varies in composition in different places. Meteorological factors furthermore cause variation in the conditions. All these make it difficult to analyze the dust samples and make conclusions about the different sources of PM. In experimental investigations it is possible to simplify the conditions and attain information that can also be used to evaluate the results of field studies.

Mineral matter made up 50-80% of the springtime airborne PM₁₀-road dust. This estimate is probably too low. However, it is consistent with the results of Pakkanen et al. (2001a) according to whom "soil" fraction was 71% of vernal PM_{2.3-15} in Helsinki near downtown. Other major sources in our PM-samples were exhaust particles from automobiles as well as several particle types that contained sulfur and originated from fossil fuel burning or industry and were largely depositions of long-range transport. The wear of tires and other parts of automobiles and bitumen from asphalt also produced airborne PM as well as sodium chloride from road salting and sea water, calcium-rich particles from many sources and particles of iron and other metals.

The experimental results showed that substantial amounts of fine particles were also generated, the shares of PM_{2.5} being approximately 12% of PM₁₀. The submicron fraction (PM_{0.9}) was ~6% of PM_{10.7} (Kupiainen et al. 2003b). Particles in the fine and submicron size ranges were present in all measurements. A FESEM/EDX analysis of the submicron particles showed that they were mainly mineral particles from either asphalt or anti-skid aggregates, such as plagioclase, hornblende and quartz. Results show that mineral particles from mechanical abrasion have a measurable contribution especially in the fine mass but also in the submicron mass fraction.

The PM of fugitive dust originates under our experimental conditions from asphalt or sanding aggregates. Important contribution to this dust is produced by the sandpaper effect caused by sanding grains that wear asphalt under the tires. The phenomenon is demonstrated in figure II. It was clearly observed in all cases regardless of what kind of sanding or asphalt aggregate was used. More than half (on average) of the PM₁₀-mass originated from asphalt in experimental conditions and most of this PM was generated by the sandpaper effect. We emphasize that on ambient roads tires and sand wear asphalt both under studded and friction tires producing more dust. Furthermore, moisture on road greatly increases asphalt wear compared with a dry surface. Salting makes the road wet having thus impact on dust generation.

Concerning the source apportionment of road dust, the sandpaper effect means that the fugitive dust generated by sanding is formed not only from the sanding aggregate itself but also from that portion of asphalt wear that would not be generated without the sand. Road dust originated from the asphalt is only partly released by studs in tires.

The amount of anti-skid aggregate dispersed has a great effect on the quantity of dust. Increasing sanding caused rise in dust generation both from the sand and from pavement wear. The amounts of sand used in our experiments and in the wintertime road maintenance in Helsinki were compared and turned out to be mainly consistent.

It has been observed (Kantamaneni et al. 1996, Kuhns et al. 2003) that sanding increases PM₁₀-concentrations immediately after the operation and the concentrations soon began to decrease falling in 8 hours to the same level that existed before sanding. However, springtime road dust problems are not directly connected with sanding operations but with the accumulation of dust during the whole wintertime. Important part of this accumulation is the drifting of sand and other dust on such places where that material can remain including snowdrifts.

Whole lanes are usually not dispersed by sand in Helsinki area but sanding is targeted on places where the need of anti-skid material is most urgent like bus-stops, intersections and slopes. Salting is used as an anti-skid agent on main streets except on serious frost conditions (under -6°C) or during heavy snow storms. On the other hand, much sand is dispersed on sidewalks and this sand is drifted on lanes. Sand is also transported by wheels of automobiles and by wind. By these means, dust is circulating during the winter and spring being emitted into the air and re-deposited on some other place. This is important for winter maintenance postulating the need to increase ploughing and transportation of dirty snow from the roads and at the same time withdrawal of dust and material that wears asphalt. Springtime cleaning must be performed properly with methods which are efficient in reducing PM₁₀-dust.

The amount of anti-skid aggregate dispersed should be minimized. Anti-skid aggregate with fine grain size distribution is not appropriate. The modal composition of the anti-skid aggregate is also important, and aggregates with low resistance to fragmentation are not recommended for their greater dust emissions. Which component is more abraded, asphalt or anti-skid aggregate, depends on the properties of both. We used two high quality aggregates to produce asphalt pavements. Granite was somewhat better than mafic volcanic rock since dust emissions were lower and especially PM from asphalt wear decreased when the same anti-skid aggregate was used. The use of granite in asphalt and diabase as an anti-skid aggregate turned out to be a good combination under these experimental conditions.

Studded tires increased PM₁₀-concentrations compared with friction tires. However, the use of friction tires produced more organic particles from tire wear.

These results emphasize the interaction of tires, anti-skid aggregate, and asphalt pavement in the production of dust emissions. Therefore, they all must be taken into account when measures to reduce road dust are considered. The winter maintenance measures are also important to prevent springtime dust. Best available techniques and combination of best environmental practices must be used.

REFERENCES

- S. Amemiya, Y. Tsurita, T. Masuda, A. Asawa, K. Tanaka, T. Katoh, M. Mohri, T. Yamashina, Investigations of environmental problems caused by studded tyres of automobiles using PIXE, *Nucl. Instruments Meth. Physics Res. B3* (1984) 516-521.
- M.E. Birch, R.A. Cary, Black carbon-based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust, *Aerosol Sci. Technol.* 5 (1996) 221-241.
- C.A. Breed, J.M. Arocena, D. Sutherland, Possible sources of PM₁₀ in Prince George (Canada) as revealed by morphology and in situ chemical composition of particulate, *Atmos. Environ.* 36 (2002) 1721-1731.
- J.C. Chow, J.G. Watson, J.E. Houck, L.C. Pritchett, C.F. Rogers, C.A. Frazier, R.T. Egami, B.M. Ball, A laboratory resuspension chamber to measure fugitive dust size distributions and chemical compositions, *Atmos. Environ.* 28 (1994) 3463-3481.
- J.C. Chow, J.G. Watson, D.H. Lowenthal, Sources and chemistry of PM₁₀ aerosol in Santa Barbara County, CA, *Atmos. Environ.* 30 (1996) 1489-1499.
- J.C. Chow, J.G. Watson, L.L. Ashbaugh, K.L. Magliano, Similarities and differences in PM₁₀ chemical source profiles for geological dust from the San Joaquin Valley, California, *Atmos. Environ.* 37 (2003) 1317-1340.
- European Committee for Standardisation (1997) EN 933-1. Tests for geometrical properties of aggregates. Part 1: Determination of particle size distribution. Sieving method, Brussels 7 pp.
- European Committee for Standardisation (1998a) EN 1097-2. Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation, Brussels, 22 pp.
- European Committee for Standardisation (1998b) EN 1097-9. Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 9: Determination of the resistance to wear by abrasion from studded tyres, Brussels, 7 pp.
- N. Fukuzaki, T. Yanaka, Y. Urushiyama, Effects of studded tires on roadside airborne dust pollution in Niigata, Japan, *Atmos. Environ.* 20 (1986) 377-386.
- E. Ganor, Z. Levin, R. Van Grieken, Composition of individual aerosol particles above the Israelian Mediterranean coast during the summer time, *Atmos. Environ.* 32 (1998) 1631-1642.
- L.M. Harrison, M. Jones, The chemical composition of airborne particles in the UK atmosphere, *Sci. Total Environ.* 168 (1995) 195-214.
- J. Hosiokangas, J. Ruuskanen, J. Pekkanen, Effects of Soil Dust Episodes and Mixed Fuel Sources on Source Apportionment of PM₁₀ Particles in Kuopio, Finland, *Atmos. Environ.* 33 (1999) 3821-3829.
- R. Kantamaneni, G. Adams, L. Bamesberger, E. Allwine, H. Westberg, B. Lamb, C. Claiborn, The Measurement of Roadway PM₁₀ Emissions Rates Using Atmospheric Tracer Ratio Techniques, *Atmos. Environ.* 30 (1996) 4209-4223.
- H. Kanzaki, Y. Fukuda, Regulations on Studded Tire Usage and Winter Road Administration in Japan, *Proceedings of the International Workshop on Winter Road Management*, Jan. 26-29. Sapporo, Japan (1993).
- J. Kasparian, E. Frejafon, P. Rambaldi, J. Yu, B. Vezin, J.P. Wolf, P. Ritter, P. Viscardi, Characterization of urban aerosols using SEM-microscopy, X-ray analysis and Lidar measurements, *Atmos. Environ.* 32 (1998) 2957-2967.
- M. Klockars, The effect of surface properties of mineral dusts on their ability to induce inflammatory response in the lungs, *Proceedings SYTTY2. The Mid-term Symposium of the Finnish Research Programme on Environmental Health 29-30 March, 2000 Helsinki, Finland. Publications of the Finnish Research Programme on Environmental Health SYTTY 1* (2000) 146-149.
- H. Kuhns, V. Etyemezian, D. Landwehr, C. MacDougall, M. Pitchford, M. Green, Testing re-entrained aerosol kinetic emissions from roads (TRAKER): a new approach to infer silt loading on roadways, *Atmos. Environ.* 35 (2001) 2815-2825.
- H. Kuhns, J. Gillies, J. Watson, V. Etyemezian, M. Green, M. Pitchford, Vehicle-based road dust emissions measurements, 12th USEPA International Emission Inventory Conference, San Diego April 29-May 1, (2003).

- J. Kukkonen, T. Salmi, H. Saari, M. Konttinen, R. Karstastenpää, Review of urban air quality in Finland, *Bor. Environ. Res.* 4 (1999) 55-65.
- K. Kupiainen, H. Tervahattu, The Effect of Traction Sanding on Urban Suspended Particles in Finland, *Environ. Monit. Assess.* 93 (2004), 287-300.
- K. Kupiainen, H. Tervahattu, M. Räisänen, Experimental studies about the impact of traction sand on urban road dust composition, *Sci. Total Environ.* 308 (2003a) 175-184.
- K.J. Kupiainen, H. Tervahattu, M. Räisänen, T. Mäkelä, M. Aurela, R. Hillamo, The size distribution and composition of abrasion components in road dust, Submitted to *Environ. Sci. Technol.* (2003b).
- K. Kupiainen, H. Tervahattu, M. Räisänen, Generation of road dust under experimental conditions. Research Report M2Y0025 (in Finnish), MOBILE², Helsinki (2004).*
- Å. Lindgren, Road Construction Materials as a Source of Pollutants, Doctoral Thesis 1998:05. Division of Traffic Engineering, Department of Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden (1998).
- W. Maenhaut, R.E. Hillamo, T. Mäkelä, J.L. Jaffrezo, M.H. Bergin, C.I Davidson, 1996. A New Cascade Impactor for Aerosol Sampling with Subsequent PIXE Analysis, *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B.* 109/110 (1996) 482-487.
- Y. Mamane, E. Ganor, A.E. Donagi, 1980. Aerosol composition of urban and desert origin in the eastern Mediterranean. I. Individual particle analysis, *Water Air Soil Pollut.* 14 (1980) 29-43.
- A.G. Miguel, G.R. Cass, M.M. Glovsky, J. Weiss, 1999. Allergens in paved road dust and airborne particles, *Environ. Sci. Technol.* 33 (1999) 4159-4168.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica, DHHS (NIOSH) Publication No 2002-129, Cincinnati, USA, (2002).
- L. Paoletti, M. Diociaiuti, B. De Berardis, S. Santucci, L. Lozzi, P. Picozzi, Characterisation of Aerosol Individual Particles in a Controlled Underground Area, *Atmos. Environ* 33 (1999) 3603-3611.
- L. Paoletti, B. De Berardis, M. Diociaiuti, 2002. Physico-chemical characterization of the inhalable particulate matter (PM₁₀) in an urban area: an analysis of the seasonal trend, *Sci. Total Environ.* 292 (2002) 265-275.
- T.A. Pakkanen, K. Loukkola, C. Ojanen, C. Korhonen, M. Aurela, T. Mäkelä, R.E. Hillamo, P. Aarnio, T. Koskentalo, A. Kousa, W. Maenhaut, 2001. Sources and chemical composition of atmospheric fine and coarse particles in the Helsinki area, *Atmos. Environ* 35 (2001) 5381-5391.
- M.A. Pohjola, A. Kousa, J. Kukkonen, J. Härkönen, A. Karppinen, P. Aarnio, T. Koskentalo, The spatial and temporal variation of measured urban PM₁₀ and PM_{2.5} in the Helsinki Metropolitan Area, *Water Air Soil Pollut. Focus* 2 (2002) 189-201.
- J.J. Powell, Analysis of aluminosilicates particles in biological matrices using histochemistry and X-ray microanalysis, *Analyst* 127 (2002) 842-846.
- S. Puledda, L. Paoletti, M. Ferdinandi, Airborne quartz concentration in an urban site, *Environ. Pollut.* 104 (1999) 441-448.
- W.F. Rogge, L.M. Hildemann, M.A. Mazurek, G.R. Cass, Sources of fine organic aerosol. 3. Road dust, tire debris, and organometallic brake lining dusts: roads as sources and sinks, *Environ. Sci. Technol.* 27 (1993) 1892-1904.
- M. Räisänen, K. Kupiainen, H. Tervahattu, The effect of mineralogy, texture and mechanical properties of anti skid and asphalt aggregates on urban dust, *Bull. Engin. Geol. Environ.* DOI: 10.1007/s10064-003-0200-y (2003).
- M. Räisänen, K. Kupiainen, H. Tervahattu, The effect of mineralogy, texture and mechanical properties of anti-skid and asphalt aggregates on urban dust. Part II, Submitted to *Bull. Engin. Geol. Environ.* (2004).
- R.O. Salonen, A.S. Pennanen, A.I. Halinen, M.R. Hirvonen, M. Sillanpää, R. Hillamo, V. Karlsson, T. Koskentalo, P. Aarnio, S. Ferguson, P. Koutrakis, A chemical and toxicological comparison of urban air PM₁₀ collected during winter and spring in Finland, *Inhal. Toxicol.* 12(Suppl. 2) (2000) 95-103.
- X.-H. Song, L. Hadjiiski, P.K. Hopke, L.L. Ashbaugh, O. Carvacho, G.S. Casuccio, S. Schlaegle, Source apportionment of soil samples by the combination of two neural networks based on computer-controlled scanning electron microscopy, *J. Air Waste Manage. Assoc.* 49 (1999) 773-783.
- P.J. Silva, R.A. Carlin, K.A. Prather, Single particle analysis of suspended soil dust from Southern California, *Atmos. Environ* 34 (2000) 1811-1820.

P. Tiittanen, K.L. Timonen, J. Ruuskanen, A. Mirme, J. Pekkanen, Fine particulate air pollution, resuspended road dust and respiratory health among symptomatic children, *Eur. Respir. J.* 13 (1999) 266-273.

J. Viidanoja, M. Sillanpää, J. Laakia, V.-M. Kerminen, R. Hillamo, P. Aarnio, T. Koskentalo, 2002. Organic and black carbon in PM_{2.5} and PM₁₀: 1 year of data from an urban site in Helsinki, Finland, *Atmos. Environ* 36 (2002) 3183-3193.



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005