

Intern rapport nr. 2336

Miljøvennlige vegdekker

Forprosjekt



**Teknologiavdelingen
Veg- og trafikkfaglig senter**

Oktober 2003



Statens vegvesen

Intern rapport nr. 2336

Miljøvennlige vegdekker Forprosjekt

Sammendrag

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 slitasegenskaper 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, trafikksikkerhet 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 piggdekkbruk, piggtype, fartsnivå osv.)

Emneord: *Vegdekke, støy, støv, helse, friksjon, miljø, vedlikehold*
Seksjon: *Veg- og trafikkfaglig senter*
Saksbehandlere: *Brynhild Snilsberg, Karl Melby, Øystein Larsen, Jostein Aksnes*
Dato: *Oktober 2003*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen
Veg- og trafikkfaglig senter
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 35 00 Telefax: 22 07 34 44

Innholdsfortegnelse

1	FORORD MED KONKLUSJON.....	1
1.1	OPPGAVE	1
1.2	UTFØRT ARBEID	1
1.3	KONKLUSJON	2
2	VEGDEKKER - STØY OG FRIKSJON - BETRAKTNINGER	3
2.1	INNLEDNING	3
2.2	STØY.....	3
2.3	NORSKE FORHOLD OG STØYSVAKE DEKKER.....	3
2.3.1	Gruppe 1. Dekker med jevn overflatestruktur	4
2.3.2	Gruppe 2. Porøse asfaltdekker.....	6
2.3.3	Gruppe 3. Nye dekketyper (poroelastiske dekker etc.)	8
2.4	OPPSUMMERING.....	8
3	LITTERATURSTUDIE.....	9
3.1	STØY.....	9
3.1.1	Sammendrag.....	9
3.1.2	Støysvake vegdekker – prosjekt utført i Norge i 1990	10
3.1.3	Økonomisk fordel av støyreducerende vegdekker	11
3.1.4	Konklusjoner og anbefalinger	12
3.1.5	Summary.....	14
3.1.6	Introduction.....	15
3.1.7	Road Traffic Noise	16
3.1.8	Low Noise Road Surfaces.....	28
3.1.9	Economic benefits of Low Noise Pavements	47
3.1.10	Conclusions and Recommendations	49
3.1.11	Acknowledgement	50
3.1.12	List of references	50
3.2	STØV.....	53
3.2.1	Sammendrag.....	53
3.2.2	Innledning	55
3.2.3	Bakgrunn.....	55
3.2.4	Utviklingstrekk rundt svevestøv.....	56
3.2.5	Krav til støvutslipp	59
3.2.6	Helseeffekten av svevestøv	61
3.2.7	Miljøpåvirkning.....	64
3.2.8	Tiltak mot svevestøv	65
3.2.9	Pågående prosjekter.....	67
3.2.10	Spørsmål.....	67
3.2.11	Litteraturliste.....	68
4	STATUS FOR STØYMÅLINGER PÅ UTVALGTE VEGDEKKER (SINTEF).....	74
5	PROSJEKTPLAN	81
5.1	BAKGRUNN	81
5.2	MÅLSETTINGER	81
5.3	AKTIVITETSPLAN	82
5.3.1	Generelt.....	82
5.3.2	Hva kan bringe oss videre	82
5.3.3	Prosjektaktiviteter / delprosjekter	84
5.4	ORGANISERING	85
5.5	TIDSPLAN.....	85
5.6	KOSTNAD.....	86

1 FORORD MED KONKLUSJON

Dette er et forprosjekt for et mulig større prosjekt om ”miljøvennlige vegdekker”. Bakgrunnen for dette prosjektet er Samferdselsdepartementets tildelingsbrev til Vegdirektoratet for 2003. Der ble Vegdirektøren bedt om å redusere støy fra vegtrafikken, og da spesielt fra vegdekkene.

1.1 Oppgave

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 i vinterhalvåret, 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 forprosjektet utført.

Forprosjektet er utført i perioden mai-oktober 2003 av følgende gruppe:

- Jørn Ingar Arntsen, Vegdirektoratet Miljøseksjonen
- Ingunn Milford, Vegdirektoratet Miljøseksjonen
- Pål Rosland, Vegdirektoratet Veg- og ferjeforvaltning
- Karl Melby, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Øystein Larsen, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Jostein Aksnes, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Geir Berntsen, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Sigmund Dørum, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Torleif Haugødegård, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Trond Dreiem, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Brynhild Snilsberg, Vegdirektoratet Veg- og trafikkfaglig senter
- Leif Bakløkk, SINTEF Bygg og miljø
- Truls Berge, SINTEF Tele og data
- Svein Åge Storeheier, SINTEF Tele og data
- Rabbira Garba, Institutt for veg og samferdsel, NTNU
- Tom Myran, Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU

Det var stilt 0,4 mill kroner til disposisjon for prosjektet. Midlene er nyttet til praktiske målinger av støy på noen vegdekker, samt til litteraturstudium og utredning.

1.2 Utført arbeid

Følgende arbeid er utført:

- a) Måling av støy på noen utvalgte vegdekker for å skaffe mer kunnskap om måleteknikk og støynivå (se vedlagt rapport fra SINTEF)
- b) Kort vurdering av sammenhengen mellom støy, støv, helse, trafiksikkerhet og vedlikehold av vegdekker i tilknytning til norske forhold
- c) Litteraturstudium innenfor støy

- d) Litteraturstudium innenfor støv
- e) Forslag til prosjektplan for et større, flerårig prosjekt om miljøvennlige vegdekker
- f) Dr.ing. studium om støv er i ferd med å bli startet

1.3 Konklusjon

Resultatene fra forprosjektet bekrefter at produksjon / vedlikehold av ”miljøvennlige vegdekker” for norske forhold er komplisert.

Dersom det skal være mulig å komme videre med utvikling av ”miljøvennlige vegdekker” må det gjennomføres et større, flerårig forskningsprosjekt som både medfører laboratorieundersøkelser, støymålinger, litteraturstudier, deltagelse i andre lands forskningsprosjekt og praktiske forsøk i Norge.

Et slikt prosjekt er kostnadsberegnet til 14,5 mill kroner over 4 år. I tillegg kommer utlegging av forsøksstrekninger, innkjøp av målebil for støy og eventuelt innkjøp / utprøving av eget vedlikeholdsutstyr.

Resultatene av et slikt prosjekt vil være todelt:

1. Betydelig høyere kompetanse innenfor støy-, støv-, helse- og sikkerhetsaspekt for forskjellige norske vegdekker. En slik kompetanseheving vil være nødvendig for å gi svar til samfunnet om miljø- og sikkerhetsmessige konsekvenser av forskjellige valg av vegdekker.
2. 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 piggekkbruk, pigdtype, fartsnivå osv.)

2 VEGDEKKER - STØY OG FRIKSJON - BETRAKTNINGER

2.1 Innledning

I St.meld. 25, (2002-2003), ” Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand” er det gitt et nasjonalt mål om at antall personer som plages av støy skal reduseres med 25 % i perioden 1999-2010. Veitrafikkstøy er hovedstøykilden for over 70 % av de som plages av støy.

Stortingsmeldingen sier videre at det må fokuseres på tiltak for å redusere støykilden og her vil vegdekket være en viktig faktor. I denne sammenhengen sier stortingsmeldingen at ”det skal arbeides med å utvikle veidekketyper og vedlikeholdsmetoder tilpasset norske forhold.” I Samferdselsministerens tildelingsbrev til Vegdirektøren for 2003 er også behovet for å utrede støysvake dekker nevnt.

Oppgaven er dermed klart definert. Det er vegdekkene vi skal fokusere på i dette prosjektet selv om det finnes mange andre tiltak som også kan være med på å redusere støyforholdene.

2.2 Støy

I St.meld. 25, (2002-2003), er støyproblemet angitt som antall personer plaget av støy angitt ved en verdi kalt støyplageindeks (SPI). Ca. 450 000 mennesker har plager av vegtrafikkstøy.

I forbindelse med støysvake vegdekker vil det være nødvendig å benytte en mer objektiv måleverdi for støy. Lydstyrke angis i desibel (dB). Et støysvakt dekke er definert som et dekke hvor vi har en reduksjon på minst 3 dB i forhold til et tradisjonelt vegdekke.

3 dB tilsvarer den reduksjonen vi får når avstanden til en linjeformet støykilde (f.eks. en vei) fordobles på et akustisk hard underlag. Dvs. hvordan vi oppfatter støyreduksjonen når vi flytter oss fra 10 til 20 m vekk fra veikanten.

En støyendring på 1 dB kan kun registreres dersom de to lydnivåene kan høres i sammenheng. En reduksjon på 5 dB kan tydelig høres og en reduksjon på 8-10 dB oppfattes som en halvering av lydnivået.

Målsettingen mht. støyreduksjon er at antallet støyplagede personer skal reduseres med 25 % frem til 2010, men fra 1999-2001 har det ikke skjedd noen endring.

2.3 Norske forhold og støysvake dekker

Det er gjort mye forskning innen vegtrafikkstøy i andre land, men dette er nødvendigvis ikke relevant når det gjelder norske forhold. Disse kjennetegnes med:

- lang vinter
- bruk av piggdekk og kjettinger
- mye nedbør særlig langs kysten

- gode steinmaterialer

Støymålinger fra vegdekket gjøres ved bruk av standardiserte sommerdekk og på tørr vegbane. Følgende forhold må også tas i betraktning når resultatene skal vurderes:

- Bruk av piggdekk og kjettinger vil utvilsomt produsere betydelig mer støy enn sommerdekk. Piggdekkandelen er nedadgående i flere store byer og vil ha betydning for støyforholdene.
- For våt vegbane vil ikke de porøse dekkene gi samme støyreduksjon som ellers. Store deler av kysten har mye nedbør og i tillegg anvendes oppløst salt på sterkt trafikkerte og støyutsatte veier.
- Gjør vinteren med snødekt mark at støyforholdene er forskjellig fra sommerhalvåret?

Hvor mange parametere som bør undersøkes må vurderes ut fra tilgjengelige ressurser og sannsynligheten for at disse har avgjørende betydning for støyproblemet.

De støysvake dekkene vi i dag kjenner til kan deles inn i 3 grupper:

1. Dekker med jevn overflatestruktur hvor det er benyttet fraksjonen 0-5 mm og lignende i massen.
2. Porøse dekker av typen drencasfalt i ett eller to lag.
3. Ulike spesialdekker som poroelastiske dekker og dekker med tilslag av lettklinker.

Dekketypene 1 og 2 har sine klare ulemper (og noen fordeler) når det gjelder norske forhold. For gruppe 3 vet vi foreløpig forholdsvis lite.

2.3.1 Gruppe 1. Dekker med jevn overflatestruktur

For dekkene med jevn overflatestruktur har vi to hovedproblemer. Dette er piggdekksslitasje med påfølgende støvproblemer og lav friksjon ved våt vegbane.

Piggdekksslitasjen er bl.a. en funksjon av andelen store korn. En undersøkelse som ble utført på Store Ringveg i Oslo viste at en viktig parameter for piggdekksslitasjen var andelen korn større enn 11 mm. Normalt benyttes asfaltdekker i dag med største kornstørrelse på 11 eller 16 mm. Piggdekkene gjør at vi normalt ikke har friksjonsproblem på våre asfaltdekker etter noen uker, fordi slitasjen fra piggdekkene fjerner bitumenfilm på steinmaterialet og bitumenmørtel i overflaten på en slik måte at det grove steinskjellettet blir liggende eksponert i overflaten.

For et materiale som har største kornstørrelse < 5-7 mm vil vi ikke få denne effekten. Sannsynligvis er slitasje større her enn på andre dekker, men dette kan muligens bedres noe ved å benytte bitumenrike blandinger hvor bindemiddelet er tilsatt polymerer. Denne ekstra slitasjen vil medføre tilsvarende mye støv noe som også har helsemessige og miljømessige konsekvenser.

Hensikten med denne typen dekker er at overflatestrukturen skal være jevn. Vi vet at friksjon også er en funksjon av overflatestrukturen. Figuren under er hentet fra TRL (Transport Research Laboratory) i England og viser dette forholdet.

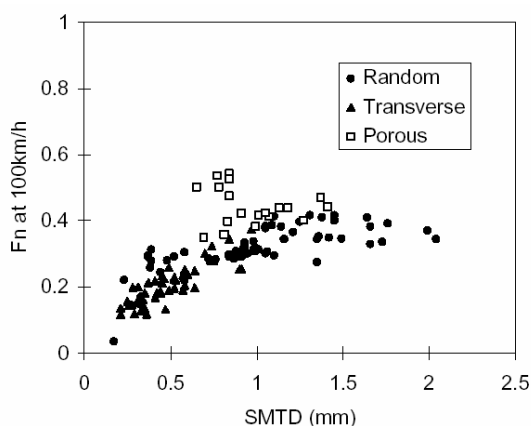
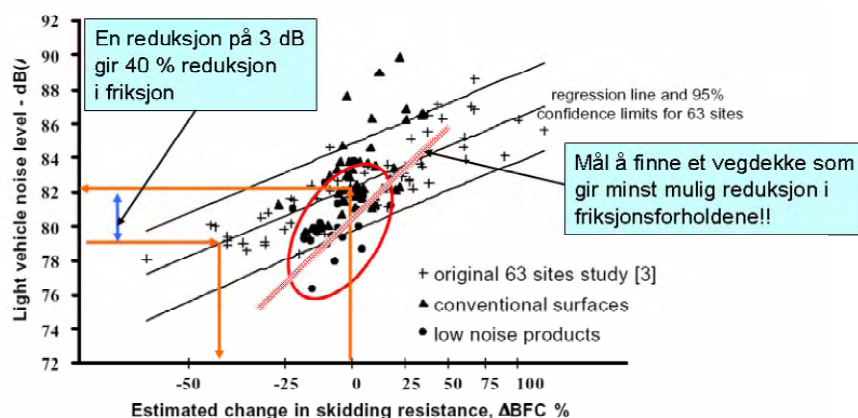


Figure 1. Friction at 100km/h and texture depth.

X-aksen angir et mål på overflatestruktur som kan korreleres med andre metoder for å angi denne.

Av figuren ser vi klart at det er en sammenheng mellom overflatestrukturen og friksjonen, men vi ser også at porøse asfaltdekker skiller seg positivt ut fra de øvrige dekkene. Friksjonen er langt bedre for disse selv med finere struktur.

Dersom støy og friksjon plottes mot hverandre får i en sammenheng som vist i neste figur. For ordinære dekker er denne sammenheng klar. Dersom vi tar utgangspunkt i et dekke som gir 82 dB støy og ønsker å redusere denne med 3 dB, vil dette medføre at friksjonen reduseres med ca. 40 %.



Estimated change in skidding resistance and light vehicle noise

0-visjonen for trafikkulykker medfører at dette vil være en helt uaktuell måte å løse støyproblemet på. Det er særlig på våt vegbane at friksjonsforholdene vil bli dårligere. Trafikksikkerhetshåndboka gir følgende endringer i antall trafikkulykker på våt kjørebane dersom friksjonen endres:

Friksjon		Økning i antall ulykker (beste anslag)	Usikkerhet i vurderingene
Fra	Til		
0,6	0,5	40 %	30 til 55 %
0,7	0,6	25 %	17 til 33 %
0,8	0,7	15 %	5 til 25 %

Dersom friksjonen i utgangspunktet er 0,8 og denne skal reduseres med 40 % (som vist i figuren over) vil dette tilsvare en friksjon omkring 0,5. Dette vil medføre en fordobling av antall ulykker når tallet ”beste anslag” i tabellen over benyttes. Denne økningen er selvfølgelig ikke akseptabel.

I figuren er også dekker som er spesialkonstruert for å gi lavere støy vist og er omrisset med rødt. Det er tydelig at disse dekkene ikke gir samme reduksjon i friksjon som for konvensjonelle støysvake dekker. Målet må være å frembringe et vegdekke hvor vi ikke går på akkord med andre viktige krav for vegdekket som f.eks. friksjonsegenskaper og trafikkikkerhet.

Fordelen med denne dekketyper er at lagtykkelsen er liten i forhold til dekker med større steinkorn og de vil derfor være forholdsvis billige å fornye. Ulempen er at vi må legge nytt dekke svært ofte da støyuutsatte veger normalt har stor trafikk.

2.3.2 Gruppe 2. Porøse asfaltdekker

For disse dekkene vil hulrommet i dekket medføre at støy ikke produseres og forplanter seg i samme grad som for konvensjonelle dekker.

Denne dekketyper kjenner vi i dag som drengasfalt og dekketyper er tidligere testet ut i Norge i forbindelse med reduksjon av støy.

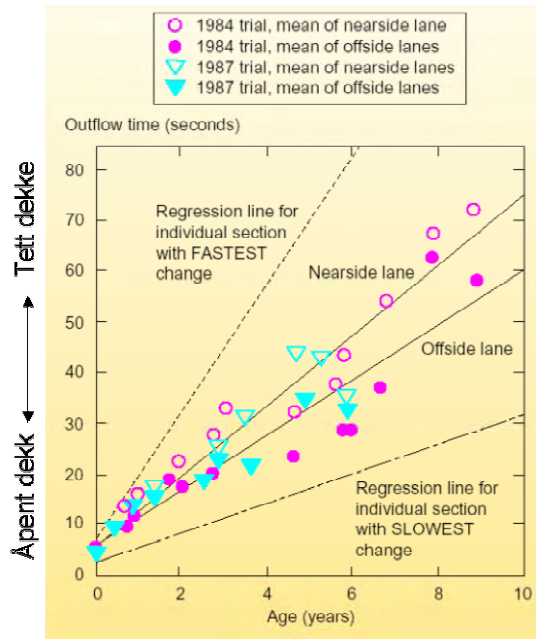
Dekket består av relativt ensgraderte materialer og største steinstørrelse kan være så stor som 22 mm i følge vegnormalene. Hulrommet vil normalt være mer enn 20 %.

Forsøkene viste at hulrommet ble tettet igjen etter relativt kort tid og at dreneringseffekten ble raskt redusert. Dette medfører også at den støyreducerende effekten har avtatt.

Årsaken til at dekkenes hulrom ikke fungerer over tid vil være flere. Bl.a. kan nevnes:

- Piggdekk og kjettinger knuser steinmaterialet og finpartiklene avsettes i hulrommet.
- Åpent steinskjelle medfører at enkeltkornene i materialet blir mer belastet enn for tette konvensjonelle dekker. Dette medfører nedknusing av steinmaterialet og omlagring i massene (massen pakkes tettere sammen).
- Støv, strøsand, annen masse som kommer inn på vegen, forurensinger fra transport etc. tetter til porene i materialet.

Figuren under viser hvordan dreneringsegenskapene har endret seg for et porøst dekke i England. Tiden det tar for at vann av en viss mengde skal strømme gjennom materialet er brukt som et mål for dreneringsegenskapene og figuren viser tydelig at denne blir sterkt forringet etter som tiden går.



England har ikke piggdekkslitasje så årsaken til reduserte dreneringsegenskaper ligger ikke her. Dekket ble forsøkt renset, men dette var ikke vellykket.

For å bedre dette problemet er det forsøkt med to lags porøse dekke hvor øverste laget har finere porestruktur enn laget under.

Steinskjellettet består som nevnt av ensgraderte steinmaterialer og hvor punktbelastningene på steinkornene blir store fordi vi mangler mindre korn som er med til å støtte opp de større kornene. Kravet til god og ikke minst jevn styrke på materialene er nødvendig. Kornene vil dermed få en styrke og en størrelse som gjør at evnen til å motstå piggdekkslitasje også blir god.

Det åpne steinskjellettet medfører imidlertid at stabiliteten i materialet blir dårligere. Dette vil kunne medføre spordannelse som følge av deformasjon. For å virke støyreducerende må dette dekket ha en viss tykkelse som også er ugunstig mht. total deformasjon.

Den åpne porestrukturen i materialet medfører at oksygen lett kan reagere med bindemiddelet. Når dette skjer blir bindemiddelet stivt og mister sine egenskaper med bl.a. å holde på steinmaterialet. Denne aldringen av bindemiddelet kan bedres ved å få en tykkere bindemiddelfilm på steinmaterialet og dette kan gjøres ved å tilsette polymerer og ulike fibrer.

Friksjonsmessig er porøse dekker svært gode så lenge de virker drenerende. Under regnvær vil mengden overflatevann være langt mindre enn for tette konvensjonelle dekker og dermed vil også friksjonen forbedres. I tillegg reduseres faren for vannplaning.

Hvis porene tettes igjen vil friksjonsegenskapene likevel være minst like gode for disse dekkene som for konvensjonelle dekker.

Mindre vann på overflaten gir også mindre sprut og tilgrising fra kjøretøyer. Dermed tilgrises ikke frontruter etc. og siktforholdene blir langt bedre for både møtende trafikk og trafikk i samme kjøreretning.

2.3.3 Gruppe 3. Nye dekketyper (poroelastiske dekker etc.)

Disse dekketyperne er lite prøvd i Norge, men poroelastiske dekker er prøvd i Sverige og viser svært god støyreducerende effekt samtidig som motstanden mot piggdekkslitasje synes å være god. Disse dekkene bør undersøkes mht. andre miljømessige effekter, friksjon og kostnader.

Det finnes også en dekketype hvor det er benyttet lettklinker som tilslag. Dette bør også vurderes, men spørsmålet her er om piggdekkslitasje kan bli et problem.

2.4 Oppsummering

Porøse dekker med et eller to lag synes å være lovende mht. støy. Disse har flere fordeler som i tillegg til å bedre støyproblemene, også bedrer friksjonsforholdene, reduserer sprut fra kjøretøyer og har god motstand mot piggdekkslitasje.

Det må legges vekt på å finne porestrukturer (kornstørrelse på materialet i dekket) som gir minst mulig tiltetting av porene. Det må også forskes på måter å rense porene.

Dekkene med fin overflatestruktur vil sannsynligvis ha så dårlig friksjon at de av den grunn er uaktuelle.

Nye dekketyper virker spennende og må undersøkes nærmere mht. norske forhold.

Støyproblemet må ikke løses ved at vi får andre miljømessige problem eller at trafikk sikkerheten reduseres.

3 LITTERATURSTUDIE

3.1 Støy

3.1.1 Sammendrag

Støy fra vegtrafikk er ansett å være et av de største miljømessige problemene i mange land. Støyplagen påvirker millioner av mennesker rundt om i verden, og i Norge viste statistikk at rundt 1,3 millioner mennesker i 2001 ble eksponert for vegtrafikkstøy med et nivå over den tillatte grensen på 55 dB(A). Dette utgjør ca 73 % av de som var plaget av støy i Norge. I de 15 EU landene blir det estimert at 71 millioner mennesker blir eksponert for trafikkstøy som overskrider 55 dB(A). Mange land prøver som et resultat av dette å redusere støyforurensningen.

Det er generelt tre fysiske tiltak som kan anvendes for å redusere støy fra veitrafikk: støy barrierer (skjerming), støyisolering i bygninger, og bruk av støysvake vegdekker (i tillegg kommer tiltak i tilknytning til kjøretøy – behandles ikke i denne rapporten). Av de fysiske alternativene er støysvake vegdekker i land med lite vinterproblem og ikke pikkdekk, ansett å være det mest kostnadseffektive tiltaket. Disse vegdekkene kan også brukes i urbane områder hvor støybarrierer ikke er praktisk gjennomførbart. Flere typer støysvake vegdekker er utviklet og utprøvd i forskjellige land.

I Norge er det en fornyet interesse for utvikling og anvendelse av støysvake vegdekker, og som et resultat av dette er et forprosjekt for miljøvennlige vegdekker utført. Denne rapporten er en del av forprosjektet, og omhandler et sammendrag av tilgjengelig litteratur om støysvake vegdekker.

Gjennomgåelsen av litteraturen viste at det er to klasser av støysvake vegdekker: porøse og ikke porøse dekker. Porøse støysvake vegdekker består av drengasfalt, ”drenerende betong” og poroelastiske vegdekker. De ikke porøse vegdekkene består av det vi i Norge betegner som tynndekker og overflatebehandling.

Et av de mest effektive av støysvake vegdekkene er drengasfalt. Forsøk med 1. generasjon av drengasfalt (bestående av et enkelt lag) viste i mange land at det er et egnet material for høyhastighetsveier med stor trafikkmengde. Det ble rapportert at drengasfalt kunne redusere støy fra bildekk/vegdekk med 3-5 dB(A), noe som er en klart merkbar forandring. Men for lavtrafikkerte veier i urbane områder ble det observert tetting av porene i drengasfalten slik at den mistet sin støyreducerende evne. Dette var også resultatet fra det norske forskningsprosjektet som ble utført på støysvake vegdekker i 1990. Dette forskningsprosjektet indikerte tydelig at tetting er hovedproblemet, og anbefalte videre forskning på typer av spesielle bindemiddel som effektivt kan muliggjøre rensing av porene. Imidlertid ble det ikke foretatt noe videre forskning på dette i Norge.

I andre land ble det gjennomført videre forskning for å løse problemet med tetting av porene, og for å øke effektivitet og bestandighet til drengasfalten. Det mest lovende resultatet av denne forskningen er utviklingen av to lags drengasfalt (også kalt 2. og 3. generasjons drengasfalt). To lags drengasfalt har blitt utprøvd på urbane forhold, og er observert å fungere bra. Den eliminerte ikke problemet med tetting, men gjorde det mulig å opprettholde de

støyreduserende evnene ved hyppig rengjøring. Det er indikasjoner som tyder på at yteevnen (mindre slitasje og støy) til drengasfalt kan bli ytterligere forbedret ved bruk av modifiserte bindemidler og hensiktsmessige prosedyrer for rengjøring. Det trengs imidlertid videre forskning på dette punktet.

Det er blitt utviklet flere typer tynndekker og overflatebehandlinger (hovedsakelig patentbeskyttede) i mange land i løpet av de siste årene. Det meste av utviklingen de siste årene har gått på tynndekker. De er rapportert å ha en betydelig støyreduserende evne. Det finnes også forskjellige typer overflatebehandling som har støyreduserende gevinst. Slike dekker har et behov for å bli prøvd ut under norske forhold for å se om de kan være hensiktsmessige. Spesielt er deres motstandsevne mot slitasje fra piggdekk viktig å granske. Mange av de tynne vegdekkene er basert på Ska-masser (Skjelettasfalt), og de har godt potensial til å motstå slitasje fra piggdekk hvis det blir brukt polymermodifiserte bindemiddel.

Litteraturen indikerer at teknologien som er nødvendig for å redusere støy fra interaksjonen bildekk/vegdekke ved bruk av støysvake vegdekker er tilgjengelig. Oppgaven går ut på å finne og prøve ut hvilken teknologi som er best egnet for norske forhold, eller endre på eksisterende teknologi for å gjøre den best egnet for lokale forhold. Det er derfor anbefalt at forskning og utvikling på støysvake vegdekker bør fortsette. I den senere tid har bruken av piggdekk i enkelte deler av landet gått ned. Dette kan øke sjansen for vellykket anvendelse av siste generasjons porøs asfalt. I forbindelse med dette kan modifiserte bindemidler og forskjellige prosedyrer for rengjøring av vegdekket undersøkes. En annen viktig faktor som bør vurderes er bruk av tynne vegdekker, og da spesielt de som er basert på Ska. Her kan forskjellige typer og gradering av tilslag og modifiserte bindemidler prøves for å finne holdbare tynndekker med god støyreduserende evne. Selv om poroelastiske dekker (inneholder gummipartikler med eller uten tilsetning av andre steinbaserte tilslagmaterialer med bitumen eller polyuretan som bindemiddel) fortsatt anses som et eksperimentelt materiale, kan de ha stort potensial som støysvake vegdekker. Derfor kan de også bli vurdert for videre utvikling.

For tiden er det to forskningsprosjekt knyttet til støy i Europa; SILVIA og HARMONOISE.

3.1.2 Støysvake vegdekker – prosjekt utført i Norge i 1990

I Norge ble det som tidligere nevnt initiert i 1990 et stort forskningsprosjekt på støysvake vegdekker i regi av Statens vegvesen med et spesielt fokus på drengasfalt. Målet var å skape støysvake vegdekker for urbane forhold. Det ble laget forsøksfelt på flere steder og deres evne til støyreduksjon ble registrert. Studiet konkluderte med at det var mulig å oppnå en støyreduksjon på opp til 5 dB(A) ved bruk av drengasfalt sammenlignet med vanlig tett gradert asfaltdekke. Det ble også registrert at friksjonsforholdet på drengasfalt var tilnærmet den samme som en oppnår for vanlige tett graderte asfaltdekker. Hovedproblemet som ble identifisert i prosjektet var tetting av porene i vegdekket, og at den tilgjengelige teknologien ikke gjorde det mulig å effektivt rengjøre porene for å opprettholde den støyreduserende evnen til det åpne/porøse vegdekket. Som et resultat av bruk av piggdekk kan problemet med tetting bli alvorlig, og en effektiv teknologi for vedlikehold av kvaliteten til drengasfalt er åpenbart nødvendig. Studiet foreslo en mulig løsning for å forbedre vedlikeholdet av drengasfalten ved bruk av spesielle bindemiddel, men det ble ikke foretatt noe videre forskning på dette.

På grunn av problemet med tetting av porene ble det norske eksperimentet med bruk av drengasfalt betraktet som mislykket, og problemet med trafikkstøy ble ikke berørt noe videre. Det er imidlertid en økende interesse rundt måter å redusere trafikkstøy på, og som en konsekvens er et prosjekt med målsetting å utvikle miljøvennlige vegdekker planlagt i Norge. Dette litteraturstudiet er en del av det planlagte prosjektet og har som mål å gjennomgå nyere utvikling på området støysvake vegdekker og se på deres mulige anvendelse i Norge. Internasjonal erfaring ved bruk av forskjellige typer støysvake vegdekker er gjennomgått i rapporten.

3.1.3 Økonomisk fordel av støyreducerende vegdekker

Støybarrierer, støyisolasjon av bygninger, og støysvake vegdekker er de mest vanlige fysiske tiltak for å beskytte innbyggere fra støyplage. Generelt sett er ikke støybarrierer en praktisk gjennomførbar løsning i urbane områder. Støybarrierer kan ikke beskytte mennesker som bor i de øvre etasjene i høye bygninger mot støy. Bygningsisolasjon mot støy er bare effektivt når menneskene er inne med vinduene lukket, og de vil oppleve et støyubehag når de åpner et vindu eller går utendørs.

Dette gjør at de støysvake vegdekkene fremstår som det mest tiltalende alternativet som støyreducerende tiltak i urbane områder. Beregninger har også indikert at støysvake vegdekker kan gi økonomiske fordeler. Drengasfalt er generelt sett dyrere enn de tradisjonelle tett graderte vegdekkene. Men når kostnaden for drengasfalt blir sammenlignet med de andre støyreducerende tiltakene som støybarrierer og støyisolasjon, kommer drengasfalt mye billigere ut i den vurderingen som ble utført. Slike sammenlignbare beregninger ble utført av Larsen et. al (2002) for danske forhold, og beregningene ble basert på tre hypotetiske tilfeller: en 50km/h sentrumsgate, en 70km/h ringvei, og en 110km/h motorvei. Den antatte geometri, trafikkmengde, og type bygninger rundt de tre tilfellene er detaljert beskrevet i Larsen et. al (2002). Sammenligninger ble foretatt basert på støyreduksjon og den danske faktoren for støyeksponering (Danish Noise Exposure Factor - NEF). NEF er et uttrykk for den akkumulerte støyplagen i et boligområde. I bygaten ble bare drengasfalt og støyisolering sammenlignet siden støybarrierer ikke er egnet. Data for støyreduksjon fra prosjektet med tolags drengasfalt ble brukt (forsøk beskrevet senere i rapporten). Resultatet fra denne beregningen viste klart at drengasfalt er vesentlig billigere enn de to andre alternativene. Figur 3.19 og 3.20 viser resultatet fra denne beregningen.

Arnevik (1993) har også estimert kostnader og fordeler ved drengasfalt som en del av det norske forskningsprosjektet på støysvake vegdekker (beskrevet i kapittel 3). Arnevik bemerket at:

- ◆ Bruk av drengasfalt er økonomisk lønnsomt for veier med en trafikkmengde på 5000-10000 kjøretøy per dag.
- ◆ Bygningstetthet, det vil si befolkningstetthet langs veien er viktig for at drengasfalt skal være økonomisk lønnsomt. Drengasfalt kan være økonomisk lønnsomt for en tetthet på minst 300 personer/km for urbane forhold. Langs veier med større hastigheter kan en tetthet på 200 personer/km være nok for økonomisk lønnsomt bruk av drengasfalt.
- ◆ Lønnsomheten/kostnadsforholdet er avhengig av størrelsen på støyen.

Tilsvarende har Jones (2002) beskrevet HMA (Hot Mix Asphalt) støysvake vegdekker som kan gi sammenlignbar støyreduksjon som støybarrierer, men med mye lavere kostnader ved

forhold i USA. Artikkelen han skrev gav ikke detaljerte kostnadsberegninger, men indikerte at støysvake vegdekker er billigere sammenlignet med støybarrierer. Derfor virker det som det er en generell overensstemmelse om den økonomiske fordelene ved støysvake vegdekker.

3.1.4 Konklusjoner og anbefalinger

Konklusjoner

Litteraturstudiet på støysvake vegdekker indikerer at:

- ◆ Det er to klasser av støysvake vegdekker som er utviklet i flere land; porøse og ikke porøse dekker. Porøse vegdekker består hovedsakelig av drengasfalt og ”drenerende betong”. Andre dekker som materialer tilsatt gummi som poroelastiske materialer kan også anses som porøse siden deres støyreducerende faktor hovedsakelig er deres porøsitet. De ikke porøse vegdekkene består hovedsakelig av tynndekker, og overflatebehandling.
- ◆ Forsøk med 1. generasjon av drengasfalt (ett lags dekke) i flere land viste at det er et egnet materiale for høyhastighets veier med stor trafikkmengde. Det ble funnet at drengasfalt kunne redusere støy fra bildekk/vegdekk vesentlig. Imidlertid ble anvendelse i urbane områder på lavhastighetsveier funnet å forårsake en tetting av porene i vegdekket og dermed mistet det sin støyreducerende evne. Et tidligere norsk forskningsprosjekt på drengasfalt kom også fram til det samme resultatet. Bruken av piggekk kan ha økt hastigheten på tettingen, men synes ikke å løse hele problemet siden tetting også har forekommet i land som ikke bruker piggekk. Senere forskning har forsøkt å løse problemet med tetting av porene i drengasfalt. Det mest lovende resultatet av denne innsatsen er utviklingen av to lags drengasfalt (også kalt 2. og 3. generasjons drengasfalt).
- ◆ To lags drengasfalt har blitt utprøvd for bymessige forhold, og er funnet å fungere bra. Den eliminerte ikke fullstendig tettingen, men gjorde det mulig å opprettholde den støyreducerende evnen for drengasfalt ved rengjøring.
- ◆ Det er indikasjoner på at ytelsen til drengasfalt kan bli videre forbedret ved bruk av spesielle bindemiddel og hensiktsmessige prosedyrer for rengjøring av vegdekket. Imidlertid er det behov for videre forskning innen disse temaene.
- ◆ Flere typer patentbeskyttede tynndekker og overflatebehandlinger har blitt utviklet i de senere år. Spesielt tynndekkene er rapportert å ha en betydelig støyreducerende evne, men også forskjellige overflatebehandlinger gir støyreducerende fordeler.
- ◆ Støysvake vegdekker kan være det mest kostnadseffektive alternativet sammenlignet med støybarrierer og støyisolasjon.
- ◆ Teknologien som er nødvendig for å redusere støy gjennom støysvake vegdekker er tilgjengelig. Viktig kunnskap har også blitt høstet gjennom tidligere forskning i Norge. Oppgaven består derfor i å undersøke og finne ut hvilken type støysvak teknologi / vegdekk som passer best for norske forhold.
- ◆ Det er for øyeblikket to multinasjonale forskningsprosjekt knyttet til støy i Europa; SILVIA og HARMONOISE. Målet med SILVIA er å utvikle standardiserte prosedyrer for klassifisering av støysvake vegdekker, mens HARMONOISE har til hensikt å utvikle en harmonisert matematisk modell for å beregne støy fra transportsektoren (veg, tog, luft). Det er lite sannsynlig at Norge kan trekke noen positive erfaringer fra SILVIA hvis det ikke blir funnet noen støysvake vegdekker som passer for norske forhold gjennom forsøk eller forskning.

Anbefalinger

For å redusere støy fra trafikk og støysvake vegdekker er et kostnadseffektivt alternativ for å dempe støyproblemet, virker det naturlig å fortsette forskning og utvikling på støysvake vegdekker. Det mest interessante emnet når det gjelder typer av vegdekker i Norge, er utvikling av materialer som kan motstå slitasje fra piggdekk. Utvikling på dette området kan både føre til demping av støvproblemet og reduksjon i tetting av porene i vegdekket. Det er derfor anbefalt å fortsette forskning og utvikling på støysvake vegdekker slik som:

- ◆ Siste generasjon av drensasfalt – forskningsaktiviteten kan omfatte forsøk med bruk av tilslagsmaterialer av høy kvalitet med forskjellige typer av polymermodifiserte bindemiddel, og forsøk med forskjellige prosedyrer for rengjøring av vegdekket.
- ◆ Hovedoppgaven for tynne vegdekker, og da spesielt “stone-mastic” asfalt teknologi, vil være å sørge for at disse materialene er motstandsdyktige mot slitasje fra piggdekk. Derfor bør man prøve å utvikle forskjellige typer av bindemiddel og forskjellige kornstørrelser av tilslagsmaterialer av høy kvalitet for å utvikle et materiale som er holdbart og støyreducerende.

Low Noise Road Pavements – State of the Art
by
Rabbira Garba

3.1.5 Summary

Road traffic noise is considered to be one of the major environmental problems in many countries. The noise nuisance affects millions of people worldwide. In Norway statistics showed that in 2001 about 1.3 million people were exposed to traffic noise levels exceeding the allowable limit of 55 dB(A). This accounts for about 73% of all people exposed to noise levels exceeding 55 dB(A). In the 15 EU countries an estimated 71 million people are exposed to road traffic noise exceeding 55 dB(A). As a result attempts are being made in many countries to reduce the noise pollution.

Generally there are three physical measures that can be used to reduce tire/road noise: noise barriers, building insulation, and low noise pavements. Of these measures the low noise pavements are considered to be the most cost effective. These pavements can also be applied in urban conditions where noise barriers are not feasible. Several types of low noise pavements have been developed and applied in different countries.

Currently, there is a renewed interest, here in Norway, to develop and apply the low noise pavements. Consequently, a pre-project on environmentally friendly road pavements is underway. This report forms part of the pre-project and deals with review of available literature on low noise pavements.

The literature review indicated that there are two classes of low noise pavements: porous and non-porous. Porous low noise pavements include porous asphalt, porous cement concrete and poroelastic pavements. The non-porous road surfaces include a category of surfacings known collectively as thin surfacings and surface treatments.

One of the most effective of these low noise surfaces is the porous asphalt. Experiment with the first generation of porous asphalt (single layer) in many countries proved that it is suitable material for high-speed roads carrying heavy traffic. It was reported that the porous asphalt could reduce the tyre/road noise by 3 to 5 dB(A). However on low speed roads in urban areas, porous asphalt was found to undergo clogging and lose its noise-reducing properties. This was also the finding of the Norwegian research project on low noise pavements, which was conducted in early 1990's. This research project clearly indicated that clogging is the major problem and recommended further study particularly on the use of special binders, which may allow effective cleaning of the pores. However no follow up study was conducted.

Further research was conducted in other countries to solve the clogging problem and to increase the effectiveness and durability of the porous asphalt. The most prominent result of such research is the development of double-layer porous asphalt (also referred to as the second and third generation porous asphalt). The double-layer porous asphalt has been tested for urban conditions and has been found to perform well. It did not eliminate the problem of clogging but enabled the noise-reducing properties of porous asphalt to be maintained by frequent cleaning. There are indications that the performance of porous asphalt can be further improved through the use of modified binders and appropriate cleaning procedures. However further research is needed on this issue.

Several mostly proprietary surfacings known as thin surfacings have been developed in many countries in recent years. They are reported to reduce noise significantly. There are also surface treatments that provide noise reduction benefits. Such surfacings need to be tested under Norwegian conditions to see if they are suitable. Particularly, their resistance to studded tyre wear needs to be scrutinized. However, since many of the thin surfaces are based on SMA (stone-mastic asphalt) technology, they possess the potential to resist studded tyres if appropriate binders are used.

Thus the literature indicated that the technology needed to reduce tyre/road noise through the use of low noise pavements is available. The task is to test and find out which technology is suitable for Norwegian conditions or to modify the available technology to make it suitable for local conditions. It is therefore recommended that research and development on low noise pavements should continue. In recent years the use of studded tyres is decreasing in some areas in the country. This may increase the chances for successful application of the latest generation of porous asphalt. In connection with this the use of modified binders and various cleaning procedures can be investigated. Another important option for consideration is the use of thin pavements, particularly those that are based on SMA technology. In this case the use of various types and sizes of chippings and modified binders can be tried to find out durable thin pavement with good noise-reducing properties. Although still an experimental material, the poroelastic surface may have a great potential as a low noise pavement. Thus it might also be considered for further development.

3.1.6 Introduction

Road traffic noise has become one of the major environmental problems. Traffic noise influences many aspects of our daily lives, affecting our ability to concentrate at work and to relax at home. Noise causes annoyance when it interferes with our communication, affect our sleeping pattern or disturb our activity. In Norway about 1.3 million people were exposed to traffic noise levels exceeding 55 dB(A), the acceptable limit, in 2001. This accounts for about 73% of all people exposed to noise levels exceeding 55 dB(A)(BYGGaktuelt 11. 2002). In the 15 EU countries an estimated 71 million people are exposed to road traffic noise exceeding 55 dB(A) (Van Keulen, 2002).

In the last few decades attempts have been made, in several countries, to mitigate the problem of road traffic noise through the use of low noise pavement surfaces and noise barriers. However, noise barriers have not been effective particularly in urban setting where high rise buildings lie close to the streets.

Therefore, emphasis has been placed on the development and use of low noise pavements. Several types of pavement surfaces with varying levels of desirable acoustic properties have been developed. These pavement surfaces include porous asphalt pavements, thin pavements, surface treatments, poroelastic surfaces, etc. Porous asphalt was considered to be the most effective in terms of noise reduction and was tried in many countries. While some countries report to have successfully used porous asphalt pavements, many others have reported loss of noise reducing property of the porous asphalt due to clogging of the pores with dust and detritus.

In Norway, a major research project was initiated 1990 by Norwegian Public Roads Administration on low noise road surfacings, particularly porous asphalt pavements. The project was based on results of earlier research initiated by 'Statensforurensingstilsyn' (SFT) and co-ordinated with a Nordic research program under the auspices of the Nordic council. The objective was to establish mix design for low noise road surfacings under urban conditions. Field test sections were constructed in several places and their performance in terms of noise reduction and other pavement performance indicators was studied. The study concluded that it is possible to obtain noise reduction of up to 5 dB (A) by using porous asphalt compared to the conventional dense asphalt wearing course. It also noted friction levels on porous pavements are approximately the same as those on dense wearing course. The main problem identified in the study was the clogging and that the available technology did not allow effective cleaning of the pores to maintain the noise reducing properties of the porous pavement. As a result of the use of studded tyres, the problem of clogging can be severe and an effective technology is obviously needed to maintain the quality of porous asphalt. The study suggested a possible way of improving the maintainability of the porous asphalt by using special binders such as polyurethane but no further study was conducted on this issue.

Because of the clogging problem, the Norwegian experiment on the use of porous asphalt was considered unsuccessful and the traffic noise problem remained largely untouched. Currently, however, there is a growing interest to find ways of reducing road noise. Consequently a project with objective of developing environmentally friendly pavements is planned. This state of the art review forms part of the planned project and it aims to review new developments on low noise road pavements and to assess their possible application in Norway. In the following sections international experience with the use of various types of low noise pavements is reviewed.

Chapter 2 provides general information on road traffic noise, mechanisms of noise generation and propagation, and factors influencing the noise. Chapter 3 discusses the low noise pavements, which are broadly classified as porous and non-porous surfaces. Results of previous research on low noise pavements are presented. Some comparisons of low noise (porous) pavements and other noise abatement measures on economic grounds are provided in chapter 4 while chapter 5 gives the conclusions and recommendations.

3.1.7 Road Traffic Noise

The most common definition of noise is that it is unwanted sound. Music is sound; when it is wanted it provides enjoyment; when it is not wanted, as for example when somebody else's music keeps one awake, even music becomes noise.

Vehicle noise is produced by both the power unit (engine, exhaust, fan, transmission, etc) and the tyre/road interaction. Over the years, technical advances made in automotive engineering have greatly reduced the power unit noise. Power unit noise would become dominant only for vehicles travelling with a relatively low speed. The advance made in reducing vehicle power unit noise have exposed tyre/road noise as the major noise source for broad range of operating conditions. Controlling tyre noise requires consideration of road surface as well as vehicle components such as the tyre and vehicle body design.

Sound Pressure and Measurement of Noise

Sound is a dynamic variation of density in the air, which propagates with a speed of approximately 340 m/s, known as the speed of sound. The ear reacts to the strength of these variations of atmospheric air pressure and to their variation speed. The strength of the atmospheric air pressure variation is known as the amplitude and the speed of the variation is called frequency. The working range of the human ear covers approximately 20 μPa to approximately 20 Pa. The corresponding sound power density (sound intensity measured in W/m^2) that can potentially be used when conducting measurements ranges from approximately 10^{-12} to about $1 \text{ W}/\text{m}^2$ (Sandberg & Ejsmont 2002). Because of this narrow variation in sound pressure, it is difficult to use a linear scale for its measurement. This is why a logarithmic scale is usually used in acoustics, in which case the linear sound pressure P is converted to logarithmic sound pressure level, L_p , using the following equation:

$$L_p = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{P_{\text{ref}}}\right)^2$$

Where P_{ref} is a standard sound pressure of $20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$.

The unit of L_p is called decibel (dB). The reference value has been selected to obtain a sound pressure level of 0 dB at the threshold of hearing. In practice the sound pressure levels range from 0 to 120 dB. Above 120 dB serious damage can occur to the ear.

An increase of 1 dB is just perceptible but an increase of 10 dB is experienced by the average listener as doubling of the loudness of the sound. Loudness is a subjective measure of the physical sound pressure level. Human hearing is not equally sensitive to sounds of all frequencies. For instance, our hearing is not very sensitive to low frequency sounds. It is assumed that the hearing includes a physiological filter that weights the signals differently depending on their frequency. Thus, if one wishes to measure and analyse sound in a way similar to our hearing, one needs an analogue or digital filter. The sound pressure signals are therefore filtered before they are measured and presented. Several weighting filters have been developed. The filter that has been widely accepted to correspond best with the human hearing is called the “A” filter. The results obtained when measuring the sound pressure level using this filter is called A-weighted sound pressure level, with the unit dB, often written as dB(A) or just dBA.

Traffic noise varies over time depending on variations of different factors such as distance between vehicle and observer, number of vehicles, speed, weather conditions and the type of road surface. To properly characterise a certain noise situation, it is necessary to convert the fluctuating noise level to some mean value or to average it over time to get some meaningful value. An example of time-averaged value is the A-weighted equivalent sound pressure level, which might be considered as the constant sound pressure level that, over a certain amount of time, results in the same total sound energy as the one of the actual fluctuating level. The equivalent sound pressure level is symbolised with L_{Aeq} (or L_{eq}). The averaging time is also often specified in connection with the symbol, for example, $L_{\text{Aeq}24\text{h}}$ or $L_{\text{Aeq}}(24\text{h})$ means that the sound signal was averaged on an energy basis over 24 hours time.

Another method of characterising sound is to measure its A – weighted sound exposure level (L_{AE}). It is an equivalent level L_{Aeq} , but measured over a sufficiently long time interval to cover the complete sound event and then normalised to a certain time (usually 1s).

Methods of Measurement

Over the years, several methods of noise measurement have been developed. The choice of the method depends upon the purpose of the noise measurement. For the purpose of comparing different road surfaces, the following four methods have been used:

- ◆ the Statistical Pass-By (SPB) method,
- ◆ the Close Proximity (CPX) method,
- ◆ the Controlled Pass-By (CPB) method, and
- ◆ the Coast-By (CB) method.

In the statistical pass-by method a test vehicle is cruising-by at a constant speed with the engine operating at a condition that is normal for that speed. The method does not make use of only one vehicle but relies on a large number of vehicles from traffic, which happens to cruise past the test location. Therefore there is no control over the vehicle speed and other characteristics such as tyres. The microphone is placed at some distance (7.5 or 15 m) from the centre of the lane or track. An international standard is available for this method (ISO 11819-1).

In the close proximity (CPX) method, a test tyre is mounted on a trailer, which is towed by a vehicle. One or more microphones are located close to the test tyre (generally 0.1-0.5m). The noise level is measured as average over a certain time interval.

In the controlled pass-by method, the measurement is similar to the statistical pass-by method but two or more different vehicle types, each equipped with different tyre set, are employed. Since the test speed and the vehicle characteristics (particularly the tyres) are controlled, comparison of different road surfaces can be performed using few test runs.

In the coast-by method a test vehicle equipped with a test tyre is rolling past a roadside microphone with the engine switched off and the transmission disengaged. The maximum A-weighted noise level and the frequency spectrum are recorded during the coast-by.

In general the SPB and the CPB methods measure the combined effect of power unit noise, tyre/road noise and propagation over road surface over the nearest 5 – 10 m from the microphone. However, the CPX and CB methods do not measure power unit noise at all and the CPX method takes sound propagation effect only partly into consideration (Sandberg & Ejsmont, 2002).

Mechanisms of Noise Generation and Propagation

Tyre/road noise generation and propagation mechanisms have been extensively described in the literature. Understanding these mechanisms is important in designing low noise surfaces. In tackling noise problems, both the generation and propagation mechanisms should be influenced in such a way that the resulting noise is within the acceptable range.

Tyre/Road Noise generation Mechanisms

The physical processes that generate noise may be categorised into three distinct groups (Nelson and Phillips 1997):

- ◆ impacts and shocks resulting from the contact between the tyre tread and the road surface,
- ◆ aerodynamic processes between and within, the tyre tread and road surface patterns, and

- ◆ adhesion and micro-movement effects of the tread during its contact with the road.

Impacts and shocks

Vibrations induced by impacts and shocks when the tread elements first contact and then break contact results in noise. This noise is generated by vibrations in the tread and side wall of the tyre which then excite the air surrounding the tyre there by giving rise to generation of sound pressure waves which propagate away from the tyre. When the tyre element leaves the contact patch at the trailing edge it is released from tension and rapidly returns to its undeflected rolling radius. The rapid movement occurring during this process, known as block 'snap out', excites both radial and tangential vibration modes in the tyre structure (Nelson and Phillips 1997). Noise that is generated by the tyre as a result of vibrations caused by tire impacts and 'snap out' effects tend to occur towards the lower end of the frequency range (< 1kHz)

Aerodynamic processes

Several mechanisms, which are related to the movement of air in the cavities of the tyre tread pattern, generate noise. These mechanisms occur principally in the region of the contact patch. One of these processes, known as 'air pumping', is most commonly cited as a generation mechanism. According to the 'air pumping theory', noise is generated as a result of the sudden outflow of air trapped in the grooves in the tread pattern or road surface texture when the tyre contacts the road surface, and the sudden inflow of air when the tyre lifts away from the contact area (Nelson and Phillips, 1997, Sandberg and Ejsmont, 2002). This process is considered to cause significant tyre road noise particularly when the surface is non-porous and relatively smooth. The provision of air paths in the road surface layer (e.g. using porous surfaces) can help to dissipate air trapped in the tyre grooves. Thus porous surfaces largely prevent the 'air pumping' mechanism from occurring. Air pumping tends to produce sound waves in the frequency range of 1 – 3 kHz.

Another process associated with aerodynamic effects is the amplification of noise due to the shape of the region between the tyre and road surface immediately to the rear or front of the contact patch. This process has been referred to as the 'horn effect'. In the region immediately to the rear or front of the contact patch multiple reflections between the tyre and road surface occur which tends to focus the sound.

Adhesion mechanism

Noise can be generated by tyre vibrations associated with the frictional and adhesive forces created in the contact patch between the tyre and road surface. Two mechanisms known as *stick-slip* and *stick-snap* mechanisms occur in the contact patch due to frictional/ adhesive forces. These two mechanisms have been comprehensively discussed by Sandberg and Ejsmont (Sandberg and Ejsmont, 2002). In the stick-slip mechanism, tangential stresses in the tyre/ road interface are built up and released, which causes tangential vibration. When the surface is not perfectly flat, the vibration caused by this process may have both tangential and radial components. The stick-slip mechanism will give increased noise emission when friction between the tyre and road is increased, in particular at high frequencies and for tyres with small tyre tread depth.

The stick-snap mechanism is due to adhesive forces between rubber and road surface, which are broken at certain level when the rubber is pulled away from the contact patch. This may cause both tangential and radial vibrations, but the sudden release of the rubber block from the surface may also cause transient airflow. The stick-snap mechanism will give increased

noise when the attraction force between the rubber and the road surface is increased. This is mostly related to having a very close and unbroken rubber-surface contact, a condition that might be provided by an extremely smooth surface. It also depends largely on material properties, i.e., on whether or not the materials are hydrophobic or hydrophilic.

Studded Tyre Generation Mechanisms

Noise generation mechanism when studded tyres are used can be different from that of non-studded tyres. However noise generation mechanism of studded tyres has not been studied. Nevertheless it is expected that an increase in sound emission occurs under studded tyres which might be caused by impact of the stud pin on the pavement surface and the associated scratching of the pin on the surface when tangential movement occurs. This gives a metal-pavement contact as opposed to rubber-pavement contact, the noise emission of which will be concentrated at high frequency, above about 6kHz (Sandberg and Ejsmont, 2002). During impact the rubber might also be partly pressed in by the studs, thus causing tyre vibrations and resulting in noise.

Noise Propagation

Propagation of noise from a source is influenced by the environment through which it travels. In addition to sound attenuation due to the geometrical spreading of sound energy with distance, a nearby surface will also influence the received noise spectrum. When a sound source is located above a surface, sound waves which reflect from the ground will constructively or destructively interfere with those propagating directly from the source (Nelson and Phillips, 1997). Since most grounds are partially reflecting, the reflected wave is also modified by its interaction with ground surface. The design of porous road surfaces has been optimised to make the best use of the destructive interference phenomenon. It has been shown that this mechanism coupled with absence of air pumping is primarily responsible for the low noise characteristics of porous road surfaces.

Factors Affecting Road Traffic Noise Generation and Propagation

Several factors affect the generation and propagation of road traffic noise. A detailed discussion on the factors influencing road traffic noise emission have been presented by Sandberg and Ejsmont (Sandberg and Ejsmont, 2002). The factors that are known to have major influence on noise emission include:

- ◆ road surface (porosity, texture),
- ◆ driving condition (speed)
- ◆ vehicle related factors (vehicle type, tyre type, tyre load and inflation), and
- ◆ environmental factors (temperature, rain).

These factors influence the noise emission to a varying degree. Knowledge of the influences of these factors is of great importance in devising ways of mitigating the noise problem.

Effect of the road surface

The road surface is one of the factors that are known to have major influence on noise emission. The road surface can affect both the generation and the propagation of tyre noise through complex mechanisms. Table 3.1, adopted from (Sandberg and Ejsmont 2002), lists road surface characteristics that are known or believed to affect tyre/road noise emission.

Table 3.1: Parameters with potential influence on tyre/road noise

No.	Parameter	Degree of influence
1	Macrotexture	Very high
2	Megatexture	High
3	Microtexture	Low - moderate
4	Unevenness	Minor
5	Porosity	Very high
6	Thickness of layer	High (for porous surfaces)
7	Adhesion	Low/moderate
8	Tangential Friction	Low - moderate
9	Stiffness	Uncertain

Influence of road surface texture

Surface texture is an important road characteristic, which affects both noise and friction. Texture is defined as the deviation of a pavement surface from a true planar surface, within the texture wavelength range of 0 –500 mm. A profile of the surface is generated if a sensor, such as the tip of a needle or a laser spot, continuously touches or shines on while it is moved along the surface (Sandberg and Ejsmont, 2002). Figure 3.1 illustrates the profile of a road surface.

The three texture ranges are usually described as; microtexture, macrotexture, and megatexture. Microtexture makes the surface more or less harsh but it is usually too small to be observed by the eye. It is caused by surface properties of individual chippings or other particles of the surface, which come in direct contact with tyres. Microtexture includes texture wavelength of less than 0.5mm with typical amplitudes of 0.001 – 0.5 mm.

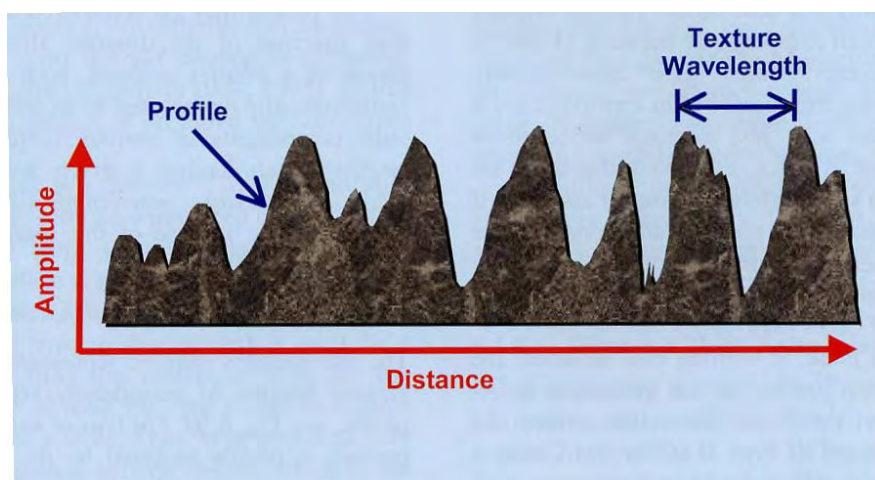


Figure 3.1: Illustration of some basic terms describing road surface texture (Sandberg & Ejsmont 2002)

Macrotexture involves texture wave lengths in the same order of size as tyre tread elements (0.5 – 50 mm), with typical peak - peak amplitudes of 0.1 – 20 mm. Pavement surfaces are usually designed to have a certain macrotexture in order to obtain suitable water drainage in the tyre/road interface. The macrotexture is obtained by appropriate mixture design of the surface material or by use of some kind of surface finishing technique. The ISO has standardised a measure representing macrotexture, known as the Mean profile Depth (MPD). MPD is the average depth of the profile under the peaks of the surface. Figure 3.2 illustrates MPD. Megatexture involves wave lengths of 50 – 500 mm with typical peak – peak amplitudes of 0.1 – 50 mm. Megatexture is often caused by potholes or waviness, and thus it is an unwanted characteristics resulting from surface defects.

The influence of macro- and megatexture on noise emission are interrelated and have mostly been considered together. The conventional understanding is that running on rough- textured surfaces gives higher noise than running on smooth-textured surfaces. While there generally is an agreement on the effect of texture on interior noise (in the vehicle) in the literature, the relationship between texture and exterior noise seems to be rather controversial. There are evidences, which indicate that the effect of texture depth on noise level may vary depending on texture wavelength and frequency creating a rather complicated interrelationship. However most studies have attempted to correlated texture depth (or amplitude), rather than the wavelength, with noise level. As far as interior noise is concerned, measured data has indicated that an increase in mean texture depth (as measured by sand patch method) results in an increase in interior noise. Figure 3.3 shows such relationship. Available literature indicates that the relationship between exterior noise and texture is far from clear. Phillips and Kinsey (2000) reported that for randomly textured surfaces there is a strong correlation between noise and megatexture amplitude, but for transversally textured surfaces the correlation was rather weak. Figure 3.4 shows the results of this research.

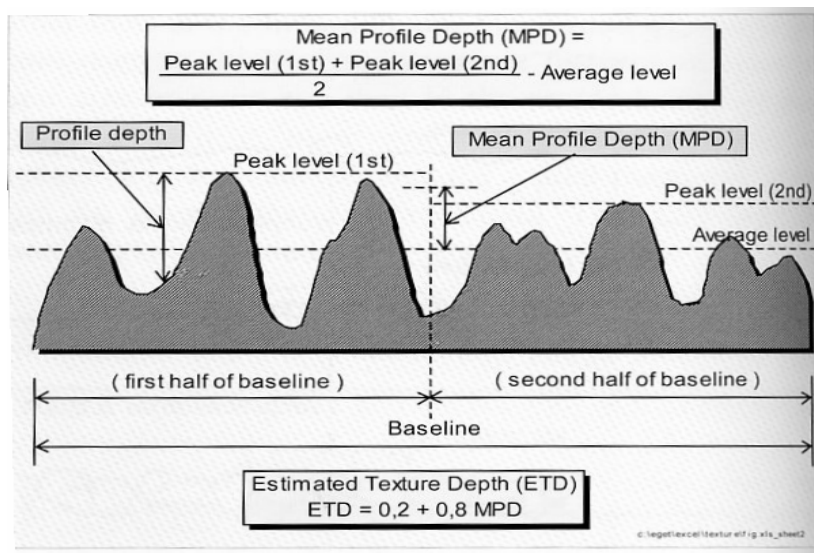


Fig. 3.2: Illustration of MPD calculations (ISO 13473-1)

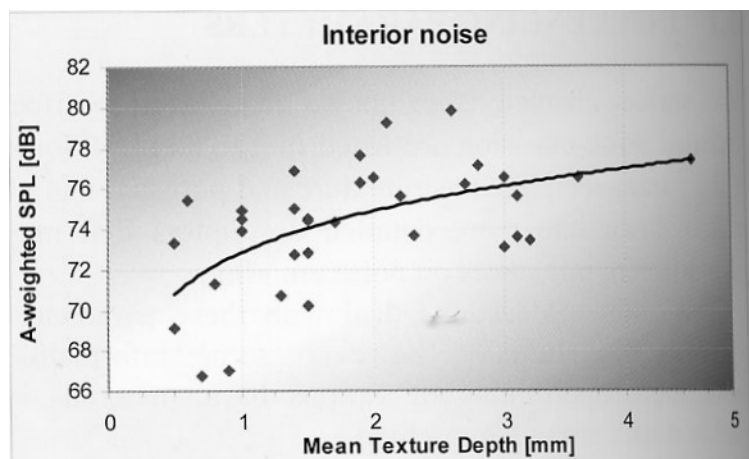


Fig. 3.3 Relation between interior noise level at 80km/hr and road surface texture as MTD (sand patch method) (Sandberg and Ejsmont 2002)

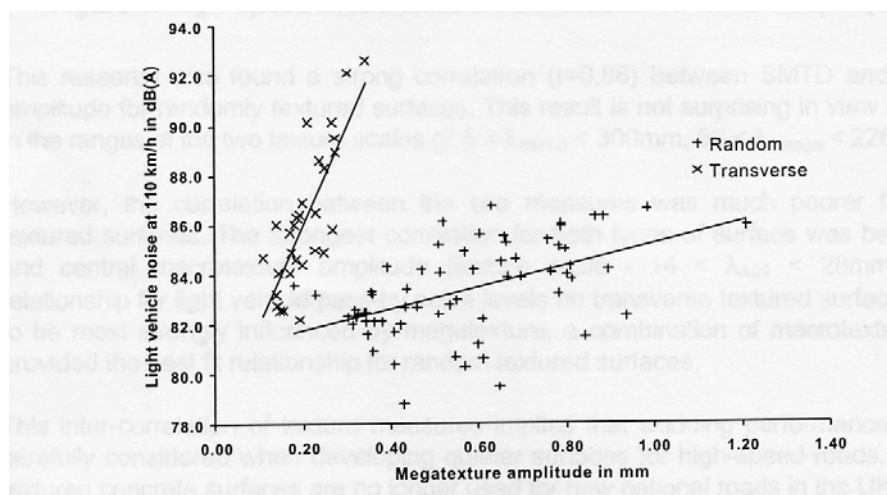


Figure 3.4: Light vehicles pass-by noise on a range of surfaces, amplitude of megatexture and overall noise levels (Phillips and Kinsey, 2000)

However, data presented by Sandberg and Ejsmont (2002), shown in figure 3.5 below, based on study, which covered wide variety of surfaces showed no correlation between mean texture depth and exterior noise. Attempts has been made by some researchers to use what is called spectral band for both noise and texture in analysing the relationship between noise level and road surface texture. Such analysis have resulted in some interesting conclusions, which were summarised in Sandberg and Ejsmont (2002) as follows:

- ◆ Sound pressure level at low frequencies (below a cross over frequency) increase with increasing texture amplitude when considering texture with texture wavelength of 10 – 500 mm.
- ◆ Sound pressure level at high frequencies decrease with increasing texture amplitude when considering texture within texture wave length of 0.5 – 10 mm

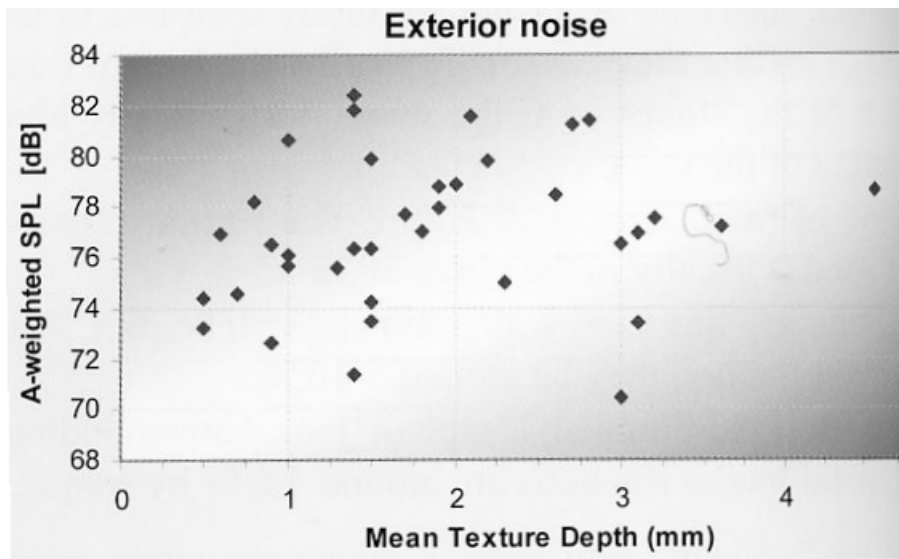


Figure 3.5: Relation between exterior noise level at 80km/hr and road surface texture measured as MTD (sand patch) (Sandberg & Ejsmont 2002)

The influence of microtexture on noise was mostly studied indirectly. Based on the assumption that microtexture is primarily responsible for the friction development, the relationship between friction and noise emission was considered. Such studies have mostly found no relation between noise level and friction but some have indicated a weak relation (Sandberg and Ejsmont 2002). The possibility that the influence of microtexture on friction is not as significant as previously thought has also been reported by other researchers (Horvli et al, 2003).

Influence of porosity

Porosity refers to the air voids that exist between particles in the surfacing material. Porosity provides drainage of the air entrapped between the tyre tread and the road surface but it can also absorb noise. In order to be effective for noise reduction, the pores must be interconnected. The mechanisms of noise reduction by porous pavements can be described as follows:

- ◆ Generation effect (air displacement mechanism) – porosity will effectively reduce the compression and expansion of air entrapped in the tyre/road interface. Tyre noise resulting from air pumping will then be reduced.
- ◆ Reduction of horn amplification – porosity will also reduce the amplification effect of the acoustical horn.
- ◆ Acoustical absorption – porosity will give the surface an acoustical absorption, which will influence the reflection as well as propagation of the noise.

Effect of speed

The vehicle speed is the most important parameter related to driving condition that influences tyre/road noise. Available evidence indicates that an increase in speed generally results in an increase in noise level. A logarithmic relationship of the following form has been found to fit measured speed and noise data:

$$L = A + B \cdot \log(V)$$

Where L = sound pressure level (SPL) [dB]
A, B = speed coefficients
V = speed [km/h]

Effect of Vehicle Related Factors

Vehicle related factors such as type of vehicle (heavy vs. light vehicle) and tyre types significantly affect tyre/road noise. Variation in noise level of up to 10dB is reported to occur due to the tyre type for instance (difference between the noisiest and the quietest tyre). In particular, the tyre width is reported to have a significant effect – doubling the width can result in up to 4 dB increase in noise (Sandberg and Ejsmont 2002). Several other tyre-related parameters such as tyre diameter, tyre internal structure, rubber hardness, and tyre tread pattern affect the noise. A detailed discussion of the effect of tyres is provided in (Sandberg and Ejsmont, 2002).

Effect of Environmental Factors

Environmental conditions, particularly temperature and moisture are known to affect tyre/road noise emission. The effect of temperature is particularly important in measurement of noise because measurements conducted under different temperature conditions can be different for the same traffic and road conditions. In general the lower the temperature the higher is the measured noise. However, the mechanism by which noise generation is affected by temperature is not yet fully understood.

The amount of water on the road surface can significantly affect noise. However, no study has so far been found that related the water depth on the surface to noise emission. Some data presented in (Sandberg and Ejsmont 2002) relates to effect of rainfall and it is shown in figure 3.6 below. The data shows that the noise level rises rapidly when rainfall starts and a maximum noise level increase of 6dB occurs after the maximum rainfall has occurred. The noise level increase continues for several hours after rainfall has ceased. The effect of water, however, may depend on the type of the surface. The effect the amount of water on noise is probably more pronounced on porous surfaces because the water may fill the pores temporarily.

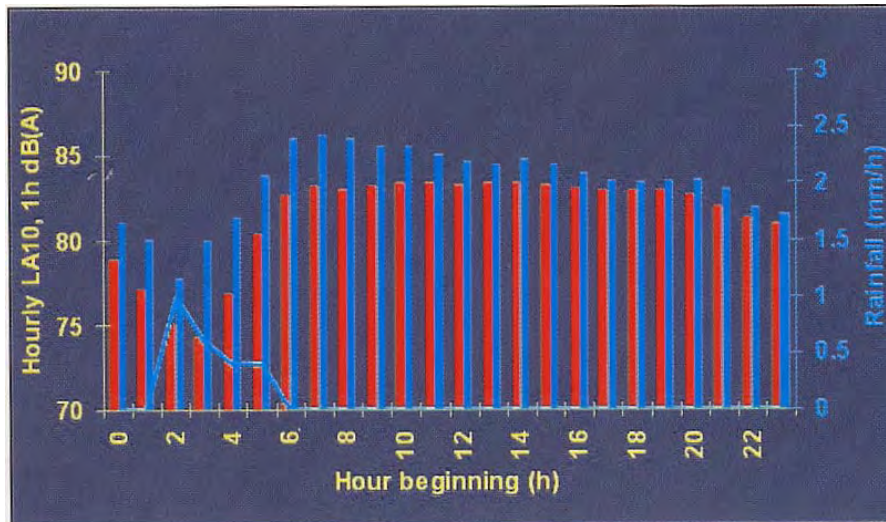


Figure 3.6: Comparison of Traffic noise levels during wet and dry periods. The blue bars are the normalised traffic noise levels for the wet condition corresponding to the same traffic conditions as the red bars, which are for the dry conditions. The blue line is the rainfall (Sandberg & Ejsmont 2002)

Effect of Noise on Health

Environmental noise may have a number of adverse effects on the exposed people. These effects have been described in detail in a report from World Health Organisation (WHO) (Berglund et al, 1999). A brief description of the major health related effects of noise is given in this section based on the WHO report. Effects of noise may include:

- ◆ sleep disturbance,
- ◆ interference with communication,
- ◆ noise- induced hearing impairment,
- ◆ cardiovascular and physiological effects,
- ◆ mental health effects, and
- ◆ effects on performance.

Sleep disturbance is considered to be a major environmental noise effect. Uninterrupted sleep is known to be a prerequisite for a good physiological and mental functioning of healthy persons. The primary sleep disturbance effects are difficulty in falling asleep (increased sleep latency time), awakenings, and alterations of sleep stages or depth, especially reduction in REM-sleep (REM = rapid eye movement). Other primary physiological effects can also be induced by noise during sleep; including increased blood pressure, increased heart rate, increased finger pulse amplitude, vasoconstriction, changes in respiration, cardiac arrhythmia, and an increase in blood movements. For each of these physiological effects both noise threshold and the noise-response relationships may be different. Exposure to night-time noise also induces secondary effects, or so-called after effects. The secondary effects include: reduced perceived sleep quality, increased fatigue, depressed mood or well-being, and decreased performance. Long term effects on psychosocial well-being have also been related to noise exposure during the night. People living in areas exposed to night-time noise have an increased use of sedatives or sleeping pills. Road traffic noise in excess of 30dB LA_{eq} for night time is known to induce sleep disturbance. Therefore, if negative effects on sleep are to be avoided the equivalent sound pressure should not exceed 30dBA indoors for continuous noise. If the noise is not continuous, sleep disturbance correlates best with LA_{max} and effects

have been observed at 45dBA or less. Noise events exceeding 45dBA should therefore be limited if possible.

Noise interference with speech comprehension results in a large number of personal disabilities and behavioural changes. These include:

- ◆ problems with concentration,
- ◆ fatigue,
- ◆ uncertainty and lack of self-confidence,
- ◆ irritation,
- ◆ misunderstandings,
- ◆ decreased working capacity, and
- ◆ problems in human relations

Particularly vulnerable to these types of effects are the hearing impaired, the elderly, children in the process of language and reading acquisition, and individuals who are not familiar with the spoken language. Speech interference is a masking process in which simultaneous, interfering noise renders speech incapable of being understood. Environmental noise, such as road traffic noise can also mask many other important acoustical signals like door bells, telephone signals, alarm clocks, fire alarms, etc. In a quiet surroundings, the speech level at 1m distance averages 45 – 50 dBA, but it is 30 dBA higher when shouting. For complete sentence intelligibility in listeners with normal hearing, the signal-to-noise ratio (i.e., the difference between the speech level and the sound pressure level of the interfering noise) should be 15 – 18 dBA. This implies that in smaller rooms noise levels above 35 dBA interferes with intelligibility of speech.

Noise-induced hearing impairment is defined as an increase in the threshold of hearing. Such impairment arises when a person is exposed to high noise level (> 70dBA) for long period of time. Such exposure due to tyre/road noise is uncommon and therefore it is unlikely that permanent hearing impairment results from road traffic noise.

Studies involving general population (including) children living in noisy areas around airports, industries and noisy streets, indicate that noise may have both temporary and permanent impacts on physiological functions in humans. Acute noise exposures activate the autonomic and hormonal systems, leading to temporary changes such as increased blood pressure, increased heart rate, and vasoconstriction. After prolonged exposure susceptible individuals in the general population may develop permanent effects such as hypertension and ischaemic heart disease associated with exposure to high sound pressure levels. Although not many comprehensive studies have been conducted, the overall conclusion is that cardiovascular effects are associated with long term exposure to LAeq24h values in the range of 65 – 70 dB or more for both air and road traffic noise.

Environmental noise may also have mental health effects. Environmental noise is not believed to be a direct cause of mental illness, but it is assumed that it accelerates and intensifies the development of latent mental disorder. Generally the studies conducted to find the association between exposure to environmental noise and mental illness are considered to be inconclusive. However some studies have shown an association between the initial level of road traffic noise and minor psychiatric disorders. Despite the weakness of the various studies that attempted to find a link between environmental noise and mental illness, the possibility that environmental noise has adverse mental health effects is suggested by studies on the use of medical drugs such as tranquillisers and sleeping pills.

It is also known that environmental noise affects cognitive task performance. Study conducted on the effect of air traffic noise on children's learning ability has shown that school children exposed to aircraft noise are deficient in proof reading and in persistence with challenging puzzles. Although no such studies on the effect of road traffic noise has been found, it seems clear that day care centres and schools should not be located near major source of noise, such as highways, airports and industrial sites.

3.1.8 Low Noise Road Surfaces

Several kinds of road surfaces with some potential for reducing tyre/road noise have been referred to as low noise road surfaces. The term "low noise road surface", however, is not well defined. According to a definition proposed by Sandberg and Ejsmont (2002), a low noise road surface is a road surface which, when interacting with a rolling tyre, influences vehicle noise in such a way as to cause at least 3dB(A) lower vehicle noise than that obtained on conventional and most common road surfaces. Because what is "conventional and common surface" varies from country to country, the interpretation of this definition can also vary. If the reference surface is very noisy, some surfaces may be defined as low noise relative to this reference, when in reality they are not.

The search for low noise road surfaces was started long time ago. About 100 years ago, cobblestones in the streets of London were replaced by wood blocks or asphalt to reduce noise. Wood blocks were also laid on the streets of Oslo around 1914 (Sandberg and Ejsmont, 2002). In other attempts to reduce noise in the 19th century other materials such as straw and sand were used. In England straw was put on roads outside hospitals and in Holland sand was sprinkled in front of homes of the sick. It was in early 1970's that porous surfaces were reported to be unusually quiet for the first time in the USA, although there are indications that similar surfaces may have been employed in Europe in about the same time. Research on tyre/road noise was intensified since 1970's and in recent years development of low noise road surfaces has become an interesting research topic.

The low noise pavements that are currently in use can be categorised as porous or non-porous surfaces. The non-porous surfaces mainly involve the different kinds of thin surfacings and surface treatments. Low noise surfaces are developed by optimising the sound absorption (porosity) and surface texture. Details of the porosity and texture optimisation principles are described by Sandberg and Ejsmont (2002), and Von Meier et al (1994). In the following sections the low noise pavement surfaces will be reviewed starting with porous surfaces.

Porous Surfaces

Porous surfaces include surfaces, which have high porosity such that water can flow through them. Different terms such as drainage surfaces, drainage asphalt, porous asphalt, open-graded asphalt, open-graded friction course have been used to describe these surfaces. In general there are two kinds of porous surfaces; porous asphalt, in which bituminous binder is used and porous cement concrete in which Portland cement is the binder. The limit between porous and non-porous pavements is not well defined in terms of void content. However, pavements are generally considered to be porous when they have void content of over 15%. Parameters that are often used to model the acoustic performance of porous surfaces include porosity, air voids, airflow resistance, tortuosity, and thickness of the porous layer but some

models include other parameters as well. Porosity is defined as the ratio of air void volume to the total volume of the material. This definition is basically the same as the definition of air void content in asphalt pavement engineering. However, in acoustics, only the accessible void content is of importance. Therefore, the acoustic property of porosity corresponds to the accessible void content (Lerch et al, 2003). The air-flow resistance is the resistance that the air flow is subjected to when air is pressed through an open pore. The tortuosity describes the shape of the pores. The pore channels might be winding; they can be narrow at one point but may widen at another point. These changes in shape affect the sound absorption. Through the use of the tortuosity parameter the effect on sound absorption of the change in channel shape is taken into consideration. Tortuosity can not be directly measured but can be calculated from other measured parameters (Lerch et al, 2003). The thickness of the porous layer affects its noise reduction capacity. In general the thicker the layer the better is the noise reduction obtained. Both high void content and relatively high layer thickness are beneficial for noise reduction. Figure 3.7, presented in Sandberg and Ejsmont (2002), shows the relationship between noise reduction and the combined effect of void content and thickness, termed “equivalent air thickness”. The figure is plotted from data compiled from various research projects including the one conducted in Norway in early 1990’s.

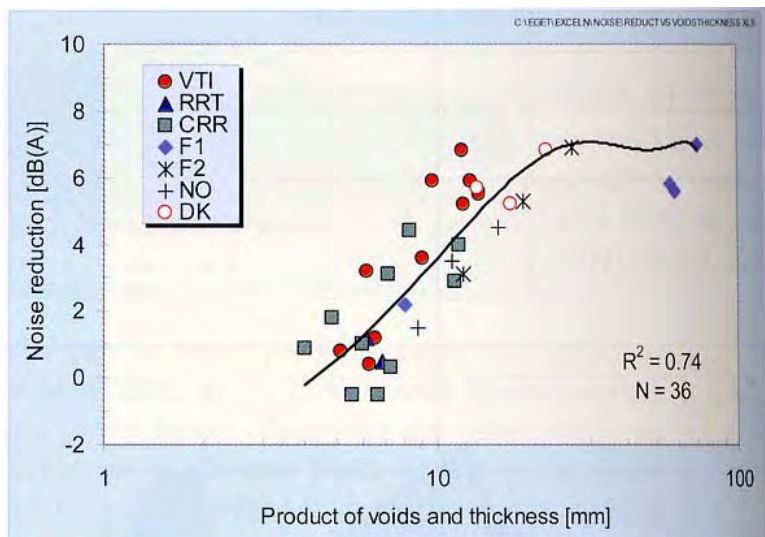


Figure 3.7: The relation between noise reduction of porous surfaces and “equivalent thickness of air” (Sandberg and Ejsmont, 2002)

Porous Asphalt

Porous asphalt is constructed using conventional asphalt pavement materials but with the range of sizes of stones in the aggregate limited such that when the surface is compacted large air voids are created between the stones. The voids thus created are connected by narrow air paths between the stones forming tortuous interconnected drainage channels. Apart from noise reduction porous asphalt also reduces spray thereby improving safety. The mechanisms by which porous pavements reduce noise have been described in section 3.1.7.

In the last few decades a number of investigations were conducted on porous asphalt in many countries. The original objective for development of porous asphalt was to reduce aquaplaning and improve friction. Van Heystraeten and Moraux (1990) reported on ten years experience with the use of porous asphalt in Belgium. The report indicated that at the end of 1988 about 2 million m² of road was paved with porous asphalt in Belgium and a noise reduction of 6 to 10 dB(A) was obtained. The authors concluded that there was no significant

problem with winter maintenance but clogging may occur specially on roads carrying relatively low traffic.

Van der Zwan et al (1990) presented the experience with the use of porous asphalt in the Netherlands. The conclusions from their report include:

- ◆ Porous asphalt provides significant benefits both with regard to safety (absence of aquaplaning and spray) and noise reduction.
- ◆ A noise reduction of at least 3dB(A) compared to dense asphalt mixtures can be obtained on dry pavement at 80 km/h.
- ◆ In the winter more salt is needed to maintain porous asphalt, but if appropriate quantity of salt is applied frequently, the friction conditions are as good as on dense asphalt.
- ◆ Temperatures in porous asphalt may remain below freezing for longer time compared to dense asphalt after freezing has occurred, indicating a danger of icing.
- ◆ Porous asphalt is recommended for high-speed roads such as motorways.

Result of research on the use porous asphalt in Switzerland was reported by Isenring et al (1990). The research was conducted by the Swiss Federal Institute of Technology. The following points are summary of the findings of this research:

- ◆ Experience shows that porous asphalt can be a good quality material for motorways and other high-speed roads.
- ◆ The excellent quality of porous asphalt in surface drainage reduces the risk of hydroplaning and spray.
- ◆ At higher speeds traffic noise can be reduced significantly by porous asphalt, but at low speeds noise reduction is not significant.
- ◆ On motorways, porous asphalt provided adequate skid resistance.
- ◆ Application of more salt is needed (compared to dense asphalt) for winter maintenance of porous asphalt
- ◆ Clogging is a major problem on urban roads.
- ◆ The skid resistance is not adequate on low speed urban roads.

Nelson and Abbott (1990) presented results of research on the use of pervious macadam (UK term for porous asphalt). The pervious surface was laid on a high-speed road and its performance with regard to noise reduction and skid resistance was observed. The authors conclude that:

- ◆ Vehicle noise on pervious macadam is significantly lower than the noise generated on conventional non-porous surfacings. For new pavement the reduction in noise varied from 5.5 to 4.0 dB (A) compared to conventional surfaces.
- ◆ Trafficking was found to cause slight deterioration in noise performance of the pervious macadam but the noise reduction achieved after four years exposure to heavy traffic were still averaging 4 dB (A)

Huet et al (1990) reported results of a research conducted on porous asphalt in France. The research was conducted using test tracks at the French Public Works National Research Institute (LCPC). Four different porous asphalt mixtures were considered. The mixtures differ in the type of binder used and grading. Mixtures with pure bitumen, SBS modified bitumen, and pure bitumen with mineral fiber were tested. A total of 1, 100, 000 load cycles were applied in the test track. The results of this research indicated that the void content of porous asphalt generally tend to diminish under loading in agreement with other research results.

However, the result of this research showed that the fiber based porous asphalt did not loose any void (see fig 3.8 below). The fact that fibers and modified binders significantly improve the performance of porous asphalt has also been confirmed by more recent report from USA by Fitts (2002). Fibers have also been used in producing porous asphalt with unmodified binders in Norway.

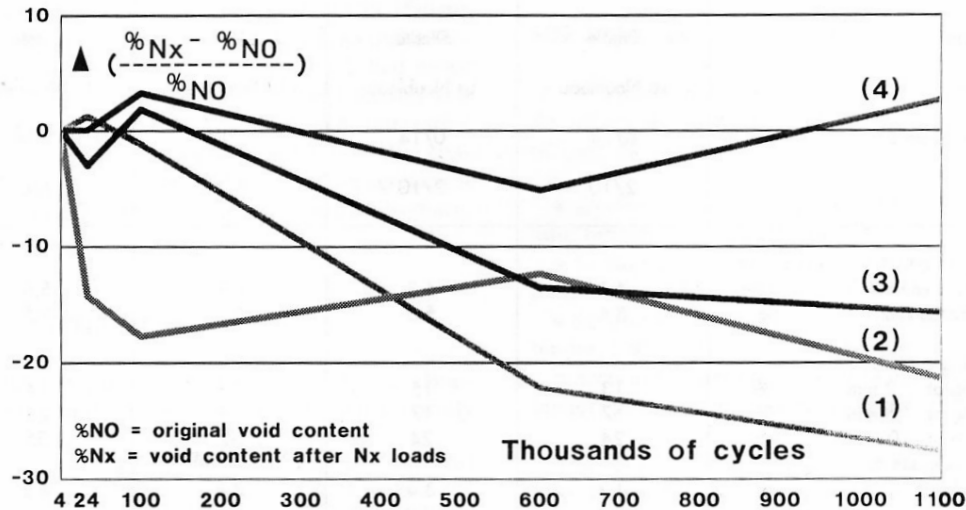


Figure 3.8: Relative change of void content (Huet et al, 1990)

The Norwegian Experiment on Porous Asphalt

A research program on low noise surfaces was initiated by Norwegian Public Roads Administration in 1990 (Arnevik and Storeheier, 1994). The stated objective of the research program was to establish mix design procedure for low noise road surfaces under urban conditions. Basically the research evaluated the use of drainage asphalt (another name for porous asphalt) under urban conditions. Other low noise pavements such as porous cement concrete and poroelastic pavements were also evaluated. One can see from summary of literature presented above that porous asphalt was generally recommended for high-speed roads such as motorways. This research project however evaluated its application in urban conditions in an apparent attempt to extend the area of application of porous asphalt and because it was thought that the use of porous asphalt in urban areas may have larger benefit/cost ratio. The research involved both laboratory and field experiments. Some 18 test sections were constructed in various places. Two types of porous asphalt were considered; DA 16 and DA 11. With exception of one test section (Sørkedalsveien VI, Oslo) which had two layers of DA 16 (80mm total thickness), all other sections had single layer porous asphalt surfacing with thickness ranging from 47 to 54 mm.

In order to meet the objective of the project the following three core areas were identified:

- ◆ asphalt technology related to porous mixes,
- ◆ method for retaining the reduced noise level of the pavement,
- ◆ structural maintenance and economy.

The findings of the research with regard to these core areas are presented below.

Relationship of Mix Design with Acoustic Performance

The findings of the research indicate that porosity is the primary parameter, which is controlled by mix design and has significant effect on acoustic performance. During the study

porosity was measured using techniques such as computed tomography and geometric methods. In the field the nuclear method was also used. Both practical and methodical problems were identified with the use of computed tomography. Because of the cost and equipment characteristics, the use of computed tomography is limited to research applications (Arnevik, 1993). Computed tomography was found to underestimate the porosity but might be used to estimate other relevant parameters such as tortuosity, shape factor and permeability (Waalder, 1991) The nuclear method allows larger number of measurements but gives greater variation. The void content and distribution also varies with the method of compaction. The interrelationship between porosity (acoustic parameter) and void content as measured by geometric method was established. Figure 3.9 shows this relationship.

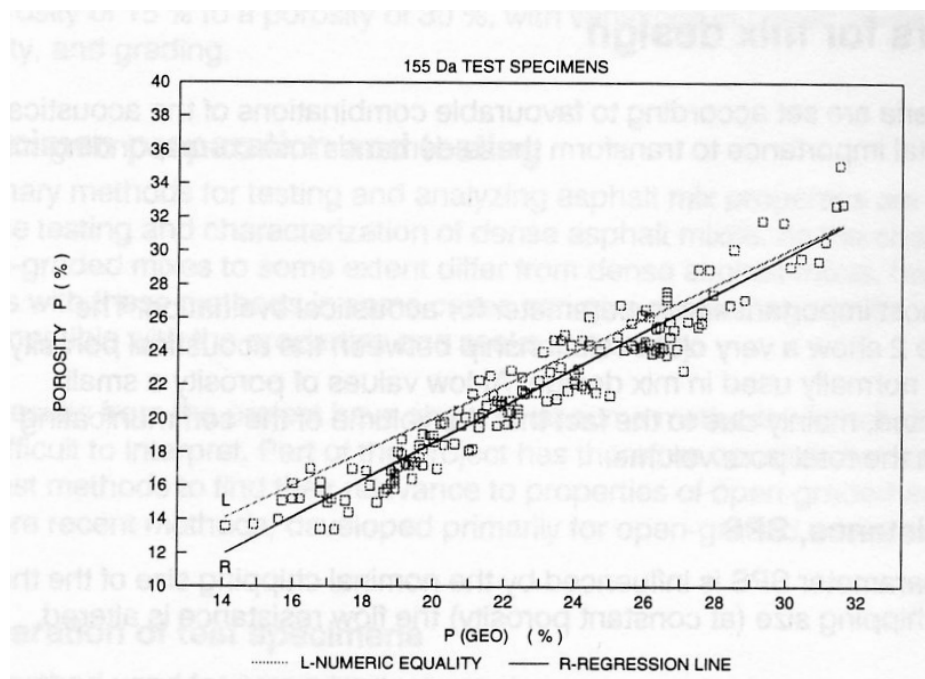


Figure 3.9: Relationship between porosity and void content (geometrical method) (Arnevik & Storeheier, 1994)

The relationship between porosity and noise level as found from this research is shown in figure 3.10. Measurement showed that an increase in porosity from 15 to 23% reduces the noise level by nearly 2.5 dB (A). A porous asphalt with a porosity of 23% reduced the tyre/road noise by some 5 – 5.5 dB (A) (Arnevik & Storeheier, 1994). The noise reduction was found to depend on the maximum size of the aggregates in the porous asphalt. Accordingly DA 11 (drainage asphalt with maximum size of 11) gave better reduction in noise than DA 16.

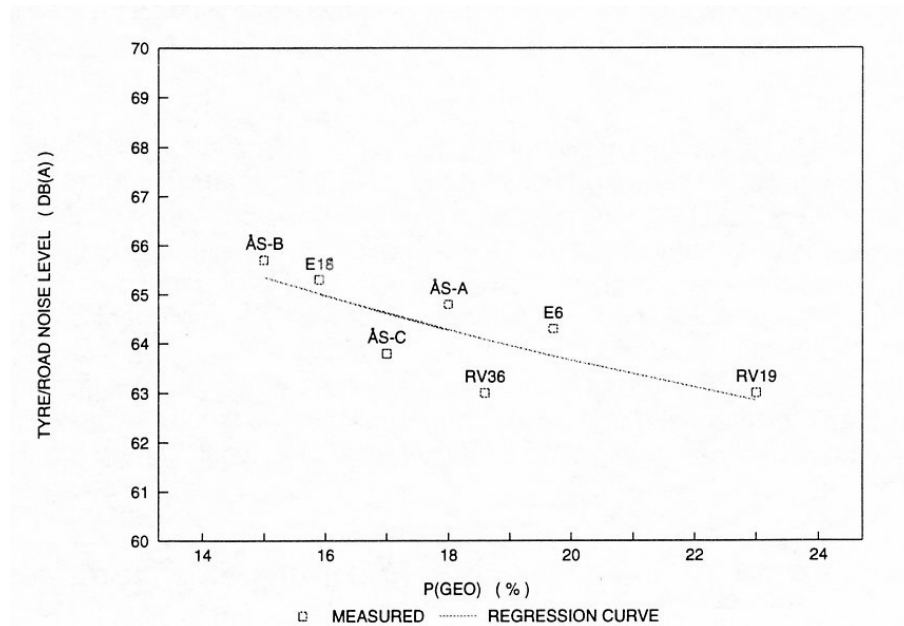


Figure 3.10: Relation between noise level and porosity based on field data. (Arnevik & Storeheier, 1994)

With regard to friction, the findings show that under summer conditions the friction is on the same level as on dense pavements with friction coefficient varying between 0.5 and 0.75 (at 60 km/hr). The friction was also found to be independent of mix design and maximum aggregate size. Although friction under winter conditions was not measured, survey of winter performance showed no difference between porous asphalt and dense asphalt under the same maintenance condition (Arnevik & Storeheier, 1994, Børud, 1993).

Other parameters that were considered in the study include permeability (drainability) and surface texture. Permeability can be considered to be a measure for performance of porous asphalt because the desirable properties of porous asphalt are strongly related to its ability to drain water. An outflow meter was constructed to measure drainage capacity of the pavement. The measurement showed that after one winter the drainability was close to zero. Similarly measurement of texture showed that after one winter the pavement was clogged and levelled (low texture depth).

Retaining Noise Level Reduction

It was found out that the noise reducing performance of the porous asphalt deteriorated sharply after trafficking for one winter. This is because the pores were clogged with dust. This confirmed the findings of others that under urban conditions clogging can be a major problem with the use of porous asphalt. The mechanisms that lead to clogging appear to be more complicated under Norwegian conditions because of the wide spread use of studded tyres. It is generally assumed that the sharp deterioration in performance of the porous asphalt during the winter is due to clogging by dust resulting from studded tyre wear.

In order to regain the noise reducing property of porous asphalt attempt was made to clean the surface. Several tests with different kinds of commercially available cleaning equipment were conducted to study the effect of different cleaning methods. Both static and dynamic high-pressure water jets with immediate suction of the flushing water were used. The speed of operation of the cleaning equipment was low, about 2km of road per day (14,000m²) (Arnevik, 1993). Generally it was concluded that it was not possible to reopen the pores in the

porous asphalt using the tested cleaning method. Cleaning the pavement at short intervals was also tried. The following problems were identified with regard to cleaning operations in the wintertime (Arnevik & Storeheier, 1994):

- ◆ The dust in the pavement freezes and becomes difficult to remove
- ◆ The flushing water must be mixed with salt and other chemicals to prevent the water from freezing during the cleaning operation
- ◆ If extreme cold occurs the water will freeze in the pavement and may create spots with extremely low friction.

Repeated cleaning operations during winter season showed some improvements in measured porosity but noise measurement conducted before and after the cleaning showed no significant improvement in performance.

Maintenance of Porous Asphalt

Cold on-site recycling of porous asphalt can produce substantial quantity of fines thus making it difficult to reuse it as an open-graded mix. However, hot recycling methods seem to be promising (Arnevik & Storeheier, 1994). By adding adequate quantities of sand, a gradation for stone-mastic asphalt can be obtained from recycled porous asphalt. With regard to winter maintenance no special problem was identified. However, since brine tends to drain into the pore system, allowing ice to form on the surface, it was recommended not to use brine on porous asphalt pavements. In agreement with other research results, it was found out that more salt is needed for winter maintenance of porous asphalt. The following is summary of the conclusions from the research project:

- ◆ By using porous asphalt is possible to obtain noise reduction of the order of 5dB(A) compared to dense wearing course even at speeds of 50 – 60 km/hr
- ◆ The pores of the porous asphalt can become clogged with dirt and dust resulting from studded tyre wear relatively quickly.
- ◆ The available technology did not allow adequate cleaning of porous asphalt to regain its noise-reducing properties.
- ◆ Friction on porous asphalt appeared to be equal to friction on dense surfaces. Further, the risk of aquaplaning is eliminated by using porous asphalt (an improvement in safety).
- ◆ Porous asphalt can be placed as either one-layer or two-layer system. A two-layer system can maximise the reduction of tyre/road noise.
- ◆ Special measures need to be taken to ensure good drainage of water from porous asphalt.
- ◆ Porous asphalt courses require good and stable foundation free from cracks and frost heave.
- ◆ Calculations show that low noise pavements are economically favourable for traffic volume of 5000 to 10000 vehicles per day.

One can observe that substantial knowledge and technical expertise has been gained from the project, which will be a valuable asset for further development and use of porous asphalt. The project identified the main problem with the use of porous asphalt as difficulty in maintaining the noise-reducing quality of porous asphalt. It is interesting to note that the recommendation from the project was to try the use of non-plastic binders such as polyurethane to be able to perform cleaning satisfactorily. This can be an interesting point to consider in further development of porous asphalt.

Recent Developments on Porous Asphalt

Experience with use of porous asphalt in the 1980's and early 1990's showed that its acoustic performance deteriorates over time due to clogging. Also because of its high void content, porous asphalt is susceptible to ageing. Several research works have been conducted in various countries to find ways of retaining the noise-reducing property of porous asphalt and to make it more durable. Prominent among results of such research works is the development of the double layer porous asphalt called Twinlay (proprietary name) in the Netherlands. Figure 3.11 illustrates the double layer concept. The original Twinlay consisted of (Sandberg and Ejsmont, 2002, Van Blokland 1997):

- ◆ a top layer of maximum 4 – 8 mm chippings, 25mm thick, 26% voids,
- ◆ a bottom layer of maximum 11 –16 mm chippings 45 mm thick, 26% voids.

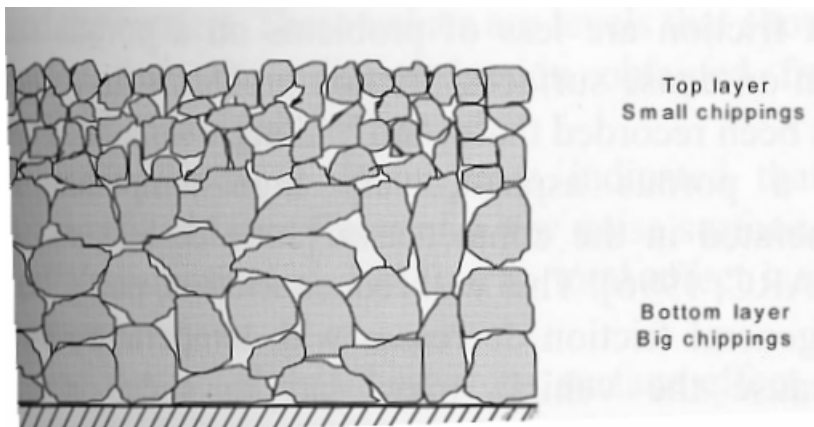


Figure 3.11: Illustration of the double-layer concept (Sandberg & Ejsmont 2002)

Rubber granulates are added to resist ageing. The material had binder content of 6.5%.

The double layer concept is specially designed to avoid the clogging effect in urban areas. The basic idea is that the top layer acts as a filter with rather small but many channels between the small chippings in which most of the dirt will be accumulated. Due to the small chippings and with appropriate rolling, a smooth megatexture can be obtained which results in low noise at low frequencies.

During cleaning operations, there are plenty of discharge volumes under the clogged top layer through which the water/dirt mix can escape and sucked up. It is claimed that the top layer can be efficiently cleaned and particles released from the top layer can not fill voids in the bottom layer since they are small enough to be easily drained away. A refined Twinlay design called Twinlay M has been developed with the purpose of increasing friction and resistance to wear at intersections. Twinlay M is basically the same as the original Twinlay except that the top layer is only 15 mm thick and has chippings of maximum size 2-4 mm.

The noise reduction by Twinlay is claimed to be very good even for low speeds. It was reported that noise reductions of 4 dB (A) at 60 km/hr and 5dB(A) at 120 km/hr were obtained on the original Twinlay. The Twinlay M is reported to be approximately 2 dB(A) more efficient than the original Twinlay(Sandberg and Ejsmont, 2002)

Experiences with the Double Layer Porous Asphalt

The double layer porous asphalt was developed and mostly used in The Netherlands. However, other countries are also trying to apply the double layer concept under their own conditions (Bendtsen et al 2002 (Denmark), Losa et al 2003 (Italy)). The Twinlay concept has also been tried in Japan with good results (Tsukamoto et al, 2003). A large research project

was conducted in Denmark to evaluate the use of double layer porous asphalt under urban conditions. The following section is a brief review of this project and its results.

Danish Experiment with Double Layer Porous Asphalt

Bendtsen et al (2002) provided a detailed description of the use of double layer porous asphalt in Denmark. Information provided in this section is mostly taken from this reference. Experiment on the use of porous asphalt has been going on since 1990 in Denmark. The first experiment was on the use of single layer porous asphalt on national road with a speed of 80 km/hr and an urban road in Copenhagen with a speed of 50km/hr. On the national road a noise reduction of 3 – 4 dB was obtained during a six-year period. On the urban road, however, the result was not so positive; a noise reduction of 3dB was obtained when the pavement was new but the pavement became fully clogged after 2 years. This was basically similar to the result of the Norwegian experiment discussed in the previous section. Therefore a decision was made to try the double layer porous asphalt for urban conditions.

The overall objective of the Danish project was to develop and test low noise pavements for urban roads with a long term noise-reducing capacity based on Dutch experience with two layer porous asphalt. Three different two-layer porous asphalt test sections were constructed in 1999 on an urban road with speed limit of 50 km/hr. In order to improve the durability of the porous asphalt SBS (styrene-Butadiene-styrene) modified bitumen was used. A dense asphalt reference section was also constructed. The three test sections are:

- ◆ DA8 –70, porous asphalt with total thickness of 70mm, top layer 25 mm thick (with 5/8 mm chipping), and bottom layer 45 mm thick (with 11/16 mm chippings)
- ◆ DA%-55, Porous asphalt with total thickness of 55 mm, top layer 20 mm thick (2/5 mm chipping), and bottom layer 35 mm thick (11/16 mm chipping)
- ◆ DA – 90, porous asphalt with total thickness of 90 mm, top layer 25 mm thick (2/5 mm chipping) and bottom layer 65 mm thick (16/22 mm chipping)

Figure 3.12 shows the gradation curves for the different materials tested. A comprehensive measurement program, involving factors such as noise, pavement texture, porosity, skid resistance, speed, traffic safety, winter maintenance and perception of residents was conducted. The porous asphalt sections were cleaned twice a year using high-pressure water jet.

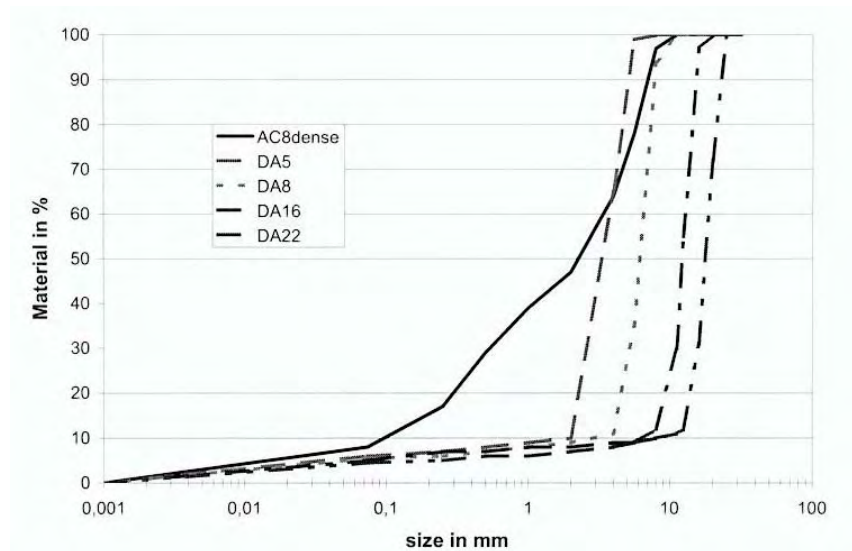


Fig 3.12: Gradation curves for porous asphalt used in the Danish experiment (Bendtsen et al 2002)

The project was designed to test the following hypotheses:

- ◆ New two layer porous asphalt has high noise reducing capacity on urban roads as compared to dense asphalt concrete.
- ◆ The two-layer porous asphalt with the smallest chipping size has the best noise reduction.
- ◆ The thickest of the two-layer porous pavements has the best noise reduction.
- ◆ Using high pressure cleaning twice a year, the pavements will keep their porosity and high acoustical absorption and for this reason they will keep high noise reducing capacity in their entire lifetime on urban roads.
- ◆ Roads in urban areas with fine graded porous pavements have the same traffic safety quality (same risk levels) as ordinary dense pavements.
- ◆ There are no special problems with winter maintenance connected to using fine graded porous pavements in urban areas.
- ◆ The lifetime of such pavements is the same as that of ordinary dense pavements on urban roads.

Figure 3.13 shows the noise reduction obtained on the three sections. At year 0 (new pavement) noise reduction ranging from 4.5 to 6 dB was obtained. DA5-90 had the largest reduction. After 3 years in use there was no difference between the three porous pavements in terms of noise reduction. It must be noted that after three years the noise on the reference pavement decreased, which was unexpected and strange result. If it was not for this decrease, the noise reduction obtained on the porous asphalt layers after three years is higher. In fact it was estimated to be about 4 dB(A).

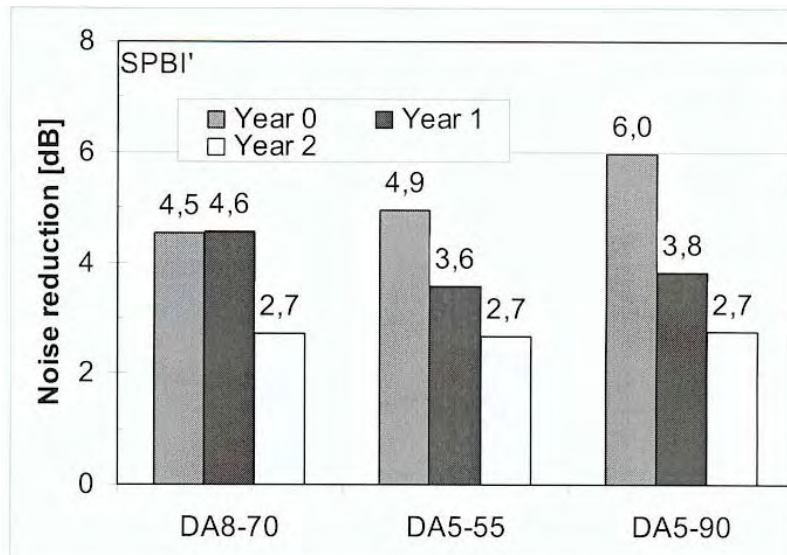


Figure 3.13: Noise reduction expressed as the difference between the total A-weighted SPBI measured at the porous pavements and the reference pavement in the same year (Bendtsen et al, 2002)

After observing the performance of the pavement for three years, Bendtsen and co-workers made the following conclusion:

- ◆ The hypothesis that new two-layer porous asphalt has high noise reduction capacity on urban roads is accepted.
- ◆ The hypothesis that two-layer porous asphalt with the smallest chipping size has the best noise reduction was true only in year 0, in years 1 and 2 the noise reductions were approximately the same.
- ◆ The hypothesis that the thickest of the two-layer porous pavements has the best noise reduction was correct when the pavement was new but after two years the thickest pavement has the same noise reduction as the thinner pavements
- ◆ The hypothesis that by using high pressure cleaning twice a year the pavements will keep their porosity and their high noise reducing capacity seems to be correct after two years for the porous pavement with the largest chippings. But there is some tendency for clogging on the pavements with the smallest chippings. It seems that dust from closest dense pavement is the cause for the clogging.
- ◆ The hypothesis that roads in urban areas with fine graded porous pavements have the same traffic safety quality as ordinary dense pavements so far seems to be correct.
- ◆ The hypothesis that there are no special problems with winter maintenance connected to using fine graded porous pavements in urban areas seems to be correct.
- ◆ It was not possible to draw any conclusions to the hypothesis that the lifetime of two layer porous pavement is the same as for dense pavements for urban roads.

Thus the Danish experiment has demonstrated that the double-layer porous asphalt can retain its noise-reducing capacity for longer period under urban conditions. Image analysis conducted on thin sections of the top layer has also shown that the tendency of clogging is limited to the top few millimetres showing the filtering effect of the top layer.

Similar research, conducted in Italy, compared the degradation of performance of single layer and double layer porous asphalt pavements (Losa et al, 2003). The study observed two test sections (one with single layer and the other with double layer) over a period of three years. Measurements were conducted at 6 month intervals to see how parameters such as percentage of communicating voids, airflow resistance, permeability and acoustical absorption change over time. The results showed that although there was some tendency of clogging, the double layer porous asphalt possessed a good acoustic absorption after three years while the single layer porous asphalt experienced ravelling. However, the report did not provide information on whether the road on which the test sections were constructed was an urban or rural road.

Cleaning of Porous Asphalt

Cleaning of porous asphalt surfaces is considered to be very important to retain (or maintain) the noise reducing capacity of this material. The cleaning is mostly conducted using high-pressure water and suction. In many cases, it was not possible to completely restore the original porosity of the material, but the clogging can be slowed down and noise-reducing properties can be maintained if the surface is cleaned at short intervals. The traffic itself has a substantial cleaning effect, i.e., the pressure and suction at the trailing end of tyres (particularly truck tyres) can remove a substantial amount of dust from the surface. This is the reason why high volume, high-speed roads experience less clogging when paved with porous asphalt. The fact that clogging is less severe in wheel tracks compared to the other part of the pavement also supports this point. Sandberg and Ejsmont (2002) discussed some ideas that might enhance the effectiveness of the cleaning operation. These include:

- ◆ The use of polymer modified binder – there is some evidence which indicate that detritus does not stick to polymer modified binders to the same extent as unmodified bitumen. Consequently it would be easier to clean a pavement with such a binder.
- ◆ Cleaning might be more effective if done some time after rainfall.
- ◆ A cleaning procedure, reported to have been developed in Japan, involves a combination of water jet blasting, dirt water suction and vibrations transmitted by a “plane of water” between the water blasting and suction. These ideas need to be further researched on and explored.
- ◆ There is also a method developed by Hejmans in Holland, the prototype of which has been tested with good results but the equipment is not yet commercialised.

Porous Cement Concrete Pavements

In recent years experiments have been conducted in several countries on the use of porous cement concrete pavements to reduce traffic noise (Sandberg and Ejsmont, 2002). It is hoped that the problem of clogging can be less pronounced in cement concrete, although this has yet to be proved by experiments. It is also hoped that cement concrete can be constructed with higher void content than the porous asphalt.

Trials in the Netherlands with porous cement concrete have shown that about the same noise reduction as on porous asphalt can be obtained if the accessible porosity of cement concrete is at least 25%. One of the problems with the use of cement concrete is its unfavourable megatexture which causes driver discomfort. Porous concrete is about 40% more expensive than the more common surfacings.

A double-layer porous cement concrete is under development in USA (Sandberg and Ejsmont, 2002). The concept is similar to that of the Twinlay porous asphalt. Results are described as promising.

A limited experimental investigation was conducted on porous cement concrete as part of the Norwegian experiment on low noise surfaces (Arnevik & Storeheier, 1994). The result indicated that the acoustic behaviour of porous cement concrete was similar to that of porous asphalt provided the same nominal aggregate size is used. However, because concrete has coarser surface texture, the noise level on concrete pavements tends to be higher than that on porous asphalt of the same porosity. This difference has to do with the difference in laying of the pavements (paving equipment).

Current Use of Porous Surfaces

Porous asphalt is extensively used in the Netherlands, New Zealand, Hong Kong and Japan (Sandberg and Ejsmont, 2002). In the Netherlands, porous asphalt is laid on 60% of the motorways by 2001, which translates into a motorway length of 2100 km. The proportion of motorway length having porous asphalt concrete is expected to increase to 90% with in a few years.

In New Zealand, porous asphalt is used on the majority of the motorways (about 300km) and other high traffic divided carriageways. In 1998, it was estimated that about 1200 lane kilometres of state highways were paved with porous asphalt.

In Hong Kong porous asphalt is being used as a standard material on new highways with speeds of 70 km/hr or more. In Japan it is mandatory to use porous asphalt on all expressways in populated areas. In 1998, the total length of road paved with porous asphalt was about 820km, which could be considerably higher by now. In Italy, about 10% of the 3000km motorway network have been paved with porous asphalt, in 1999.

Porous cement concrete appears to be still an experimental material. There is no evidence of large-scale application of porous cement concrete.

Non-Porous Low Noise Pavements

The non-porous low noise pavements include several types of surface treatments (surface dressing) and thin surfacings. Most of these materials are originally developed for purpose improving friction on the pavement but they are also reported to decrease noise. The noise reduction that can be obtained varies from material to material. The fundamental reason for low noise properties of surface treatments and thin surfacings is considered to be their fine texture, although some of the thin pavements may also contain substantial void content. One important aspect for Norwegian conditions is that the dust from the wear caused by studded tyres may not have the same detrimental effect on low noise properties of thin pavements as for the porous ones.

Thin surfacings

Thin surfacings include various types of (mostly proprietary) materials used as surfacing. Sandberg and Ejsmont (2002) classified the thin surfacings as follows:

- ◆ Very thin surfacings, thickness 20 – 30 mm
- ◆ Ultra thin surfacings, thickness 12 – 18 mm
- ◆ Micro surfacings, thickness 6 – 12 mm

Thin surfaces are usually applied as low cost surface improvements on roads carrying relatively low traffic. They usually have smaller chipping sizes, in the range of 4 to 8 mm, and

they may also be gap-graded. Polymer modified bitumen is often used as a binder for thin surfacings. The gap-graded nature of most of the thin surfacings gives them good air and water drainage capacity reducing air-pumping or similar noise mechanisms. In addition their mostly small chipping size reduces noise generated by texture impact mechanism. Another feature of thin surfacings that contributes to their noise reducing capacity is their indented texture (also called negative texture).

Most of the thin surfacings are proprietary, i.e.; they are designed, produced, and marketed by a certain company. There is not much published information on thin surfacings and the claims made by their producers are mostly not independently verified. Table 3.2, which was obtained from Internet (www.wsanoise.com/information), gives an overview of some of the thin surfacings.

Several other brands of thin surfacings are also on the market including Novachip (equivalent to Safepave in U.K), Safedress, Euroduit, Ultraflex, Microduit, Microflex, Miniphone, Citychape, Colrug, Colsoft, Viaphone, and Tapiphone. Most of these materials originate from France or UK. Wider scale use of these thin surfacings is also reported from these two countries. However no comprehensive study that evaluated the durability and longer-term acoustic performance of these surfacings could be found.

Stone-Mastic Asphalt as thin surfacing

Stone-mastic asphalt when produced using small size chipping can be laid in small thickness and is often considered as thin pavement. It is known that stone-mastic asphalt contains relatively high voids because of its gap grading. It has been reported that the stone-mastic asphalt with optimal texture can reduce tyre/road noise significantly (Van Keulen, 2002, Valtonen et al, 2002, and Woodside et al, 2001). Since stone-mastic asphalt is a durable material, it has a potential to resist wear from studded tires, for instance, if appropriate chipping size and binder type is used.

A research conducted in Finland evaluated the noise reducing properties of stone-mastic asphalt (Valtonen, et al, 2002). SMA 5 (stone-mastic asphalt with 5 mm maximum aggregate size) was laid on four different roads in Helsinki. Noise was measured before and after paving. Ruts (wear due to studded tyres) were also measured. The result showed that for new pavement at 50 km/hr a noise reduction of 3 dB (A) was obtained. At 80km/hr noise reduction was 7 dB(A). However the wear on the SMA 5 was found to be much higher than the wear on coarser SMA pavements (6 times higher than SMA 11 and 10 times higher than SMA 16). Due to the wear, the noise on the SMA surfaces increased significantly after 1 year. However Valtonen et al (2002) did not provide the thicknesses of the SMA layers. Figure 3.14 shows results from the Finish study.

Table 3.2: Overview some thin surfacings (www.wsnoise.com/information)

System	Manufacturer	Noise reduction
Safepave thin wearing course 10 mm aggregate, Ultra Thin Hot Mix Asphalt Layer (UTHMAL)	Tarmac Associated Asphalt	Light vehicles = 2.2 dB(A) Heavy vehicles = 0dB (A) compared to Hot Rolled Asphalt (HRA) at 90 km/hr
As above with 14 mm aggregate (UTHMAL)	As above	Light vehicles = 3dB(A) Heavy vehicles = 1.7 to 2.5dB(A) compared to brushed concrete at 90km/hr
As above 10-25 mm thick (UTHMAL)	As above	40% reduction (~2dB(A)) claimed compared to HRA
Masterpave, 35 mm thick, 14 mm gritstone (SMA)	As above	Cars at 110km/hr = 5.1dB(A) Heavy vehicles at 90km/hr = 3.7 dB (A) compared to HRA
Tuffgrip, 25 mm thick, 14 mm open texture grade. Can be 20 – 40 mm thick	Hanson Aggregates	Light vehicles at 90km/hr = 3.8 dB(A); at 110km/hr = 4.6dB(A); Heavy vehicles at 90km/hr = 3.2dB(A) compared to HRA after 5 weeks
Megapave, 25 mm thick, 10 mm granite with bituminous binder, 4% voids (SMA)	Mid – Essex Gravel	774 veh/hr, 9.3% heavy vehicles at 65km/hr = 2.6dB (L _{A10}); 706 veh/hr, 8.7% heavy vehicles at 65km/hr = 3.8dB (L _{A10}) compared to HRA
Axofivre, 14 mm aggregate SMA	Lafarge Redland Aggregates	At 90 and 110km/hr light vehicles = 3 to 4 dB(A); heavy vehicles = 3 dB(A) compared to HRA of similar age
UL-M, 10 mm VTSL, 20 mm thick	White mountain asphalt	Light vehicles = 4.4 to 5.3 dB(A); Heavy vehicles = 1.7 to 3.8 dB(A) compared to brushed concrete at 90km/hr
Hitex, thin polymer modified asphalt	Bardon aggregates	3.7dB reduction in L _{A10} compared to HRA
Thinpave, thin polymer modified asphalt	Bardon aggregates	4dB reduction compared to HRA
Smartex range, 10 – 50 mm thickness, 6 – 20 mm aggregate (SMA)	As above	3 or 4 dB reduction compared to HRA

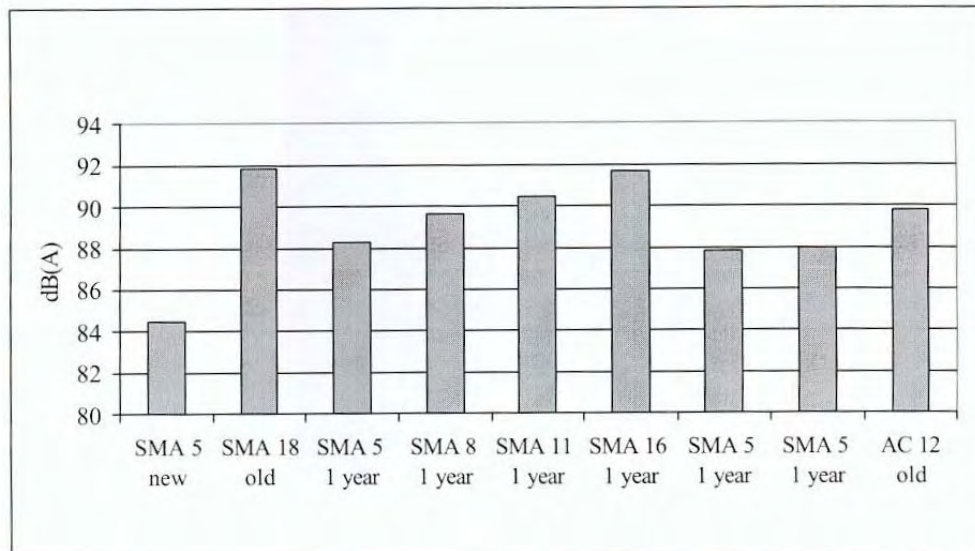


Figure 3.14: Results of the Finish experiment (Valtonen et al, 2002)

Surface Treatments

Some surface treatments have also been found to reduce noise. The motive behind the use of surface treatments is often improvement of friction on the surface. There are several types of surface treatment varying in the size of chipping, types of chipping, and the type of binder used. The following are some of the surface treatments that are considered to have good potential for noise reduction.

Pavetex – is a product developed in Japan and used as surface treatment (Iwai et al, 1990). It is described as unwoven polypropylene fabric impregnated with chemical rubber and coated with mixture of urethane resin and silica sand. The surface is bonded to the existing pavement using adhesive agent. According to Iwai et al (1990), the major features of Pavetex are:

- ◆ high tensile and tear strengths due to use of synthetic fiber,
- ◆ good skid resistance on wet surface,
- ◆ resistance to wear by studded tyres
- ◆ a noise reduction of 6- 7 dB(A) for the summer tyre and about 3 dB(A) for studded tyres irrespective of speed

Pavetex is claimed to have resisted 16 months of traffic without problem, but no current information about this material could be found. Figure 3.15 illustrates Pavetex.

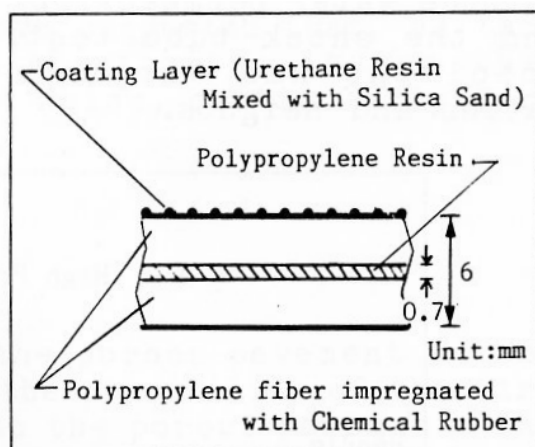


Figure 3.15: Structure of Pavetex (Iwai et al, 1990)

Italgrip- is a proprietary surface developed in Italy but has also been applied in USA. It is primarily developed to increase skid resistance but it has also been reported to decrease noise. Italgrip is applied to dense surfaces, either asphalt or cement concrete. First an epoxy adhesive is applied in order to fill and cover an existing macrotexture. Before the binder is cured an aggregate known as MC-1 and manufactured from steel slag is spread on the surface. The aggregate size ranges from 1 to 4 mm and it is claimed to provide very durable surface. The noise reducing property of Italgrip has been tested on state highway in Wisconsin, USA (Kemmel et al 2000). The original surface in test was cement concrete, which was diamond ground before the application of Italgrip. The diamond grinding reduced the noise by 3dB(A) and the application of Italgrip on the ground surface gave an additional noise reduction of 1dB(A). This is considered to be substantial reduction because the ground surface is already relatively quiet.

Other surface treatments - a fine surface treatment with 1- 3mm emery chippings has been reported to reduce noise by 3-4dB(A)(Sandberg and Ejsmont, 2002). Longitudinal grinding of cement concrete surfaces and the application of exposed aggregate technique have also been reported to provide noise reduction of up to 3dB(A) (Nelson and Phillips, 1997, Sandberg and Ejsmont, 2002).

Other low noise surfaces

There are other road surfacings that are claimed to reduce noise. These include poroelastic pavement, and expanded clay.

Poroelastic Road Surface

A poroelastic road surface consists of granules or fibers of rubber bound together using binders such as bitumen or polyurethane. The aggregate may also be supplemented with sand or stone material. The rubber may be produced from scrap tyres. Poroelastic road surfaces may contain a porosity of 30 – 40%. The elasticity of the rubber is beneficial in reducing vibration related tyre/road noise. Poroelastic road surfaces are reported to reduce noise by about 10dB(A) compared to conventional dense asphalt surfaces (Sandberg and Ejsmont, 2002).

Poroelastic pavement was tested in Norway as part of the project on low noise pavements discussed earlier. A substantial reduction in noise was obtained (5 –6 dB(A)) but the material

could not stand snowplough and large chunks of the surfacing was removed with the snow. Another problem connected with this surfacing was the time required for laying and hardening. A street, which was surfaced with this material, had to be closed for up to 5 days for the laying and hardening and this is considered to be unacceptable.

Currently research is continuing in Sweden, Japan and Portugal on poroelastic surfacing (Sandberg and Ejsmont, 2002). The results of these researches are not published yet. Therefore it can be concluded that poroelastic surfacing still remains an experimental material. However, if improvements are made to solve the problems so far identified, it has a great potential to be a low noise pavement.

Expanded Clay

Expanded clay is a lightweight aggregate obtained by expansion and heating of clay. The aggregate has a porous structure. Expanded clay is reported to have several advantages when used in road surfaces in proportion of 5 – 35% (Sandberg and Ejsmont, 2002): These advantages include:

- ◆ high and durable skid resistance
- ◆ less risk of damage to vehicles due to projection of loose chippings
- ◆ good adhesion of binder to aggregate, thus extending pavement service life
- ◆ little or no glare by reflected sunlight
- ◆ good durability due to its resistance to freezing, thawing, sulphate and salt action
- ◆ the possibility of reducing the consumption of first class aggregates.

The use of expanded clay is reported to reduce noise by 3.7 – 5 dB(A) compared to the ordinary asphalt concrete based on measurements conducted on Italian motorway. However, there is great concern about the mechanical strength of expanded clay under heavy loads. Particularly its resistance to the action of studded tyres is in doubt.

Comparison of Low Noise Road Surfaces

Some studies have compared various types of low noise surfaces in terms the noise reduction obtained. These include Nelson and Phillips (1997), Sandberg and Ejsmont (2002) and Woodside et al (2001). The following figures show results of these comparative studies.

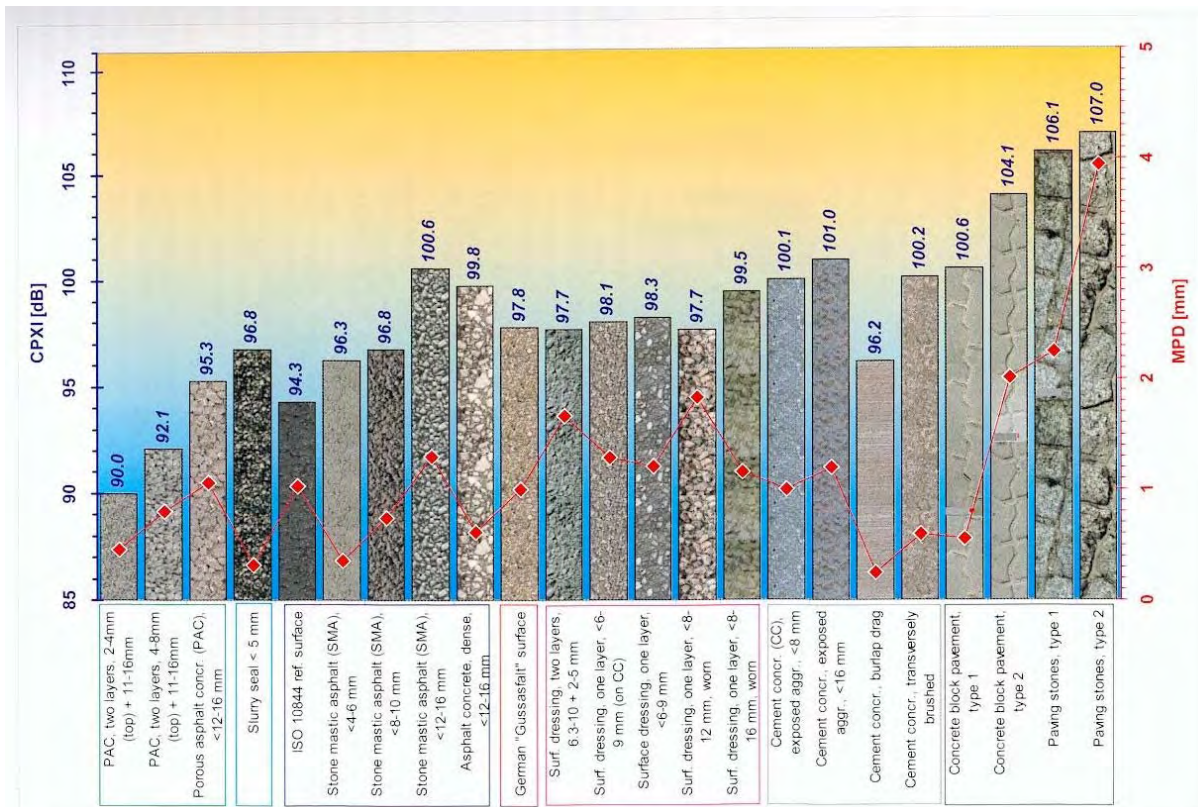


Figure 3.16: Comparison of A-weighted sound levels (CPXI) on various road surfaces. Measurement was conducted by Technical University of Gdansk (Poland) (Sandberg and Ejsmont 2002)

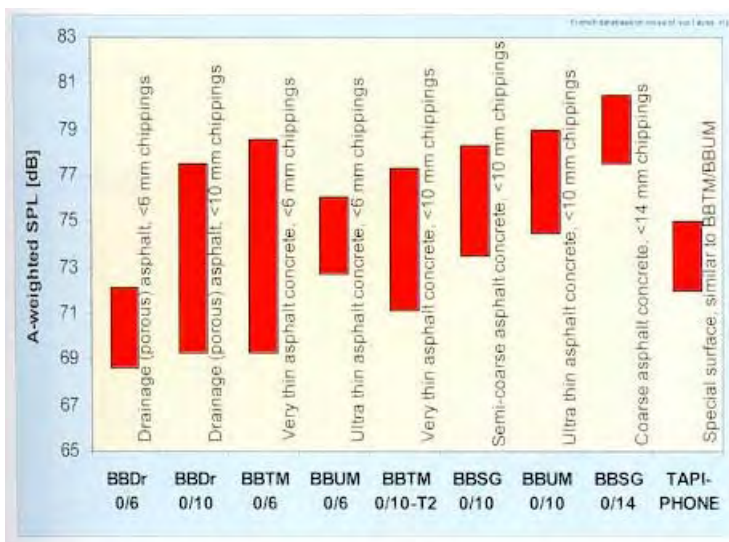


Figure 3.17: Comparison of A-weighted sound levels on different surfaces. Measurement was conducted by LRPC in Strasbourg, France (Sandberg and Ejsmont, 2002)

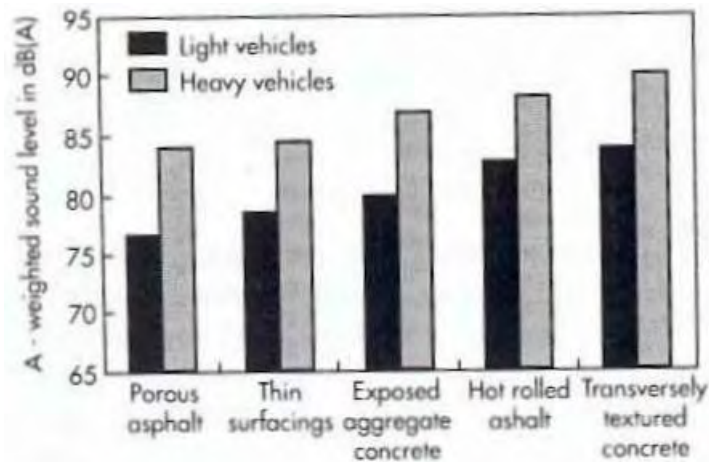


Figure. 3.18: Comparison of road surfaces (Nelson and Phillips 1997)

3.1.9 Economic benefits of Low Noise Pavements

Noise barriers, building insulation, and low noise pavements are the most commonly used physical measures to protect citizens from noise nuisance. In general, noise barriers are not feasible solution in urban areas. Noise barriers can not protect people living on the higher floors of high rise buildings from noise even if they are built in urban areas. Building insulation is effective only when people are inside with windows closed. If people open their windows or go outdoors they will face the noise problem.

This makes the low noise pavements the most attractive alternative as a noise abatement measure in urban areas. Calculations have also indicated that low noise pavements can offer economic advantages. Porous asphalt pavements are generally more expensive compared to the conventional dense surfaces. However, when comparison is made between the cost of porous asphalt and other noise abatement measures such as noise barriers and insulation, porous asphalt is found to be much cheaper. Such comparative calculations have been made by Larsen et al (2002) for Danish conditions. The calculations were made based on three hypothetical cases: a 50km/hr central city street, a 70km/hr ring road and 110km/hr freeway. The assumed geometry, traffic volume, the type building around the three cases are described in detail in Larsen et al (2002). Comparisons were made based on noise reduction as well as the Danish Noise Exposure Factor (NEF). NEF is an expression for the accumulated noise annoyance in a housing area. On the city street only porous asphalt and insulation are compared, as noise barrier is not feasible. Noise reduction data from the double layer porous asphalt project described earlier was used. The result of this calculation clearly showed that porous asphalt is substantially cheaper than the other two alternatives. Figures 3.19 and 3.20 show the results this calculation.

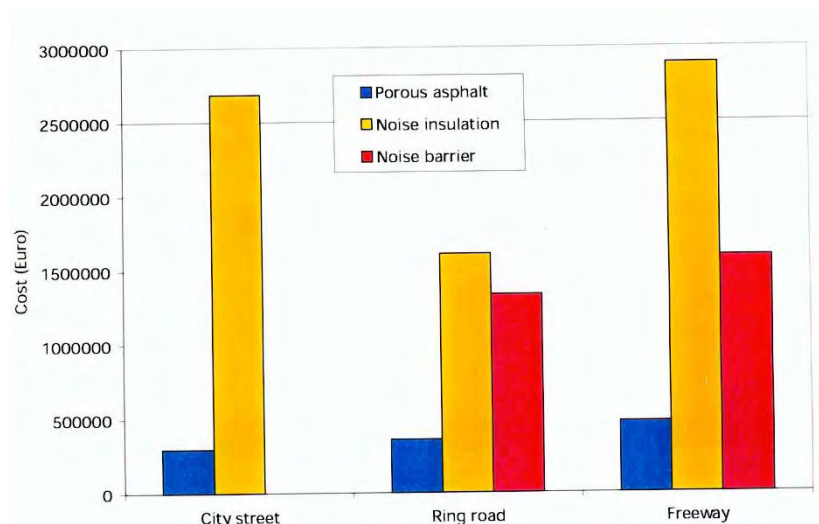


Figure 3.19: Costs of porous asphalt, sound insulation and noise barrier for three cases (Larsen et al, 2002)

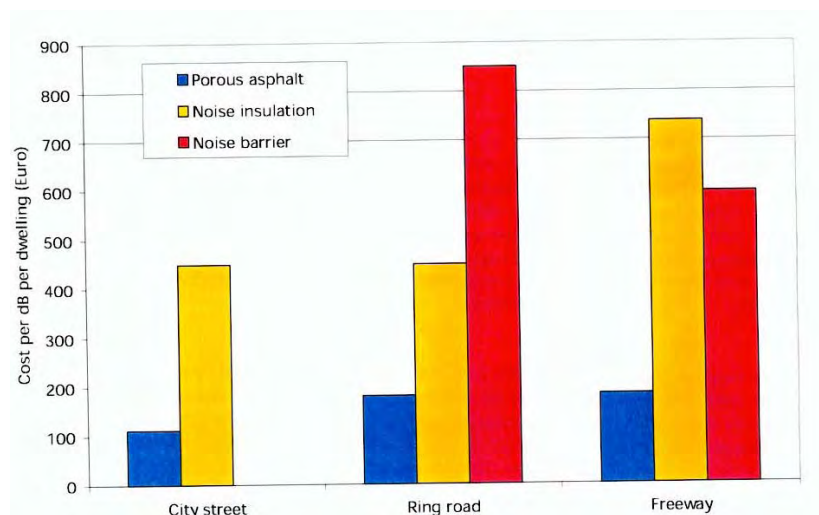


Figure 3.20: Cost per dB per dwelling for porous asphalt, sound insulation, and noise barrier (Larsen et al 2002)

Arnevik (1993) has also estimated the costs and benefit of porous asphalt as part of the Norwegian research on low noise pavements described in section 3.1.8. Arnevik noted that:

- ◆ The use of porous asphalt is economically beneficial for roads carrying 5000 to 10000 vehicles per day.
- ◆ Building density (botetthet), i.e., population density along the road is important for porous asphalt to be economical. Porous asphalt can be economical for density of 300 persons/km and over under urban conditions. Along roads with higher speeds a density 200 persons/km might be enough to make the use of porous asphalt economically beneficial.
- ◆ The benefit/cost ratio depends on the magnitude of the noise.

Similarly Jones (2002) described HMA (Hot Mix Asphalt) low noise surfaces as providing comparable noise reduction to noise barriers but with much less cost under US conditions. His article did not provide detailed cost calculations but indicates that the low noise surfaces are cheaper compared to noise barrier. Recent research in Holland has also indicated that the use

of porous pavements provides greater socio-economic benefits (Commandeur et al 2002). Thus it appears that there is a general agreement on the economic advantages of low noise surfaces.

3.1.10 Conclusions and Recommendations

Conclusions

The literature review on low noise road surfaces indicate that:

- ◆ There are two classes of low noise surfaces that are developed in several countries; porous and non-porous surfaces. Porous surfaces include mainly porous asphalt and porous cement concrete but other surfaces such as rubberised asphalt and poroelastic materials may also be considered as porous, since the main noise reducing factor in those surfaces is their porosity. The non-porous surfaces include a category of surfacings, known collectively as thin surfacings, and surface treatments.
- ◆ Experiments with first generation of porous asphalt (single layer) in many countries proved that it a suitable material for high-speed roads carrying heavy traffic. It was found that porous asphalt could substantially reduce tyre/road noise. However, in urban applications and on low-speed roads, porous asphalt was found to undergo clogging and lose its noise-reducing properties. This was also the finding of the earlier Norwegian research project on porous asphalt. The use of studded tyre may have hastened the rate of clogging but it does not seem to be the sole cause, since clogging has occurred in other countries that do not use studded tyres. Further research has sought to solve the clogging problem of porous asphalt. The most prominent result of such effort is the development of double-layer porous asphalt (also referred to as second and third generation porous asphalt).
- ◆ The double-layer porous asphalt has been tested for urban conditions and has been found to perform well. It did not totally eliminate clogging but enabled the noise reducing properties of the porous asphalt to be maintained by cleaning.
- ◆ There are indications that the performance of porous asphalt can be further improved through the use special binders and appropriate cleaning procedures. However, further research is needed on these issues.
- ◆ Several mostly proprietary surfacings known as thin surfacings have been developed in recent years in many countries. They are reported to reduce noise significantly. There are also surface treatments that provide noise reduction benefits.
- ◆ Low noise pavements are the most cost-effective alternative compared to noise barriers and insulation.
- ◆ The technology needed to reduce noise through use of low noise surfaces is available. Significant expertise has also been gained during the earlier research in Norway. The task is therefore to test and find out which low noise surfacing technology fits the Norwegian condition.
- ◆ There are currently two multi-national research projects related to noise in Europe; SILVIA and HARMONOISE. SILVIA aims to develop standardised classification procedure for low noise surfaces while HARMONOISE intends to develop a harmonised mathematical model for prediction of transportation noise (road, rail, air). Unless low noise surfaces that fit the Norwegian condition are found through test or research, it is unlikely for Norway to draw any benefit from SILVIA.

Recommendations

Given that there is a need to reduce traffic noise and given that the low noise surfaces are the most cost-effective alternative in mitigation of the noise problem, it appears to be natural to pursue research and development in low noise road surfaces. The most intriguing question, as far as pavement materials are concerned, in Norway is to develop a material that resists studded tyre wear. Development in this regard may not only reduce clogging of porous asphalt but may also mitigate the dust problem. Given that the use of studded tyres is decreasing in urban areas, some improvement in the material's resistance to studded tyre wear has a potential to improve the performance of low noise surfaces. Since the dust from studded tyres contains binder particles that may stick to the pores, study of various cleaning procedures is of importance. It is therefore recommended to pursue research and development in low noise surfaces such as:

- ◆ The latest generation of porous asphalt mixtures- research activity may include trials with the use of high quality aggregates with various types of polymer-modified binders and trials with various cleaning procedures.
- ◆ Thin surfacings, particularly those based on stone-mastic asphalt technology- the main issue would be to ensure that these materials are durable under studded tyres. Therefore different types of binders and various sizes of high quality aggregates may be tried to develop a material that is durable and reduces noise.

3.1.11 Acknowledgement

Several people have contributed to this report. Asbjørn Arnevik, Svein Å. Storeheier, Jan Boe Kielland, and Brynhild Snilsberg have read the draft version of this report and have given valuable comments. Arnevik and Storeheier have also supplied relevant literature. Leif Jorgen Bakløkk, Øystein Larsen, Geir Berntsen and Truls Berge have assisted in collecting the literature. I would like to thank all for their contribution.

3.1.12 List of references

- 1 Arnevik, A. (1993), Måling av hulrom (porøsitet) på åpne vegdekker, Vegdirektoratet
- 2 Arnevik, A. (1993), Rensing av drengsfalt, demonstrasjon av rensemaskin, Vegdirektoratet.
- 3 Arnevik, A. (1993), Nytte og kostnad ved bruk av drengsfalt som støysvakt vegdekke, Vegdirektoratet.
- 4 Arnevik, A. & Storeheier, S.Å. (1994), Low noise road surfacings: Summary report, Norwegian public Roads Administration.
- 5 Bendtsen, H., Larsen, L.E. & Grebe, P. (2002), Udvikling af Støjreducerende vejbelægnings til bygader, status rapport efter 3 års målinger, Danmarks Transportforskning.

- 6 Berglund, B., Lindvall, T. & Schwela, D.H. (eds) (1999), Guidelines for community noise, WHO report.
- 7 BYGGaktuelt no. 11(2002), Veg er Støysynder nummer en
- 8 Børrud, B.E. (1993), Drensasfalt: Friksjonsforhold på åpne vegdekker, Vegdirektoratet.
- 9 Commandeur, J. J. F., Bijleveld, D. F., Braimaister, L. G, Janssen, S. T. M. C. (2002), De analyse van ongeval-, weg-en verkeerskenmerken van de Nederlandse Rijkswegen, SWOV rapport 2002 – 19.
- 10 Fitts, G. (2002), The new and improved open graded friction course mixes, The Magazine of the Asphalt Institute, Vol. 17, no.2.
- 11 Horvli, I., Garba, R., Uthus, L. & Ericshsen, E., (2003), Influence of aggregates on the frictional properties of asphalt surfacing mixtures, Third International Symposium on Maintenance and rehabilitation of pavements and technological control, Minho, Portugal.
- 12 Huet, M., Boissoudy, A., Gramsammer, J.-C. Bauduin, A. & samanos, J. (1990), Experiments with porous asphalt on the Nantes fatigue test track, Transportation research record 1265, Transportation research board, USA.
- 13 Isering, Th., Koster, H. & Scazziga, I. (1990), Experiences with porous asphalt in Switzerland, Transportation research record 1265, Transportation research board, USA.
- 14 ISO 13473-1 (1997), Characterisation of pavement texture by use of surface profiles, Part 1: Determination of mean profile depth.
- 15 Iwai, S., Muira Y., Yokokawa, T. & Kobayashi, H. (1990), Tire/road noise reduction effects of porous pavement and Pavetex pavement, Proceedings of international Tire/road conference, INTROOC 90, Gothenburg, Sweden.
- 16 Jones, W. (2002), Highway noise control with HMA, The Magazine of the Asphalt Institute, Vol. 17, no. 2.
- 17 Kuemmel, D.A., Jaeckel, J.R. & Satanovisky, A. (2000), Investigative study of the Italgrip system – Noise analysis Final report, WI/SPR-02-00, Wisconsin Department of Transportation.
- 18 Larsen, L.E. & Bendtsen, H. (2002), Noise reduction with porous asphalt - cost and perceived effect, paper presented at the ISAP conference, Copenhagen, Denmark.
- 19 Lerch, T., Wellner, F., Hubelt, J., Koeltzsch & Sarradji, E. (2003), Initial parameters for modelling tire/road noise reduction of porous asphalt surfacings, Third International Symposium on Maintenance and rehabilitation of pavements and technological control, Minho, Portugal.

- 20 Losa, M. Bonomo, G., Licitra, G., Cerchiai, M. (2003), Performance degradation of porous asphalt pavements, Third International Symposium on Maintenance and rehabilitation of pavements and technological control, Minho, Portugal.
- 21 Nelson, P.M. & Abbott, P.G. (1990), Acoustical performance of pervious macadam surfaces for high-speed roads, Transportation research record 1265, Transportation research board, USA.
- 22 Nelson, P.M. & Phillips, S. M. (1997), Quieter road surfaces, TRL annual review, TRL Limited, U.K.
- 23 Phillips, S. & Kinsey, P. (2000), Advances in identifying road surface characteristics associated with noise and skidding performance, PIARC Surface Characteristics 2000, Nantes, France.
- 24 Sandberg, U. & Ejsmont, J.A. (2002), Tyre/road noise reference book, INFORMEX Ejsmont & Sandberg Handelsbolag, kisa, Sweden.
- 25 Tsukamoto, M., Matsumura, T. & Ishii, H., (2003), Effect of noise decrease of Twin layered porous asphalt pavements, ARRB/ REAA proceedings, Cairns.
- 26 Valtonen, J. & Hyyppä, I. (2002), Noise reduction vs wearing properties, paper presented at the ISAP conference, Copenhagen, Denmark.
- 27 Van Blokland, G.J. (1997), Experiences with and future development of porous road surfaces, Proceedings of the 2nd International Seminar on Tire/road noise, technical University of Gdansk, Poland.
- 28 Van Heystraeten, G. & Moraux, C. (1990), Ten years experience of porous asphalt in Belgium, Transportation research record 1265, Transportation research board, USA.
- 29 Van Keulen, W. (2002), Silent roads for noise reduction, paper presented at the 3rd IRF congress for South-East Europe, Belgrade, F.R. Yugoslavia.
- 30 Van Der Zwan, J. Th., Goeman, th., Gruis, H.J.A.J., Swart, J.H. & Oldenburger, R.H. (1990), Porous asphalt wearing courses in The Netherlands: State of the art review, Transportation research record 1265, Transportation research board, USA.
- 31 Von Meier, Van Blokland, G.J & Van Bchove, G.G. (1994), Reduction of traffic noise by road surface design and tyre-road matching, M+P report 94.1.1.
- 32 Waaler, D. (1991), Vurdering av CT som metode for å karakterisere akustiske egenskaper i vegdekker, ØF rapport 13/91
- 33 Woodside, A.R., Woodward, W.D.H., & Akbulut, H. (2001) Overview of stone mastic asphalt, Highway engineering research group, university of Ulster.
- 34 WWW.wsanoise.com, Overview of some thin surfacings.

3.2 Støv

3.2.1 Sammendrag

Sammenhengen mellom vegslitasje, vegstøvdepot og svevestøv er komplisert og sammensatt. Vi vet at så mye som 250 000-300 000 tonn asfalt slites av fra våre veger hvert år, og ca. 75% av dette slites av i vintersesongen på grunn av piggdekkbruk. Dette koster store summer i dekkefornyning og vedlikehold hvert år, representerer et miljøproblem, og er et potensielt helseproblem for befolkningen i og omkring norske byer.

Støv (definert som partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 300 μ m) i forbindelse med vegtrafikk genereres fra slitasje av vegdekket, bildekk og bremses, forbrenningsprodukter (eksos), strøing, salting, slitasje på kjøretøy, misting av last osv.

Svevestøv er definert som den delen av støvet som kan holde seg svevende i lufta i lengre tidsrom, og er partikler med aerodynamisk diameter på 10 μ m (1 μ m = 1/1000mm) og mindre. Dette støvet er inhalerbart og kan komme inn i de nedre luftvegene, og betegnes ved uttrykket PM (particulate matter).

Svevestøv stammer fra forskjellige prosesser som mekanisk slitasje (mineral- og bergartspartikler), fyring (vedfyringspartikler), forbrenning av olje, diesel og bensin, og langtransportert svevestøv. Støvet består derfor av både organiske og uorganiske komponenter.

Det er hensiktsmessig å dele svevestøvet inn i to fraksjoner, nemlig en grovfraksjon og en finfraksjon. Grovfraksjonen består av partikler med aerodynamisk diameter mellom 10 μ m og 2,5 μ m, mens finfraksjonen er partikler mindre enn 2,5 μ m. Årsaken til denne inndelingen er at sammensetningen er forskjellig mellom disse fraksjonene. Grovfraksjonen består hovedsakelig av mekanisk genererte partikler som støv fra tilslagsmaterialene i vegdekket, mens finfraksjonen er respirabel og mer kompleks. Den er sammensatt av rundt 50% karbon (fra forbrenningsprosesser) og 50% salter (ammoniumsulfat og -nitrat).

Finfraksjonen betegnes som PM_{2,5}, og summen av grov- og finfraksjon betegnes som PM₁₀.

Det er fire parametere som avgjør helserisikoen knyttet til eksponering av støv, nemlig støvets sammensetning (kjemisk og mineralogisk), partikkelstørrelse, konsentrasjon og eksponeringsgrad. Også partikkelform er viktig i forbindelse med utvikling av lungeskade. Innhold av kvarts er tatt i betraktning når relativ giftighet til støv er vurdert.

Den relativt høye overflatespenningen til små partikler gjør at andre komponenter (som organiske forurensninger og andre skadelige stoffer eller gasser) kan feste seg til overflaten til partikkelen. Den spesifikke overflaten til partikkelen har da betydning for mengde adsorbert stoff.

I Norge er problemstillingen forbundet med helserisiko knyttet til svevestøv en annen enn for resten av Europa. På grunn av piggdekkbruk i vinterhalvåret vil svevestøvet inneholde hovedsakelig partikler fra grovfraksjonen, altså mineralstøv (70-80 % andel av mineralstøv om vinteren, mot bare 15-25 % om sommeren).

EU har nå vedtatt direktiver for kartleggings- og tiltaksgrenser for lokal luftforurensing gjeldende for EU/EØS-området. Disse grenseverdiene tar i hovedsak utgangspunkt i Verdens helseorganisasjons anbefalte retningslinjer, og vil gjennom EØS-avtalen også gjelde for Norge.

Regjeringen vedtok høsten 1998 nasjonale mål for luftkvalitet i byer og tettsteder. Målene skal oppnås innen 1.1.2005 (PM₁₀,SO₂) og 1.1.2010 (PM₁₀, NO₂,benzen), og implementeres i en revidert grenseverdiforskrift gjeldende fra 1.1.2005. Disse målene er stort sett i samsvar med EU-direktiver. Alle offentlige data og fremdriftsrapportering innen miljøarbeid, utviklingen i miljøtilstand og virkningsberegninger i nasjonale transportplaner skal legges opp etter de nasjonale målene.

Litteraturstudiet avdekker flere spørsmål knyttet til valg av dekketype, vedlikeholdstiltak, rengjøring, miljø og helse noe som det er viktig å arbeide videre med.

Litteraturstudie - Svevestøv

av
Trond Dreiem

3.2.2 Innledning

I Norge forekommer perioder med høye konsentrasjoner av svevestøv som synes å utgjøre et betydelig problem i noen byer. Dette problemet har blitt sterkt belyst av media og er i den senere tid blitt satt på dagsorden både i Norge og i utlandet. I denne sammenheng har det kommet nye retningslinjer fra EU som landene i Europa skal oppfylle innen 2005.

Når det gjelder svevestøvproblematikken her til lands er det per i dag primært et vinterproblem knyttet til piggdekkbruken. Dette kan vi se ut fra en langt høyere mineralandel i svevestøvet om vinteren enn om sommeren. Undersøkelser SINTEF Bergteknikk har foretatt i vegtunneler viser at mineralandelen i svevestøv kan utgjøre 70-80 % om vinteren, mot bare 15-25 % om sommeren (31).

I forbindelse med denne støvproblematikken er det startet et litteraturstudium som tar sikte på å fokusere på støv som genereres fra vegdekker. Spesielt med tanke på den største problemperioden hvor det kjøres med piggdekk. Litteraturstudiet er en del av forprosjektet til prosjektet "Miljøvennlige dekker" som er igangsatt av Statens vegvesen, og som ledes av Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim.

3.2.3 Bakgrunn

Støv slik vi kjenner det i dag blir delt inn i ulike fraksjoner, noe som er meget viktig siden forskjellige typer støv, avhengig av størrelsen og sammensetning, påvirker helsen vår på ulike vis. Dette har ført til en partikkelinndeling som brukes i dag. Denne inndelingen tar utgangspunkt i den aerodynamiske diameteren (den aerodynamiske diameteren er noe forskjellig fra den geometriske diameter og er den teoretiske diameter til en kuleformet partikkel med egenvekt 1 som ville falle like fort i luft som den virkelige partikkelen). Ulik egenvekt gir ulik aerodynamisk diameter på partikler som geometrisk sett er identiske (8)).

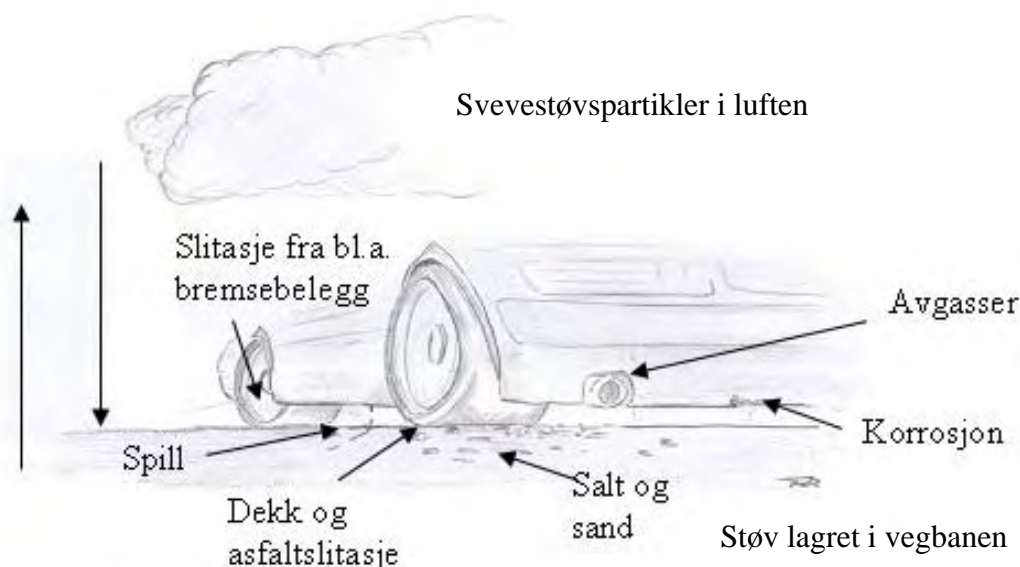
Partiklene deles inn i grovt -, fint -, og ultrafint støv som går under benevnelsene PM (Particulate Matter). PM_{10} er partikler med aerodynamisk diameter $< 10 \mu\text{m}$, grov fraksjon som er inhalerbar, bestående av partikler som er mekanisk generert og forbrenningspartikler, videre har vi $PM_{2,5}$ som er partikler med aerodynamisk diameter $< 2,5 \mu\text{m}$, og som er betegnet som en finfraksjon bestående hovedsakelig av forbrenningspartikler, ultrafine partikler går under benevnelsen PM_{UF} og består av partikler med aerodynamisk diameter $< 0,1 \mu\text{m}$ (8).

Mineralpartiklene som frigjøres fra vegdekkene vil kunne ha et potensial til å utløse uønskede helseeffekter blant befolkningen som blir eksponert. Selv om man ikke vet i hvilken størrelsesorden og i hvilken grad de enkelte partiklene påvirker helsen vår, vet man at både partikkelens størrelse og sammensetning har betydning for hvor effektiv de er til å fremkalle en betennelses reaksjon i luftveiene våre.

3.2.4 Utviklingstrekk rundt svevestøv

Vegtrafikk og fyring er de to kildene som står for den største andelen av luftforurensing i norske byer på vinterstid når problemet er størst. Vegtrafikken står for rundt 30 – 47 prosent av svevestøvet i Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer, mens vedfyring i 1997 stod for rundt 43 prosent av svevestøvet i Oslo (Statistisk sentralbyrå 2000). Selv om andelen svevestøv fra vegtrafikken og vedfyring er omtrent like store i Oslo, er utslippet fra vegtrafikken som i størst grad påvirker befolkningen. Dette skyldes at svevestøv fra vedfyring blir sluppet såpass høyt at spredningen blir bedre (31).

Problematikken omkring vegtrafikkforurensing er komplisert. Forurensing som svevestøv fra vegtrafikk kommer fra flere ulike kilder; forbrenning av drivstoff og fra slitasje av vegdekke, bildekk og bildeler. De ulike typer forurensing består av partikler, forskjellige gasser, tungmetaller, salt og organiske mikroforurensninger (39).



Partikler fra vegtrafikken. Kilde Gustafsson 2001(31)

Kilde	Mengdeangivelse
Vegdekke	Piggdekk: <10 gram/km
Dekk	Personbil: 0,006 – 0,36 gram/km Lastebil/buss: ca 1 gram/km
Brems	0,0032 – 0,0088 gram/km
Resuspensjon (oppvirvling av opplagret materialet)	0,13 – 6 gram/km
Avgasser	Personbil m/katalysator: 0,0014 – 0,0024 gram/km Personbil diesel: 0,279 gram/km Tunge kjøretøy (>16 tonn), diesel: 1,08 gram/km

Vi ser at slitasje fra vegdekke er klart den største kilden (31) og at i Norge slites det bort ca. 250 000 til 300 000 tonn asfaltstøv i året (39), og bruk av piggdekk står for 70 – 80 % av denne slitasjen.

Bruken av piggdekk startet på 60- tallet når bilen ble et dagligdags syn på våre veier. Samtidig ekspanderte legging av asfaltdekker i Norge (39).

Siden den gang har trafikkmengden økt betraktelig, og man så tidlig at bruken av piggdekk var en faktor som stod for en stor del av slitasjen på vegnettet. Utviklingen innen nye slitasjesterke dekker, pigger og dekk, samt reguleringer og restriksjoner på piggdekk har redusert slitasjen betraktelig de senere årene (39).

Den spesifikke piggdekkslitasjen ligger på om lag 10 gram pr. km. asfalt for en personbil med piggdekk på alle fire hjul, men vil variere mye avhengig av flere ulike faktorer:

Støvproduksjon avhengig av:

- Piggtype (metall/plast/vekt)
- Trafikkmengde (ÅDT)
- Gateutforming
- Gaterengjøring
- Kjøretøytype
- Kjørehastighet
- Vær, føreforhold og vedlikeholdstiltak
- Vegdekke kvalitet
- Type tilslagsmateriale

Piggtype: Som tidligere nevnt er det kommet flere restriksjoner og tiltak for å senke slitasjen på asfaltdekkene på bakgrunn av piggdekkbruk. Disse tiltakene og restriksjonene har siktet seg inn på å kunne begrense tidsrommet piggene ble brukt i samt vekt av selve piggene, i 1992 ble de siste forskriftene for maksimal vekt på pigger i vinterdekk innført. Dette ga følgende endringer (39):

- personbil: overgang fra 1,8 g til 1,1 g
- lastebil: overgang fra 8,0 g til 3,0 g

Et spørsmål som må stilles når det gjelder overgang til mindre pigger er hvorvidt disse piggene på grunn av sin størrelse genererer mindre partikler enn sine forgjengere. I et helseperspektiv vil dette gi en negativ effekt på grunn av størrelsen av partikkelen og dens evne til å trenge lengre ned i luftveiene.

De senere årene har det blitt ønsket å redusere bruken av piggdekk i de større byene, og heller få bilister til å gå over til bruk av piggfrie dekk. Begrensninger/forbud mot bruk av piggdekk i enkelte byer ble forslått i 1996. Et av virkemidlene for å få en ønsket overgang er bruk av piggdekkavgift innenfor byene. Målet ved en slik avgift er å få andelen piggdekk i bytrafikken ned på et nivå på rundt 20 %.

Restprodukter ved bruk av piggfrie dekk er også et ubesvart spørsmål i helsesammenheng. Man vet per dags dato for lite om hvilke partikler som blir generert ved slitasje fra ulike typer dekk.

Trafikkmengde(ÅDT): Slitasje på vegnettet er tilnærmet proporsjonal med ÅDT under ellers like vilkår (39).

Gateutforming:

- *Kurvatur:* Slitasje er større ved kjøring i kurve enn ved kjøring på rett strekning. Ved tyske undersøkelser er det funnet at slitasje øker med om lag 10 % ved kjøring

- i kurve. En svensk undersøkelse antyder at slitasje er om lag omvendt proporsjonal med kurveradien (38).
- **Stigning – Helning:** Helning og stigning er i tillegg til kryss etc. avgjørende for faktorer som bremsing og akslerasjon. Disse faktorene har stor innflytelse på slitasjen (38).

Gaterengjøring: Feiing av gater kan ha stor effekt for konsentrasjonene av PM_{10} , men har dessverre en ganske kort effekt, og burde kombineres ved andre tiltak som salting som binder støvet (27). Videre får man bare tatt støvet som har lagt seg på vegbanen I områder med mye trafikk vil støvet konstant virvles opp og holdes svevende.

Kjøretøytype: Tungtrafikken gir en betydelig større vegdekkslitasje enn personbiler. Her foreligger imidlertid svært begrensede data. Verdier på 5 ganger slitasjen for et lett kjøretøy er nevnt (38). For tilføring av $PM_{2,5}$ til svevestøvet fra avgasser ligger tungtrafikken betydelig høyere enn personbiltrafikken.

Det er også sannsynlig at oppvirvling av støv øker proporsjonalt med kjøretøyets luftmotstand. Store lastebilers luftmotstand er 10 til 20 ganger større enn personbiler.

Kjørehastighet: Høyere trafikkhastighet gir større vegdekkslitasje. Slitasjen på en veg med trafikkhastighet på 90 km/t vil for eksempel være 20 % større enn ved 75 km/t. Ved hastigheten 50 km/t vil slitasjen være 20 % mindre enn ved 75 km/t. Svenske forsøk ved VTI har vist 86 % større slitasje ved økt hastighet fra 60 til 85 km/t. Tilsvarende var økningen 44 % med lette pigger (39).

Man vil også få ulike sliteeffekter ved bruk av piggdekk avhengig av hastighet, i lave hastigheter vil man få en malende effekt, mens man i høye hastigheter vil få en knusende effekt på dekke.

Vær, føreforhold og vedlikeholdstiltak: Været vil spille en betydelig rolle i hvordan dekket slites, kalde tørre dager hvor det kjøres med piggdekk på bar veg vil føre til at bindemiddelet i vegdekket bli stivere og mister dermed sin fjærende egenskap. Dette medfører at steinmaterialet blir lettere slått i stykker og revet bort og tilsvarende økt slitasje (39). En fuktig vegbane vil også slites kraftigere enn en tørr vegbane, ca 2 til 6 ganger mer (39), dette fører til dilemma ved bruk av salt som støvdemper, salt binder fukten til vegbanen og øker slitasjen, dette fører videre til en lagring av støv i vegbanen. En annen negativ effekt av fuktig vegbane er friksjons - egenskapene på dekke, disse kan synke dramatisk ved fukt på veg.

Vegdekke kvalitet: Dekkekvaliteten har de siste 20 til 30 årene bedret seg betraktelig, dette grunnes både utviklingen av nye dekketyper med større andel grovt steinmaterialet og gradvis strengere krav til steinmaterialet i dekkene.

Type tilslagsmateriale: Type tilslagsmateriale vil variere mye fra sted til sted, ettersom produsenten som regel henter sine råstoffer fra lokale forekomster. I tillegg til dette vil bergartskvaliteten med hensyn til hardhet, fliselighet, struktur, tekstur osv. være av avgjørende betydning for hvilke slitasjeprodukter som oppstår, og i hvilke mengder.

3.2.5 Krav til støvutslipp

EU har nå vedtatt direktiver for kartleggings- og tiltaksgrenser for lokal luftforurensing gjeldende for EU/EØS- området. Disse grenseverdiene tar i hovedsak utgangspunkt i Verdens helseorganisasjons anbefalte retningslinjer, og vil gjennom EØS-avtalen også gjelde for Norge.

Regjeringen fastsatte i 1997 verdier for kartleggings- og tiltaksgrenser med hensyn på luftforurensinger gjennom *Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensing og støy* (Miljøverndepartementet, 1997). Overskridelser av kartleggingsgrenser her medfører krav om utredning av tiltak for å bringe luftforurensingsnivået under grenseverdiene. Overskridelser av tiltaksgrensene skal i følge forskriften følges opp av tiltak for å redusere forurensingsnivået.

I denne rapporten er det de nye retningslinjene for PM₁₀ som er av størst interesse i forhold til miljøvennlige dekker. Det er derfor bare hentet utdrag av svevestøvkriterier i tabellene som følger.

Regjeringen vedtok høsten 1998 nasjonale mål for luftkvalitet i byer og tettsteder. Målene skal oppnås innen 1.1.2005 (PM₁₀,SO₂) og 1.1.2010 (PM₁₀, NO₂,benzen), og implementeres i en revidert grenseverdiforskrift gjeldende fra 1.1.2005. Disse målene er stort sett i samsvar med EU-direktiver. Alle offentlige data og fremdriftsrapportering innen miljøarbeid, utviklingen i miljøtilstand og virkningsberegninger i nasjonale transportplaner skal legges opp etter de nasjonale målene.

Gjeldene krav for luftforurensing ved svevestøv er vedtatt ved kongelig resolusjon 4. oktober med hjemmel i lov av 13. mars 1981 nr. 6 om vern mot forurensinger og om avfall (Forurensingsloven).

§ 6. Grenseverdier for tiltak

Forurensingskonsentrasjonen i utendørs luft skal fra og med de fastsatte fristene ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger (55):

Svevestøv PM ₁₀	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien	Dato for oppnåelse av grenseverdi
1. Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 døgn (fast)	50 µg/m ³ PM ₁₀	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 35 ganger pr. år	1. januar 2005
2. Årsgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	Kalenderår	40 µg/m ³ PM ₁₀		1. januar 2005

Bestemmelsen stiller krav til hvordan luftkvaliteten skal være og retter seg mot alle lokale, menneskeskapte kilder til de stoffene som omfattes, for eksempel også ved vedfyring som ikke var omfattet av forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensing og støy. Det er satt grenseverdier som skal overholdes i ulike tidsperioder (midlingstider) og med oppfyllestidspunkt. Grenseverdiene tillates overskredet et visst antall ganger (55).

De grenseverdiene som er fastsatt i forskriften, tilsvarer EUs minstekrav. I tillegg til grenseverdiene for PM₁₀ i 2005, har EU fastsatt en veiledende grenseverdi for PM₁₀ med

oppfyllelsesfrist 1. januar 2010 på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med 7 tillatte overskridelser. Denne grenseverdien er foreløpig ikke bindende, men det må påregnes at det senere vil bli fastsatt en bindende grenseverdi for PM_{10} også for 2010 (55).

§ 7. Krav til måling og beregning av luftkvaliteten

Luftkvaliteten skal måles og/eller beregnes iht. helsebaserte vurderingsterskler.

Helsebasert vurderingsterskel.(utdrag, (55))

Forurensingskomponent	Øvre vurderingsterskel	Nedre vurderingsterskel
Svevestøv (PM_{10})	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (døgnmiddel) som ikke må overskrides mer enn 7 ganger pr. kalenderår $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (årsmiddel)	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (døgnmiddel) som ikke må overskrides mer enn 7 ganger pr. kalenderår $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (årsmiddel)

Bestemmelsen angir hvilke tilfeller det skal foretas målinger og hvordan disse eventuelt skal gjennomføres. Overskridelser av øvre og nedre vurderingsterskel bestemmes på basis av foreliggende konsentrasjonsmålinger fra de fem forutgående årene (55).

EU har i tillegg fastsatt at det for større byområder skal måles $\text{PM}_{2,5}$. Der det er mulig skal målestasjonene plasseres på samme sted som prøvetakingspunktene for PM_{10} (55).

Det vil bli gitt nærmere veiledning om hvordan målestasjonene skal plasseres, men etableringen av målestasjoner vil i mange tilfeller kreve stor grad av skjønn. For å sikre et mest mulig enhetlig overvåkingssystem som grunnlag for Norges rapportering til ESA (EFTA Surveillance Authority), er Statens forurensingstilsyn gitt hjemmel til å stille krav til hvor mange målestasjoner det skal finnes i en sone og hvor disse skal plasseres (55).

§ 8. Krav om tiltaksutredning

Viser målinger iht. § 7 ”Krav til måling og beregning av luftkvaliteten” i en sone eller i et større byområde fare for overskridelse av en eller flere av grenseverdiene i § 6 ”Grenseverdier for tiltak” flere enn det tillatte antall ganger, skal det foretas en tiltaksutredning som redegjør for nødvendige tiltak for å tilfredsstille denne forskriftens krav. Fare for overskridelse foreligger når toleransmarginen i det angitte år i nedstående tabell overskrides (55):

PM_{10}	Døgnmiddel	Årsmiddel
Døgnmiddelet må ikke overskrides mer enn 35 ganger pr. kalenderår	$65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2002)	$44,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2002)
	$60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2003)	$43,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2003)
	$55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2004)	$41,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2004)
	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2005)	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2005)

Skandinavia kontra sentral Europa.

Som vi kan se ut fra de nye kravene fremstilt av EU fokuseres det på PM_{10} , mens det ikke er viet oppmerksomhet til $\text{PM}_{2,5}$. Noe av bakgrunnen for dette er at ofte blir $\text{PM}_{2,5}$ tatt med i PM_{10} i og med at det regnes som alt $< \text{PM}_{10}$. Dette utgjør en vesentlig faktor for land som kjører med piggdekk hvis de skal holde seg innenfor kravene. Kravene baserer seg på vekten av den samlede mengde partikler pr. kubikk, og piggdekk generer for det meste partikler opp mot PM_{10} , disse partiklene veier mer enn $\text{PM}_{2,5}$ som hovedsakelig står for den største andelen av svevestøvet i sentrale deler i Europa. Dette medfører at land med piggdekk opparbeider seg raskere den vekten av partikler som er satt som grenseverdi i henhold til regelverket.

Målinger utført i Trondheim vinteren 2002 - 2003

For å sette de nye kravene i et bedre perspektiv er det lettere å se hvilke utfordringer vi står overfor her i Norge hvis vi ser på hvilke målinger som er gjort i Trondheim nå nylig.

Dette er målinger utført på tre ulike steder i byen der det er utført målinger av PM₁₀ konsentrasjonen gjennom vinterhalvåret.

Målinger utført i Midtbyen

Konsentrasjon av PM ₁₀	Dager
> 50 µg/m ³	63
> 65 µg/m ³	31
> 100 µg/m ³	8

Målinger utført i Elgeseter gt.

Konsentrasjon av PM ₁₀	Dager
> 50 µg/m ³	51
> 65 µg/m ³	36
> 100 µg/m ³	15

Målinger utført på Rosendal

Konsentrasjon av PM ₁₀	Dager
> 50 µg/m ³	16
> 65 µg/m ³	6
> 100 µg/m ³	1

(Disse tallene er hentet ut fra en rapport som ikke er ferdigstilt, og det er ikke tatt hensyn til meteorologiske data fra denne sesongen.)

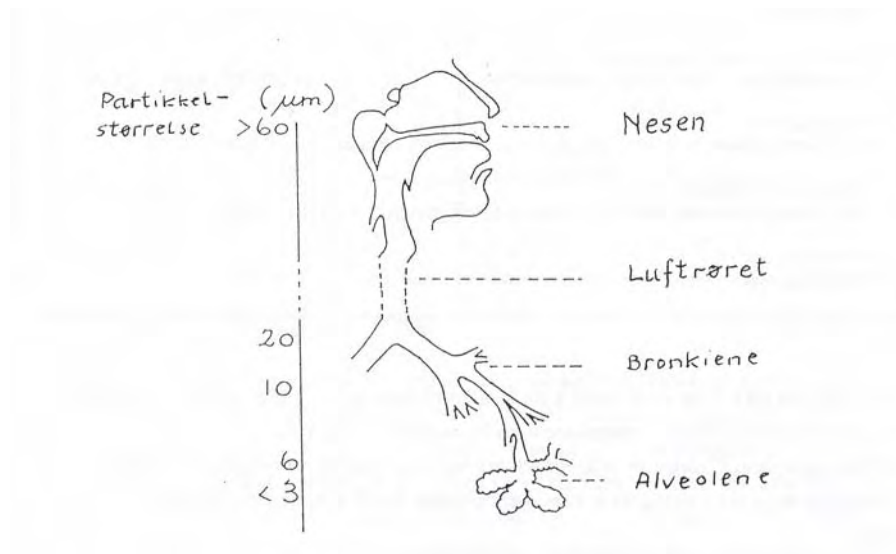
Som vi kan se ut fra tabellene over ligger vi innenfor med dagens kriterier ved Rosendal og Midtbyen, mens i Elgeseter gata ligger vi over anbefalt verdi gitt i toleransmarginen § 8 ”Krav om tiltaksutredning”, som for 2003 ligger på 60 µg/m³ og ikke skal overskrides mer enn 35 dager i løpet av et år. Målinger utført ved Rosendal er de eneste som klare kravene som stilles i 2005.

3.2.6 Helseeffekten av svevestøv

Som tidligere nevnt består svevestøv av ulike partikler som finnes i alle mulige former, størrelser med forskjellig masse, overflate og kjemiske egenskaper. Forskningsresultater tyder på at enkelte mineralpartikler som frigjøres ved piggdekkslitasje har et potensial til å utløse uønskede helseeffekter. Den potensielle risikoen ved inhalering av støv henger sammen med flere forhold (7):

- Mengden støv man utsettes for, og hvor mye av dette som holdes tilbake i luftveiene / lungene
- Varigheten av støveksposeringen
- Støvets sammensetning og øvrige spesifikke egenskaper
- Den enkeltes følsomhet for den aktuelle eksponeringen

Alle typer støv vil når det bare inhaleres i store nok mengder, og over tilstrekkelig lang tid kunne føre til skader i luftveiene (6). Når det her snakkes om hvilke mengder støv som holdes tilbake i lungene, er dette ofte en faktor som avhenger av partikkelstørrelse og form, de groveste fraksjonene stanser ofte i den øverste delen av luftveissystemet og renses relativt fort ut, mens med mindre partikler må man medregne en lengre lagringstid(se fig.).



Varigheten av støveksposering er en ofte utløsende faktor til sykdom hos mennesker, det er lenge vært kjent at personer spesielt utsatt for støv, ofte gjennom arbeidsmiljøet, bergindustri og tunneldrift, har hatt problemer med luftveissykdommer. Dette kalles Pneumokoniose og er en fellesbetegnelse for å beskrive en yrkesmessig lungeskade på grunn av akkumulering av støv i lungevevet (6). I den senere tid har mennesker bosatt i spesielt utsatte områder blitt eksponert for betydelige mengder svevestøv knyttet til trafikkforurensing og piggdekkslitasje av vegbanen (6). 90 % av slitasjen skjer på 10 % av vegnettet hvor det er høytrafikkerte områder (53). Dette er særlig et problem i tettbygde områder, hvor svevestøvsmengden på tørre, kalde perioder om vinteren kan bli relativt høy (6) og eksponeringen stor.

Svevestøv som produseres fra vegdekke og dens påvirkning av helsemessig effekt er enda ikke fullstendig kartlagt. Det er i midlertidig igangsatt prosjekter som har til mål å karakterisere partikler fra ulike steintyper som blir brukt i vegdekker i Norge og undersøke deres evne til å indusere betennelsesreaksjoner i lungene. Resultatene viser 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 lungene. Dette kan tyde på at valg av steintype til vegdekke kan ha betydning for eventuelle helseskader utløst av svevestøv som produseres ved bruk av piggdekk.

Giftighet for støv

Mineraltype	Relativ giftighet
Kvarts	1,0
Asbest	0,7
Feltspat, hornblende, kloritt, amorf Kvarts, glimmer og en del andre silikater	Kvartsinnhold > 25 % = 0,7 Kvartsinnhold 6-25 % = 0,5 Kvartsinnhold 1– 6 % = 0,3 Kvartsinnhold 0 % = 0,2
Leirmineraler	0,2
Malm- og karbonatgruppen: Svovelkis, bly, sink- og koppermalm	0,1
Kullgruppen: Kull, koks, grafitt	0,01
Jernoksydgruppen: Jernoksyd, hematitt osv	0,01
Alkaliegruppen: Kalkspat, gips	0

Tabell utformet av Silikoseforskningsinstituttet i Bochum, tar for seg relative verdier for giftighet av ulike typer støv.

Folkehelse og SFT har utarbeidet anbefalte kriterier for luftkvalitet (revidert med hensyn på svevestøv, PM₁₀ og PM_{2,5} i 1998), satt på basis av at eksponeringsnivåene må være 2-5 ganger høyere enn kriteriene før det med sikkerhet kan konstateres helseeffekter. Overskridelser kan derfor ikke entydig tolkes helseskadelige. Helseskader kan dog heller ikke utelukkes hos spesielt sårbare personer ved luftforurensningsnivåer under de anbefalte kriterier. Det må understrekes at SFT sine luftkvalitetskriterier ikke er juridisk bindende. (se tab. neste side)

SFT-kriterier og EU grenseverdier for luftkvalitet (µg/m³ luft)

Stoff	Midlingstid	SFT Luftkriterier	EU
PM ₁₀	1 døgn	35	50 ²⁾ (35 pr. år) 50 ¹⁾ (7 pr. år)
PM ₁₀	1 år		40 ²⁾ 20 ¹⁾
PM _{2,5}	1 døgn	20	

Svevestøv:

- 1) Skal overholdes innen 1.1.2010
- 2) Skal overholdes innen 1.1.2005

Tabell utformet av Bedre byluft etter en vurdering anbefalt av Folkehelseinstituttet er følgende forurensningsnivåer inndelt (55):

Forurensningsnivå for PM10	Døgnmiddel	Timemiddel
Svært mye forurensning	Over 100	Over 200
Mye forurensning	50 – 100	100 – 200
Noe forurensning	35 – 50	50 – 100
Lite forurensning	Under 35	Under 50
Forurensningsnivå for PM2,5	Døgnmiddel	Timemiddel
Svært mye forurensning	Over 60	Over 100
Mye forurensning	35 – 60	50 – 100
Noe forurensning	20 – 35	25 – 45
Lite forurensning	Under 20	Under 25

Beskrivelse av inndelinger på forurensningsnivå

Betegnelse	Tekst
Lite forurenset	Liten eller ingen helseisiko
Noe forurenset	Helseeffekter kan forekomme hos astmatikere ved opphold ved sterkt trafikkerte gater, spesielt i forbindelse med økt fysisk aktivitet
Mye forurenset	Astmatikere og personer med alvorlige hjerte- eller luftveislidelser bør unngå lengre opphold utendørs i mye forurensede områder
Svært forurenset	Astmatikere og personer med alvorlige hjerte- og luftveislidelser bør ikke oppholde seg utendørs i svært forurensede områder. Små barn bør unngå lengre opphold utendørs i svært forurensede områder. Forbigående slimhinneirritasjon og ubehag kan forekomme hos friske personer

3.2.7 Miljøpåvirkning

Generelt

Flere sider ved trafikkforurensingene har man begrenset kunnskap om. Spesielt gjelder dette virkningene i de vegnære økosystemene. Det finnes relativt mye informasjon som gir en kjemisk karakterisering av for eksempel avrenningsvann fra veg. Hvordan forurensingstilførselen varierer gjennom året, hvordan de sprer seg i resipientene og hvilke miljøvirkninger dette gir, har man begrenset oversikt over. En kjenner til de vanligste forurensingskomponentene ut fra kjemiske målinger for eksempel i jordsmonn og snø langs vegene og fra analyser av vegstøv og eksos. Det er imidlertid mindre eksakt dokumentasjon på hvilke kilder som gir hvilke forurensinger og i hvilke mengder. Det er videre klar at det foregår en opphopning av forurensinger langs vegene. Det er mindre klart hvor stor akkumuleringsraten er ved ulike typer veger, trafikkmengde og naturforhold, og derved hvor raskt det bygges opp ”depoter” av forurensinger i resipienter (13).

Vegstøv

Ved vegslitasje, forbrenning av fossilt brensel og ved slitasje på kjøretøy og dekk blir det dannet vegstøv som blir liggende på vegbanen eller i vegens umiddelbare nærhet.. Støv og slam blir ofte liggende i vegkanten. Vegstøv er forskjellig fra jord, både i kjemisk sammensetning, struktur og fysisk utforming. Vegstøv har mye finstoffpartikler, høy pH, lav næringsstatus, lavt innhold av organisk materialet og normalt forhøyede verdier av tungmetaller. Vegstøvet er påvirket av tilslagsmaterialet i asfalten, men har ellers liten variasjon i kjemisk og fysisk karakter (13).

Partikler i avrenningsvann fra veg vil være en blanding av vegstøv fra vegbanen og jordpartikler fra veggrøfta. Det finnes rensemetoder for avrenningsvann som gir gode renseeffekter. Renseeffekten i avrenningsvann vil imidlertid variere med sammensetningen av stoffer i støvet (13).

Vegsalting

Vegsalt brukes hovedsaklig til to formål i sammenheng med veg. Dette gjelder da bruk av salt til avising av vegbanene, og støvbinding ved høy konsentrasjon av støv. Det er sannsynlig at mesteparten av saltet som blir brukt på vegene våre finner vegen til bekker og videre til elver, vann og grunnvann. Saltet som tilføres vegbanen spres til omgivelsene dels som sprut og avdrift og dels med overvannet. Saltet løses fullstendig i vann og transporteres til jord langs vegen, til grunnvann og vassdrag. De naturlige avrenningsforholdene på stedet (geografi, topografi, klima) samt vegens utforming (overvanns- og drens-system), er bestemmende for spredningen av vegsaltet i naturmiljøet (13).

I områder med finkornige løsmasser vil en stor del av avrenningen fra vegen legges via åpne grøfter eller lukkede avløp til vassdrag. Tilførsel av vegsalt til vassdrag kan ha uheldige effekter i forhold til de naturverdier og brukerinteresser som er knyttet den enkelte vannforekomst (13).

I områder med grovkornige løsmasser (sand og grus) vil mesteparten av overvannet fra vegen infiltrerer i grunnen ned til grunnvannet. Forhøyet saltinnhold i grunnvann kan ha konsekvenser for utnyttelse av grunnvann til vannforsyning. I blant annet svenske, finske og amerikanske undersøkelser er det påvist betenkelige høye saltkonsentrasjoner i grunnvann (13).

3.2.8 Tiltak mot svevestøv

Saltløsning som støvdempende tiltak

Saltløsning (magnesiumkloridløsning) har vært brukt som et støvdempende tiltak i flere byer der svevestøv i perioder har vært et problem. Saltet har den egenskapen at det binder støvet og dermed senker graden av oppvirvling av støv i vegbanen.

Problemet med salt har vært et omdiskutert problem i media og i befolkningen generelt, ofte i den grad at det blir sett på som en årsak til skader på kjøretøyer gjennom korrosjon, og tilgrising av kjøretøylene, med den konsekvens at sikten blir dårligere, samt skade på miljøet.

Flere negative sider ved bruk av salt er at det binder fukt. Som tidligere nevnt medfører økt fukt på vegbanen slitasje av vegdekke med 2 til 6 ganger (39), dette fører videre til en større generering av svevestøv som blir lagret i vegbanen. En økning av fuktkonsentrasjonen i vegbanene vil også senke friksjonsegenskapene til vegdekke, og dermed være en faktor som minsker trafikksikkerheten.

Man mener også at bruk av salt har en ganske kortsiktig effekt, og spredning av saltløsning har ingen effekt på partikler som allerede er i lufta, men det kan tenkes at de binder partiklene til bakken og på den måten reduserer de målte verdiene på sikt (28). En tanke er å finne en metode for binding av partikler i lufta, kanskje ved bruk av fukt, dette kombinert med rengjøring kort tid i etterkant.

Piggfrie dekk

Bruk av piggfrie dekk i Norge har skutt fart de siste årene, da med spesiell tanke på bruk av denne type dekk i de store byene. Målet ved å få ned piggdekk andelen har hatt sin bakgrunn i å få ned konsentrasjonen av svevestøv.

Det har lenge vært kjent at piggdekk har ført til stor slitasje på vegdekket og trafikkoppmerking, danner store mengder støv i luften og på bakken, gir økt støy, og noe lavere veggrep på bar asfalt enn piggfrie vinterdekk (57).

De negative sidene ved bruk av piggfrie vinterdekk har stort sett fokusert på friksjonsegenskapene ved bruk av disse dekkene på vanskelig føre(is med vannfilm). Det er ikke et mål i seg selv å kunne få en overgang til 100 % bruk av piggfridekk, siden disse dekkene har en tendens til å polere overflaten og forverre føreforholdene. Det er derfor et mål å kunne få en piggfri andel på 80 % i de store byene.

Gaterengjøring

Ved gaterengjøring menes her oppsamling av generert støv ved bruk av feiebil, i form av feie-sugebil som spyler vegbanen. Disse bilene har vist seg å ha en god effekt på senkingen av PM_{10} , men dessverre viser effekten seg ganske kortvarig.

En konsekvens av rengjøring som ikke er tydelig nok belyst er forstyrrelsen i koaguleringsprosessen av partikler ved gaterengjøring. Med dette menes det at små partikler går sammen eller setter seg på de større partiklene, noe som på fagspråket kalles koagulering. Det er derfor en høy grad av dynamikk i partikkeldanningen og størrelsesfordelingen av partikler. Koaguleringsprosessen gjør at partiklene kan få en meget kompleks sammensetning.

I Tyskland har siden 1990 konsentrasjonen av fine partikler gått ned ($PM_{2,5}$), ultrafine partikler viser liten endring, mens de aller minste ultrafine partiklene (nanopartikler) har økt. En årsak til disse forholdene kan være at små partikler i koaguleringsprosessen setter seg på de større, som da på en måte kan sies å rense luften for mindre partikler. Fjernes de større partiklene, kan det føre til større gjenværende mengde av de minste partiklene. Dette er også grunnlaget for hypotesen om at fjerning av piggdekkstøvet (PM_{10}), gjør at den gjenværende partikkelforurensingen (ultrafine og fine partikler) kan bli verre, selv om vektmengden av partikler reduseres (8).

3.2.9 Pågående prosjekter

Prosjekt	Organisasjon	Mål
Støv fra asfaltdekker i Trondheim	NGU	<ul style="list-style-type: none"> - Ta kjerneprøver fra asfaltdekker og støvprøver ved vegen. Se da om disse har samme sammensetning. - Dette for å se hvor stor andel av støvet stammer fra vegbanen.
Bruk av MgCl ₂	Trondheim Kommune	<ul style="list-style-type: none"> - Bruk av MgCl₂ til støvdemping. - Effekten av denne type salt og konsekvenser i forhold bruk av NaCl
Sammenligning av målemetoder	NILU	<ul style="list-style-type: none"> - Test av ulike måleinstrument - Tilpassing av ulike instrument etter ulike behov
Vegdekker og helse	Vegdirektoratet	<ul style="list-style-type: none"> - Mineralogi og fraksjonsgraderig vurdert opp mot helse
Helseeffekt av svevestøv (PM ₁₀ og PM _{2,5})	EU-prosjekt (m/Oslo)	Effekt av svevestøv på betennelse og allergi

3.2.10 Spørsmål

I dette litteraturstudiet er målet å få en liten oversikt over hvilke områder rundt svevestøv som er besvart. Mens gjennom et hovedprosjekt vil man prøve å finne svar på de spørsmål som gjenstår etter et slikt litteraturstudium.

Spørsmål som har blitt stilt gjennom dette litteraturstudie, og kanskje gir grunnlag for flere spørsmål er:

Helse

Helseeffekten av støv generert av ulike sammensetninger, her med tanke på mineralogi, morfologi (overflate) og størrelse er enda ikke kartlagt fullstendig. Vegdirektoratets prosjekter om vegdekker og helse vil kunne gi oss en bedre oversikt over dette problemområdet. Videre arbeid innenfor dette feltet må bli vurdert ut ifra hvilke svar denne rapporten gir.

Restprodukter ved bruk av piggfrie dekk er også et ubesvart spørsmål i helsesammenheng. Man vet per dags dato for lite om hvilke partikler som blir generert ved slitasje fra ulike typer dekk, og hvilke helsemessige konsekvenser disse partiklene har for oss.

Et spørsmål som må stilles når det gjelder overgang til mindre pigger er hvorvidt disse piggene på grunn av sin vekt genererer mindre partikler enn sine forgjengere.

Krav

I Norge inneholder en stor del av svevestøvet vårt mineralsk støv. Dette er en grov fraksjon som hovedsakelig består av partikler mellom PM_{10} og $PM_{2,5}$, som er generert fra bruken av piggdekk. Mens i sentral Europa består innholdet i svevestøv for det meste av avgasspartikler, disse partiklene er i hovedsak $PM_{2,5}$. Det må da stilles spørsmål om hvorvidt de nye kravene til svevestøv er relevante i forhold til spesielle områder der det brukes mye piggdekk. EU har satt en grense for innhold av PM_{10} i luften, men har da inkludert $PM_{2,5}$ i de nye kravene. Avgasspartiklene er mye lettere enn de mineralske partiklene og det må derfor en større mengde til for å nå grenseverdien som er satt. $PM_{2,5}$ har dessuten en større helsemessig effekt enn PM_{10} siden den trenger dypere ned i luftveiene våre. Spørsmålet da er om ikke en ny inndeling av kravspesifikasjoner burde ha vært utarbeidet, der man skilte mellom grov- og finfraksjon på støvet.

Rengjøring

Ut fra rapporter utført i Tyskland og Norge vet vi for lite om renhold ved fjerning av PM_{10} . Det kan vise seg at man får en negativ effekt ved fjerning av grove fraksjoner i støvet. Dette har bakgrunn i at mindre partikler med stor overflatespenning har en tendens til å feste seg på større partikler. Ved fjerning av de grove partiklene har det vist seg en oppblomstring av de aller minste fraksjonene som har en meget negativ helseeffekt.

Videre arbeid**Dekker**

Forsøk er gjort i laboratorier der man har funnet frem til mye sterkere dekketyper som inneholder bindemiddel med polymertilsetning. Dette er et høyt aktuelt tema som vi kanskje burde se nærmere på i forbindelse med svevestøv fra vegdekker.

Miljø

Det bør gjennomføres studier som kan karakterisere vegstøv og avrenningsvann med hensyn til forurensingsgrad og eventuelle effekter i resipient. Det er også avgjørende å studere de prosessene som skjer under en avrenningsepisode, fordi en kortvarig ekstremepisode (for eksempel kraftig snøsmelting) kan være avgjørende for livet i et vassdrag, selv om den totale belastningen over en viss tid er innenfor akseptabelt nivå.

Helse

Et ubesvart spørsmål som ikke viser seg å være sterkt nok belyst ligger i restproduktene til dekk. Man vet ikke i hvilken grad partikler fra dekk skader helsen vår. Partikler fra dekk består i hovedsak av ulike gummisorter, men det inngår ofte en mengde ulike kjemiske substanser som anvendes ved dekkfremstillingen. Dekk er også til den største kilden til sink i vegmiljøet (48).

3.2.11 Litteraturliste**Helse- og miljø effekter av svevestøv**

1. Hetland R. B., 2002: *Studies on 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*. Doktorgradsavhandling skrevet ved Universitetet i Oslo.

2. Berthelsen B. O., Holme J., Oftedal B. 2002: *Akutte sykehusinnleggelseser for lungesykdom og hjerte - / karsykdommer i relasjon til daglige nivåer av luftforurensinger i Trondheim i perioden 1993 – 2001*. Prosjekt ledet av Miljøavdelingen, Trondheim kommune med deltakelse fra Arbeidsmedisinsk avdeling ved St. Olavs hospital i Trondheim og divisjon epidemiologi ved Nasjonalt folkehelseinstitutt i Oslo. Finansiert av Bedre bylufts FoU midler. Prosjektet eid og styrt av Vegdirektoratet. 27 sider.
3. Vrang M.- L., Hertel O., Palmgren F., Wåhlin P., Raaschou - Nielsen O., Loft S. H. 2002: *Helbredseffekter af trafikgenererede ultrafine partikler*. Oversiktsartikkel fra Ugeskrift for læger utgitt av Den Almindelige Danske Lægeforening.
4. Vrang M.- L., Hertel O., Palmgren F., Wåhlin P., Raaschou - Nielsen O., Loft S. H., Jensen S. S., Berkowicz R. 2002: *Helbredseffekter af partikulær luftforurening i Danmark – et forsøg på kvantifisering*. Oversiktsartikkel fra Ugeskrift for læger utgitt av Den Almindelige Danske Lægeforening.
5. Larsen S., Sanner T., Dybing E., Jørgensen T., Johansen J. 1988: *Støv fra asfaltveger. Vurdering av helsefare*. Todelt sammendragsrapport fra Veglaboratoriet. 21 sider og 157 sider.
6. Myran T. 2000: *Mineralogi, helse og miljø. Er vi i ferd med å forby naturen?* Konferanse i mineralteknikk, Luleå 7-8 februar. 9 sider.
7. Myran T. 1997: *Mineralstøv i fokus*. Artikkel.
8. Ormstad H., Løvik M. 2002: *Luftforurensing, astma, og allergi- betydningen av ulike partikler*. Artikkel fra Tidsskrift for norske lægeforening nr.18.
9. Andersen E., Bertelsen D. 1991: *Pollutional aspects of road maintenance in winter cities*. Litteraturstudie utarbeidet av SINTEF. 8 sider.
10. Folkesson L. 1992: *Miljö- och hälsoeffekter av dubbdäcksanvändning*. Litteraturstudie utarbeidet av VTI for det svenske Vägverket.
11. Jørgensen T. 1992: *Vurdering av helsefare ved asfaltstøv*. Publikasjon 64 fra Veglaboratoriet. 12 sider.
12. Bækken T., Jørgensen T. 1994: *Vannforurensing fra veg – langtidseffekter*. Publikasjon nr.73 fra Veglaboratoriet, Vegdirektoratet. 52 sider.
13. NIVA, Geofuturum, Hjellnes Cowi, Forskningsparken i Ås, Institutt for plantefag, Institutt for jord- og vannfag, Jordforsk, Geocare og Vegdirektoratet v/Miljøkontoret. 1997: *Vegavrenning, aktuell miljøforskning*.

Målemetoder for svevestøv

14. Hedalen T., 1995: *Using Optical Visibility Meters in Road Tunnels – Experience from the Være Tunnel*. SINTEF rapport utarbeidet for Teck Instruments. Rapportnummer STF36 F95028. 25 sider.

15. Drangsholt F., 1999: *Efficiency tests of the dust cleaning system in the Chinbu tunnel –South Korea*. Rapport utarbeidet av Høgskolen i Sør – Trøndelag for CTA International ASA. 20 sider.
16. Instebo A., Eitrheim K. 1997: *Måling og varsling av luftkvalitet i Bergen*. Samarbeidsprosjekt mellom Bergen kommune, Statens vegvesen Hordaland, NILU og DNMI. Presentasjon på "Miljødagene '97". 12 sider.

Svevestøv i by

17. Værnes, E., 2003: *Måling av svevestøvkonsentrasjoner (PM₁₀) på forsøksfelt med aktiv asfalt i Innherredsveien i Trondheim i perioden 18. til 24. februar 2003*. Rapport utført av SINTEF for Statens vegvesen. Rapport nummer: STF22 A03314. 19 sider.
18. Henjesand G., Olsen G. I., Moksnes Y., 1997: *Status for luftovervåkning i Statens vegvesen og diverse kommuner*. Transport og trafikksikkerhetsavdelingen, Kontor for drift og trafikkteknikk.
19. Hagen L. O., Haugsbakk I., 1996: *Måling av nitrogenoksider og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo, vinteren 1995/96*. Rapport utarbeidet for Statens vegvesen av Norsk institutt for luftforskning. 87 sider.
20. Larssen S. 1991: *Partikler i tettstedsluft i Norden, utslipp – forekomster – helsepåvirkninger, med hovedvekt på bileksopartikler*. Rapport utarbeidet av NILU på oppdrag fra Nordiska bilavgasgruppen under Nordisk ministerråd. 240 sider.

Svevestøv i tunneler

21. Sveen, S., 2002: *Svevestøv i Helltunnelen og Elgsetergate i Trondheim. Utviklingstrekk i perioden 1997 – 2002. Erfaringer med siktmålere i vegtunneler*. Hovedoppgave ved Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU. 139 sider.
22. Værnes, E., 2003: *Måling av svevestøv i Helltunnelen i overgangen mellom sommer- og vintersesongen 2002*. Rapport utført av SINTEF Bygg og miljø for Statens vegvesen Sør-Trøndelag. Rapportnummer: STF22 A03309.16 sider.
23. Myran, T., 1989: *Holmestrandtunnelen, erfaringer med siktstyring*. Rapport utført av SINTEF Avdeling for bergteknikk. Rapport nummer: STF36 A89081. 13 sider.
24. Myran, T., 1985: *Partikkelforurensning i vegtunneler*. Sammendragsrapport utført av SINTEF Avdeling for bergteknikk. Rapport nummer: SFT36 A85100. 27 sider
25. Wedberg W. C. 1999: *Støvmålinger i Nygårdstunnelen*. Utarbeidet av Universitetet i Bergen for Statens vegvesen Hordaland vegkontor. 9 sider.
26. Myran T. ****: *Ventilasjon av vegtunneler*. Artikkel som oppsummerer prosjektet Ventilasjon av vegtunneler. 3 sider.

Tiltak mot svevestøv

27. Kvidal M., 1999: *Bedre byluft – effekt av renhold*. Rapport utarbeidet av SINTEF Bygg og miljøteknikk for Statens vegvesen og Trondheim Bydrift. Rapportnummer: STF22 A99451. 24 sider.
28. Kvidal M., 2000: *Bedre byluft – saltløsning som støvdempende tiltak*. Rapport utarbeidet av SINTEF Bygg og miljøteknikk for Statens vegvesen og Trondheim Bydrift. Rapportnummer: STF22 A00457. 14 sider.
29. Vaa T., 1997: *Piggfrie dekk i Trondheim? Erfaring fra kjøring med ulike typer vinterdekk sesongen 1996/97*. Rapport utarbeidet av SINTEF Bygg og miljøteknikk for Gjensidige Sør-Trøndelag. Rapportnummer: STF22 A97612. 63 sider.
30. Haugsbakk I., Larssen S., 1995: *Effekt av veirenhold på PM₁₀ – forurensing, Utvikling av PM₁₀ – modell, Måleprosjekt 5, Trondheim 1994*. Rapport utarbeidet av Norsk institutt for luftforskning (NILU) for Vegdirektoratet, Sør-Trøndelag og Trondheim kommune.
31. Amundsen A., Ragnøy A. 2002: *Lavere vinterfartsgrense på innfartsveger i Oslo*.
32. Gustafsson M. 2002: *Väg- och gaturengöring som åtgärd mot höga partikelhalter orsakade av vägdamm*. Rapport utarbeidet av VTI for det svenske Vägverket. 59 sider.
33. Johansson H., Jonsson O. Persson K., Haeger M., Olshammar M. 2002: *En metod för inventering av luftkvaliteten längs det sttliga vägnätet*. Rapport utarbeidet av TFK og IVL for det svenske Vägverket.
34. Johansson H., Nilsson M. 2002: *Översikt av åtgärder för bättre luftkvalitet*. Rapport utarbeidet av TFK for det svenske Vägverket.
35. Solheim T. H., Rønning R. 1994: *Regionale forbud og andre muligheter for restriksjoner på bruk av piggdekk*. Studieprosjekt utført av Statens vegvesen. 11 sider.
36. Solheim T. H., Rønning R. 1994: *Regionale forbud og andre muligheter for restriksjoner på bruk av piggdekk*. Studieprosjekt utført av Statens vegvesen. 11 sider.
37. Soknes S. 1995: *Rapport fra arbeidsgruppe for vurdering av ny renholdsmaskin*. Utarbeidet av Statens vegvesen Sør-Trøndelag og Trondheim kommune Trondheim bydrift. 8 sider.

Utvikningstrekk rundt svevestøv

38. Bakløkk, L. J., 1997: *Piggdekkslitasje på vegnettet - Utviklingstrekk*. Miljødagene '97 13. – 15. mai, NTNU. 9 sider.

39. Bakløkk, L. J., Horvli, I. og Myran, T., 1997: *Piggdekkslitasje og støvutvikling*. SINTEF, rapportnummer: STF22F97509. 27 sider.
40. Wåhlin, P. og Palmgren, F., 1999: *Trafikkens bidrag til fine og ultrafine partikler i Albanigade, Odense*. Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Atmosfærisk Miljø. 17 sider.
41. Steffensen A., 1990: *Sporlitasje på asfalt og betong*. Veglaboratoriet, Intern rapport nr.1449. 10 sider.
42. Haff I. H., Aldrin M. 2002: *Empiriske modeller for luftforurensing, trafikkvolum og metrologi*. Rapport utført av Norsk Regnesentral på oppdrag fra for Statens vegvesen Vegdirektoratet og Statens vegvesen Oslo. 52 sider.
43. Bartonova A., Hagen L. O., Larssen S. 2001: *Utviklingen i luftforurensingen 1991 – 2001. Utslippsreducerende tiltak og partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen*. Rapport utarbeidet av NILU på oppdrag fra Statens vegvesen. 43 sider.
44. Gustafsson M. 2003: *Emissioner av slitage- og resuspensionspartiklar i väg- och gatumiljö*. Litteraturstudie utarbeidet av VTI for Vägverket. 51 sider.
45. Mc Innes H., Laupsa H. 2003: *Historiske beregninger for Oslo for 1995/96, 1998 og 2001*. Rapport utarbeidet av NILU for Statens forurensingstilsyn. 24 sider.
46. Gustafsson M. 2001: *Icke – avgasrelaterade partiklar i vägmiljön*. Litteraturstudie utarbeidet av VTI for det svenske Vägverket. 45 sider.
47. Stortingsmelding 2002: *Rikets miljøtilstand 2001*. Rapport utarbeidet av NILU for Statens forurensingstilsyn. 18 sider.
48. Skoglund R., Uthus N. S. 1994: *Oppsummering av slitasjeproblematikken i Sør-Trøndelag*. Rapport utarbeidet av SINTEF. 28 sider.
49. Berg T. 1993: *Støvmålinger langs Omkjøringsveien vinteren 1992-93*. Rapport utarbeidet av Trondheim kommune, miljøavdelingen. 42 sider.
50. Haugsbakk I., Larssen S. 1993: *Støvmålinger ved veier i Oslo januar-juli 1992*. Rapport utarbeidet av NILU på oppdrag fra Statens vegvesen Oslo og Vegdirektoratet. 23 sider.
51. Haugsbakk I., Larssen S. 1996: *Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på E6 Mortensrud – Klemetsrud, vinteren 1995/96*. Rapport utarbeidet av NILU for Statens vegvesen Oslo og Vegdirektoratet. 52 sider.
52. Evensen R. 1997: *Hva vet vi om vegslitasje i dag? Miljødagene '97 ved NTNU 13.-15. mai 1997, Vegslitasje – Piggdekkslitasje og/eller salting?* 11. sider.
53. Myran T. 1995: *Piggdekkslitasje – støvproblemer*. Innlegg til konferansen ”stein i veg” på Holmenkollen Park Hotell Rica.

54. Lockertsen H. 1996: *Arsen, bly, jern, kobber, nikkel og sink i svevestøvfraksjonen av vegstøv fra Trondheim*. Hovedfagsoppgave i naturmiljøkjemi fra NTNU. 69 sider.
55. Miljøverndepartementet 2002: *Forskrift om lokal luftkvalitet*. Avdeling for forurensingsaker.
56. Rosland P. 2003: *Håndbok for varsling av luftkvalitet*. Rapport utformet av Bedre byluft.
57. Krokeborg J. 1998: *Veggrep på vinterveg*. Sluttrapport fra veggrepsprosjektet utarbeidet av Vegdirektoratet, vegteknisk avdeling. Publikasjon nr. 90.

4 STATUS FOR STØYMÅLINGER PÅ UTVALGTE VEGDEKKER (SINTEF)

 SINTEF SINTEF Tele og data Postadresse: 7465 Trondheim Besøksadresse Trondheim: S.P. Andersens v 15 Besøksadresse Oslo: Forskningsveien 1 Telefon: 73 59 30 00 Telefaks: 73 59 43 02 Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA		NOTAT			
		BEHANDLING	UTTALELSE	ORIENTERING	ETTER AVTALE
GJELDER MILJØVENNLIGE VEGDEKKER Status for støymålinger på utvalgte vegdekker					
GÅR TIL Jostein Aksnes, VOTT Karl Melby, VOTT Øystein Larsen, VOTT Torleif Haugødegård, VOTT Geir Berntsen, VOTT Jørn Ingar Arntsen, Vegdirektoratet Ingunn Milford, Vegdirektoratet Sigmund Dørum, VOTT Pål Rosland, Vegdirektoratet Leif Bakløkk, SINTEF Rabbira Garba, NTNU Tom Myran, NTNU Brynhild Snilsberg, VOTT Trond Dreiem, VOTT Svein Å. Storeheier, SINTEF Odd Kr.Ø.Pettersen, SINTEF					
ARKIVKODE 40-NO030122	GRADERING Åpen				
ELEKTRONISK ARKIVKODE 40-NO030122.doc					
PROSJEKTNR. 403378	DATO 2003-10-03	SAKSBEARBEIDER/FORFATTER Truls Berge	ANTALL SIDER 7		

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Innledning	1
2 Utstyr	2
2.1 Dekk	2
2.2 Hastighetsmåling	4
2.3 Teksturmåling	4
3 Målinger på E39	4
4 Målinger i Hedmark	5
5 Målinger på bildekk/vegdekker	6
6 Standarder for støymessig karakterisering av vegdekker (ISO) – status	7

1 Innledning

Dette notatet gir en kortfattet statusrapport for det arbeidet SINTEF Tele og data har gjort som en del av forprosjektet "Miljøvennlige vegdekker", finansiert av VOTT, med tilleggsfinansiering av SFT og Norges forskningsråd.

Notatet er ment som grunnlagsdokument for en søknad om et hovedprosjekt over 4 år.

Det gis en kort oversikt over investeringer i måleutstyr og resultater fra målinger på 6 vegdekker i Sør-Trøndelag (E39). Videre beskrives måleopplegg for 8-10 vegdekker i Hedmark (Kongsvinger,



Skarnes) og en orientering om et måleprogram på bildekk (Gardermoen). Til slutt gis det en kort status for pågående standardiseringsarbeid med ISO-standard relevant for dette arbeidet.

En komplett rapport med alle resultater fra støymålingene gjennomført innenfor rammen av dette prosjektet, vil bli framlagt når alle måleresultatene er ferdig bearbeidet.

2 Utstyr

For å gjennomføre de planlagte målingene på vegdekker etter valgt standard, er det investert i diverse utstyr, som dekk, hastighetsmåler, og nytt dataprogram for tekstur (rådata).

2.1 Dekk

For måling etter CPX-metoden kreves det i utgangspunktet 4 "normerte" bildekk. Disse dekkene er:

Dekk A: Avon/Cooper ZV1 (185/65 R15)

Dekk B: Avon/Cooper Enviro CR322 (185/65 R15)

Dekk C: Avon/Cooper Turbogrip CR65 (185/65 R15)

Dekk D: Dunlop SP Arctic (185R14)

2 stk av dekkene A, B og C er kjøpt inn og montert på felger (for Toyota Avensis, tilgjengelig som målebil, gjennom leiebilfirma).

Av spesielle grunner (se kap.6), har ikke dekk D vært tilgjengelig for disse målingene. Denne dekktypen (eller en erstatning) vil sannsynligvis være tilgjengelig i 2004.

I tilknytning til måling med disse dekkene, er det også kjøpt inn diverse utstyr for montering av dekk, og vektkontroll.

Figur 1 viser måleutstyr montert på bil og figurene 2, 3 og 4 viser dekktypene A, B og C.



Figur 1. Mikrofonplassering og bil for CPX-måling



Figur 2. Dekk A, Avon/Cooper ZV1



Figur 3. Dekk B, Avon/Cooper Enviro CR322



Figur 4. Dekk C, Avon/Cooper Turbogrip CR65



Kostnadene for disse investeringene er ca. 35 000 kr.

2.2 Hastighetsmåling

Det kreves kontinuerlig måling av hastighet (med lagring av data) under målingene i henhold til CPX-metoden. Det er derfor investert i hastighetsregistrering med GPS-måler, med lagring av data på minnebrikke. Utstyret har også display, som viser korrekt hastighet under kjøring. Utstyret brukes også i forbindelse med et prosjekt der det måles støy fra bildekk på ulike vegdekker (se kap.5).

Kostnadene for dette utstyret er ca. 55 000 kr.

2.3 Teksturmåling

Analyse av tekstur vil være et svært viktig element i arbeidet med miljøvennlige vegdekker. Statens vegvesen disponerer utstyr for måling av midlere profildybde (MPD), og slike data foreligger for en del av de vegdekkene som er målt i forprosjektet. Erfaringer fra arbeid i andre land, bl.a. Sverige og Nederland, har vist at det kan være vanskelig å finne entydige sammenhenger mellom trafikkstøynivå og MPD-tallet. I mange sammenhenger vil det være nødvendig med en mer detaljert analyse av teksturen, f.eks. gjennom et "frekvensspekter" for tekstur. Et slikt spekter kan beregnes på grunnlag av innsamlet rådata for teksturen. Disse rådataene kan også bidra til å beregne en profil for teksturen, som kan brukes som en input parameter til ulike teoretiske modeller for beregning av dekk/vegbanestøy.

Siden det eksisterende utstyret på ALFRED-bilene kun beregner MPD-verdier, har Datainstrument AS fått i oppdrag å modifisere eksisterende program til også å ta inn rådata (over vegstrekninger på ca. 2.5 m ved kjørehastighet ca 40 km/t), som lagres på fil for senere bearbeiding. De første testene av programmet er foretatt, og det vil bli gjort noen modifikasjoner først og fremst i brukergrensesnittet, før innsamling av teksturdata på målte vegdekker kan foretas.

Kostnader er ca. 12 000 kr.

3 Målinger på E39

Med bildekkene A, B og C er det målt på 6 vegdekker på E39 ved Øysand. På grunnlag av måleresultatene er det beregnet en såkalt CPXI-verdi ved 70 km/t (skiltet hastighet) på grunnlag av følgende formel:

$$CPXI(70) = 0.33L_A + 0.33L_B + 0.33L_C$$

Dvs. at vi har lagt lik vekt på midlere støynivå ved 70 km/t målt med hvert av de 3 bildekktypene. Dersom dekk D også hadde vært inkludert, sier CPX-metoden at dekkene A, B og C skal bidra med 20 %, mens dekk D skal bidra med 40 % (gir støynivå representativt for dekk for tunge kjøretøy). Dette gjelder for trafikksituasjoner der en har blandet trafikk (lette/tunge). Den beregnede CPXI-verdi for dekkene på E39 kan derfor ikke representere blandet trafikk, før vi har fått inkludert dekk D i undersøkelsen. Imidlertid kan resultatene gi en foreløpig indikasjon på de støymessige forskjellene mellom de vegdekker som det er målt på i 2003.



Tabell 1 viser beregnede verdier for vegdekkene på E39, sammen med målte MPD-verdier (målt i 2002).

Tabell 1. Måleresultater fra E39 med CPX-metoden, basert på dekk A, B og C med lik veiing.

Vegdekke	Km	CPXI-verdi (70 km/t), dB	MPD
Jaspis_1999	4.1 – 4.5	99.8	1.31
Osplia_1999	3.755-4.1	100.3	1.17
Osplia_1999	2.8-3.755	99.7	1.32
Jaspis_1999	1.86-2.8	99.7	1,46
Ska16_1997	1.6-1.86	99.8	1.32
Ska16_2000	1.046-1.6	99.8	1.45

Som tabell 1 viser, er det støymessig svært liten forskjell mellom disse vegdekkene, som i utgangspunktet alle er Ska16-dekker, men med ulik type tilslagsmateriale.

4 Målinger i Hedmark

Med de tre dekktypene A, B og C er det også foretatt målinger på et utvalg vegdekker i Hedmark¹, nærmere bestemt på Rv.2 ved Rasta² og Gjemselund, Kongsvinger, på Rv.2 og Rv.175 ved Skarnes.

På Rasta-feltet og ved Gjemselund ble det kjørt fullt måleprogram, dvs. det er målt med alle 3 dekksettene ved 50 og 60 km/t, mens det på Skarnes bare er gjennomført begrensede målinger med Dekk A og B, pga. nedbør.

Tabell 2 viser en oversikt over dekktypene som inngår i måleprogrammet.

Tabell 2. Oversikt over vegdekker i Hedmark

Sted/veg	Massetype	Leggear	kg/m ²	Kommentar	
Rasta: Rv.2	Ska8	2003	55	Fullt måleprogram	
	Ab6	2003	55		
	Ska11	2003	80		
	Ab6	2003	55		
	Ska8	2003	55		
	Ska14	1996	100		
Gjemselund: Rv.2	Ska11	1998	29 ¹	Fullt måleprogram	
Skarnes:				Begrenset måleprogram	
	Rv.2	Ab8	2000		22 ¹
	Rv.175	Ab11	2002		30 ¹
Rv.175	Ska8	2002	24 ¹		

(¹=dekketykkelse)

Resultatene fra disse målingene er ikke ennå bearbeidet og vil bli presentert i en endelig rapport senere i år.



5 Målinger på bildekk/vegdekker

I et annet prosjekt for Vegdirektoratet/SFT/Norges forskningsråd er det gjennomført målinger av 6 ulike typer bildekk på i alt 9 forskjellige vegdekker. 8 av disse vegdekkene lå inne på Gardermoen flyplass (Ottar K. Kollerud testbane), mens ett vegdekke var en standard Ska16-dekke (lagt i august 2000) på Rv.174 like nord for vestre rullebane.

Tabell 3 viser de vegdekkene som det er målt på. Nr. 1-8 er på Kollerudbanen, mens nr.9 er på Rv.174. Tabell 4 viser oversikt over de bildekk som foreløpig er undersøkt.

Tabell 3 Vegdekker på Kollerudbanen + Rv.174

Vegdekke	Type	MPD
1	Ab11	1.3
2	Ab11	1.1
3	Ab11	0.8
4	Ab8	0.6
5	Ab4	0.3
6	Ska16	1.4
7	Skal1	1.9
8	PFC11 ¹	(2.5 ²)
9 (Rv174)	Ska16	-

1) Porous friction course

2) Approksimert verdi

Tabell 4. Bildekk

Dekk nr.	Fabrikkat	Dimensjon
1	Continental Premium Contact	195/55 R15H
2	Goodyear GT3	175/65 R14T
3	Michelin Energy X	175/65 R14H
4	Bridgestone Turanza ER30	205/55 R16W
5	Firestone Firehawk 680	195/65 R15V
6	Michelin Pilot Primacy XSE	205/55 R16W

Dekken 1-3 ble målt med en Peugeot 206 SW (dekk 1 er originaldekk på leiebil)

Dekken 4-6 ble målt med en VW Passat 2.0 (dekk 4 er originaldekk på leiebil)

Dekken 2,3,5 og 6 er innkjøpt på prosjektet og planlegges målt på et ISO-dekke og et drensasfaltdekke i Nederland i 2004, for sammenligning med 26 dekk målt her. Ytterligere dekk planlegges kjøpt inn til denne undersøkelsen, bl.a. et nytt dekk fra Goodyear (Eagle F1), som hevdes å ha et støynivå 7 dB(A) **under** gjeldende EU-krav (målt på et ISO-dekke).

Alle bildekk er målt etter EU-direktivet³, dvs. det måles rullestøy i 4 hastigheter lavere enn referansehastighet (80 km/t) og 4 over ref.hastighet. På grunnlag av regresjonskurve beregnes lydnivå ved 80 km/t. Tilsvarende målinger er gjort ved 50 km/t.

Pga tidsbegrensninger er det ikke gjennomført fullt måleprogram på vegdekkene 4-8. Resultatene fra undersøkelsen er foreløpig ikke analysert, men vil bli presentert i en rapport senere i år.



6 Standarder for støymessig karakterisering av vegdekker (ISO) – status

Den foreløpig eneste gjeldende standard for støymessig karakterisering av et vegdekke er ISO 11819-1 ("Statistical Pass-by Method" – SPB). Metoden ble publisert i 1998, og er vedtatt å revideres. Dette arbeidet vil bli utført av ISO/TC43/SC1/WG42, der forfatter er norsk medlem.

Arbeidsgruppen hadde nylig et møte i Berlin, der arbeidet med revisjonen ble startet opp. I hovedsak ble CPX-metoden (ISO/CD 11819-2) diskutert. Denne metoden har siden 2001 vært et såkalt "Committee Draft" (CD) og det kan derfor fremdeles gjøres tekniske endringer på forslaget. Grunnen til at metoden ikke har vært fremmet som et DIS, er først og fremst knyttet til at dekk D (Dunlop SP Arctic) ikke lenger er i produksjon og selve avstøpningsformen er forsvunnet. Dunlop er dessuten også overtatt av Goodyear og personell som hadde ansvaret for dette spesielle dekket er ute av selskapet. Tegninger for dekket skal imidlertid finnes og det er en viss mulighet for at Dunlop kan produsere nye dekk innenfor en såkalt Dunlop Vintage serie. Det vil imidlertid bli relativt kostbart, og det utredes derfor om produksjonen kan finansieres innenfor det nederlandske "Noise Innovation Program", og at man her selger tilstrekkelig antall dekk til å dekke produksjonskostnadene. Dette vil sannsynligvis kunne avklares de nærmeste 6 månedene.

Et annet alternativ WG42 vil vurdere, er å erstatte Dunlop-dekket med et eksisterende Avon/Cooper-dekk som er i produksjon og har et blokkmønster noenlunde likt Dunlop-dekket. Dette vil gjøre dekk D mye lettere tilgjengelig og til en rimeligere kostnad.

Det planlegges målinger med alternativer til dekk D i løpet av det nærmeste året, for å sammenligne disse støymessig med Dunlop-dekket.

Siden det er en del uklarheter om valg av referansedekk til CPX-metoden, samt også en del diskusjon omkring anbefalte mikrofonplasseringer, ble det i Berlin besluttet å fremme metoden foreløpig bare som en "Technical Specification". Den vil da ikke ha status som en ISO-standard, men kunne anvendes i undersøkelser (som mange land/institusjoner allerede gjør) og inngå som en referanse. En TS vil normalt ha en begrenset funksjonstid, fram til et revidert Draft foreligger til kommentar/avstemming.

Selv om det for tiden er en viss usikkerhet omkring CPX-metoden, vil dette ikke være problematisk i forhold til arbeidet som planlegges innenfor et eventuelt prosjekt med miljøvennlige vegdekker i Norge. Uansett vil en kunne gjennomføre sammenlignende målinger mellom den statistiske metoden og CPX-metoden, også dersom en endrer referansedekk.

Som nevnt under kap.3 har vi bare hatt dekk A, B og C tilgjengelig for våre CPX-målinger. De beregnede nivåer (CPXI-verdi) er derfor ikke representativt for et nivå der en har blandet trafikk, eller kunne relateres til et nivå målt etter den statistiske metoden (SPB). Uansett hva ISOWG42 kommer fram til mht til valg av referansedekk D, kan vi få tilgang til et dekk D hos VTI i Sverige i en overgangsfase. Det vil si at supplerende målinger på vegdekkene i Hedmark kan gjøres i 2004, med alle de 4 referansedekkene, enten vi vil disponere en CPX-trailer eller må anvende et kjøretøy. En klar fordel med å gjøre målinger med en trailer er at en har bedre kontroll med belastning på dekkene, samt at innkapsling/absorbenter på traileren reduserer innflytelsen av passerende trafikk under en måleserie.

Referanser:

1. Vegdekkeoversikt fra T.Haugødegård, VOTT
2. Datagrunnlag fra H.Libæk, Statens vegvesen, Reg.Ø, Hedmark distrikt
3. 2001/43/EF

5 PROSJEKTPLAN

5.1 Bakgrunn

Kravene til forurensing og miljøbelastning blir stadig skjerpet, og det generelle fokus på miljøproblemene i samfunnet økes. Samtidig har alle blitt mer bevisst på miljøproblemer, slik at toleransegrensene har blitt lavere. Media, miljøvernere og ulike pressgrupper fokuserer også kontinuerlig på miljø og forhold som påvirker oss i vår hverdag.

Vegtrafikk er årsak til betydelig miljøbelastning, og Statens vegvesen sitt ansvar for å begrense og forebygge plager og skader på grunn av påvirkning fra vegtrafikk øker. Statistisk sentralbyrå har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn utført et prosjekt som viser at vegtrafikk er den desidert største kilden til støyplager i Norge. Vegtrafikken i Norge medfører at nesten 1,3 millioner mennesker er eksponert for støynivåer over 55 dB(A). Dette utgjør 73 % av de som er plaget av støy i Norge.

Dette er bakgrunnen for at Stortinget har vedtatt et meget ambisiøst mål om å redusere støyplagene med 25 prosent innen 2010 i forhold til 1999. I regjeringens miljøvernpolitikk (St.meld. 25, 2002-2003) legges det opp til å redusere støyen ved kilden. Her er det også pekt på at en betydelig del av innsatsen må gjøres innenfor vegtrafikk siden en så stor del av støyplagene kommer fra denne.

Når det gjelder luftforurensing på grunn av mineralstøv har vi i Norge og de nordiske landene et problem med for høye konsentrasjoner under tørre værforhold vinters tid. Her har det kommet nye retningslinjer fra EU som skal oppfylles innen 2005 og som ytterligere skjerpes fra 2010. I Norge har regjeringen vedtatt nasjonale mål for luftkvalitet i byer og tettsteder, som stort sett er i samsvar med vedtatte direktiver gjeldende for EU/EØS-området.

Utførte målinger av svevestøvkonsentrasjonen gjennom vinterhalvåret viser at vi mange steder i Norge ikke klarer å møte kravene uten at spesielle tiltak iverksettes. Også i Sverige har en begynt å måle støvkonsentrasjonen i lufta og oppdaget at de har et problem, så de vil også øke innsatsen på dette området.

5.2 Målsettinger

Vegdekker er et av kjerneområdene hvor det forventes at Statens vegvesen har god kompetanse. Tradisjonelt har dette også vært et område hvor det nasjonale tyngdepunktet kompetansemessig har ligget i Vegdirektoratet. Etter mange års fokusering på vegdekkenes tekniske og funksjonelle egenskaper (deformasjonsmotstand, piggdekkslitasje etc.) er det nå behov for større vektlegging av de miljømessige spørsmålene. En kompetanseheving innenfor dette området er derfor nødvendig for at Statens vegvesen skal kunne oppfylle sitt ansvar innenfor dette viktige området.

Prosjektets hovedmål er derfor å optimalisere vegdekkenes miljøegenskaper slik at miljøbelastningen på omgivelsene reduseres og dermed bidra til at de nasjonale miljømål med hensyn på støy og støv oppfylles. Dette gjøres ved:

1. Bygge opp kompetanse innenfor områdene støysvake vegdekker og støv fra vegtrafikk.
2. Utvikle vegdekker som er gunstige både med hensyn på støv og støv.
3. Utvikle rensemetoder / vedlikeholdsteknikker som begrenser problemene med svevestøv og tilstopping av støysvake dekker.
4. Lage strategi for bruk av miljøvennlige vegdekker.

Ved å utvikle dekker som gir mindre støv ved piggdekkslitasje, og ta bort mer av støvet med rensing / rengjøring, vil en i tillegg også oppnå en miljøgevinst ved at det blir mindre skadelig avrenning fra vegdekkene.

Kompetanseoppbygging er nødvendig som basis, og for å bli i stand til å finne løsninger og komme videre innenfor disse to områdene. Kunnskap er også nødvendig for å nyttiggjøre seg de prosjekter som utføres innenfor dette området i utlandet, og bli i stand til å overføre dette til norske forhold på en fornuftig måte. I tillegg er det nødvendig med solid kompetanse for å møte de krav som stilles fra myndigheter, samt press fra media og opinion.

Når det skal lages en strategi for bruk av miljøvennlige vegdekker må det tenkes helhetlig slik at både miljø, sikkerhet og dekkenes funksjonelle / tekniske egenskaper ivaretas. Det må tilstrebes at de miljømessige forbedringene har en akseptabel kostnad og ikke medfører vesentlige problemer på andre områder.

5.3 Aktivitetsplan

5.3.1 Generelt

Når det gjelder støv er det uomtvistelig bevist at det er teknisk mulig å redusere trafikkstøy ved å designe vegdekker på bestemte måter. I prosjektet ”Støysvake vegdekker” så en at for norske forhold er det enkelte problemstillinger som må løses for at denne teknologien skal kunne tas ut som en støygevinst her i landet.

Innenfor støv har det de siste årene vært utført (og er under arbeid) flere prosjekter slik at vi kompetansemessig allerede har en basis i Norge. Nå er det derfor viktig å bygge videre på den erfaringen vi har samt utviklingen internasjonalt. På støysiden skjer det mye i flere land og her kan vi få igjen mye ved aktivt å være med internasjonalt. Svevestøvproblematikken i Norge er av en helt annen karakter enn i land hvor det ikke benyttes piggdekk, så her må det i stor grad bygges videre på egen kompetanse.

5.3.2 Hva kan bringe oss videre

For et prosjekt som dette er det viktig å ta tak i de aktiviteter som vi ser vil bringe oss videre, slik at vi kan nå de mål som er satt. Det kan selvsagt også være aktuelt å gå løs på mer spennende og risikoprega aktiviteter, men dette bør i utgangspunktet ikke være

hovedaktivitetene. Vi har derfor satt opp en oversikt over det vi mener bør inngå i prosjektet, og gitt en vurdering av hva som kan oppnås med de enkelte delene.

Aktiviteter innenfor støysvake dekker

- Måling av støy og karakterisering av egenskapene med hensyn på støy for de norske dekketyperne.
- Utprøving av tolags drensasfalt som støysvakt dekke for norske formål.
- Utprøving av tynndekker og hvilke egenskaper disse har med hensyn til støy.
- Vurdering og eventuelt utprøving av nye spesielle dekketyper som for eksempel poroelastisk dekke som støysvakt dekke for norske forhold.
- Utprøving av nye renseteknikker.
- Informasjonsutveksling med ledende internasjonale miljøer og forskningsprogrammer.

Aktiviteter innenfor støv fra vegtrafikk

- Utvikling av slitesterke dekker som skaper betydelig redusert helsefare og mindre piggdekkstøv enn de dekketyperne som har vært brukt hittil.
- Utvikling / forbedring av teknikker for rensing / rengjøring og andre metoder for demping av svevestøv.
- Dokumentere bedre hvor støvet kommer fra (betydning av vegdekket, steinmaterialet, strøing, salting etc.)
- Bygge opp kompetanse på helsefare forbundet med svevestøv.

Mer om bakgrunnen for hvert enkelt av disse punktene er gitt i litteraturreportene som er utarbeidet i forprosjektet. Vi vil her likevel knytte noen kommentarer til enkelte av aktivitetene.

Støymåling for å få oversikt over hvordan de forskjellige dekketyperne vi i dag bruker, oppfører seg støymessig, vil være verdifullt på flere måter. Hovedhensikten er å få en oversikt over støy fra norske vegdekker, som referanse ved vurdering av effekt av tiltak. Vi trenger også en slik oversikt for å vite om det er forskjeller på de ulike dekketyperne. Kan det for eksempel være en gevinst ved å gå ned på steinstørrelsen i dekkene? I Norge har vi tradisjonelt brukt asfaltdekker med stor steinstørrelse for å få så sterke dekker som mulig med hensyn på piggdekkslitasje. Med mindre slitasje pga. piggfrie dekk etc. kan det være at vi nå enkelte steder kan gå ned på steinstørrelsen og få dekker med mindre støy. Det kan her også være et mål å etablere en sammenheng mellom støy og teksturen på dekket.

Tolags drensasfalt er en løsning som i utlandet har vist seg å ha svært gode støymessige egenskaper, og som også rapporteres å være gunstigere med hensyn til tetting / tetting enn tradisjonell drensasfalt. Med mindre piggdekkslitasje nå enn tidligere bør det derfor undersøkes om dette også kan fungere for norske forhold.

Tynndekker er en type dekke som av flere årsaker trolig vil bli mye brukt i framtida. Dersom dette kan kombineres med gode lydtekniske egenskaper vil vi her ha et godt alternativ.

Poroelastiske dekker er en type løsning som kan gi meget stor gevinst lydmessig, men som kan bli vanskelig å få til å fungere for norske forhold. I Sverige og Japan har en arbeidet med dette, og vi bør følge opp erfaringene deres og vurdere om dette kan være noe for oss.

Utvikling av asfaltdekker med betydelig mindre piggdekkslitasje enn det som benyttes i dag vil være et stort skritt i riktig retning når det gjelder støv. I laboratoriet er det fremstilt asfaltprøver med eksepsjonelt liten slitasje. Det ble da brukt et spesielt bindemiddel med polymertilsetning. Dersom en får dette til å fungere i praksis vil en også få et dekke med meget gode bestandighetsegenskaper, så merkostnaden med bindemidlet vil kompenseres med lenger levetid. Ulempen kan være friksjonsegenskapene, men dette bør kunne løses. Problemet med slitasje og piggdekkstøv vil imidlertid bli betydelig redusert dersom en får dette til å fungere, så gevinsten vil være meget stor.

Selv om problemene med støy og støv her er satt opp som to forskjellige aktiviteter er det flere felles problemstillinger og parallelle aktiviteter som kan slås sammen. Dette gjelder for eksempel bruk av polymertilsetning og rensing / rengjøring. I dette arbeidet er det også svært viktig å tenke helhetlig og ikke optimalisere med tanke på enkelte egenskaper.

5.3.3 Prosjektaktiviteter / delprosjekter

Ut fra de aktiviteter som bør gjennomføres ser vi det som naturlig å dele prosjektet inn i følgende deler:

1. Erfaringsinnsamling og nettverksbygging
 - Oppfølging og deltakelse i internasjonale prosjekter
 - Studiebesøk / befaringer
 - Erfaringsinnsamling fra norske forhold
2. Vurdering av støy
 - Måling av støy, utvikling av modeller for støysvake vegdekker
 - Støydatabase for norske dekker
3. Vurdering av støv
 - Oppfølging av målinger
 - Helsefare med svevestøv
4. Laboratorieundersøkelser
 - Polymertilsetning i asfaltdekker
 - Tolags drengasfalt
 - Slitesterkt spesialdekke
 - Poroelastisk dekke
5. Feltforsøk
 - Tynndekker
 - Tolags drengasfalt
 - Slitesterkt spesialdekke
 - Andre spesialdekker
6. Drift- og vedlikeholdsmetoder
 - Hvordan virker forskjellige vinterdriftsmetoder inn på støy- og støvforholdene
 - Rensemeter / rengjøring
7. Økonomi, implementering og rapportering

- Økonomiske utredninger
- Legge- og driftskostnader
- Vurdering av andre konsekvenser (sikkerhet, vannforurensing etc.)
- Strategi for bruk av miljøvennlige vegdekker
- Rapportering og opplysningsarbeid

5.4 Organisering

Prosjektet bør ledes av Vegdirektoratet, Veg og trafikkfaglig senter i Trondheim som oppnevner prosjektleder. Prosjektledelsen vil i praksis kreve en full stilling i den perioden prosjektet varer. I tillegg til prosjektlederen kan det være behov for minst en delprosjektleder både for støy- og støvdelen av prosjektet.

For styring av prosjektet bør det opprettes en styringsgruppe bestående av representanter fra de finansierende enheter i Vegdirektoratet og de mest involverte faglige miljøene. Denne gruppen følger opp prosjektet faglig og fremdriftsmessig og styrer ressursbruken i prosjektet.

I tillegg vil det også være behov for en referansegruppe, som kan ha følgende sammensetning:

- Representanter fra de aktuelle avdelingene i Vegdirektoratet
- Representanter fra dekkesiden og drift- og vedlikehold i regionene
- Deltakere fra FoU-miljøet ved NTNU / SINTEF
- Representanter fra entreprenørsiden
- Representan(er) fra oljeselskap(er)
- Andre ressurspersoner innenfor områdene støv og støy fra vegtrafikk

Referansegruppen vil være til faglig støtte i prosjektet, og kontaktes enten enkeltvis eller som gruppe for faglige og praktiske innspill og vurderinger.

Før arbeidet på prosjektet startes må det også lages en mer detaljert prosjektplan, hvor både problemstillinger, aktiviteter og mål for de enkelte delprosjekter gis et godt faglig fundament. Det vil her være svært viktig med koordinering mot en del parallelle prosjekter, slik at en supplerer og bygger videre på det som allerede er utført eller skal utføres og unngår dobbeltarbeid.

5.5 Tidsplan

Prosjektet er relativt omfattende med flere aktiviteter som er avhengig av hverandre. Totalt vil det derfor kreves 4 år for å gjennomføre hele prosjektet. Det er da forutsatt kontinuerlig aktivitet og at en har nødvendig bemanning og ressurser til å gjennomføre arbeidet. I tabellen nedenfor er det vist når innsatsen på de forskjellige delene bør utføres.

Delprosjekter	Arbeidsperioder			
	2004	2005	2006	2007
Erfaringsinnsamling - nettverksbygging	XXXXXXXXXX	X X X	X X	X X
Vurdering av støy	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXX	XXX
Vurdering av støv	X X X X X X X	XXXXXXX	XXXXXX	XXX
Laboratorieundersøkelser	XX	XXXXXXXXXX	X XX XX	
Feltforsøk		XXXXX	XXXX	XXXX
Drift- og vedlikeholdsmetoder		XXX	XXXX	
Økonomi, implementering og rapportering	X	XX	XX	XXXXXXXXXX

For å nå de nasjonale mål for støy og møte kommende krav på støv er det viktig at arbeidet blir igangsatt allerede neste år.

5.6 Kostnad

I tabellen nedenfor er det gitt et estimat for kostnaden med prosjektet.

Delprosjekt / aktiviteter	Kostnader (kk)				
	2004	2005	2006	2007	Totalt
Erfaringsinnsamling - nettverksbygging	400	300	200	100	1 000
Vurdering av støy	700	500	500	300	2 000
Vurdering av støv	400	400	400	300	1 500
Laboratorieundersøkelser	300	1 200	1 000		2 500
Feltforsøk		2 200	2 300	500	5 000
Utstyrsanskaffelser	1 000	1 000	1 000		3 000
Drift- og vedlikeholdsmetoder		700	800		1 500
Økonomi, implementering og rapportering	100	200	300	900	1 500
Administrasjon	200	300	300	200	1 000
Totalt	3 100	6 800	6 800	2 300	19 000

I disse kostnadene er det tatt med utgifter til dekkelegging ved feltforsøk. Erfaringsmessig er det vanskelig å få dette utført når det skal innpasses i de ordinære budsjetter, spesielt nå etter omorganiseringen av Statens vegvesen. Det er også satt av en post til innkjøp av nødvendig utstyr (målevogn for støy, renseutstyr etc.).

Posten for administrasjon er relativt lav, men her er det ikke medregnet lønn til prosjektleder som forutsettes å være ansatt i Vegdirektoratet. Det er heller ikke medregnet kostnader til dr.ing.-studium på støv som forutsettes dekt over annet budsjett.