



Statens vegvesen

Miljøvennlige vegdekker. Sluttrapport

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2562



Dato: 2009-08-18



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2562

Tittel

"Miljøvennlige vegdekker. Sluttrapport"

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Ragnar Evensen

Dato:

2009-08-18

Saksbehandler

Jostein Aksnes

Prosjektnr:

600740

Kontrollert av

Antall sider og vedlegg:

75

Sammendrag

I denne sluttrapporten presenteres de viktigste resultater, råd og anbefalinger fra etatsprosjektet Miljøvennlige vegdekker (2004-2008). Prosjektets hovedfokus har vært på optimalisering av vegdekkenes miljøegenskaper for å bidra til reduksjon av støv- og støvplager fra vegtrafikk. Prosjektet har vist at:

Støynivå på nylagte miljøvennlige dekker ligger 3-9 dB(A) lavere enn referansen (Ska11 eldre enn ett år)

Støyreducerende effekt avtar relativt raskt for alle typer dekker som er undersøkt. Årlig økning i støynivå målt på norske vegdekker ligger vesentlig høyere enn hva som er rapportert fra en rekke andre land. Endringen er spesielt stor den første vinteren etter dekkelegging. Det er naturlig å forklare dette forholdet ved piggdekkslitasjen og dens påvirkning på vegdekkenes overflatetekstur.

Friksjonsegenskapene til miljøvennlige vegdekker testet i felt er på nivå med tradisjonelle norske vegdekker, og krever ikke annet vintervedlikehold. Porøse dekker ser ut til å ha noe bedre friksjon enn tette vegdekker med tilsvarende steinstørrelse. Det er vanskelig å utvikle vegdekker som er vesentlig mer slitesterke enn de vi har i dag, uten av det går ut over andre viktige egenskaper som deformasjonsmotstand og friksjon. Det er imidlertid mulig å opprettholde slitestyrke på mer støvsvake dekkealternativ gjennom krav til materialkvalitet og sammensetning.

Summary

Emneord:

Vegdekker, asfalt, støv, støyreduksjon, støvsvak, støv, svevestøv, miljø og miljøvennlig

<i>Oppdragsrapport</i>	
Miljøvennlige vegdekker Sluttrapport	
Oppdragsgiver	Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Oppdragsgivers referanse	Navn Jostein Aksnes jostein.aksnes@vegvesen.no Statens vegvesen Vegdirektoratet Postboks 8142 Dep. 0033 Oslo Telefon: 02030
Rapport-type	Oppdragsrapport
Prosjektnr./navn	VN PT – 15205
Rapportdato	2009-05-28
Oppdragsansvarlig	Ragnar Evensen ragnar.evensen@vianova.no
Utarbeidet av	Ragnar Evensen ragnar.evensen@vianova.no
Oppdragsgruppe	
Kontrollert av	
Rapportens formål	Sluttrapport for etatsprosjektet Miljøvennlige vegdekker
ViaNova Plan og Trafikk AS Leif Tronstads Plass 4 Postboks 434, 1302 SANDVIKA E-post: vnpt@vianova.no Tlf: 67 81 70 00 ♦ Fax: 67 81 70 01	

Forsidefoto: Støyskjerm E 6 Furuset, Oslo

Forord

Miljøvennlige vegdekker har vært et av Vegdirektoratets etatsprosjekter innen forskning og utvikling i perioden 2004-2008. Prosjektet er gjennomført ved Teknologidivisjonen, Vegteknologiseksjonen i Trondheim i nært samarbeid med andre enheter i Statens vegvesen, entreprenører, forskningsinstitusjoner og andre eksterne samarbeidspartnere. Prosjektets hovedfokus har vært på optimalisering av vegdekkenes miljøegenskaper for å bidra til reduksjon av støy- og støvplager fra vegtrafikk. Effektmålene har vært:

- **Færre støyplagede langs norske veier og gater**
- **Bedre luftkvalitet i tettbygde strøk**

Styringsgruppen for prosjektet har bestått av:

- Helen Aagot Riddervold (leder), Vegdirektoratet, Teknologidirektør
- Torbjørn Naimak, regionvegsjef Region nord
- Sidsel Kålås, Vegdirektoratet, Utbyggingsavd., Miljøseksjonen
- Tor-Sverre Thomassen, Vegdirektoratet, Veg- og trafikkavd., Veg-og ferjeforvaltning

Prosjektgruppen har vært satt sammen av prosjektleder, arbeidspakkeansvarlige og dr.ing-student tilknyttet prosjektet:

- Jostein Aksnes
- Leif Jørgen Bakløkk
- Nils Sigurd Uthus
- Ingunn Milford
- Kjell Bjørn Vinje
- Inger Lise Sagmo
- Øystein Larsen
- Camilla Nørbech
- Rabbira Garba Saba
- Brynhild Snilsberg

I denne sluttrapporten presenteres de viktigste resultater, råd og anbefalinger fra prosjektet. Rapporten kommer også avslutningsvis med forslag til implementering av resultatene og til oppfølging og videre satsing på miljøvennlige vegdekker.

Rapporten er utarbeidet av Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS etter oppdrag fra prosjektet.

Det er et omfattende arbeid og en stor innsats fra mange deltakere som ligger bak den nye kunnskapen og de resultatene vi har klart å bringe frem i Miljøvennlige vegdekker prosjektet. Jeg vil med dette rette en stor og velfortjent takk til alle som har bidratt, både kolleger internt i Statens vegvesen og hos eksterne samarbeidspartnere.

Trondheim, juni 2009

Jostein Aksnes
(prosjektleder)

Innhold

Sammendrag	6
1 Bakgrunn	12
1.1 Støv.....	12
1.2 Støy.....	13
2 Etatsprosjektets mål og resultatkrav	14
3 Gjennomføring av prosjektet	15
3.1 Prosjektplan	15
3.2 Støv.....	16
3.4 Støy.....	17
3.5 Dekkets overflatetekstur	19
3.6 Forsøksdekker	20
3.7 Drift av porøse dekker	22
3.8 Konsekvensanalyser	23
3.9 Spesialdekker	24
3.10 Informasjon, opplæring.....	24
4 Resultater fra prosjektet	25
4.1 Støv.....	25
4.1.1 Feltmålinger av vegtrafikkstøv	25
4.1.2 Ringbaneforsøk	25
4.1.3 Metodestudium	27
4.2 Støy.....	29
4.2.1 Valg av referansedekke	29
4.2.2 Normaliserte verdier for støy	30
4.2.3 Dekkealderens betydning for støyegenskapene	31
4.2.4 Steinmaterialets øvre siktstørrelse og vegdekkets støyegenskaper	33
4.2.5 Frekvensanalyser.....	33
4.2.6 Korrelasjon CPX og SPBcars	34
5 Teksturmålinger	35
5.1 Sammenheng mellom støy og teksturdata	36
5.2 Endringer i teksturspektrene.....	40
6 Øvrige funksjonsegenskaper	43
6.1 Motstand mot piggdekkslitasje.....	43
6.2 Deformasjonsegenskaper	44
6.3 Bestandighet.....	46
6.4 Forventet dekkelevetid	47
6.4.1 Ordinære dekker.....	47
6.4.2 Tynndekker	48
6.4.3 Porøse dekker	49
6.5 Friksjon.....	50
6.5.1 Sommerfriksjon.....	50
6.5.2 Vinterfriksjon	51
7 Spesialdekker	53
8 Drift og vedlikehold	54
8.1 Vinterdrift.....	54
8.2 Rensing av porøse dekker	55
9 Konsekvensanalyser	56
10 Anvendelse av miljøvennlige vegdekker	58
11 Konklusjoner og anbefalinger	59

<i>11.1 Prosjekter og aktiviteter som er i gang</i>	60
<i>11.2 Forslag til videre arbeid</i>	61
<i>11.3 Implementering av resultater fra prosjektet</i>	62
Litteratur	63
Vedlegg 1 Støysvake vegdekker, forsøksstrekninger	66

Sammendrag

Miljøvennlige vegdekker har vært et av Vegdirektoratets etatsprosjekter innen forskning og utvikling i perioden 2004-2008. Prosjektet er gjennomført ved Teknologivdelingen, Vegteknologiseksjonen i Trondheim i nært samarbeid med andre enheter i Statens vegvesen, entreprenører, forskningsinstitusjoner og andre eksterne samarbeidspartnere.

Prosjektets hovedfokus har vært på optimalisering av vegdekkenes miljøegenskaper for å bidra til reduksjon av støy- og støvplager fra vegtrafikk. Effektmålene har vært:

- **Færre støyplagede langs norske veier og gater**
- **Bedre luftkvalitet i tettbygde strøk**

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.

Med utgangspunkt i et sett av effekt- og resultatmål, er det laget en overordnet arbeidsstruktur for prosjektet. Denne består av i alt 10 arbeidspakker:

- Arbeidspakke 1: Prosjektadministrasjon
- Arbeidspakke 2: Utvikle strategi
- Arbeidspakke 3: Støv
- Arbeidspakke 4: Støy
- Arbeidspakke 5: Informasjon, formidling
- Arbeidspakke 6: Drift og vedlikehold
- Arbeidspakke 7: Forsøksdekker
- Arbeidspakke 8: Funksjonskrav
- Arbeidspakke 9: Konsekvensanalyser
- Arbeidspakke 10: Spesialdekker

Under gjennomføringen av etatsprosjektet er Arbeidspakke 2 og 8 slått sammen og beskrivelsen er justert til "Anvendelse, klassifisering og krav".

Hver arbeidspakke har vært en budsjettpost med egen kostnadsramme. Etatsprosjektets totale kostnadsramme inklusive indirekte kostnader har vært 15,5 mill kroner. I disse kostnadene er det ikke tatt med utgifter til dekkelegging ved feltforsøk. Disse er dekket over det ordinære dekkebudsjettene til regionene.

Støv

Arbeidspakke Støv har i hovedsak vært konsentrert om tre deloppgaver; feltforsøk, ringbaneforsøk og metodestudier. Som en integrert del av prosjektet har Brynhild Snilsberg gjennomført sitt dr.ing-studium. Dette arbeidet har stått sentralt i forhold til å oppnå målsetningen for arbeidspakken.

Den viktigste delen av feltforsøkene har vært innsamling av støvnedfall langs E 6 i Trondheim kommune. Målingene er gjennomført i to perioder i 2005 og to perioder i 2006. Et viktig delmål for feltforsøkene har vært å bestemme støvmengde og støvets sammensetning som en funksjon av høyden over gatenivået.

Ringbaneforsøkene har vært gjennomført for å teste slitasjeegenskapene til to norske dekketyper. Forsøkene ble utført under kontrollerte forhold med hensyn på temperatur og luftfuktighet ved en innendørs ringbane ved VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) i Sverige i to omganger. Første omgang ble gjennomført desember 2006/januar 2007, og andre omgang høsten 2007.

Metodestudiet har omfattet en rekke analyser for sammenlikning av resultater fra storskalaforsøk (ringbanen omtalt ovenfor), fra tester utført på asfaltprøver (inkl. støv generert under testingen) og fra tester utført på steinmaterialene.

Flere av resultatene fra ringbaneforsøkene indikerer at det er en entydig relasjon mellom piggdekkslitasjen og støvkonsentrasjonen i vegens nærhet. Det vil ut fra dette være sammenfallende interesse for å optimalisere asfaltdekkene med hensyn på best mulig slitestyrke og derved lengst mulig dekkelevetid, og et vegdekke som gir lavest mulig støvbelastning på vegens omgivelser.

Et annet viktig resultat som er dokumentert ved forsøk i ringbanen og i felt, er betydningen av redusert trafikkhastighet som et ledd i å redusere støvkonsentrasjonene i luften nær vegen.

Feltforsøk støv

Som en del av etatsprosjektet Miljøvennlige vegdekker er det i alt lagt 38 forsøksstrekninger med en samlet kjørefeltlengde på 36,5 km. Alle strekningene har vært etablert med hensyn på å oppnå gunstige støyegenskaper.

Øvre siktstørrelse	Sum kjørefeltlengde forsøksstrekning med angitt dekketype, km				
	Ab	Ska	Da	Annet	Sum
6 mm	7,5	0,7			8,2
8 mm	1,1	18,9	4,1	10,3	17,3
11 mm	1,1	3,1	6,6	0,5	11,3
16 mm		0,3			0,3
Sum	9,7	6,0	10,7	10,8	37,1

Dekketypen "Annet" omfatter både tynndekker og spesialdekker med gummitilsetning.

Som en del av arbeidet i prosjektet ble asfaltentreprenørene invitert til å delta i utviklingsarbeidet, inklusive laboratorietesting og optimalisering av asfaltmassens sammensetning med hensyn på støyegenskaper og andre viktige funksjonsegenskaper. Avtale ble inngått med Kolo Veidekke AS, Lemminkainen Norge AS og NCC Roads AS etter en begrenset tilbudskonkurranse med forhandlinger. Disse tre entreprenørene gjennomførte et betydelig utviklingsarbeid i laboratorium, som dannet grunnlaget for en utprøving i feltforsøk med de asfaltmasser som i laboratoriet hadde vist gunstige egenskaper.

Den mest omfattende utprøving i felt ble gjennomført på Rv 170 ved Bjørkelangen i Akershus, hvor det i 2006 ble lagt ut tre forsøksfelt med drensasfalt i to lag samt et referansefelt av drensasfalt Da 11.

Støymålinger med CPX

Statens vegvesen anskaffet i 2005 en CPX-tilhenger for måling av vegdekkers støyegenskaper. Målebilen er i etatsprosjektet blitt stilt til disposisjon for SINTEF som også har gjennomført alle målinger.

Støymålinger er gjennomført med CPX-tilhengeren på alle forsøksstrekningene som inngår i etatsprosjektet, totalt 38 strekninger, samt på 47 strekninger på asfaltdekker lagt som en del av den ordinære dekkefornyelsen. Den eldste strekningen består av skjelettasfalt, Ska 11, fra 1991.

På de fleste strekninger er det gjennomført målinger i begge kjørefelt. Hvor dette ikke har vært mulig, hovedsakelig på grunn av at dekket bare ligger i ett av kjørefeltene, er det utført to parallellmålinger i det samme kjørefeltet. Alle støyresultater er korrigert til 20°C lufttemperatur.

Vegdekkenes støyegenskaper er vurdert i forhold til en referanse som vis nedenfor. Denne representerer et gjennomsnitt av CPX-målinger på skjelettasfalt Ska 11-dekker med en dekkealder som er mer enn ett år.

50 km/t: 93,0 dB(A)
80 km/t 100,0 dB(A)

Resultatene fra støymålingene kan sammenfattes i følgende tabell over normaliserte verdier for vegdekkers støyegenskaper.

Dekketype	Gjennomsnittlig støy nivå dB(A), CPX-målinger			
	50 km/t		80 km/t	
	Nylagt	Slitt (1-7 år)	Nylagt	Slitt (1-7 år)
Referansenivå		93		100
Ab6	88	91	94	97.5
Ab8	88.5	91.5	95	98.5
Ab11	90	92	97	99
Ab16	91	93	99	101.5
Ska6	88	91	94.5	97.5
Ska8	89	91.5	96	99
Ska16	92.5	93.5	99	100.5
Agb11 ²⁾	90	92	97	99
T8 (tynndekke)	90.5	92.5	96.5 ²⁾	98.5 ²⁾
Drens –ettlags Da8	87	91	92	97
Da11	89	91	94	97
Drens – tolags Da8 ¹⁾	86.5	90	91.5	97
Da11 ¹⁾	88.5	90	94	97
Planfrest ³⁾	+ 2	+2	+3	+3
Belegningsst. ³⁾	0	0	0	0
Gatestein ³⁾	+5	+5	+6	+6
Profilert vegm ³⁾⁴⁾	+1-6	+1-6	+3-10	+3-10

- 1) For slitte dekker er dataene kun basert på 2 år gamle dekker
- 2) Estimerte data
- 3) Estimerte data - verdier gjelder tillegg i forhold til Ska 11
- 4) Økningen er avhengig av type av profilmerking, høyest (+10 dB) av type longflex

De norske støymålinger viser at de gunstige støyegenskaper man oppnår for et nylagt asfaltdekke i forhold til referansen av Ska 11 endres etter få år. Endringen er størst den første vinteren etter nylegging. Det er grunn til å anta at piggdekkslitasjen og endringen i vegdekkets overflatetekstur forklarer det meste av de målte endringer i støyegenskapene.

Teksturanalyser

Teksturanalysene har i hovedsak vært rettet mot to problemstillinger:

- å undersøke sammenhengen mellom tekstur og støy
- å analysere mulige koblinger mellom tekstur og påvirkningsparametre som trafikk, dekkealder og forskjellige materialdata for vegdekkene.

Hovedtyngden av teksturmålingene er gjennomført i 2007 og 2008. Det er for analysene lagt vekt på at tekstur- og støymålingene omfatter de samme vegstrekningene, og det ble tilstrebet i størst mulig grad å utføre støy- og teksturmålinger på samme tid.

Alle teksturanalyser har vært konsentrert om tette (ikke porøse) asfaltdekker, og omfatter i alt 28 forsøksstrekningene lagt som en del av etatsprosjektet, og 9 strekninger lagt som en del av den ordinære dekkefornyelsen på vegnettet. De statistiske analysene er gjennomført som lineære, flervariabelte regresjonsanalyser.

Analysen viser at en rimelig modell for støynivået målt med CPX, $L_{cpx}(A)$, kan skrives som en funksjon av variablene D og DL på formen:

$$L_{cpx}(\text{mod}) = 90.54 + 0.158 \cdot D + 0.206 \cdot DL$$

hvor D er asfaltmassens øvre siktstørrelse (mm) og DL er differansen i teksturnivået mellom 80 og 5 mm senterbølgelengde.

I arbeidet med å utvikle asfaltdekker som er mest mulig motstandsdyktig mot piggdekkslitasje, har man i mange år vært klar over og lagt vekt på at den groveste delen av steinmaterialene skal være mest mulig slitesterkt, samt at andelen grov stein skal være størst mulig. Arbeidene med å utvikle en mest mulig slitesterk asfaltmørtel er langt mer komplisert og uoversiktlig, og denne kunnskapen er relativt begrenset. Det er behov for et større fokus på asfaltmørtelens egenskaper dersom man skal kunne utvikle et asfaltdekke som bevarer en overflatetekstur som er gunstig for støyegenskapene, over lengre tid.

Spesialdekker

Arbeidet med spesialdekker har vært konsentrert om to aktiviteter. Den ene bestod i et litteraturstudium. Formålet med litteraturstudiet var å få en oppdatering med hensyn på de siste års erfaringer med poroelastiske vegdekker i andre land.

Den andre delen har bestått i proporsjonering, tillaging av prøver og testing i laboratoriet av noen spesielle asfaltsammensetninger. Det ble i alt gjennomført tester på fem forskjellige asfaltsammensetninger. Alle karakteriseres ved høye bindemiddelinhold. Alle massetypene har relativt sterkt modifiserte bindemidler, tre av massetypene er tilsatt gummigranulat. Tre av massetypene har 2 mm øvre siktstørrelse, mens to har 8 mm øvre siktstørrelse.

Friksjon

Vegdekkenes friksjonsegenskaper er fulgt opp gjennom regelmessige friksjonsmålinger på forsøksfeltene. Friksjonsmålingene er utført med Statens vegvesens målebil ROAR Mark III hvor målingene er utført med fast slipp. Målingene er utført ved hastigheter mellom 50 og 60 km/t avhengig av skiltet hastighet. Resultatene er korrigert til en friksjonsverdi ved 60 km/t.

De fleste av strekningene som har inngått i måleprogrammet, har fullt ut tilfredsstillende friksjonsegenskaper. Blant de positive resultatene finnes det ett unntak. Dette gjelder strekningen med Ab 6 på E 6 i Stange i Hedmark. På denne strekningen fikk man gode friksjonsverdier på nylagt dekke, men ved alle seinere målinger har resultatene ligget relativt lavt, med en friksjonskoeffisient på 0,5 – 0,6. Også disse verdiene er akseptable i forhold til vedlikeholdsstandardens krav.

Vinterdrift

Oppfølgingen av vinterdriften har i hovedsak omfattet regelmessige friksjonsmålinger i vinterperioden, målinger av fuktighet og saltmengde på vegbanen, samt kontakt med de som hadde funksjonskontraktene for driften på de aktuelle strekninger. Oppfølgingen omfattet vintersesongene 2006/07 og 2007/08.

Vinterfriksjonen er fulgt opp spesielt på Rv 170 ved Bjørkelangen i Akershus. Alle forsøksstrekningene har bedre friksjonsegenskaper enn de ordinære dekkene, til tross for at de ikke er gjennomført noen form for intensivt vinterdrift på forsøksstrekningene. Man har ikke registrert økt behov for salting på de porøse dekkene, verken i antall saltingstiltak eller i saltmengde.

På Rv 170 ved Bjørkelangen ble det våren 2007 utført forsøk med rensing av porøse dekker på deler av forsøksfeltene. Effekten av rensingstiltakene ble vurdert ut fra målinger av støy og permeabilitet før og etter utførte rensingstiltak, friksjonsmålinger og støymålinger. Disse resultatene ble vurdert opp mot tilsvarende målinger på de deler av forsøksstrekningene hvor det ikke ble utført rensingstiltak. Effekten av rensing ble vurdert som liten i forhold til kostnadene.

Konsekvensanalyser

Transportøkonomisk institutt har som en del av NFR-prosjektet ”TORNADO”-/PROFO og EU-prosjektet SILVIA utviklet en modell for beregning av kostnads-effektiviteten og for beregning av nytte- kostnadsforholdet ved anvendelse av støysvake vegdekker. Senere er modellen videreutviklet til blant annet å inkludere støv som en prissatt miljøfaktor, samt med oppdaterte inngangsdata basert på støymålinger utført i prosjektperioden.

For veger med ÅDT = 7 500 (tofelts veg) og antall berørte boliger = 100, viser følsomhetsanalysen at det bare er støysvakt tynndekke T 8x (”beste potensiale”) som har det meste av sannsynlighetsmassen for netto nytte større enn 0.

Dekketype	Minste antall boliger pr km veg for nytte/kostnad > 2,0	
	ÅDT = 7500 to kjørefelt	ÅDT = 12 500 fire kjørefelt
Ab11 ¹⁾	-	-
Ab 8 ¹⁾	-	-
Ab 6 ¹⁾	-	-
Støysvakt tynndekke T 8	33	97
Støysvakt tynndekke T 8x ²⁾	13	42
Ettlags Da 11	125	326
Tolags Da 11/Da 16	328	825
Tolags Da 8/Da 16	255	614
Tolags Da 11 ²⁾ /Da 16	125	325

1) Nyttetekostnadsbrøk $\geq 2,0$ ble ikke oppnådd for Ab-dekkene pga for høyt partikkelutslipp

2) Antatt beste potensiale

Anbefalinger

Tynndekker er den dekketyper som kommer best ut i nyttekostnadsanalysen. Dette skyldes at det er et billig alternativ som har relativt bra effekt på støyreduksjon og tilfredsstillende slitestyrke. Utenlandske erfaringer tilsier dessuten at det er potensial for større støyreduksjon enn hva som er målt på forsøksdekkene i Norge. Denne dekketyper bør derfor ansees som et interessant dekkealternativ og det anbefales at tynndekker tas i bruk der forholdene ligger til rette for det.

Tette dekker (Ab og Ska) med øvre siktstørrelse, $D \leq 8$ mm er også gunstige med hensyn på støyreduksjon, men oppnår ikke like høy nytte-kostnadsbrøk som tynndekker pga. høyere partikkelutslipp. Laboratorieforsøk har imidlertid vist at motstanden mot piggdekkslitasje kan forbedres ved fokus på god steinkvalitet og mengde stein > 2 mm i asfaltmassen, samt optimalt valg av bindemiddel, polymer-modifisering og filler for å få en slitesterk mørtel. Det anbefales derfor også anvendelse av denne gruppen av asfaltdekker, spesielt på vegger med lav piggdekkandel.

Forslag til kriterier for valg av miljøvennlige vegdekker er vist i tabellen nedenfor.

Kriterier for valg	Dekker $D \leq 8$ inkl. tynndekker	Drensasfalt	
		Ettlåg	Tolag
Hastighetsnivå (km/t)	40 - 80	≥ 70	≥ 70
Andel piggfrie dekk (%)	0 - 100	> 70	> 70
Tofelts vegger			
ÅDT	> 3000	> 5000	> 5000
Støyutsatte boenheter pr km	> 30	> 100	> 200
Firefelts vegger			
Støyutsatte boenheter pr km	> 100	> 300	> 600
Andre forutsetninger		Plant underlag og god drenering	Plant underlag og god drenering

Det anbefales å være tilbakeholden i forhold til en generell anvendelse av porøse dekker på norske vegger, og at denne dekketyper foreløpig tas i bruk kun i helt spesielle tilfeller. Begrunnelsen er at vi har liten erfaring med langtids tilstandsutvikling og funksjonell levetid for porøse dekker, og at den støydempende effekten avtar forholdsvis raskt.

Det anbefales at flere av de problemstillinger som er behandlet i etatsprosjektet, blir videreført. Noen av de mest sentrale er kort omtalt nedenfor.

En viktig oppgave består i å følge opp de forsøksfelt som er etablert, både med hensyn på støy, tekstur og funksjonell levetid. En slik oppfølging vil være helt nødvendig for å få optimal nytte av det arbeidet som er nedlagt i etatsprosjektet.

Arbeidet med tynndekker og spesialdekker med $D < 8$ mm bør også videreføres. Det bør legges særlig vekt på asfalmørtelens motstandsevne mot piggdekkslitasje og dens betydning for å redusere endringene i vegdekkenes overflatetekstur og støyegenskaper.

Det anbefales videre at Håndbok 018 Vegbygging og støyberegningsprogrammet Nord 2000 oppdateres i forhold til den kunnskap som er ervervet gjennom etatprosjektet Miljøvennlige vegdekker.

Utarbeidelse av helhetlige planer for støytiltak der en tar utgangspunkt i støykart og hvor valg av miljøvennlige vegdekker inngår ved siden av andre tiltak, er et annet område som anbefales videreført.

1 Bakgrunn

Miljøvennlige vegdekker har vært et av Vegdirektoratets etatsprosjekter innen forskning og utvikling i perioden 2004-2008. Prosjektet er gjennomført ved Teknologivdelingen, Vegteknologiseksjonen i Trondheim i nært samarbeid med andre enheter i Statens vegvesen, entreprenører, forskningsinstitusjoner og andre eksterne samarbeidspartnere.

Prosjektets hovedfokus har vært på optimalisering av vegdekkenes miljøegenskaper for å bidra til reduksjon av støy- og støvplager fra vegtrafikk. Effektmålene har vært:

- **Færre støvplagede langs norske veger og gater**
- **Bedre luftkvalitet i tettbygde strøk**

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.

1.1 Støv

Stortingsmelding nr 25 (2002-2003) om Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand har som ett av fire nasjonale resultatmål for lokal luftkvalitet angitt at *Døgnmiddelkonsentrasjonen av svevestøv (PM₁₀) skal innen 2005 ikke overskride 50 µg/m³ i mer enn 25 dager pr. år og innen 2010 ikke mer enn 7 dager pr. år.* Dette målet ligger over Forurensningsforskriftens krav som er satt til maksimalt 35 dager pr år innen 1. januar 2005 med døgnmiddelkonsentrasjon på 50 µg/m³ (PM₁₀) eller mer.

Målet i Stortingsmelding nr 25 er gjentatt i Stortingsmelding nr 26 (2006-2007) om ”Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand”. I denne er det bl.a. presisert følgende:

De nasjonale målene for luftkvalitet gjelder for hele landet. Det er i 2005 gjort beregninger av luftkvaliteten i Oslo og Trondheim. Beregningene viser at de nasjonale resultatmålene for svevestøv (PM₁₀) og benzen overskrides. Målinger fra andre byer viser også overskridelser av målet for PM₁₀. Det er angitt at det kan bli vanskelig å overholde målet i 2010 og at det sannsynligvis må iverksettes ytterligere tiltak enn de som er gjennomført til nå.

Stortingsmeldingen angir videre at beregninger for Oslo viser at over 230 000 mennesker (ca. 46 prosent av befolkningen) bor i områder som utsettes for overskridelser av det nasjonale målet for svevestøv for 2010. Beregningene viser at hovedkildene til overskridelsene er vedfyring og veitrafikk. Veinært bidrar veitrafikk med 73 prosent av konsentrasjonsnivået, vedfyring med 15 prosent, og langtransportert svevestøv med 10 prosent. Siden 2003 har veitrafikkens andel økt med tre prosent og langtransportbidraget gått ned med tre prosent.

For Trondheim viser beregninger for 2005 at mer enn 20 000 personer bor i områder som utsettes for konsentrasjoner over nasjonalt mål for 2010. Selv om framskrivninger viser reduksjon av svevestøvkonsentrasjoner, vil det bli vanskelig å nå det nasjonale målet for svevestøv i 2010 uten ytterligere tiltak eller at styrken i de eksisterende tiltakene økes. De fleste som blir utsatt for overskridelser av det

nasjonale målet i 2010 vil først og fremst være bosatt i sentrumsnære byområder og langs de mest trafikkerte hovedveiene.

Øke piggfriandelen

Økt andel piggfrie vinterdekk er et svært effektivt tiltak for å redusere asfaltslitasje, og det har også effekt på støynivået. Innføring av piggdekkavgift er et av virkemidlene kommunene kan ta i bruk for å redusere svevestøvkonsentrasjoner.

Piggdekkavgiften har vært effektiv og ført til reduksjon av svevestøv fra vegtrafikken i Oslo, Trondheim og Bergen. I 2006 kjørte henholdsvis 81 og 65 prosent av bilene i Oslo og Trondheim med piggfrie dekk. Det er beregnet at antall personer som utsettes for overskridelser over nasjonale mål for svevestøv vil bli redusert med henholdsvis 72 og 59 prosent fra 2005 til 2010 dersom piggfriandelen i Oslo og Trondheim økes til henholdsvis 85 og 75 prosent. Oslo kommune har et mål om 90 prosent piggfriandel.

Statens forurensningstilsyn har vurdert at det nasjonale målet for PM10 for 2010 kan nås flere steder hvis piggdekkbruken reduseres til et minimum i kombinasjon med andre tiltak. Effektene på piggdekkstøv og trafiksikkerhet må imidlertid vurderes nærmere før det oppfordres til en høyere piggfriandel enn 90 prosent og før eventuelle nye virkemidler tas i bruk.

Stortingsmeldingen drøfter en rekke forskjellige tiltak for å redusere støvbelastningen fra vegtrafikken. En stor del av disse tiltakene har vært sentrale i gjennomføringen av etatsprosjektet Miljøvennlige vegdekker.

1.2 Støy

Stortingsmelding nr 25 (2002-2003) om Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand hadde som resultatmål for lokal luftkvalitet angitt at ”*Støyplagen skal reduseres med 25 prosent innen 2010 i forhold til 1999*”.

Dette målet er i Stortingsmelding nr 26 (2006 – 2007) redusert til 10 prosents reduksjon innen 2020 i forhold til 1999. Antall personer utsatt for over 38 dB innendørs støynivå skal reduseres med 30 prosent innen 2020 i forhold til 2005.

Endringen i resultatmålet for støy er et resultat av den evaluering av målet som var varslet i Stortingsmelding nr 8 (1999 – 2000). Det presiseres at reduksjonen er gjort ut fra en erkjennelse om at utviklingen av tiltakene ikke vil kunne gjennomføres på så kort sikt som opprinnelig antatt. Også det nye målet ansees ambisiøst og *forutsetter en betydelig styrket innsats nasjonalt og en betydelig utvikling internasjonalt.*

I Stortingsmeldingen er det videre angitt at *en slik ambisiøs målsetting krever tiltak som i vesentlig omfang reduserer støyen ved kilden. Tiltak som reduserer støyen ved kilden gir effekt for flere støyutsatte til langt lavere kostnader enn tiltak som fasadeisolering og støyskjerming.*

Støysvake vegdekker

Potensialet for støyreduksjon ved kilden ved økt bruk av støysvake vegdekker er betydelig. Vi mangler imidlertid erfaringsgrunnlag i Norge for å bedømme bestandighet og varighet av støysvake vegdekker, og støyeffekten av vegdekkene. I Norden har vi også utfordringer knyttet til blant annet frostsprengning og drenering av drengasfalt, samt gjentetting av porene på grunn av asfaltstøv fra piggdekkbruk.

Regjeringen vil derfor øke satsingen på utvikling og utprøving av støysvake vegdekker ved å videreføre og styrke prosjektet «miljøvennlige vegdekker». Regjeringen vil også delta i internasjonalt samarbeid om FoU på tynndekker og vegbanetekstur og i internasjonalt samarbeid om utvikling, utprøving og vurdering av andre typer støysvake vegdekker. Videre tar regjeringen sikte på at det skal legges støysvake vegdekker på et utvalg støybelastede strekninger. Dette forutsetter at FoU-arbeidet gir tilfredsstillende resultater mht vegdekkenes egenskaper og samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Fart

En reduksjon av gjennomsnittsfarten på 5–10 km/t kan redusere støynivåene med 1–2 dB, avhengig av tungtrafikkandelen. Dette er et lite kostnadskrevende tiltak som også gir lavere partikkelutslipp til luft, bedre framkommelighet for gående og syklende, og færre og mindre alvorlige ulykker. Regjeringen vil derfor vurdere å sette ned fartsgrensene til 30 og 40 km/t på et utvalg veger i byer og tettbygde strøk, vurdere mer bruk av fartsgrense 60 km/t på enkelte innfartsårer til de største byene og fremme utvikling og bruk av teknikker som gjør at fartsgrensene i større grad overholdes.

9.5.3.8 Høyere piggfriandel

Økt piggfriandel vil gi redusert støy. Høyere piggfriandel gir også mindre vegdekkelitasje og mindre tiltetting av drengasfalt, og gir dermed bedre mulighet for å bruke mer støysvake vegdekker. Regjeringen vil arbeide for høyere piggfriandel i byene gjennom å vurdere virkemidler som fremmer høyere piggfriandel og å påvirke kommunene til å benytte virkemidler som fremmer høyere piggfriandel, for eksempel piggdekkavgift.

Forurensningsforskriften

Ifølge Forurensningsforskriften (FOR-2004-06-01-931) kapittel 5, er det krav om tiltak dersom gjennomsnittlige støynivået innendørs overskrider $L_{\text{ekv},24\text{h}}$ 42 dB(A).

Forurensningsforskriften pålegger også anleggseier å kartlegge utendørs støy fra de mest trafikkerte vegene/flyplassene/togstrekningene, samt å utarbeide handlingsplaner for å redusere støy i disse områdene. For vegtrafikkstøy gjaldt dette veger med årsdøgntrafikk på 16 400 eller mer i første fase (2007/2008), og i andre fase (2011/2012) gjelder dette veger med årsdøgntrafikk på 8 200 eller mer.

I forskriftens vedlegg 3 er det blant annet gitt eksempler på tiltak for å redusere støyulempene, hvorav støysvake vegdekker kan betraktes som ett av flere aktuelle ”tekniske tiltak ved støykilder”.

2 Etatsprosjektets mål og resultatkrav

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

For etatsprosjektet er resultatmålene angitt i fire punkter som er gjengitt nedenfor.

A. Støymåling

Skaffe oversikt over støyegenskapene til dagens norske vegdekker og finne realistisk potensial for støyreduksjon ved å benytte mer støysvake vegdekker.

B. Funksjonskrav

Utvikle funksjonskrav for tette og åpne dekker for bruk i tettbygde strøk. Funksjonskrav betyr i denne sammenheng krav til støyreduserende effekt og til varighet av denne (evt. teksturkrav) samt krav til sporutvikling og støvsammensetning. Kravene skal differensieres ut fra trafikkmengde, piggdekkandel, hastighet og klima.

C. Konsekvensanalyser

Gjennomføre en konsekvensanalyse som synliggjør effekten av å ta i bruk miljøvennlige vegdekker i Norge. Konsekvensanalysen bør minimum belyse:

- Økonomiske forhold
- Trafikksikkerhetsmessige forhold
- Miljømessige forhold
- Helsemessige forhold

D. Strategi

Utarbeide strategi for anvendelse av miljøvennlige vegdekker i Norge. Denne bør minimum angi:

- Hvor slike dekker bør anvendes.
- Suksesskriterier for å få tatt miljøvennlige vegdekker i bruk.
- Hva slags informasjon/opplæring som må til for at aktørene skal kunne ta miljøvennlige vegdekker i bruk.
- Hvordan miljøgevinster skal måles i etterkant.

E. Informasjon og opplæring

Avholde en til to fagdager underveis i prosjektperioden og et avsluttende fagseminar hvor resultatene fra prosjektet blir presentert. Prosjektets resultater gjøres kjent på egen nettsted, i "Vegen og vi", "Våre veger" og andre tidsskrifter/arenaer løpende gjennom hele prosjektperioden.

3 Gjennomføring av prosjektet

3.1 Prosjektplan

Med utgangspunkt i de effekt- og resultatmål som er gjengitt ovenfor, er det laget en overordnet arbeidsstruktur for prosjektet. Denne består av i alt 10 arbeidspakker:

Arbeidspakke 1: Prosjektadministrasjon

Arbeidspakke 2: Utvikle strategi

Arbeidspakke 3: Støv

Arbeidspakke 4: Støy

Arbeidspakke 5: Informasjon, formidling

Arbeidspakke 6: Drift og vedlikehold

Arbeidspakke 7: Forsøksdekker

Arbeidspakke 8: Funksjonskrav

Arbeidspakke 9: Konsekvensanalyser

Arbeidspakke 10: Spesialdekker

Under gjennomføringen av etatsprosjektet er Arbeidspakke 2 og 8 slått sammen og beskrivelsen er justert til "Anvendelse, klassifisering og krav".

Hver arbeidspakke har vært en budsjettpost med egen kostnadsramme. Etatsprosjektets totale kostnadsramme inklusive indirekte kostnader har vært 15,5 mill kroner. I disse kostnadene er det ikke tatt med utgifter til dekkelegging ved feltforsøk. Disse er dekket over det ordinære dekkebudsjettene til regionene.

3.2 Støv

Målet for Arbeidspakke støv kan beskrives i følgende punkter:

- Skaffe oversikt over kunnskap i de nordiske land og avklare hovedutfordringer i forhold til svevestøv fra vegtrafikk.
- Dokumentere kilder til svevestøv og hvordan svevestøv dannes (karakterisering)
- Gjennom tester i felt og laboratorier finne ut hvilke faktorer som er sentrale i forhold til generering av svevestøv.
- Komme med råd og anbefalinger med hensyn til massesammensetning for miljøvennlige vegdekker.

Som en integrert del av prosjektet har Brynhild Snilsberg gjennomført sitt dr.ing-studium med tittel "Pavement wear and airborne dust pollution in Norway - Characterization of the physical and chemical properties of dust particles", (Ref. 11). Dette arbeidet har stått sentralt i forhold til å oppnå målsetningen for arbeidspakken.

Arbeidet har i hovedsak vært konsentrert om tre deloppgaver; feltforsøk, ringbaneforsøk og metodestudier (Ref. 12).

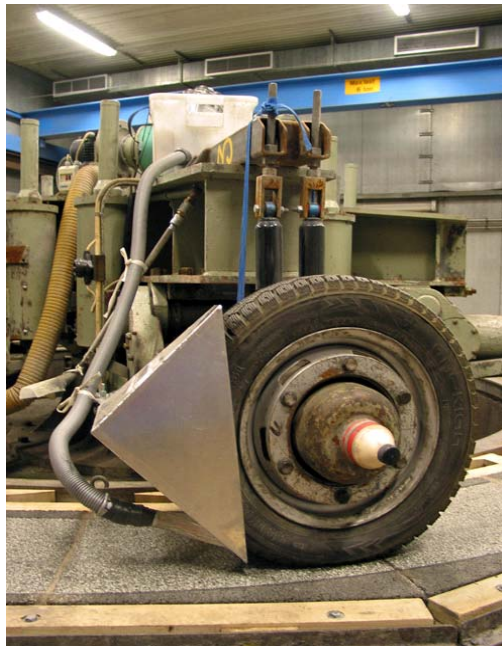
Den viktigste delen av **feltforsøkene** har vært innsamling av støvnedfall langs E 6 i Trondheim kommune (Elgesetergate, bymessig bebyggelse, skiltet hastighet 50 km/t) for å bestemme mengde støvnedfall per arealenheter per 30 dager, samt en karakterisering av den organiske og uorganiske delen av støvet. Målingene er gjennomført i to perioder i 2005 og to perioder i 2006. Et viktig delmål for feltforsøkene har vært å bestemme støvmengde og støvets sammensetning som en funksjon av høyden over gatenivået.

Ringbaneforsøkene har vært gjennomført for å teste slitasjeegenskapene til to norske dekketyper og få produsert støv under kontrollerte forhold. Forsøkene ble utført under kontrollerte forhold med hensyn på temperatur og luftfuktighet ved en innendørs ringbane ved VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) i Sverige i to omganger. Første omgang ble gjennomført desember 2006/januar 2007, og andre omgang høsten 2007.

Målet med ringbaneforsøkene var primært å få klarlagt betydningen av følgende parametre for generering av støv fra vegdekket:

- Piggdekkandelen (forholdet piggdekk / piggfrie friksjonsdekk)
- Hastigheten (30, 50 og 70 km/t)
- Asfaltdekkets grovhet (Skjelettasfalt Ska 8 vs Ska 11)

I tillegg til registrering av støvkonsentrasjonen i det lokalet ringbanen var plassert, ble det etablert et eget opplegg for innsamling av støv rundt bildekket, se figuren nedenfor.



Figur 1 System for innsamling av støv rundt bildekk, VTI

Metodestudiet omfattet en rekke analyser for sammenlikning av resultater fra storskalaforsøk (ringbanen omtalt ovenfor), fra tester utført på asfaltprøver (inkl. støv generert under testingen) og fra tester utført på steinmaterialene (inkl. finstoff generert under testingen).

Til å karakterisere støvet som ble generert ved de metoder som er beskrevet ovenfor, ble partikkelstørrelsesfordelingen bestemt ved Coulter LS, mengden organisk materiale ved glødetap, mineralsammensetningen ved røtgendiffraksjon og støvkornenes spesifikke overflateareal ved BET-analyser.

3.4 Støy

Som en del av Miljøvennlige vegdekker anskaffet Statens vegvesen i 2005 en CPX-tilhenger for måling av vegdekkers støyegenskaper. Målebilen er levert av firmaet M+P i Nederland. Målebil og tilhenger er vist i figur 2 nedenfor. Målebilen er i etatsprosjektet blitt stilt til disposisjon for SINTEF som også har gjennomført alle målinger, (Ref. 9).



Figur 2 Statens vegvesens CPX-måler

Støymåling etter CPX-metoden (Close Proximity Method) er basert på ISO-standarden ISO/CD 11819-2, versjon 2008. Endelig godkjenning av metoden som en internasjonal standard forventes 2011/2012.

Tilhengeren er utrustet med to dekk, og alle målinger er gjennomført med et referansedekk av type A, Avon ZV1, på begge sider. Denne dekktypen er i standarden valgt å representere vegdekkers støyegenskaper relatert til lette biler. Med samme dekk på begge sider vil man få parallelle støydata fra begge hjulspor i kjørebanelen.

Støymålingene gjennomføres over vegstrekninger med lengde minst 100 meter og ved hastighetene 50 og 80 km/t. Støydataene bearbeides til et A-vektet støynivå. I tillegg beregnes $1/3^{\text{rd}}$ oktavnivå i frekvensområdet fra 315 Hz til 5 kHz.

Støymålinger er gjennomført med CPX-tilhengeren på alle forsøksstrekningene som inngår i etatsprosjektet, totalt 38 strekninger, samt på 47 strekninger på asfaltdekker lagt som en del av den ordinære dekkefornyelsen. Den eldste strekningen består av skjelettasfalt, Ska 11, fra 1991.

På de fleste strekninger er det gjennomført målinger i begge kjørefelt. Hvor dette ikke har vært mulig, hovedsakelig på grunn av at dekket bare ligger i ett av kjørefeltene, er det utført to parallellmålinger i det samme kjørefeltet. Alle støyresultater er korrigert til 20°C lufttemperatur.

Vegdekkenes støyegenskaper er vurdert i forhold til en referanse som vis nedenfor. Denne representerer et gjennomsnitt av CPX-målinger på skjelettasfalt Ska11-dekker med en dekkealder som er mer enn ett år.

50 km/t:	93,0 dB(A)
80 km/t	100,0 dB(A)

I tillegg til statistiske analyser av resultatene fra støymålingene med beregning av gjennomsnittsverdier, standardavvik og 90% konfidensintervall, er vegdekkens støyegenskaper analysert i forhold til dekkealder.

3.5 Dekkets overflatetekstur

Analyser av vegdekkets overflatetekstur er helt sentralt i forståelsen av vegdekkens støyegenskaper, spesielt med tanke på endringer over tid på vegdekker utsatt for piggdekkslitasje. Det skilles normalt mellom, mikrotekstur, makrotekstur og megatekstur.

Mikroteksturen karakteriseres ved en bølgelengde mindre enn 0,5 mm. Denne tekturen er i hovedsak knyttet til ruheten i steinmaterialenes overflate.

Mikroteksturen er normalt av mindre betydning for vegdekkets støyegenskaper, men kan sannsynligvis relateres til støvgenereringen ved piggenes påkjenning på steinoverflaten.

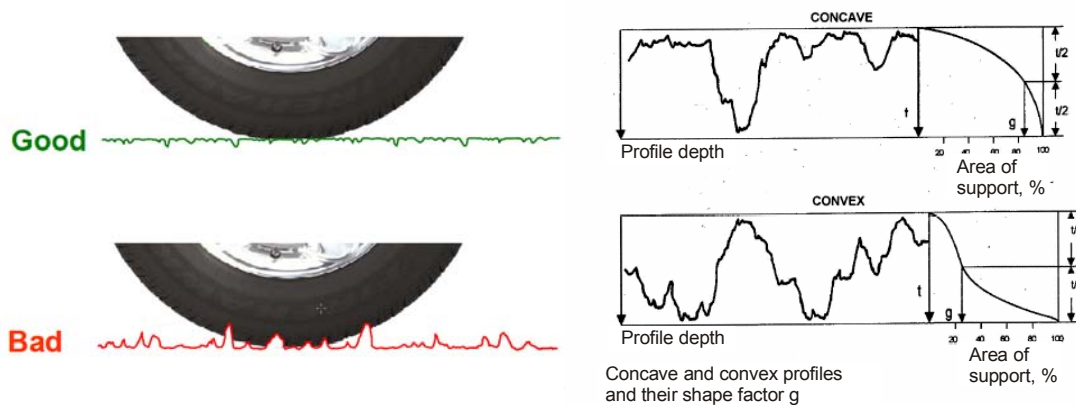
Makroteksturen karakteriseres ved en bølgelengde fra 0,5 til 50 mm. Det er denne tekturen som først og fremst er av betydning for vegdekkets støyegenskaper. De teksturanalyser som er gjennomført i Miljøvennlige vegdekker, er rettet mot vegdekkens makrotekstur.

Megateksturen karakteriseres ved en bølgelengde fra 50 til 500 mm. Også megateksturen er av betydning for vegtrafikkstøy, men da primært gjennom rystelser i kjøretøyet.

Som en del av grunnlagsdatatene for det ordinære dekkevedlikeholdet i Norge utføres det årlige målinger av spor og jevnhet på hele riksvegnettet og en vesentlig del av fylkesvegnettet. Disse målebilene er i de seinere år blitt utrustet for registrering dekkeoverflatens tekstur. Tradisjonelt har målingene blitt benyttet til å beregne vegoverflatens midlere profildybde, som er et relativt enkelt uttrykk for vegoverflatens ruhet. Måleresultatene kan imidlertid også benyttes til mer detaljerte analyser av tekturen. De viktigste parametre i de utvidede analysene er teksturens formfaktor (G-faktor) og frekvensanalyser av tekturen.

Teksturens formfaktor og dens betydning er illustrert i skissen nedenfor. I den øverste delen av figuren er det vist en tekstur med G-faktor i størrelsesorden 0,85 som karakteriseres ved en slett overflate med porer. Dette er typisk for mange nylagte asfaltdekker.

Den nederste delen av figuren viser en overflate med enkelte oppstikkende steiner. G-faktoren er angitt til 0,25, som er svært ugunstig for vegdekkets støyegenskaper. Dette kan noe forenklet karakterisere vegdekket etter en tids piggdekkslitasje.



Figur 3 Prinsippskisse av teksturens innvirkning på støy

Teksturanalysene i Miljøvennlige vegdekker har omfattet bestemmelse av midlere profildybde, G-faktoren og frekvensanalyser av makroteksturen. For beregning av teksturspektra ble anbefalingene i ISO/TS 13473-4 i hovedsak fulgt.

I tillegg til å utvikle rasjonelle og effektive metoder for å bearbeide og kvalitetssikre måledata fra målebilen, har arbeidet med teksturparametrene for norske vegdekker vært konsentrert om følgende deloppgaver:

- å undersøke sammenhengen mellom tekstur og støy
- å analysere mulige koblinger mellom tekstur og påvirkningsparametre som trafikk, dekkealder og forskjellige materialdata for vegdekkene.

Hovedtyngden av teksturmålingene er gjennomført i 2007 og 2008. Det er for analysene lagt vekt på at tekstur- og støymålingene omfatter de samme vegstrekningene, og det ble tilstrebet i størst mulig grad å utføre støy- og teksturmålinger på samme tid. I 2007 kunne det gå opp til 4 uker mellom støy- og teksturmålinger, mens tidsintervallet i 2008 var innenfor 1 – 2 uker.

Alle teksturanalysene har vært konsentrert om tette (ikke porøse) asfaltdekker, og omfatter i alt 28 av forsøksstrekningene som er omtalt i kap 3.6 nedenfor, og 9 strekninger lagt som en del av den ordinære dekkefornyelsen på vegnettet. De statistiske analysene er gjennomført som lineære, flervariabelte regresjonsanalyser.

3.6 Forsøksdekker

Som en del av etatsprosjektet Miljøvennlige vegdekker er det i alt lagt 38 forsøksstrekninger med en samlet kjørefeltlengde på 36,5 km. Alle strekningene har vært etablert med hensyn på å oppnå gunstige støyegenskaper. En oversikt over forsøksstrekningene fordelt over årene er vist i tabellene nedenfor.

Den første tabellen viser fordelingen av forsøksstrekninger i de enkelte år i perioden. Den andre tabellen viser sum kjørefeltlengde med forsøksstrekninger fordelt på hovedtype asfaltdekke og øvre siktstørrelse for massen.

Leggeår	Antall strekninger	Sum kjørefeltlengde, km
2005	19	8,943
2006	8	7,120
2007	9	17,030
2008	2	4,050
Sum	38	37,143

Tabell 1 Forsøksstrekninger etablert under etatsprosjektet

Øvre siktstørrelse	Sum kjørefeltlengde forsøksstrekning med angitt dekketype, km				
	Ab	Ska	Da	Annet	Sum
6 mm	7,5	0,7			8,2
8 mm	1,1	18,9	4,1	10,3	17,3
11 mm	1,1	3,1	6,6	0,5	11,3
16 mm		0,3			0,3
Sum	9,7	6,0	10,7	10,8	37,1

Tabell 2 Forsøksstrekningene fordeling med hensyn til dekketyper

Dekketypen "Annet" omfatter både tynndekker og spesialdekker med gummitilsetning. Oversikten i tabellene over omfatter også de referansestrekninger som ble lagt som en del av forsøkene.

En mer fullstendig oversikt over alle forsøksstrekningene er vist i Vedlegg 1. I dette vedlegget er det også vist noen kartutsnitt hvor start og stopp for forsøksfeltene er lagt inn.

Som en del av arbeidet med Miljøvennlige vegdekker ble asfaltentreprenørene invitert til å delta i utviklingsarbeidet, inklusive laborietesting og optimalisering av asfaltmassens sammensetning med hensyn på støyegenskaper og andre viktige funksjonsegenskaper. Avtale ble inngått med Kolo Veidekke AS, Lemminkainen Norge AS og NCC Roads AS etter en begrenset tilbudskonkurranse med forhandlinger. Disse tre entreprenørene gjennomførte et betydelig utviklingsarbeid i laboratorium, som dannet grunnlaget for en utprøving i feltforsøk med de asfaltmasser som i laboriet hadde vist gunstige egenskaper.

Den mest omfattende utprøving i felt ble gjennomført på Rv 170 ved Bjørkelangen i Akershus, hvor det i 2006 ble lagt ut tre forsøksfelt med drensasfalt i to lag samt et referansefelt av drensasfalt Da 11.

På alle de omtalte forsøksfeltene er det gjennomført årlige målinger av vegdekkets støyegenskaper og tekstur. På forsøksfeltene på Rv 170 ved Bjørkelangen ble det også gjennomført forsøk med rensing av de porøse dekkene, samt en oppfølging av vinterdriften, inkl. friksjonsmålinger under vinteren. Disse arbeidene er omtalt under kap. 3.4, 3.5 og 3.7.

I tillegg til det arbeidet som ble utført av asfaltentreprenørene, og de undersøkelser som er omtalt i avsnittet over, har SINTEF utført målinger på forsøksfeltene og en omfattende laborietesting på prøver tatt ut av en del av strekningene (Ref. 18, 19).

Dekketilstanden er fulgt opp ved årlige målinger av spor og jevnhet. Dette danner grunnlaget for en estimering av dekkenes forventede levetid. På de fleste av forsøksfeltene (27 stk) er det utført årlige målinger av vegdekkets friksjon. I tillegg til feltmålinger er det utført laboratorietesting på borkjerner fra noen utvalgte forsøksfelt. laboratorietesting omfatter (ref. 18):

- Vegdekkets motstand mot piggdekk, Trøger-metoden
- Vegdekkets motstand mot piggdekk, Prall-metoden
- Vegdekkets deformasjonsegenskaper, Wheel Track
- Porøse vegdekkers bestandighet målt ved Cantabro-metoden

Asfaltdekkets motstand mot piggdekkslitasje målt ved Trøger-metoden er bestemt på i alt 26 forsøksstrekninger, mens Prall-metoden er begrenset til forsøksfeltene på Rv 715 i Trolla i Trondheim (6 strekninger).

Vegdekkets deformasjonsegenskaper er bestemt på prøver fra Rv 715 i Trolla og fra Rv 170 ved Bjørkelangen i Akershus.

3.7 Drift av porøse dekker

Oppfølgingen av driften av miljøvennlige vegdekker har vært begrenset til de porøse dekkene på Rv 170 ved Bjørkelangen og delvis på E 6 i Stange. Det var antatt at de porøse dekkene kunne ha andre krav til driften enn man hadde på tradisjonelle vegdekker.

Oppfølgingen av vinterdriften har i hovedsak omfattet regelmessige friksjonsmålinger i vinterperioden, målinger av fuktighet og saltmengde på vegbanen, samt kontakt med de som hadde funksjonskontraktene for driften på de aktuelle strekninger. Oppfølgingen av vinterdriften omfattet vintersesongene 2006/07 og 2007/08.

På Rv 170 ved Bjørkelangen ble det våren 2007 utført forsøk med rensing av porøse dekker på deler av forsøksfeltene. Til dette arbeidet ble det benyttet rensestyret utlånt av Oslo Lufthavn Gardermoen. Et bilde av rensestyret er vist på figuren nedenfor.



Figur 4 Rensforsøk på Rv 170 med utstyr utlånt av Oslo Lufthavn Gardermoen

Effekten av rensetiltakene ble vurdert ut fra målinger av støy og permeabilitet før og etter utførte rensetiltak. Disse resultatene ble vurdert opp mot tilsvarende målinger på de deler av forsøksstrekningene hvor det ikke ble utført rensetiltak.

Støymålingene ble gjort med CPX-tilhenger. Utstyret som ble benyttet for måling av utløpshastighet/permeabilitet er vist i figur 5.

I tillegg til permeabilitet ble det gjennomført friksjonsmålinger før og etter rensing.



Figur 5 Utstyr for bestemmelse av vegdekkenes permeabilitet (ref 18)

3.8 Konsekvensanalyser

Transportøkonomisk institutt har som en del av NFR-prosjektet "TORNADO"-/PROFO og EU-prosjektet SILVIA utviklet en modell for beregning av kostnads-effektiviteten og for beregning av nytte- kostnadsforholdet ved anvendelse av støysvake vegdekker (ref. 5). Senere er modellen videreutviklet til blant annet å inkludere støy som en prissatt miljøfaktor, samt med oppdaterte inngangsdata basert på støymålinger utført i prosjektperioden (ref 21).

3.9 Spesialdekker

Arbeidet med spesialdekker har vært konsentrert om to aktiviteter. Den ene bestod i et litteraturstudium (ref 22). Formålet med litteraturstudiet var å få en oppdatering med hensyn på de siste års erfaringer med poroelastiske vegdekker i andre land.

Den andre delen har bestått i proporsjonering, tillaging av prøver og testing i laboratoriet av noen spesielle asfaltsammensetninger (ref 20). Det ble i alt gjennomført tester på fem forskjellige asfaltsammensetninger. Alle karakteriseres ved høye bindemiddelinhold. Alle massetyperne har relativt sterkt modifiserte bindemidler, tre av massetyperne er tilsatt gummigranulat. Tre av massetyperne har 2 mm øvre siktstørrelse, mens to har 8 mm øvre siktstørrelse. Noen nøkkeltall for asfaltmassene er vist i tabellen nedenfor.

Massetype	Bindemiddeltype	Bindemiddelmengde	Gummitilsetning
Sta 2	Road+	11,9%	25%
Sta 2	Cariphalte DM	8,8%	25%
Sta 8	Road+	10,9%	12%
Sealastic 8	Bitulastic	8,0%	0%
Sta 2	Road+	12,5%	0%

Tabell 3 Spesialdekker testet i laboratoriet

Bindemiddel Road+ er beskrevet som et gummimodifisert bindemiddel med penetrasjon ca 30, mykningspunkt 66°C og Fraass bruddpunkt – 18°C. Analyser av Cariphalte DM viser penetrasjon 82 og mykningspunkt 93°C. Ifølge leverandøren er Cariphalte DM spesielt godt egnet hvor det er strenge krav til asfaltens deformasjonsegenskaper uten at dette går ut over asfaltens fleksibilitet ved lavere temperaturer.

For de tre asfaltmassene som er med gummitilsetning, er optimalt bindemiddelinhold bestemt etter en metode som er beskrevet i Statens vegvesens Håndbok 014 (14.558). Metoden er utviklet for støpeasfalt.

Massenes deformasjonsegenskaper er testet etter både Wheel Track metoden (NS-EN 12697-22) og syklisk kryp (syklisk trykkprøving NS-EN 12697-25). Slitasjeegenskapene er testet ved bruk av Trøger (Statens vegvesen, Håndbok 014: 14.742) og ved bruk av Prall (NS-EN 12697-16).

3.10 Informasjon, opplæring

Som et ledd i informasjonen om etatsprosjektet er det avholdt to prosjektseminarer og et sluttseminar. Alle tre seminarne ble avholdt som en del av Teknologidagene som arrangeres av Teknologiavdelingen i Vegdirektoratet.

- Stjørdal den 14. september 2006
- Tromsø 17.-18. oktober 2007
- Trondheim 10.-11. september 2008

I tillegg til de avholdte seminarer er det under <http://vegvesen.no/> etablert egne hjemmesider for etatsprosjektet. I tillegg til en presentasjon av selve etatsprosjektet

med de forskjellige arbeidspakker, er det på disse sidene lagt inn et eget nyhetsarkiv med et stort antall presseklipp og annet aktualitetsstoff om de berørte emner.

4 Resultater fra prosjektet

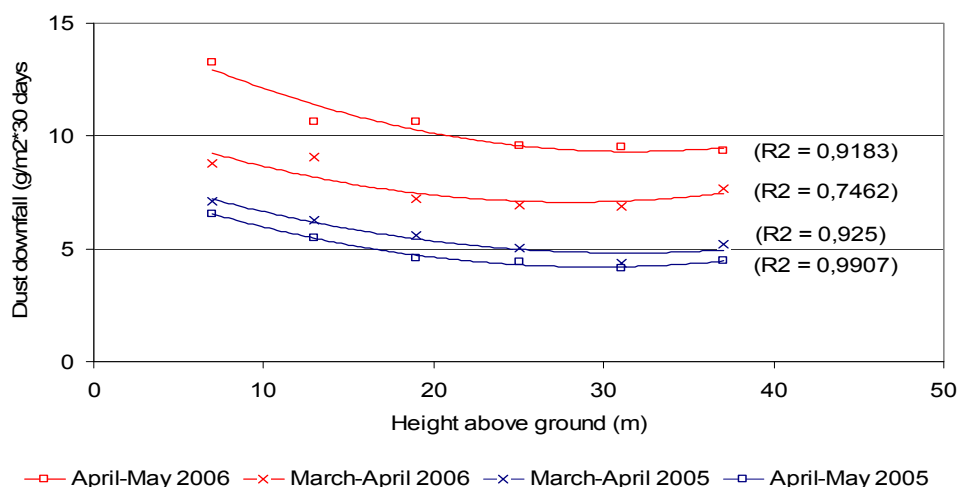
I avsnittene nedenfor er de viktigste resultater fra arbeidspakkene presentert og diskutert.

4.1 Støv

4.1.1 Feltnmålinger av vegtrafikkstøv

Resultatet av feltnmålingene i Elgesetergate i Trondheim er vist i figuren nedenfor. Figuren viser støvnedfallet angitt i gram per m² over en periode på 30 døgn som en funksjon av høyden over gateplanet.

Alle fire måleseriene viser at støvnedfallet i en høyde på 37 meter over gateplanet er relativt betydelig, ca 70% eller mer i forhold til støvnedfallet 7 meter over gatenivået. Målingene viser betydelig forskjell mellom 2006 og 2007, og man kan videre legge merke til at April-Mai i 2006, en periode uten piggdekk, viser høyere verdier enn perioden Mars-April samme år, en periode med en betydelig piggdekkbruk. En sannsynlig årsak til dette er at piggdekkstøvet er blitt liggende langs vegbanen og blitt virvlet opp når værforholdene fører til tørt støv.



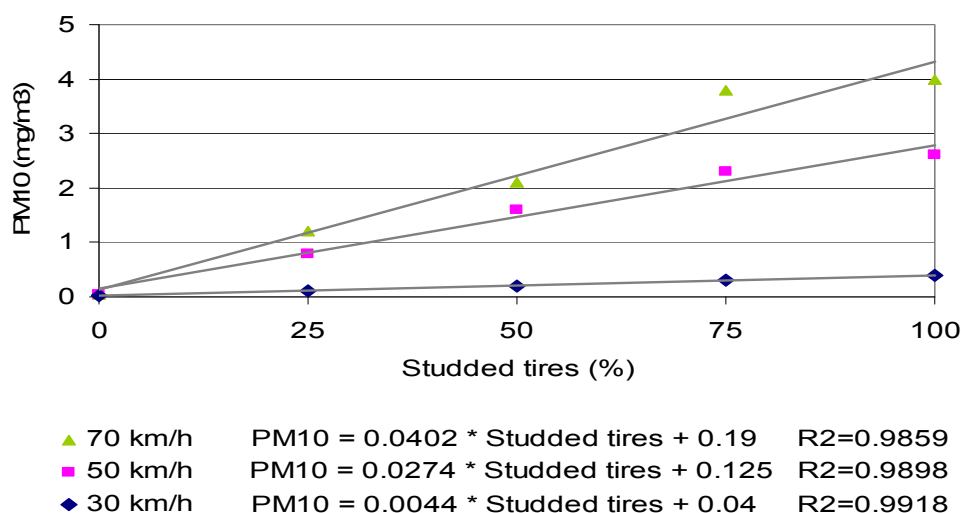
Figur 6 Støvnedfall ved feltforsøk, Elgesetergate i Trondheim

Mengden av organisk materiale i det oppsamlede støvet varierte mellom 10% og 20%. Det var ingen systematiske forskjeller i andelen oppsamlet i tiden uten piggdekk i forhold til oppsamlet støv etter piggdekkperioden. Dette indikerer at støvet som er oppsamlet under alle fire perioder, er et resultat av piggdekkslitasjen.

4.1.2 Ringbaneforsøk

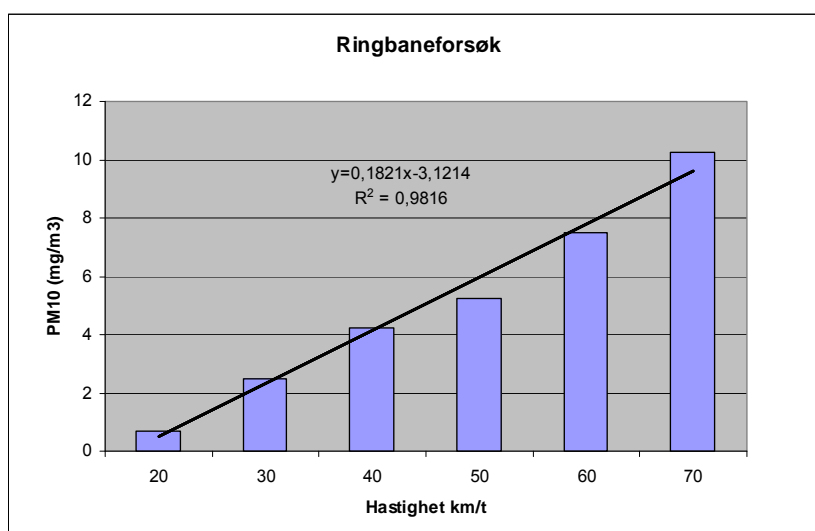
Målingene av støvkonsentrasjonen (PM10) under ringbaneforsøkene ved VTI i Sverige viser en lineær sammenheng mellom piggdekkandelen og målt støvkonsentra-

sjon i lokalet. Dette indikerer at det også er en lineær relasjon mellom piggdekkslitasjen og støvkonsentrasjonen. Det bør i den sammenheng presiseres at denne konklusjonen sannsynligvis er begrenset til asfaltdekker med slitesterke steinmaterialer. For et asfaltdekke med svake steinmaterialer, hvor en del av slitasjen kan forklares ved at piggene slår ut mindre biter av steinmaterialet, må man forvente et annet forhold.



Figur 7 Forholdet mellom støvkonsentrasjon (PM_{10}), hastighet og piggdekkandel

Andre del av ringbaneforsøkene hadde fokus på hastighetens betydning for støvkonsentrasjonen. Denne delen av forsøkene omfattet også sammenlikninger mellom Ska 11 og Ska 8 med hensyn på innvirkningen på støvkonsentrasjonen.

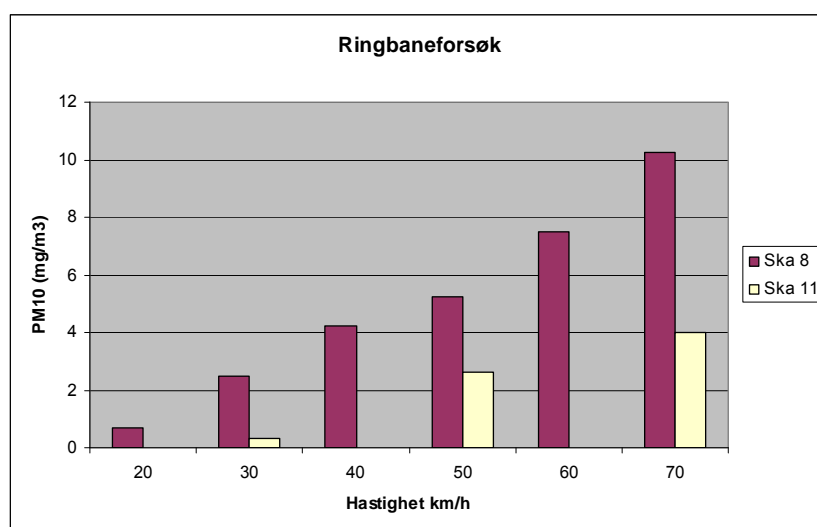


Figur 8 Hastighetens betydning for støvkonsentrasjonen, ringbaneforsøk VTI

Første del av ringbaneforsøkene viste en beskjeden forskjell mellom 50 og 70 km/t med hensyn på støvkonsentrasjonen, se figur 7. Resultatene i andre del av ringbane-

forsøkene viste en tilnærmet lineær relasjon mellom hastighet og støvkonsentrasjon (PM10). Begge undersøkelsene er samstemte i at trafikkhastigheten må forventes å ha en stor innvirkning på støvkonsentrasjonen langs gater og veger om vinteren.

Hastighetens betydning for støvkonsentrasjonen harmonerer med erfaringene fra forsøk med vinterfartsgrense på Rv 4 i Oslo. Rapporten fra forsøkene på Rv 4 i 2004/05 (ref. 10) viser etter korreksjoner for innvirkningene av endringer i vind- og temperaturforhold, samt endringer i trafikkmengde og piggdekkbruk, at nedgangen i gjennomsnittlig PM10 var i størrelsesorden 35%, og at det var 40 – 45% færre timeverdier med PM10 over 100 µg/m³. Endringene i PM2,5 var ubetydelig. Trafikken hadde en gjennomsnittlig døgnhastighet før og etter innføringen var henholdsvis 77 og 67 km/t, en reduksjon på 10 km/t.



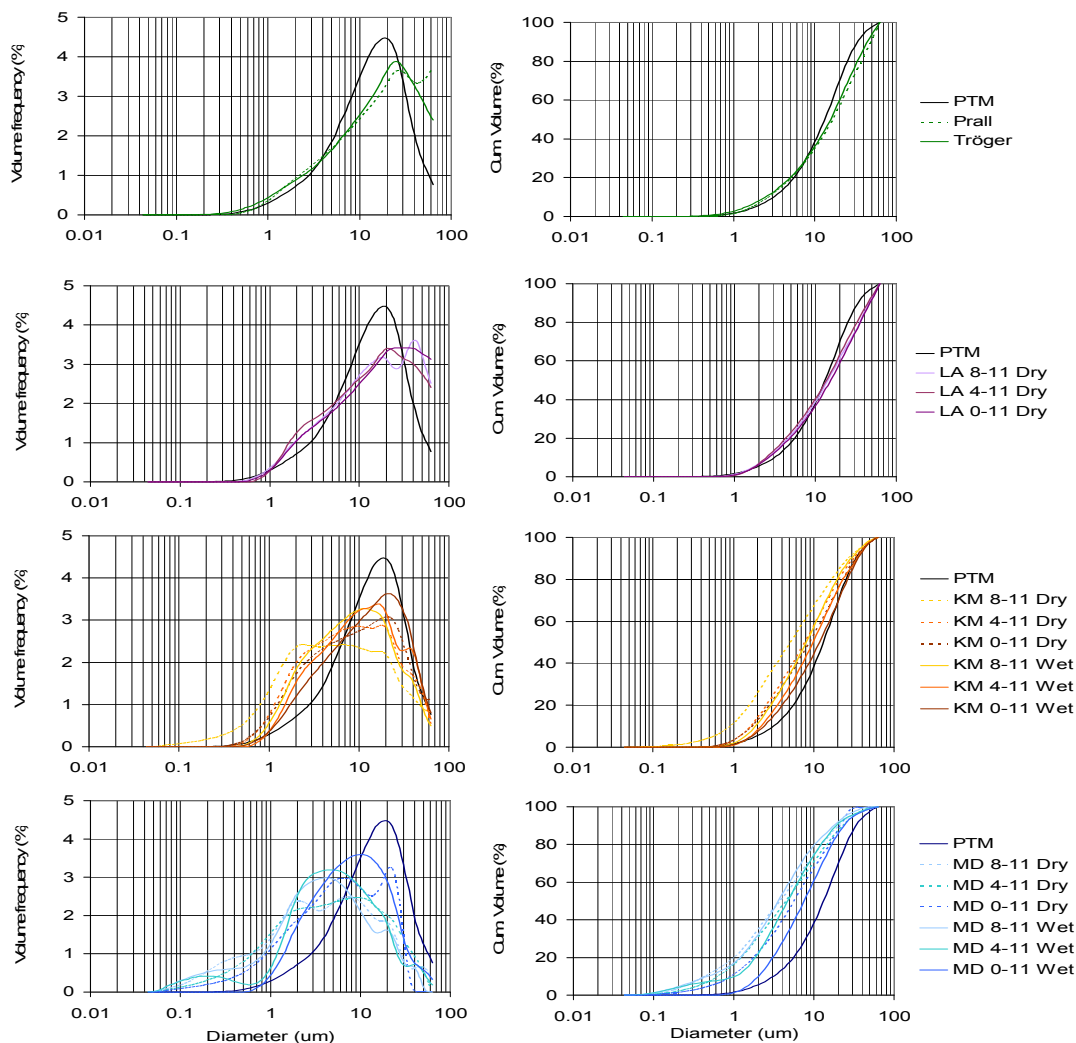
Figur 9 Hastighetens innvirkning på støvkonsentrasjonen, Ska 8 og Ska 11

Vegdekkets betydning for konsentrasjonen av svevestøv er vist i figuren ovenfor. Ut fra dette forsøket ser en at Ska 8 gir omtrent dobbelt så mye svevestøv som Ska 11. Dette er en betydelig innvirkning, høyere enn hva man normalt ville forvente.

Ut fra tradisjonelle vurderinger av dekketyperens innvirkning på piggdekkslitasjen, f.eks. vurdert ved hjelp av VTI's beregningsprogram for piggdekkslitasje (ref 23), vil en forvente at sporutviklingen på grunn av piggdekkslitasje er mellom 15 og 30% større for Ska 8 enn for Ska 11.

4.1.3 Metodestudium

Som en del av metodestudiet ble det gjennomført en rekke sammenlikninger mellom svevestøv generert under ringbaneforsøkene ved VTI og svevestøv generert ved forskjellige analyser av asfalt og steinmaterialet. En sammenlikning av partikkelstørrelsesfordelingen er vist i figuren nedenfor.



Figur 10 Partikkelstørrelsesfordeling (venstre del) og akkumulert fordeling (høyre del) for støv generert under forskjellige forhold.

I øverste del av figuren over er støv fra ringbaneforsøkene (PTM) sammenliknet med støv samlet opp fra analyser med Trøger og Prall. De nest øverste kurvene sammenlikner resultatene fra ringbaneforsøkene med støv fra Los Angeles – tester på forskjellige materialer. De nest nederste kurvene har tilsvarende sammenlikninger for støv fra testing i kulemølle, de nederste er tilsvarende for Micro Deval.

Ut fra en enkel visuell betraktning av figur 10 synes støv fra testing i Trøger, Prall, Los Angeles og kulemølle å generere støv som kornstørrelsesmessig er sammenliknbar med støv fra ringbaneforsøkene. Støv fra Micro Deval synes å være en del mer finkornig enn støv generert ved de andre metodene.

Flere av resultatene fra ringbaneforsøkene indikerer at det er en entydig relasjon mellom piggdekkslitasjen og støvkonsentrasjonen i vegens nærhet. Det vil ut fra dette være sammenfallende interesse for å optimalisere asfaltdekkene med hensyn på best mulig slitestyrke og derved lengst mulig dekkelevetid, og et vegdekke som gir lavest mulig støvbelastning på vegens omgivelser.

Ved hjelp av resultatene fra Trøger-analysene er det utviklet en slitparameter basert på følgende uttrykk

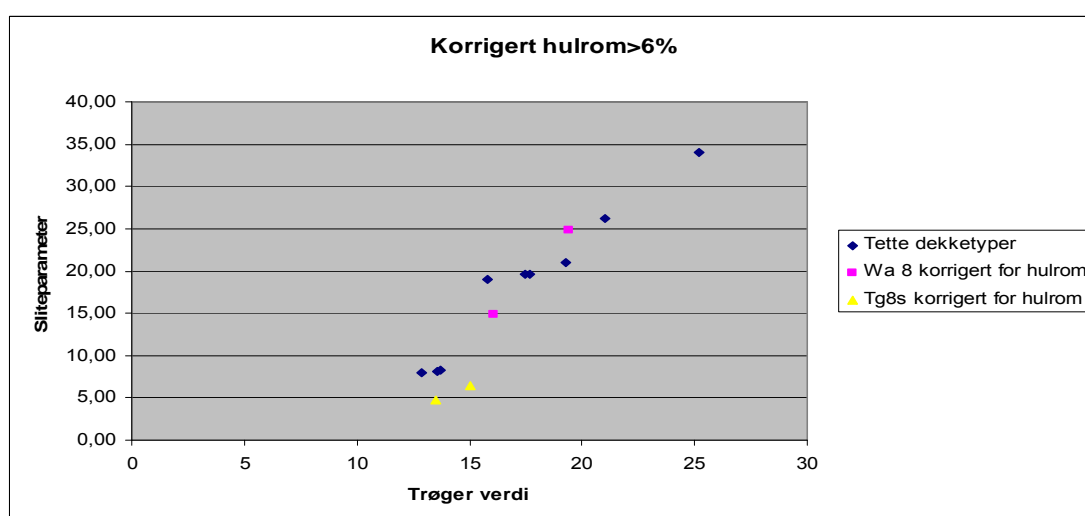
Ved mer enn 6% hulrom i asfaltmassen:

$$\text{Sliteparameter} = \frac{\text{kulemølleverdi} + (\text{asfaltmassens hulrom} - 6\%)}{\text{andel materiale} > 2\text{mm}} \times 100\%$$

Ved opp til 6% hulrom i asfaltmassen:

$$\text{Sliteparameter} = \frac{\text{kulemølleverdi}}{\text{andel materiale} > 2\text{mm}} \times 100\%$$

Resultatene av en sammenlikning mellom Trøger-resultater og sliteparameteren som er beskrevet ovenfor, ser en av figur 11 nedenfor.



Figur 11 Forholdet mellom sliteparameter og Trøger-resultater.

Ut fra resultatene i figuren over synes det åpenbart å være svært god korrelasjon mellom sliteparameteren og Trøger-resultatene. Det er viktig å være oppmerksom på at sammenlikningen i figuren over inneholder resultater fra asfaltmasser med polymerbindemiddel og ordinær vegbitumen.

4.2 Støy

Siden 2005 er det regelmessig utført støymålinger med CPX-tilhengeren på alle forsøksstrekningene som inngår i etatsprosjektet, totalt 38 stk, samt på 47 ordinære asfaltdekker. Den eldste strekningen består av skjelettasfalt, Ska 11, fra 1991. 13 av de ordinære strekningene er fra før 2000.

4.2.1 Valg av referansedekke

Som referansedekke for støymålingene har man valgt skjelettasfalt Ska 11 med en alder mer enn ett år. Ska 11 er den dekketyper som i Norge er mest vanlig på veger med stor trafikk hvor trafikkstøy er et problem. En presisering av at alderen skal være mer enn ett år, er gjort for å være sikker på at dekket har vært gjennom minst én piggdekkelsesong.

Som referanse for støynivået har man ut fra dette valgt følgende støyverdier som referanse.

50 km/t:	93,0 dB(A)
80 km/t	100,0 dB(A)

Det forutsettes at alle støyresultater er korrigeret til en lufttemperatur på 20°C. Korrigeringene er basert på følgende korreksjonsverdier.

Tette asfaltdekker	-0,06 dB/°C
Porøse asfaltdekker:	-0,03 dB/°C

I de seinere år har anvendelsen av Ska 11 økt betydelig på veger med stor trafikk, og anvendelsen av Ska 16 har gått ned tilsvarende. Med unntak av i de tre nordligste fylker benyttes i dag (2008) nesten ikke Ska 16 i det ordinære dekkevedlikeholdet. For asfaltbetong har det vært en generell overgang fra Ab 16 til Ab 11

Den tiden Stortingsmelding nr 25 ble utarbeidet var Ska 16 fortsatt den mest vanlige dekketyper på veger med stor trafikk. Det er grunn til å hevde at den generelle overgangen i valgte dekketyper i vedlikeholdet isolert sett har bidratt til en reduksjon på 0,5 – 1,0 dB(A) i det generelle støynivået langs veger og gater med stor trafikk

4.2.2 Normaliserte verdier for støy

Resultatene i tabell 4 nedenfor viser en oversikt over gjennomsnittlig støynivå for de dekketyper som man har akseptable støydata for. Begrepet ”normaliserte verdier” er benyttet for å få presisert at verdiene er avrundet til nærmeste 0,5, samtidig som at man har vurdert spredningen i resultatene nå gjennomsnittsverdiene er fastsatt.

Dekketype	Gjennomsnittlig støynivå dB(A), CPX-målinger			
	50 km/t		80 km/t	
	Nylagt	Slitt (1-7 år)	Nylagt	Slitt (1-7 år)
Referansenivå		93		100
Ab6	88	91	94	97.5
Ab8	88.5	91.5	95	98.5
Ab11	90	92	97	99
Ab16	91	93	99	101.5
Ska6	88	91	94.5	97.5
Ska8	89	91.5	96	99
Ska16	92.5	93.5	99	100.5
Agb11 ²⁾	90	92	97	99
T8 (tynndekke)	90.5	92.5	96.5 ²⁾	98.5 ²⁾
Drens – ettlags Da8	87	91	92	97
Da11	89	91	94	97
Drens – tolags Da8 ¹⁾	86.5	90	91.5	97
Da11 ¹⁾	88.5	90	94	97
Planfrest ³⁾	+ 2	+2	+3	+3
Belegningsst. ³⁾	0	0	0	0
Gatestein ³⁾	+5	+5	+6	+6
Profilert vegm ³⁾⁴⁾	+1-6	+1-6	+3-10	+3-10

5) For slitte dekker er dataene kun basert på 2 år gamle dekker

6) Estimerte data

7) Estimerte data - verdier gjelder tillegg i forhold til Ska11

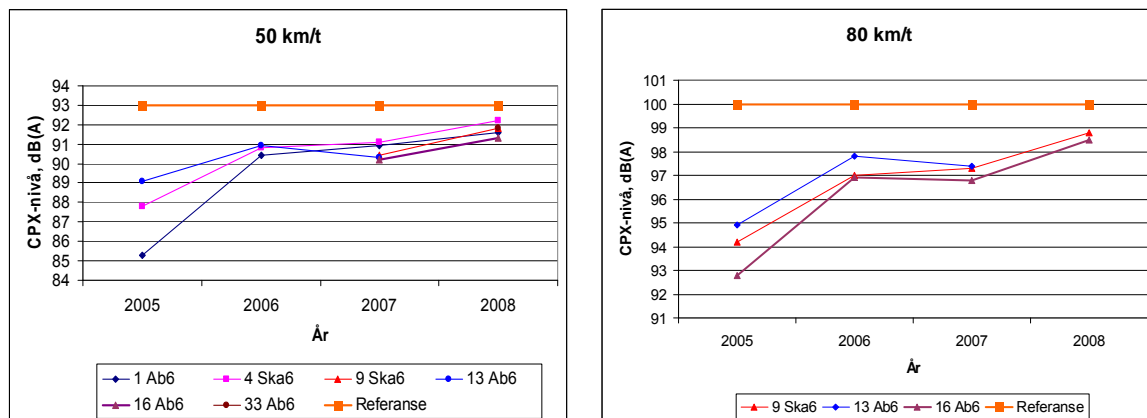
8) Økningen er avhengig av type av profilmerking, høyest (+10 dB) av type longflex

Tabell 4. Normaliserte verdier for vegdekkers støyegenskaper dB(A) målt ved CPX

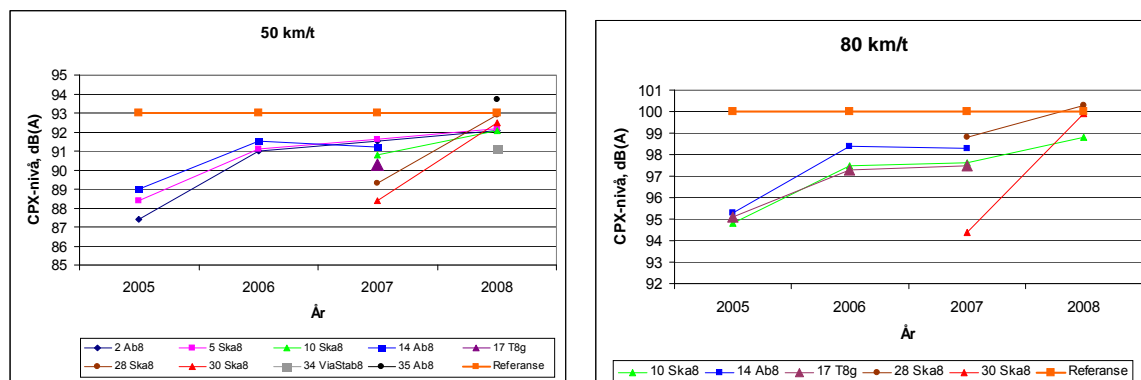
I den nederste delen av tabellen over er det angitt noen estimerte verdier for støynivået for planfrest dekke og noen andre belegningstyper. I denne delen av tabellen er støynivået angitt som et avvik fra referanseverdiene.

4.2.3 Dekkealderens betydning for støyegenskapene

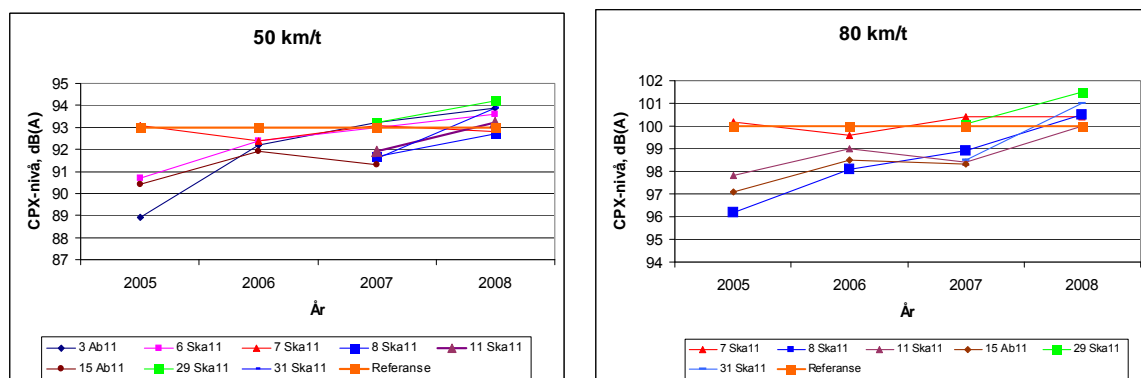
En sammenstilling av dekkealderens innvirkning på støynivået til de forskjellige dekketyper er vist i figurene nedenfor.



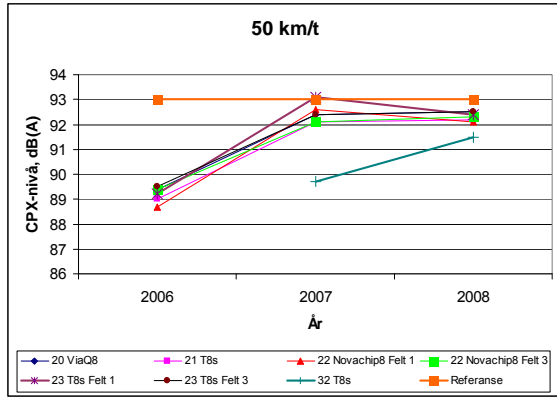
Figur 12 Støynivået CPX ved 50 og 80 km/t som funksjon av dekkealder for tette dekker med øvre siktstørrelse 6 mm



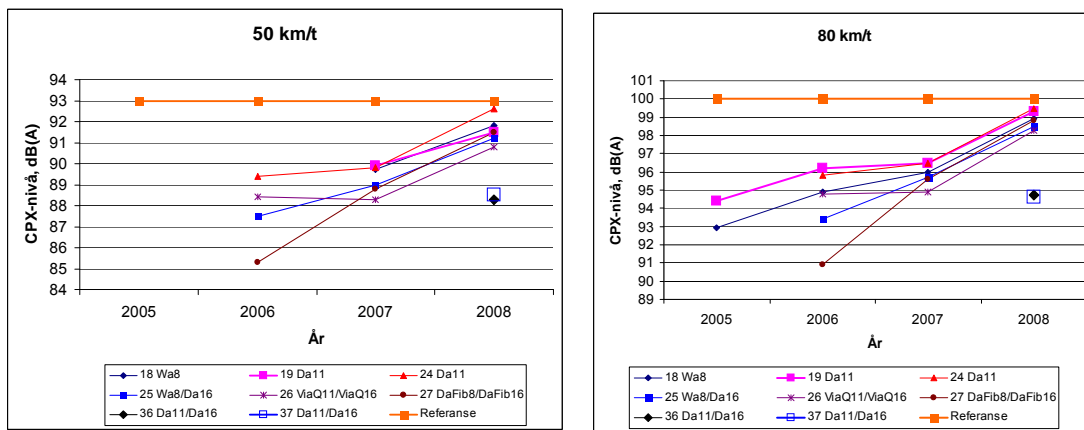
Figur 13 Støynivået CPX ved 50 og 80 km/t som funksjon av dekkealder for tette dekker med øvre siktstørrelse 8 mm



Figur 14 Støynivået CPX ved 50 og 80 km/t som funksjon av dekkealder for tette dekker med øvre siktstørrelse 11 mm



Figur 15 Støynivået CPX ved 50 km/t som funksjon av dekkealder for tynndekker med øvre siktstørrelse 8 mm



Figur 16 Støynivået CPX ved 50 og 80 km/t som funksjon av dekkealder for porøse dekker med øvre siktstørrelse 8 og 11 mm

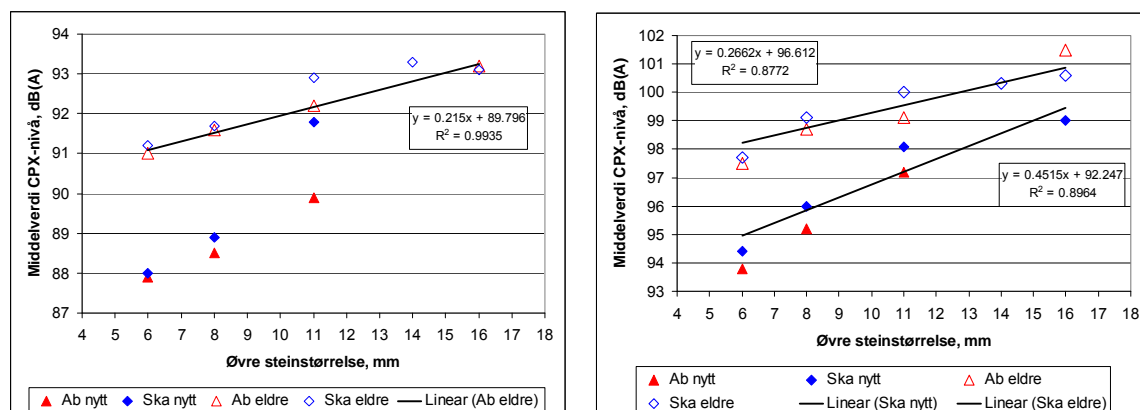
Av figurene ser en at tradisjonelle tette dekker får en økning i støynivået i størrelsesorden 1,0 til 1,3 dB(A) per år. For tynne dekker er endringene størst, men de årlige endringene synes å være jevne fra år til år for de porøse dekkene. De tynndekker som har vært benyttet i feltforsøkene, har hatt en akustisk levetid ned mot ett år.

De årlige endringer i støynivået som man har målt på den norske vegdekkene, ligger vesentlig høyere enn hva som er rapportert fra en rekke andre land, i størrelsesorden 3 ganger høyere. Man kan også legge merke til at den store støyendringene for norske asfaltdekker i forhold til asfaltdekker i andre land, først og fremst er knyttet til den første vinteren vegdekkene er utsatt for trafikk. Det er naturlig å forklare dette forholdet ved piggdekkslitasjen og dens påvirkning på vegdekkenes overflatetekstur. Et asfaltdekke hvor den finkornige delene

Dette forholdet er nærmere diskutert i avsnittene om overflatetekstur, se kap. 5 nedenfor.

4.2.4 Steinmaterialets øvre siktstørrelse og vegdekkets støyeegenskaper

I figur 17 har man presentert innvirkningen av steinmaterialets øvre siktstørrelse på vegdekkenes støynivå.

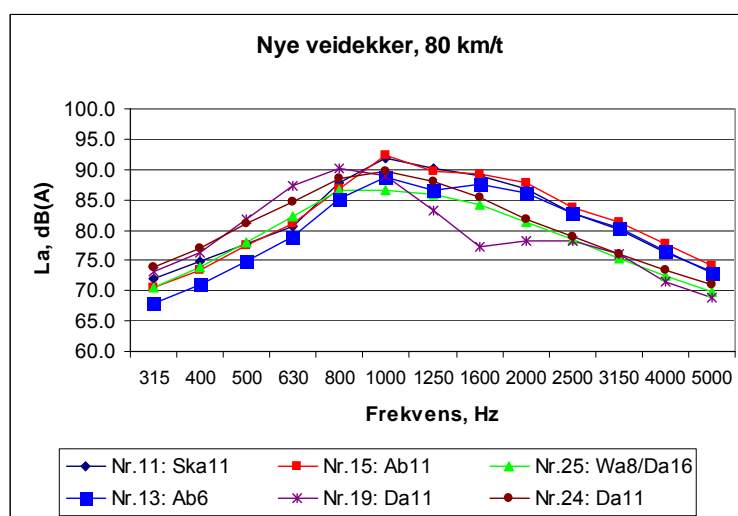


Figur 17 Innvirkning av steinmaterialets øvre siktstørrelse på støynivået CPX ved 50 og 80 km/t for nylagt og slitt Ab og Ska

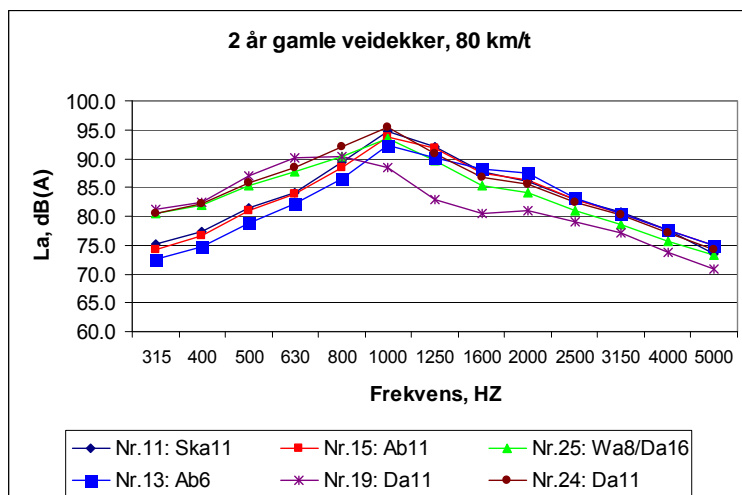
Noe forenklet kan man si forskjellen mellom 6 og 11 mm i steinmaterialets øvre siktstørrelse gir en forskjell i støynivå på 2 dB(A) for nylagte dekker og 1,2 dB(A) for dekker som har vært utsatt for piggdekksslitasje.

4.2.5 Frekvensanalyser

Figurene nedenfor viser støynivået over frekvensområdet fra 315 Hz til 5 kHz. Både for nylagte og eldre dekker er støynivået i frekvensområdet over 1 kHz lavere for porøse dekker enn det er for tette dekker, mens man finner det motsatte forholdet i frekvensområder lavere enn 1 kHz. Dette kan innebære at porøse dekker kan være ugunstig for innendørs støynivå og bør analyseres nærmere (ref 9).



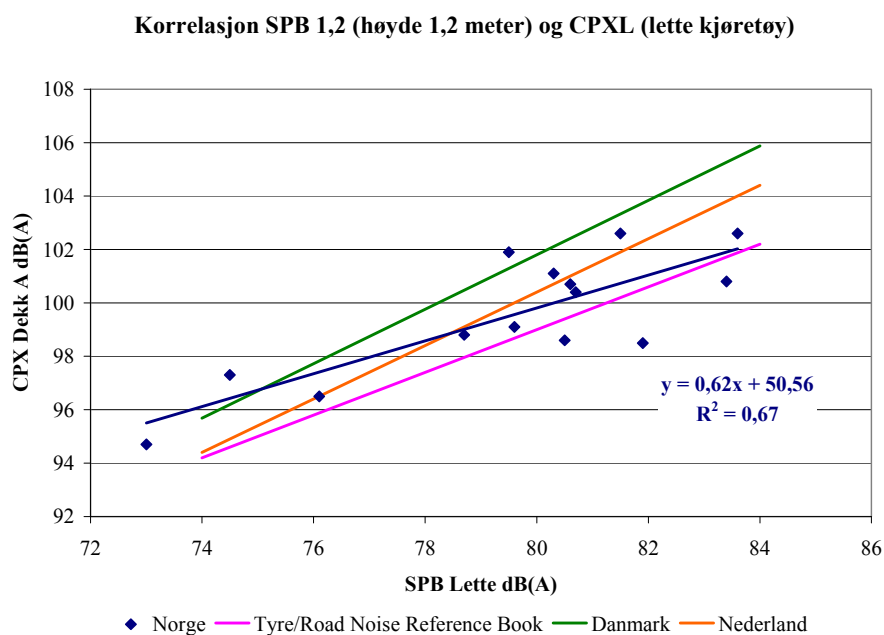
Figur 18 Frekvensspekter for støymålinger på nye dekker, 80 km/t



Figur 19 Frekvensspekter for støymålinger på eldre dekker, 80 km/t

4.2.6 Korrelasjon CPX og SPBcars

Som en del av etatsprosjektet er det gjennomført Statistical pass-by målinger på i alt 17 steder.



Figur 20 Korrelasjon mellom CPX (dekktype A) og SPB Lette kjøretøy

I figuren er resultatene fra målingene i Norge sammenliknet med tilsvarende korrelasjoner for noen andre land (ref. 31, 32). Det må presiseres at sammenlikningene mellom korrelasjonene er noe usikker, bl.a. på grunn av mulige forskjeller i dataprosessering og hvilke dekketyper som inngår i analysen.

5 Teksturmålinger

Dekk/vegbanestøyen avhenger av bildekkene som er brukt, og av vegdekkenes egenskaper i overflaten. For tette vegdekker er teksturen viktig, dvs. det mønsteret som skyldes vertikale høydevariasjoner i vegdekkets overflate. Alle vurderinger av dekkeoverflatens tekstur er basert på todimensjonale høydevariasjoner, dvs. høydevariasjoner langs en linje i vegens lengderetning.

Dekkeoverflatens tekstur kan uttrykkes gjennom en rekke forskjellige parametre. De viktigste er kort beskrevet nedenfor:

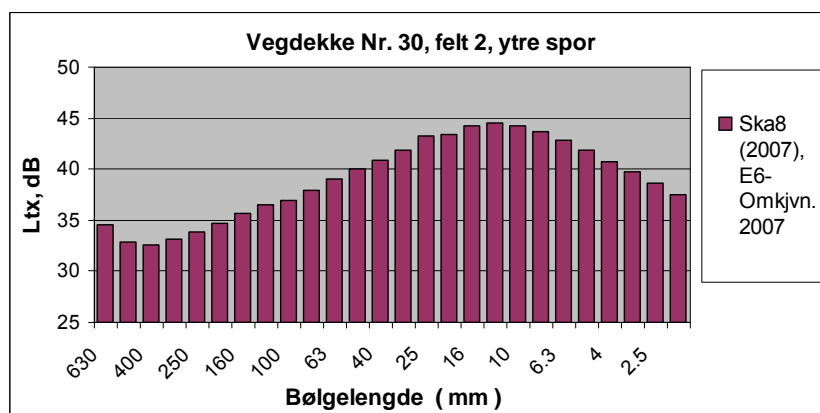
- Midlere profildybde, bestemt etter en metode gitt i ISO 13473-1 (ref. 33). Midlere profildybde vil normalt være i størrelsesorden 0,4 – 2,0 mm.
- Dekkeoverflatens G-faktor (gestalt-faktor), en formfaktor basert på en kumulativ fordeling av profilhøydeverdier.
- Teksturspekteret, et uttrykk for høydevariasjonene som funksjon av bølgelengde for svingningene. Vanlig fremstilling er rms-amplituder som funksjon av bølgelengde i 1/3-oktav bånd. Aktuelt bølgelengdeområde er 2 – 315 mm, som er innenfor områdene for makro- og megatekstur i vegteknisk sammenheng.

G-faktoren er illustrert i figur 3. En tekstur karakterisert ved et ”platå med dype daler” slik det er vist i den øvre delen av figuren, er gunstig med hensyn på støy og har en g-faktor i størrelsesorden 70 – 90%. En tekstur med ”topper”, vist i den nedre delen av figuren, er ugunstig med hensyn på støy og har en g-faktor i størrelsesorden 30 – 50%.

Et eksempel på en fremstilling av teksturspekteret er vist i figur 21. I denne figuren er resulterende teksturspekter $L_{tx,\lambda}$ i 1/3-oktav bølgelengdebånd angitt i decibel og bestemmes ved uttrykket nedenfor.

$$L_{tx,\lambda} \text{ (dB)} = 20 \log(a_\lambda / a_{ref})$$

hvor : $L_{tx,\lambda}$ er tekturnivå i dB for 1/3-oktaven med senterbølglengde λ (mm),
 a_λ er rms amplitudeverdi for høydesvingninger i bølglengdebåndet omkring λ
og a_{ref} er referansen $1 \mu\text{m}$ (10^{-6} m).



Figur 21. Teksturspekteret for en nylagt asfaltdekke av Ska 8.

Av de 37 forsøksdekkene som er etablert i etatsprosjektet, er teksturen analysert på 28 felt. Feltene i analysen består av skjelettasfalt, asfaltbetong eller tynndekker, alle er asfaltdekker som er definert som ”ikke porøse”.

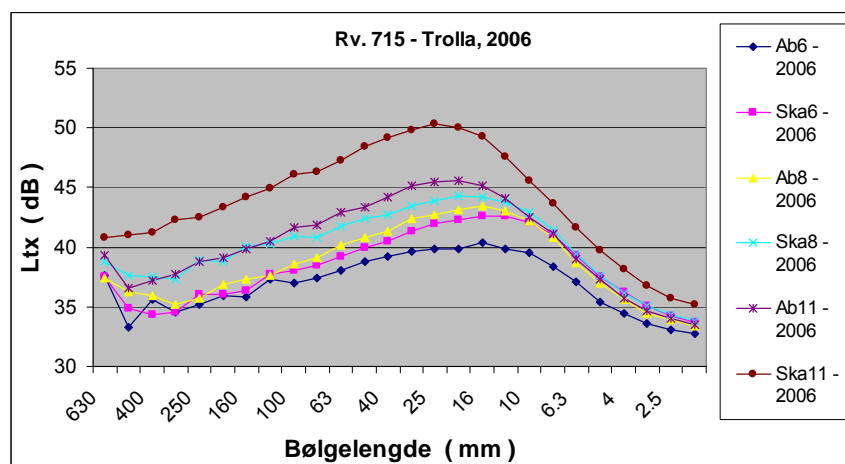
Som en del av etatsprosjektet ble det utført støymålinger på 47 forskjellige vegstrekninger med asfaltdekker lagt som en del av den ordinære dekkefornyelsen. På 10 av dekkene er det også gjennomført teksturmålinger. Samtlige av feltene med teksturanalyse består av asfaltdekker definert som ”ikke porøse”.

Hovedpunktene i undersøkelsen på datamaterialet for asfaltdekkene var å måle og presentere praktisk informasjon om:

- Generelt om tekstur i vegoverflaten
- Sammenhenger mellom støy og teksturdata, evt. materialdata for vegdekket
- Utvikling i tekstur over tid, spesielt i løpet av det første året
- Eksempler på teksturdata for de vanligste dekketyperne

5.1 Sammenheng mellom støy og teksturdata

For å finne sammenhenger mellom støy og teksturdata eller vegdekkedata brukes statistiske metoder (lineær regresjon, enkel eller multippel). Utgangspunktet er støy målt etter CPX-metoden ved hastighet 50 km/t med A-dekk (Avon/Cooper ZV1 185/65 R15). Figur 22 og tabell 5 viser teksturspektra og noen typiske verdier for teksturparametre ved målinger sommeren 2006, dvs. på dekker som har vært utsatt for en vinters piggdekkslitasje. ÅDT på strekningen er ca 2700.



Figur 22. Teksturspektra fra Rv. 715, Trolla, sommeren 2006

Vegdekke	Nr.	Mpd	G-faktor	Ltx80	Ltx5	Lcpx,A
Ab6	1	0.80	32.2	42.3	40.6	90.6
Ab8	2	1.04	40.9	44.1	42.1	90.9
Ab11	3	1.10	46.3	46.9	42.3	92.4
Ska6	4	0.90	52.3	43.4	42.6	90.9
Ska8	5	1.11	50.4	46.0	42.7	91.3
Ska11	6	1.46	59.1	51.4	44.8	92.2

Tabell 5. Verdier for teksturparametre og støy, Rv 715 Trolla sommeren 2006

I tabell 5 er følgende forkortelser benyttet:

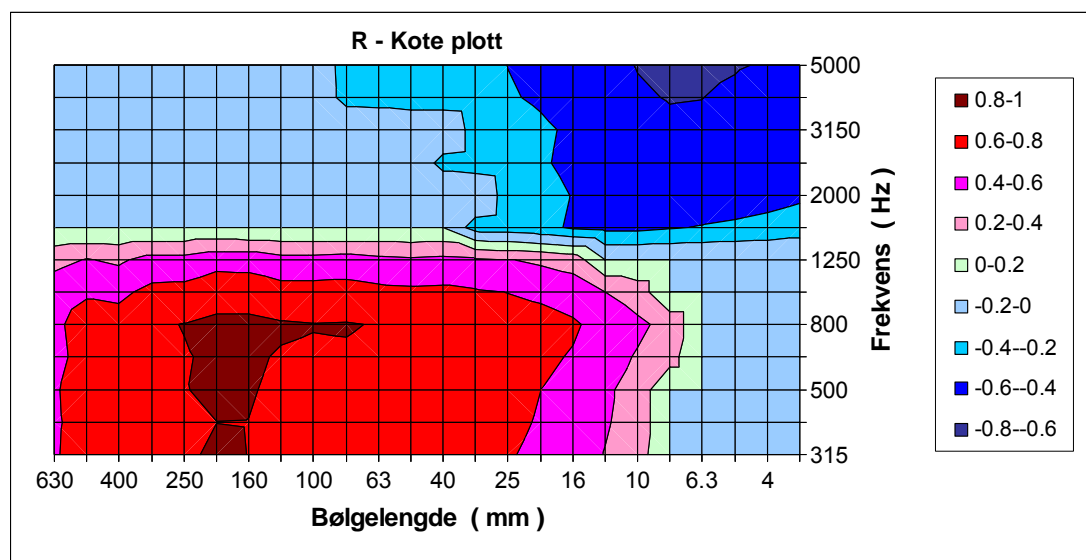
Mpd	Midlere profildybde, mm
G-faktor	Dekkeoverflatens G-faktor (formfaktor), se figur 21
Ltx80	Teksturnivået i dB for 1/3 oktavnivå midlere bølglengde 80 mm
Ltx5	Teksturnivået i dB for 1/3 oktavnivå midlere bølglengde 5 mm
Lcpx,A	Støynivå målt ved CPX i 50 km/t

Figur 22 viser at det for forsøksfeltene på Rv 715 er tydelige forskjeller mellom skjelettasfalt og asfaltbetong, og innvirkningen av steinmaterialets øvre siktstørrelse, D, kommer også tydelig frem.

Tabellen viser at G-faktoren har lave verdier, noe som kan tyde på at det meste av steinmaterialet allerede er relativt eksponert. En ser også at Mpd-verdien er liten for Ab6 og stor for Ska11, mens de øvrige dekkene ligger omtrent i samme område.

I figur 23 er det vist et korrelasjonskoteplott mellom teksturdata ved de forskjellige bølglengder og støynivå målt med CPX ved de forskjellige frekvenser. Grunnlaget for figur 24 er samtlige av de 37 vegstrekningene hvor det er målt både tekstur og støy. Selve analysen er nærmere beskrevet i ref 15.

Koteplottet er vist ved at ikke signifikant relasjon mellom tekstur og støy er angitt som $R=0-0,2$. Et signifikansnivå på 0.8-1,0 angir at sannsynligheten for at en "sikker" regresjonssammenheng ikke er resultatet av en tilfeldighet, er mer enn 80 %. Samvariasjonen mellom støy- og teksturnivåer er vist som positive eller negative R-verdier, med korresponderende fargeskala fra dyp rødt til dyp blått.



Figur 23. Korrelasjonsfaktor R mellom støy(frekvens) og teksturdata (bølglengde)

Ved lavfrekvent støy (i denne sammenheng, dvs. 1/3-oktav båndene fra 315 Hz og opp til ca. 1000 Hz) er det sterk positiv korrelasjon med tekstur i et bredt bølglengde-område mellom ca. 25 – 500 mm. I dette området (rødt område) vil støyen øke når teksturen øker.

For høyfrekvent støy, dvs. 1/3-oktav båndene over ca. 2000 Hz, er det en betydelig negativ korrelasjon mellom støy og tekstur for korte bølgelengder under ca. 12.5 – 16 mm. I dette området (blått område) vil støyen avta når teksturen øker.

På tallmaterialet for de 37 feltstrekningene er det gjennomført lineære regresjonsanalyser med støy målt ved CPX som avhengig variabel og med en rekke forskjellige alternativer som påvirkningsparameter. Analysen er gjennomført både med én og med to uavhengige variable. For analysene med én uavhengig variabel fikk man de beste korrelasjonene for teksturparametrene Ltx80, Ltx160, DL og D som uavhengig variabel.

- Ltx5 Teksturnivået i dB for 1/3 oktavbånd ved senterbølgelengde 5 mm
- Ltx80 Teksturnivået i dB for 1/3 oktavbånd ved senterbølgelengde 80 mm
- Ltx160 Teksturnivået i dB for 1/3 oktavbånd ved senterbølgelengde 160 mm
- DL = Ltx80-Ltx5
- D Steinmaterialets øvre siktstørrelse

DL ga best korrelasjon med støydata, dvs. med Lcp_x, dB(A). Regresjonsanalysen med DL som uavhengig parameter hadde en forklart varians, R², på 0,64, som den eneste med forklart varians over 0,60. Nivået på R² er generelt ikke spesielt høyt. Dette kan indikere at det er flere forhold som innvirker på støynivåene, og/eller at det er en del ”støy” i datamaterialet som kommer av diverse unøyaktigheter i forbindelse med registreringene av støy og tekstur.

Resultatene fra noen av de lineære regresjonsanalyser med to uavhengige variable er vist i tabell 6 nedenfor.

Variable	Forklart varians R ²	Sign. nivå	Modell sammenheng
Ltx80 D	0.589	ok	86.6 +0.083·Ltx80 + 0.223·D
D, DL	0.746	ok	90.54 + 0.158·D + 0.206·DL
D, DL2	0.727	ok	91.29 + 0.191·DL2 + 0.175·D

Tabell 6. Støy (A-veid Lcp_x) og avhengighet av flere variable

hvor DL2 = Ltx160 – Ltx8

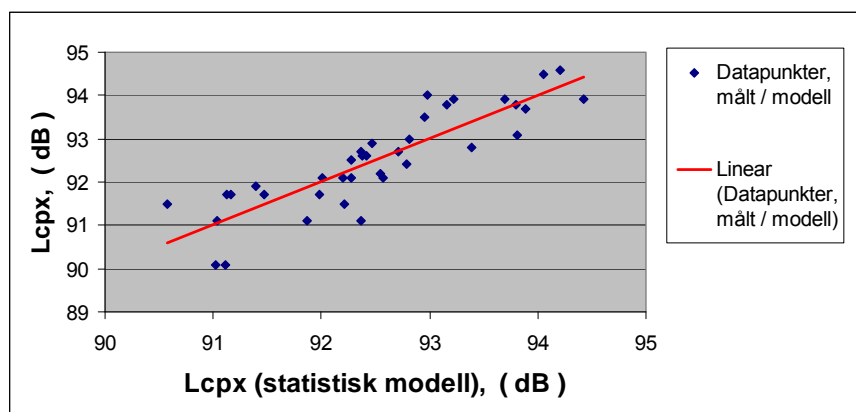
Den variabelen som gir det største unike bidraget til modellsammenhengen er vist uthevet i siste kolonne. Hver av kombinasjonene i tabell 6 er også forsøkt kombinert med vegdekkparametere, (flatevekt, slitasjeparametere, bindemiddelmengde, restmengde med steinstørrelse større enn gitt verdi, osv.) uten at noen nye kombinasjoner kom opp som mer signifikante.

Analysen viser at en rimelig modell for Lcp_x (A-veid) på grunnlag av data fra de 37 vegdekkene, kan skrives som en funksjon av variablene D og DL på formen:

$$Lcp_x(\text{mod}) = 90.54 + 0.158 \cdot D + 0.206 \cdot DL$$

Sammenhengen er mellom målt støynivå og støynivå beregnet ved hjelp av likningen over, er vist grafisk i figur 24. Måledata er satt av langs Y-aksen, mens de korresponderende beregnede verdier er satt av langs X-aksen. En regresjonslinje er trukket mellom Y- og X-verdier i datamaterialet.

Spredningen omkring regresjonslinjen (standard error of estimate) er 0.57 dB.



Figur 24. Målt og beregnet støynivå, L_{cpx} .

Analysen viser at teksturdata fra vegdekkene kan brukes til å estimere støynivået L_{cpx} . Modellen gjelder for vegdekker tilsvarende de 37 dekkene som inngår i denne undersøkelsen (alle med minst én vintersesong), og for støy fra bildekket "A".

DL er differensen mellom "samtidige" verdier av L_{tx80} og L_{tx5} (på samme vegdekke), og er et resultat av teksturanalysen. Denne variabelen er viktig for støyen ved siden av D, og gir det sterkeste unike bidraget til å forklare variasjonen i L_{cpx} etter likningen ovenfor.

Det synes klart at DL kan være noe koplet til D, men den kan også være koplet til andre parametere. Koplingen til L_{tx80} er selvfølgelig. For totalmaterialet på 37 vegdekker viser en regresjonsanalyse at D, MPD og G har en signifikant korrelasjon med DL som kan beskrives ved:

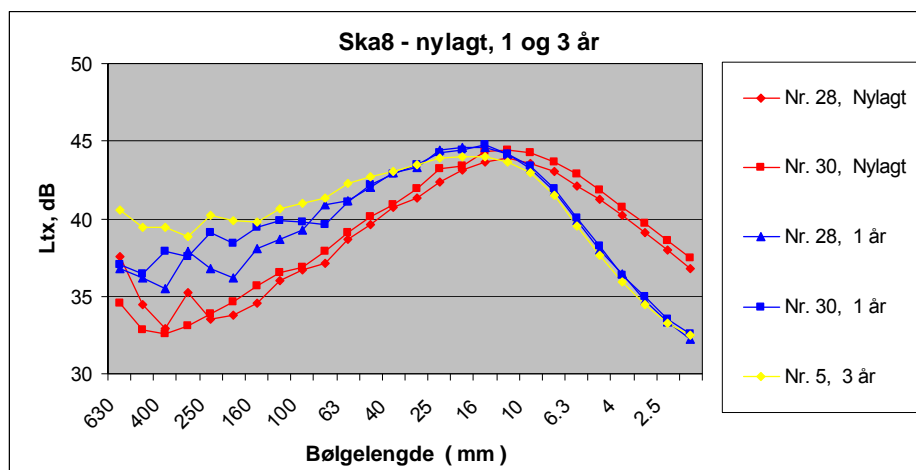
$$DL(\text{mod}) = -1.93 + 4.196 \cdot MPD - 0.073 \cdot G + 0.417 \cdot D$$

med forklart varians $R^2 = 0.58$, og med bidrag fra alle parametere. Standardavviket (standard error of estimate) er 2 dB.

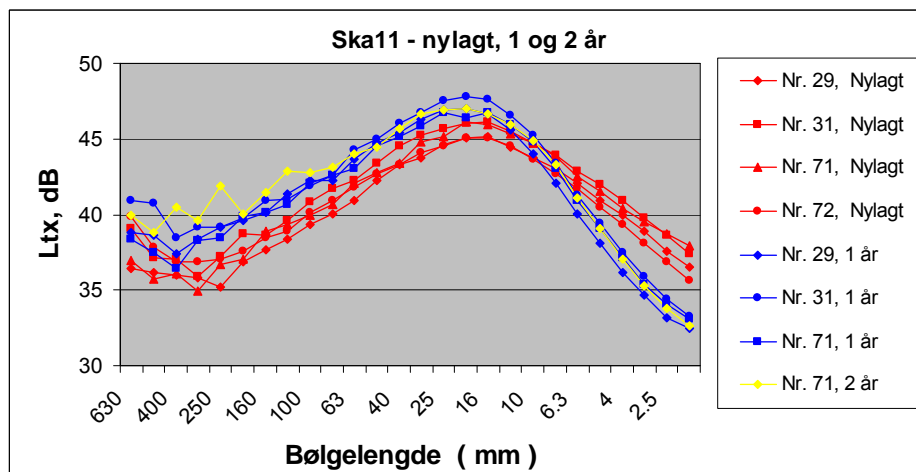
G-faktoren som er et uttrykk for overflatens form (konveks/konkav), er derved koplet til DL. Stor G-faktor gir mindre DL, og mulighet for lavere støynivå. Selv om vi utelukker D i analysen (som ville ført til en noe mindre forklart varians) oppnås signifikante bidrag fra MPD og G.

5.2 Endringer i teksturspektrene

Figur 25 og 26 viser to eksempler på hvordan teksturspekteret endres over tid. De største endringer skjer i løpet av det første året. Teksturspekteret endres dels pga. forskjellig øvre siktstørrelse og dels pga. alder. Støyen er avhengig av spekterets form, og vil følgelig endres. Teksturnivåene avtar kraftig ved korte bølgelengder, dvs. ved bølgelengder under ca. 10 - 16 mm. Ved lange bølgelengder over ca. 16 - 20 mm, øker teksturnivåene. I figurene ser en at utviklingen har stoppet opp ved korte bølgelengder etter det første året, men fortsetter noe ved lange bølgelengder.



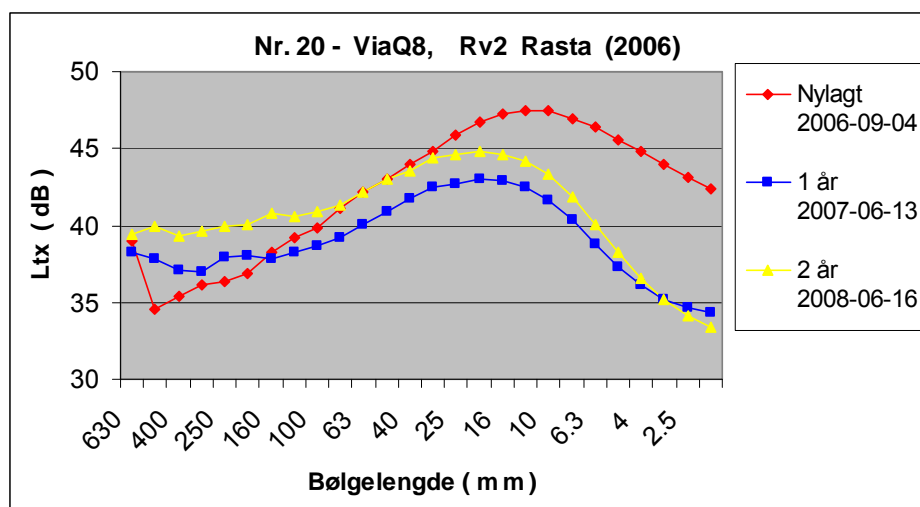
Figur 25. Utviklingen i teksturspekter de første årene etter dekkelegging, Ska 8



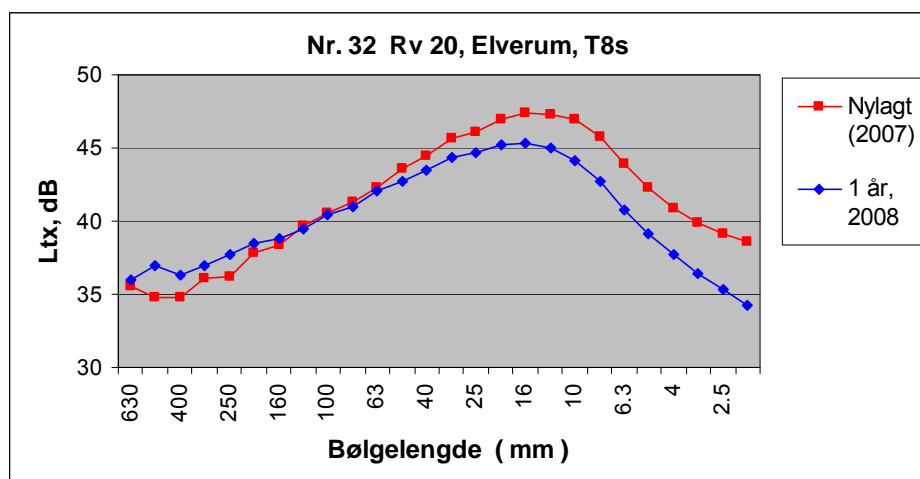
Figur 26. Utviklingen i teksturspekter de første årene etter dekkelegging, Ska 11

Utviklingsforløpene kan beskrives ved en bikking av spekterets form (mest utpreget for Ska8-dekkene), samt en viss økning av nivåer ved lengre bølgelengder. Dette er svært uheldig for støyen. Nivåøkningen i området 25 - 200 mm kan assosieres med større lavfrekvent lydutstråling fra bildekkene, mens nivåreduksjon ved korte bølgelengder kan assosieres med dårligere lufttrykkavlastning i kontaktflaten mellom bildekk og vegoverflate, og mulighet for støyøkning ved høye frekvenser.

Tynndekkene ViaQ8 og Ts8, figur 27 og 28, ser ut til å ha et noe annerledes utviklingsforløp hvor endringen i teksturnivåer ved korte bølgelengder ser ut til å dominere.



Figur 27. Utviklingen i teksturspekter de første årene etter dekkelegging, ViaQ 8

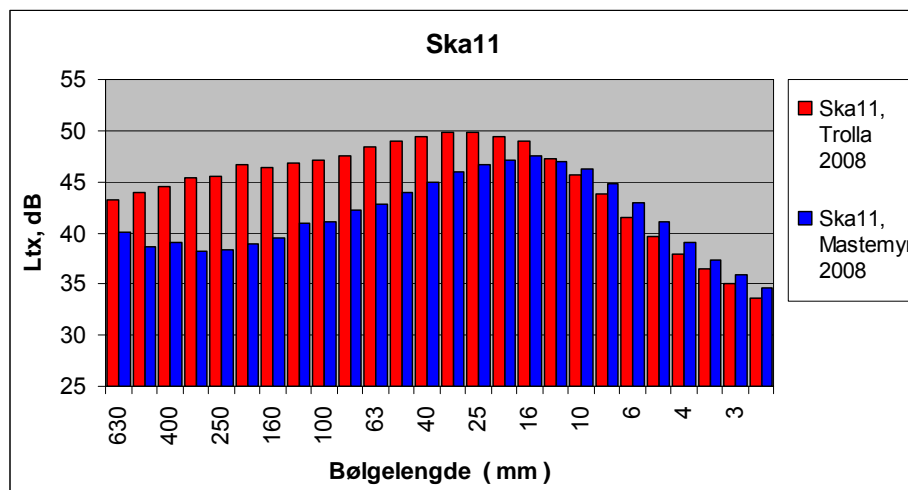


Figur 28. Utviklingen i teksturspekter de første årene etter dekkelegging, T 8s

Det er grunn til å anta at den store endringen i teksturspekteret det første året kan knyttes til piggdekkslitasjen og forholdet mellom slitestyrken til de største steinene i asfaltmassen i forhold til asfalmørtelens slitestyrke (blandingen av bindemiddel og de mer finkornige deler av steinmaterialene).

I arbeidet med å utvikle asfaltdekker som er mest mulig motstandsdyktig mot piggdekkslitasje, har man i mange år vært klar over og lagt vekt på at den groveste delen av steinmaterialene skal være mest mulig slitesterkt, samt at andelen grov stein skal være størst mulig. Arbeidene med å utvikle en mest mulig slitesterk asfalmørtel er langt mer komplisert og uoversiktlig, og denne kunnskapen er relativt begrenset.

Dersom man kunne legge større vekt på å oppnå en mest mulig slitesterk asfaltmørtel, (ved optimal mengde og grad av modifisering av bindemiddelet, samt å legge vekt på at også den finkornige delen av steinmaterialet skal være slitesterkt og gi en mørtel med god slitestyrke og deformasjonsmotstand) og evt. la mindre vekt på de groveste steinenes slitestyrke, ville man sannsynligvis oppnå å få et asfaltdekk med god slitestyrke mot piggdekk samtidig som endringene i asfaltdekkets tekstur ikke gikk like raskt som man ser ved de dekker som er analysert i dette etatsprosjektet.



Figur 29. Teksturspektre for Ska 11 ved Trola og ved Mastemyr, målt 2008

Teksturanalysene i etatsprosjektet viser relativt store spredninger i resultatene selv om mange av de omtalte tendenser er entydige. Noen variasjoner skyldes målenøyaktigheten, noe skyldes variasjoner i klimatiske forhold, trafikken o.l. Man kan imidlertid ikke utelukke at en del av variasjonene kan knyttes til asfaltdekkenes sammensetning, inklusive forhold som man i dag ikke har en god oversikt over.

Dette kan forsøksvis illustreres ved figur 29 ovenfor. Forsøksfeltene på E 18 ved Mastemyr og på Rv 715 ved Trola ble lagt i 2005. Teksturspektrene i figur 30 er fra målinger i 2008 på dekker av Ska 11. Av figuren ser en at asfaltdekket ved Mastemyr i langt større grad enn ved Trola har beholdt sin opprinnelige form på teksturspekteret.

	Hulrom	Mengde >4 mm	Kule-mølle	Slite-par. 4	Mpd	G-faktor	Ådt pr. kj.f.	Piggd.-%
Trola	7.9	55	12.5	22.73	1.68	49.7	1350	59
Mastemyr	3.3	66	6.1	9.24	0.98	80.1	2300	20

Tabell 7. Noen nøkkeltall for forsøksfeltene ved Trola og Mastemyr

Tabell 7 viser noen nøkkeltall for de to forsøksfeltene. Her kan en observere at Ska11 Mastemyr har mer restmengde stein med størrelse over 4 mm, og har gunstigere kule-mølleverdier, slik at indikatoren for kvalitet/slitestyrke (sliteparameter 4) blir vesentlig bedre for Mastemyr. Dette dekket har videre høyest ÅDT pr kjørefelt, men

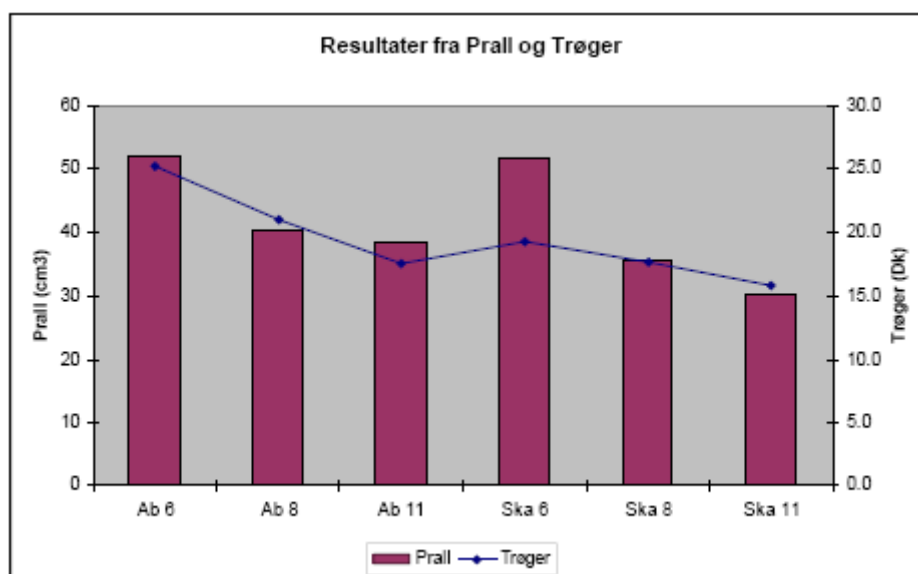
lavest andel piggdekk. Det som er overraskende er at dekket opprettholder en G-verdi på ca. 80 %, selv etter første vinter.

Det synes å være et behov for mer detaljerte analyser av forskjeller som de som er presentert i figur 29 og i tabell 7 for få bedre kunnskap om forskjellene i det alt vesentlige skyldes ytre forhold som trafikk, piggdekkbruk og klima, eller om egenskaper ved asfaltdekkene som man i dag ikke har tilfredsstillende oversikt over også kan være en ikke ubetydelig medvirkende faktor. Dette kan danne et godt grunnlag for en bedre optimalisering av vegdekkene med hensyn på å beholde de gunstige støymessige egenskaper over lengre tid. En slik optimalisering vil sannsynligvis også være svært gunstig for å redusere støvproduksjonen fra asfaltdekkene.

6 Øvrige funksjonsegenskaper

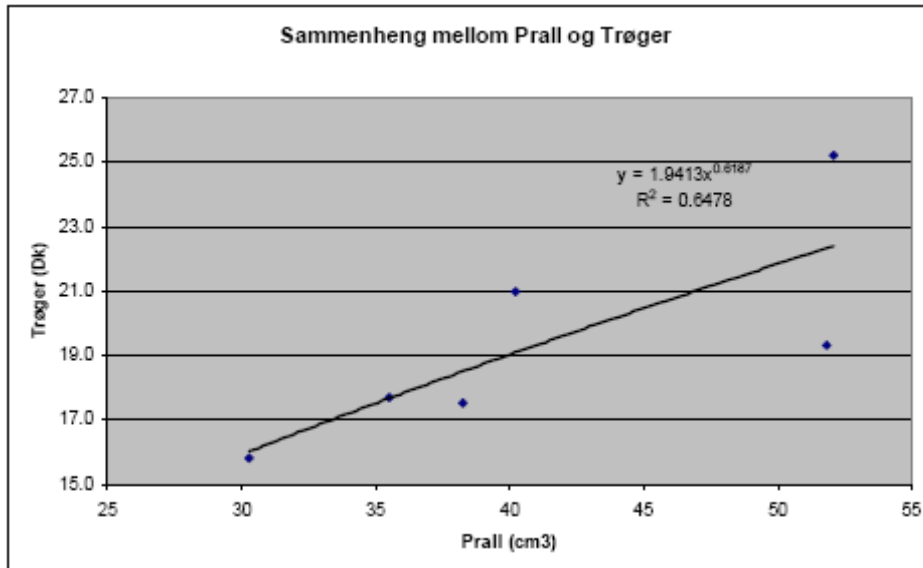
6.1 Motstand mot piggdekkslitasje

Asfaltdekkenes motstand mot piggdekkslitasje er undersøkt ved testing etter Trøger-metoden og Prall-metoden på borprøver tatt ut forsøksdekkene på Rv 715 i Trondheim (ref 18).



Figur 30 Trøger- og Prallresultater for borprøver fra Rv 715 i Trola, Trondheim

Resultatene viser relativt beskjedne forskjeller mellom masser med øvre siktstørrelse 8 og 11 mm, mens resultatene for asfaltbetong med øvre siktstørrelse 6 mm ligger ca 30% høyere enn resultatene for de grovere Ab-dekkene. For skjelettasfalt er forskjellen ca. 45%.

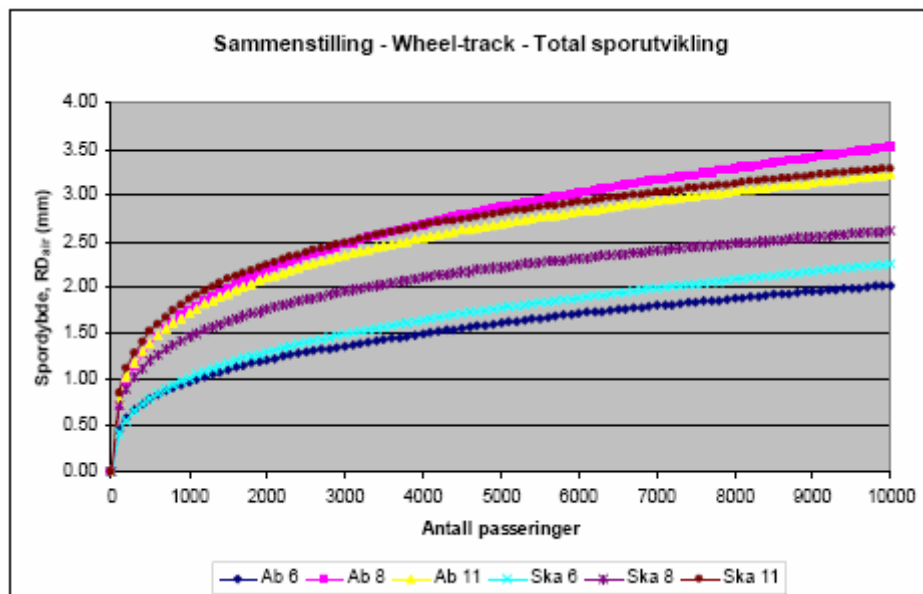


Figur 31 Korrelasjon mellom Trøger- og Prallesultater, Rv 715 i Trolle, Trondheim

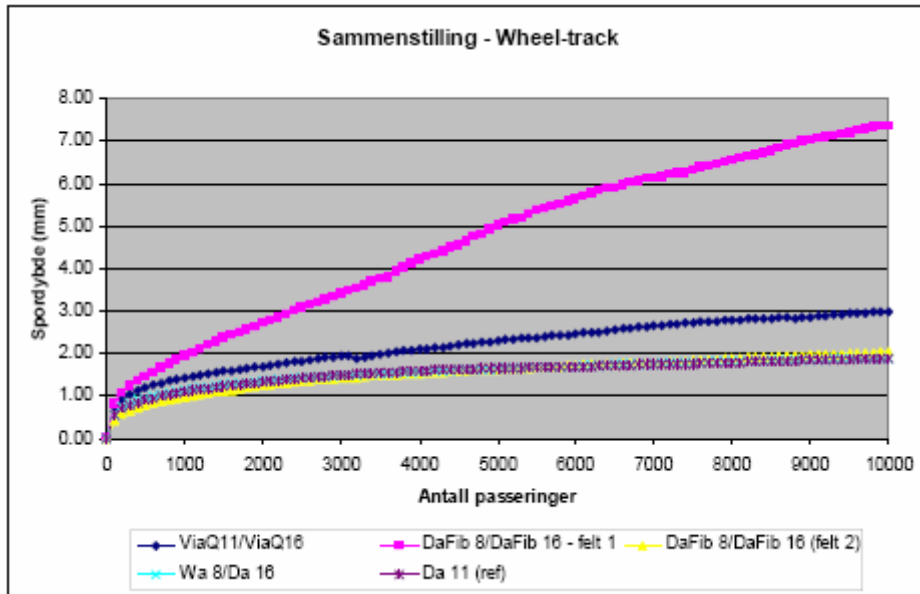
Figur 31 viser korrelasjonen mellom resultater fra testing ved Trøger-metoden og Prall-metoden. Korrelasjonen er relativt dårlig, og usikkerheten synes å være størst ved mindre slitesterke asfaltmasser. Som en følge av disse resultatene er det i Ref 18 stilt spørsmål ved Prall-metodens nøyaktighet. En tilsvarende usikkerhet finner man også ved vurdering av resultatene fra analysene av spesialdekker (ref 20).

6.2 Deformasjonegenskaper

Asfaltdekkenes deformasjonsegenskaper er vurdert ved testing i Wheel-Track på prøver laget i laboratoriet av masse tatt ut under dekkeleggingen på Rv 715 i Trolle, Trondheim, og på Rv 170 ved Bjørkelangen i Akershus. Sporutviklingen for disse prøvene er vist i figur 32 og 33 nedenfor.



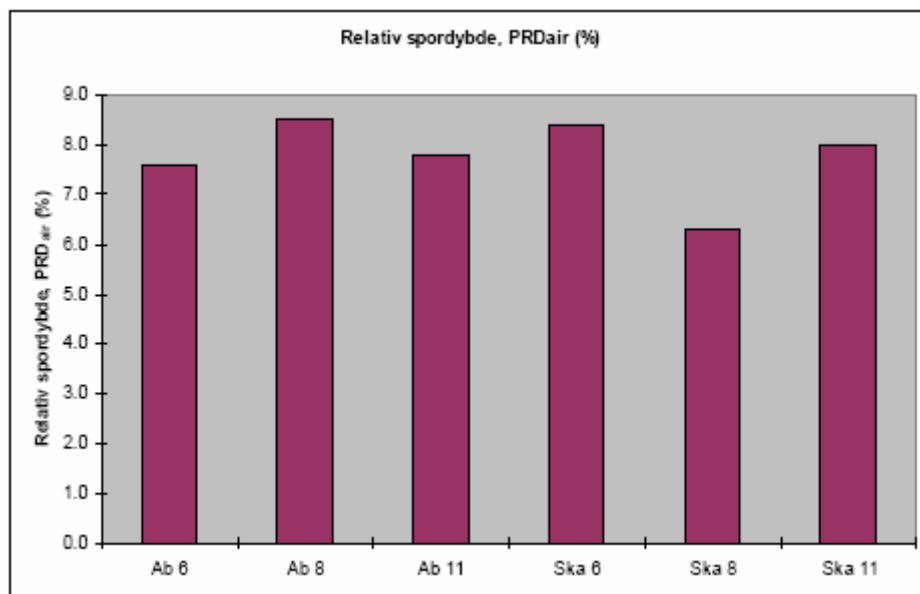
Figur 32 Total sporutvikling ved testing i Wheel-Track, Rv 715 Trolle



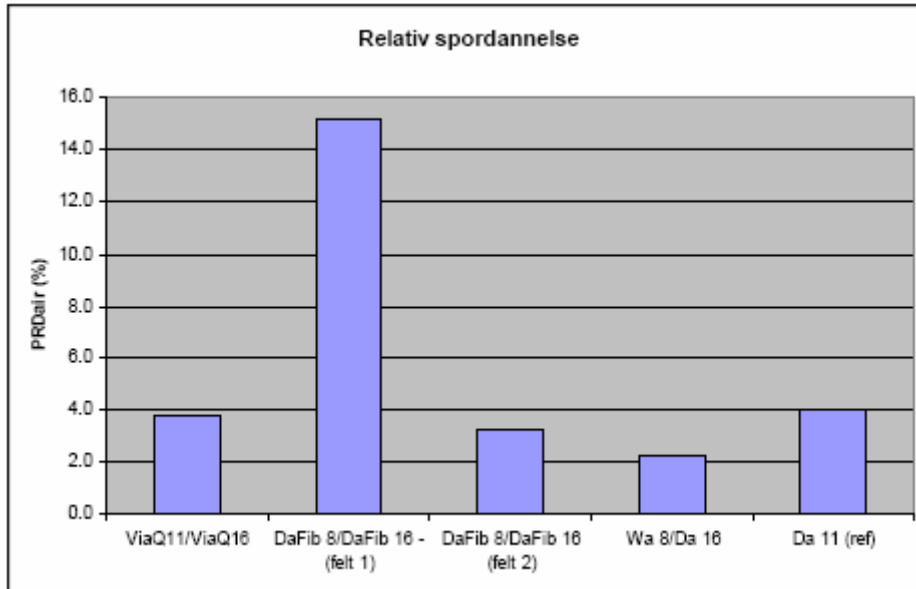
Figur 33 Total sporutvikling ved testing i Wheel-Track, Rv 170 Bjørkelangen

Fra 2008 er det i Statens vegvesens Håndbok 018 Vegbygging (ref 24) tatt inn et alternativ hvor man kan sette krav til asfaltdekkenes deformasjonsegenskaper bestemt etter Wheel-Track metoden. Det er i den sammenheng presisert at kravene må betraktes som relativt lempelige og at man må regne med en skjerpelse av kravene etter hvert som man får erfaringer med de krav som er satt.

Kravene er gitt som maks tillatt spordybde etter 10 000 sykler, angitt i % av prøvetykkelsen. Verdiene for prøvene fra Rv 715 og Rv 170 er vist i figur 34 og 35 nedenfor.



Figur 34 Spordybde etter 10 000 sykler, angitt i prosent av prøvetykkelsen ved testing i Wheel-Track, Rv 715 Trolle



Figur 35 Spordypde etter 10 000 sykler, angitt i prosent av prøvetykkelsen ved testing i Wheel-Track, Rv 170 Bjørkelangen i Akershus

Resultatene fra Rv 715 er relativt jevne. Ut fra disse resultatene vil alle dekkene oppfylle Vegnormalenes krav til deformasjonsegenskaper på vegger med ÅDT opp til 5000, Ska 8 oppfylder kravene for ÅDT opp til 10 000.

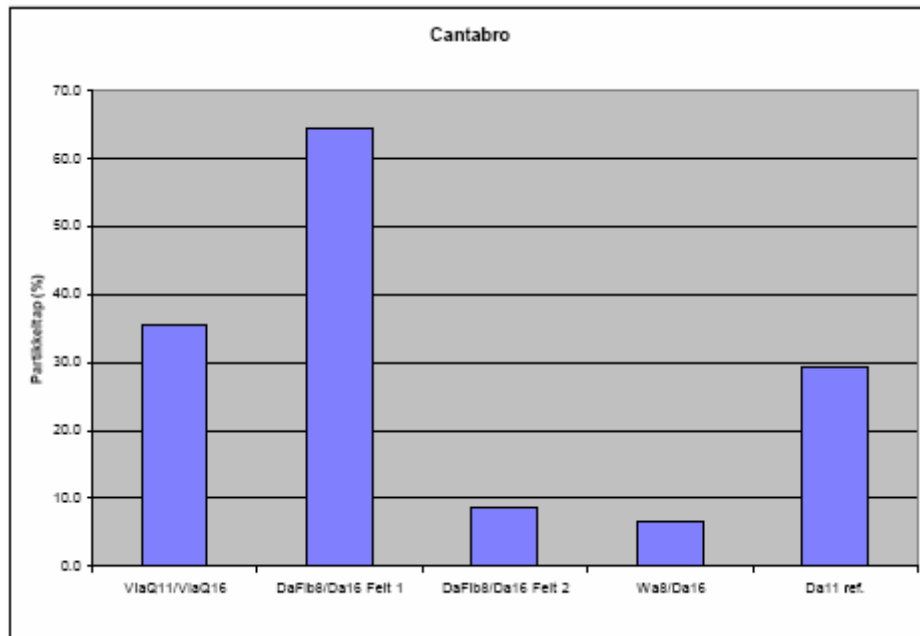
Deformasjonsegenskapene på Rv 170 er med ett unntak også gode. En relativ spordannelse bedre enn 5 mm tilfredstiller Vegnormalenes krav for vegger i alle ÅDT-intervall.

Felt 1 med DaFib 8/DaFib 19 viser dårlige deformasjonsegenskaper, mens felt 2 med samme massetype har resultater som harmonerer med de øvrige massene. (Reseptene er forskjellige mhp naturgrusinnhold. Felt 1 7% grus, felt 2 10% grus.)

I denne forbindelse bør det bemerkes at kravene i vegnormalene er knyttet til borprøver tatt ut av vegdekket, mens resultatene i figurene over er fra prøver laget i laboratoriet med masse produsert i asfaltverk.

6.3 Bestandighet

Det er utført analysering av bestandigheten av dekketyperne lagt ut på Rv 170 ved Bjørkelangen (ref 18). Testingen er utført på vannlagrede borprøver fra felt. Resultatene etter Cantabro-test er vist i figur 36 nedenfor.



Figur 36 Resultater fra bestandighetstesting, Cantabro, Rv 170 Bjørkelangen

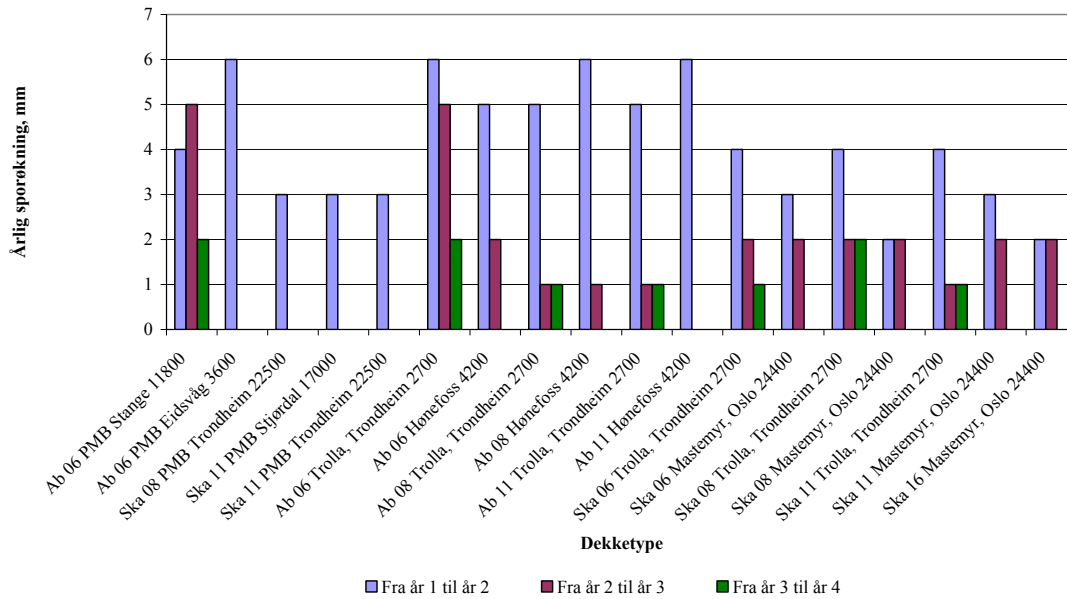
Alle dekketyperne på Bjørkelangen er drenerende massetyper med høyt hulrom. Massetypen med dårligste bestandighet har høyest hulrom, mens massetypen med best bestandighet har lavest hulrom. Dette indikerer at hulromsinnholdet er viktig for et dekkets bestandighetsegenskaper. Utover dette er det vanskelig å trekke klare konklusjoner basert på disse resultatene.

6.4 Forventet dekkelevetid

6.4.1 Ordinære dekker

Målt årlig sporendring på forsøksfeltene med ordinære dekker, asfaltbetong og skjelettasfalt med og uten PMB, er vist i figur 37 nedenfor. For praktisk talt alle forsøksstrekningene er det en tydelig tendens til at sporøkningen er høyere den første vinteren enn i de etterfølgende.

Målt årlig endring i gjennomsnittlig spordybde, Ska og Ab med uten PMB

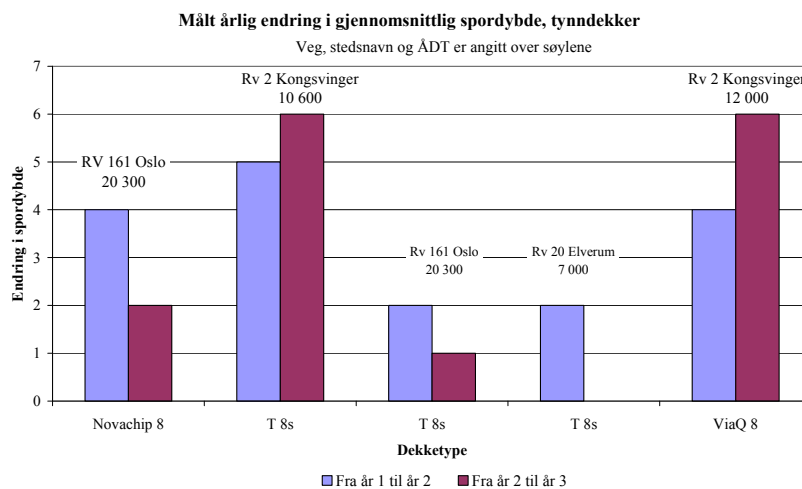


Figur 37 Målt årlig gjennomsnittlig sporøkning, ordinære dekker.

Dersom man antar et forhold på 1,35 mellom 90%-verdier og gjennomsnittsverdier for en vegstrekning, får man at vedlikeholdsstandarden på 25 mm blir utløst når gjennomsnittlig spordybde er 18,5 mm. Dersom man videre antar et gjennomsnittlig initialspor på 4 mm, vil et dekke med en sporøkning på 4 mm det første året og en sporøkning på 2 mm i alle etterfølgende år, ha en estimert dekkelevetid på 6,3 år.

6.4.2 Tynndekker

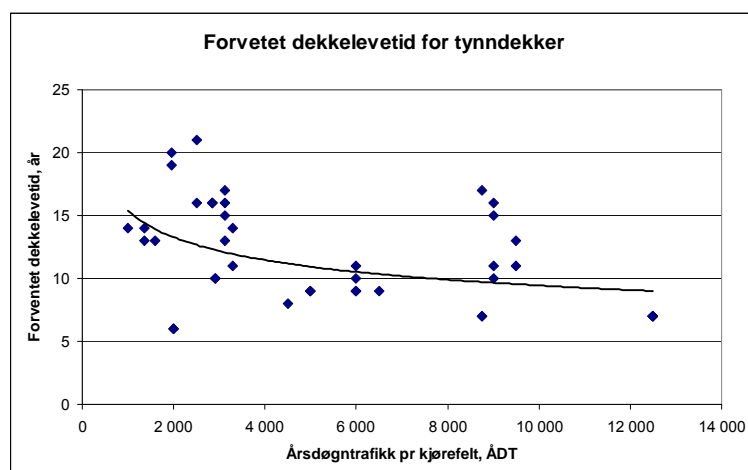
Målt årlig sporendring på forsøksfeltene med tynndekker er vist i figur 38 nedenfor. For disse dekkene synes det ikke å være noen klar tendens til at sporøkningen det første året er større enn i det etterfølgende året.



Figur 38 Målt årlig gjennomsnittlig sporøkning, tynndekker.

En tilstandsoppfølging over tre år eller mindre er alt for kort til at man kan ha en pålitelig estimering av forventet dekkelevetid. Dersom man legger til grunn de samme forutsetninger som ved ordinære dekker med hensyn til initialspor og dekkenes homogenitet, vil en gjennomsnittlig årlig sporøkning på 4 mm gi en forventet dekkelevetid på 3,6 år.

Figur 39 nedenfor viser resultatet av en analyse av dekkelevetider for tynndekker utlagt som en del av den ordinære dekkefornyelsen. Disse resultatene viser forventede dekkelevetider som er vesentlig høyere enn hva man kan forvente av dekkene lagt som en del av feltforsøkene i prosjektet.



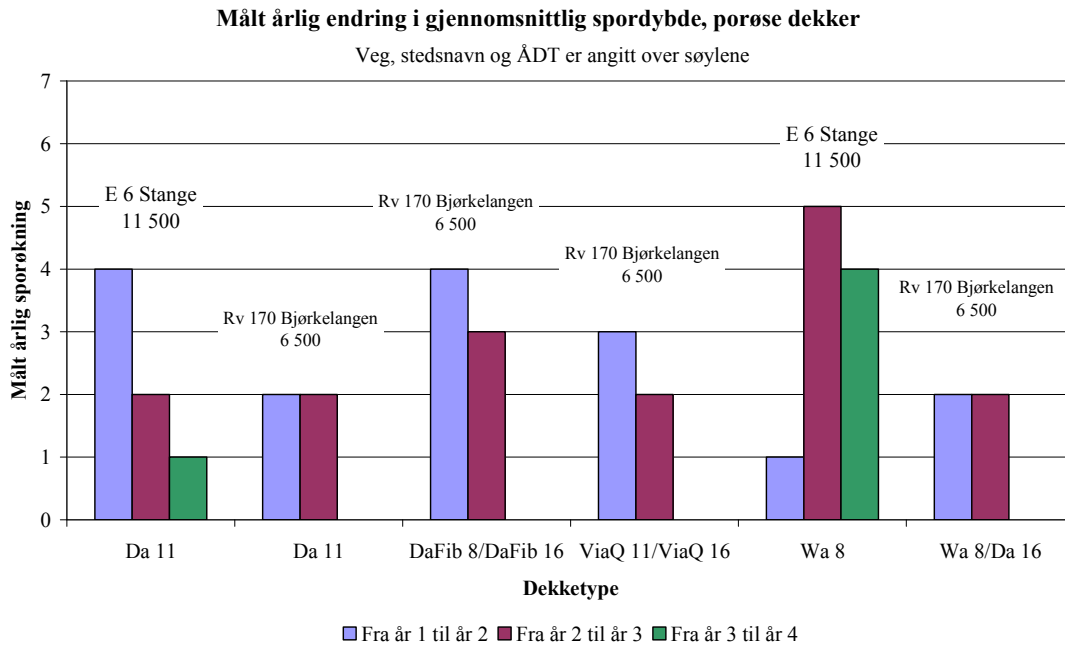
Figur 39. Forventet dekkelevetid for tynndekker utlagt som en del av det ordinære dekkevedlikeholdet

For beregningene i figur 39 er forventet dekkelevetid estimert ut fra en utløsende 90/10 verdi for spordybde på 25 mm. Tynndekker vil normalt være gjennomslitt før dette inntreffer.

Resultatene i figur 39 viser relativt store variasjoner i forventet dekkelevetid. En av flere årsaker til dette er sannsynligvis den forenklete beregning av ÅDT pr kjørefelt. I denne beregningen er det for veger med mer enn 2 kjørefelt antatt lik fordeling av trafikken på alle kjørefelt. Trafikktellinger viser at det på veger med mer enn 2 kjørefelt som regel er svært ujevn fordeling mellom kjørefeltene med hensyn på trafikkmengden av både tunge og lette kjøretøy.

6.4.3 Porøse dekker

Målt årlig sporendring på forsøksfeltene med porøse dekker er vist i figur 40 nedenfor. For tre av dekkene er det en tendens til at sporøkningen er noe høyere den første vinteren enn den etterfølgende, men tendensen er på langt nær så markert som for ordinære dekker.



Figur 40 Målt årlig gjennomsnittlig sporøkning, ett og tolags porøse dekker.

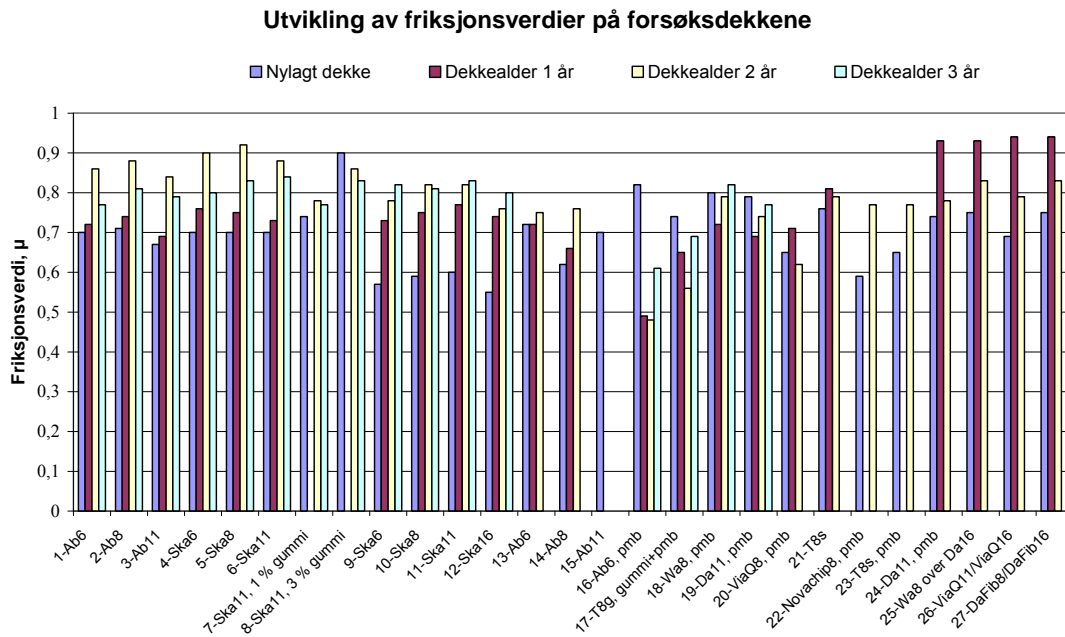
Med en gjennomsnittlig årlig sporøkning på 2 mm, får man en forventet dekkelevetid på 7,3 år. Etter dette er det grunn til å anta at porøse dekker ikke har vesentlig kortere dekkelevetid enn f.eks. finkornige ordinære dekker. Dette forutsetter imidlertid at sporøkningen også er 2 mm per år i de kommende årene, og at dekkenes tekniske levetid ikke blir forkortet i forhold til en fremskrevet, lineær sporutvikling på grunn av steinslipp o.l.

6.5 Friksjon

Vegdekkenes friksjonsegenskaper er fulgt opp gjennom regelmessige friksjonsmålinger på forsøksfeltene. Friksjonsmålingene er utført med Statens vegvesens målebil ROAR Mark III hvor målingene er utført med fast slipp. Målingene er utført ved hastigheter mellom 50 og 60 km/t avhengig av skiltet hastighet. Resultatene er korrigert til en friksjonsverdi ved 60 km/t.

6.5.1 Sommerfriksjon

Resultatene av friksjonsmålinger på 27 av forsøksstrekningene er vist i figur 41 nedenfor. De fleste av strekningene har fullt ut tilfredsstillende friksjonsegenskaper. Blant de positive resultatene finnes det ett unntak. Dette gjelder strekningen med Ab 6 på E 6 i Stange i Hedmark. På denne strekningen fikk man gode friksjonsverdier på nylagt dekke, men ved alle seinere målinger har resultatene ligget relativt lavt, med en friksjonskoeffisient på 0,5 – 0,6. Også disse verdiene er over vedlikeholdsstandardens krav. I rapporten fra laboratorieundersøkelsene av asfaltmasser til feltforsøkene (ref 19) er det for dette forsøksfeltet anmerket at massesammensetningen tilsier at en betegnelse Ab 4 antagelig hadde vært mer riktig enn Ab 6.

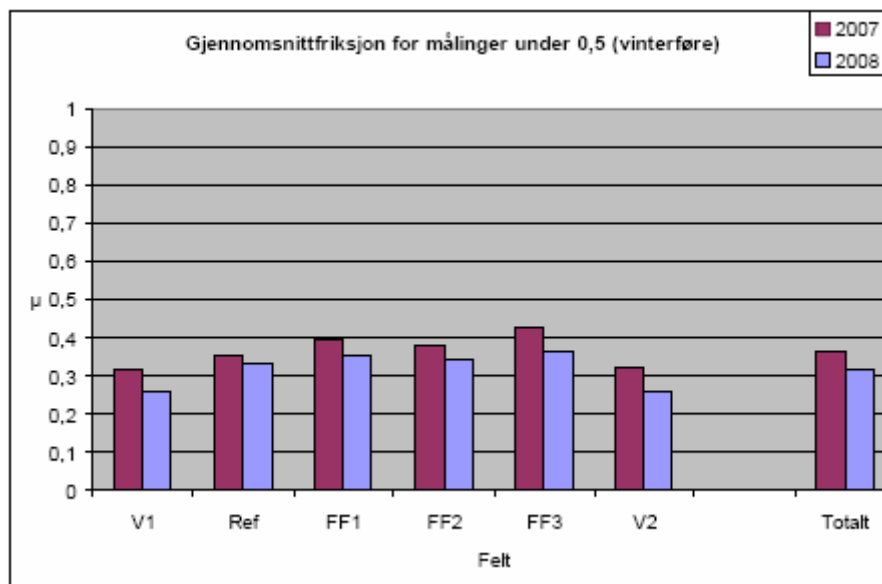


Figur 41 Friksjonskoeffisienter ved 60 km/t og optimal slipp, 27 forsøksstrekninger

Ved de fleste av strekningene er de laveste verdier målt på nylagt dekke. Ut over dette synes det ikke å være noen entydige forhold ved variasjonene i måleresultater fra år til år.

6.5.2 Vinterfriksjon

Vinterfriksjonen er fulgt opp spesielt på Rv 170 ved Bjørkelangen i Akershus (ref 25).



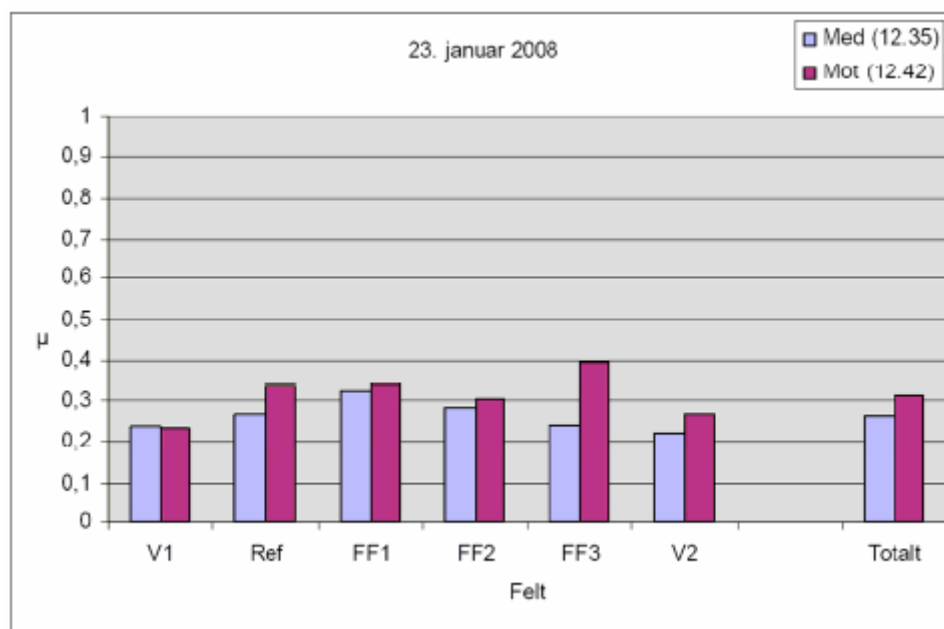
Figur 42 Friksjonsverdier for forsøksfeltene på Rv 170, gjennomsnitt for vinteren 2006/07 og 2007/08

Gjennomsnittsverdiene for vinteren 2006/07 og 2007/08 indikerer tilfredsstillende friksjonsforhold på forsøksstrekningene. Strekningene V1 og V2 er ordinære dekker

av skjelettasfalt Ska 11 i nærheten av forsøksfeltet. Alle forsøksstrekningene har bedre friksjonsegenskaper enn de ordinære dekkene, til tross for at de ikke er gjennomført noen form for intensivt vinterdrift på forsøksstrekningene.



Figur 43 Bilde fra forsøksfeltene 23. januar 2008



Figur 44 Friksjonsverdier for forsøksfeltene målt 23. januar 2008

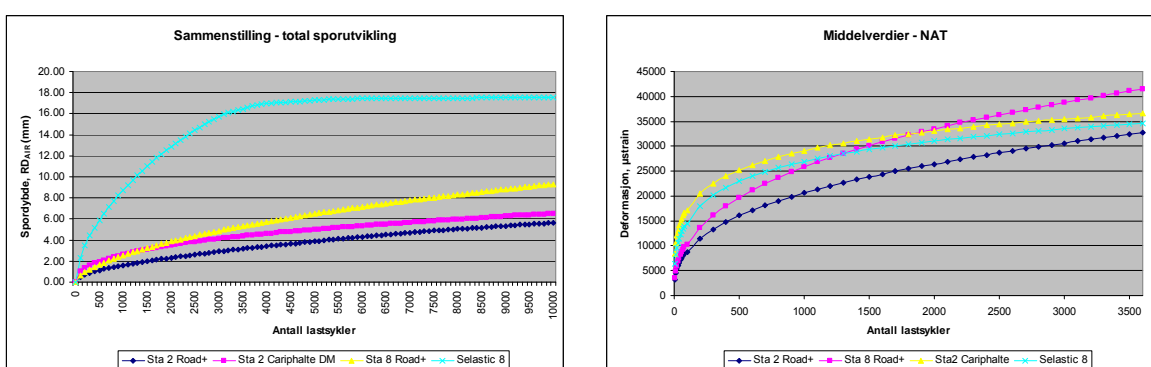
Figur 43 og 44 viser et bilde og tilhørende resultater fra friksjonsmålinger utført under ugunstige vær og føreforhold 23. januar 2008. Friksjonsverdiene 23. januar 2008 er

lavere enn gjennomsnittet for de to vintrene, men også under disse forholdene er friksjonsverdiene på forsøksstrekningene høyere enn for de ordinære dekkene V1 og V2.

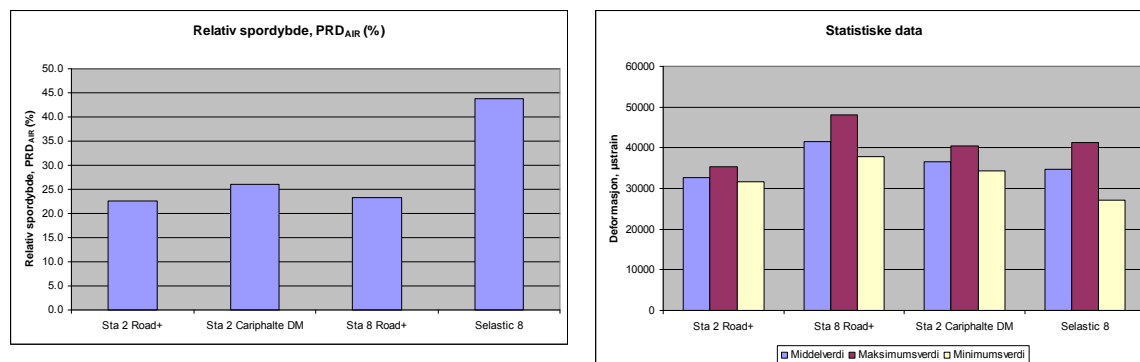
7 Spesialdekker

Analyser med formål å utvikle spesialdekker som er spesielt gunstige med hensyn på støy og støv, har i etatsprosjektet vært konsentrert om dekketyper med sammensetning og egenskaper svært lik finkornig støpeasfalt (ref 20). De masser som har vært analysert, er nærmere omtalt i Kap 3.9.

Massenes deformasjonsegenskaper er presentert i figur 45 – 47. Resultatene omfatter testing etter både Wheel Track metoden og ved syklisk kryp.



Figur 45 Total sporutvikling bestemt etter Wheel Track metoden og Syklisk kryp (syklisk trykkprøving)



Figur 46 Relativ spordybde etter 10000 sykler bestemt etter Wheel Track metoden og deformasjon ved Syklisk kryp (syklisk trykkprøving)

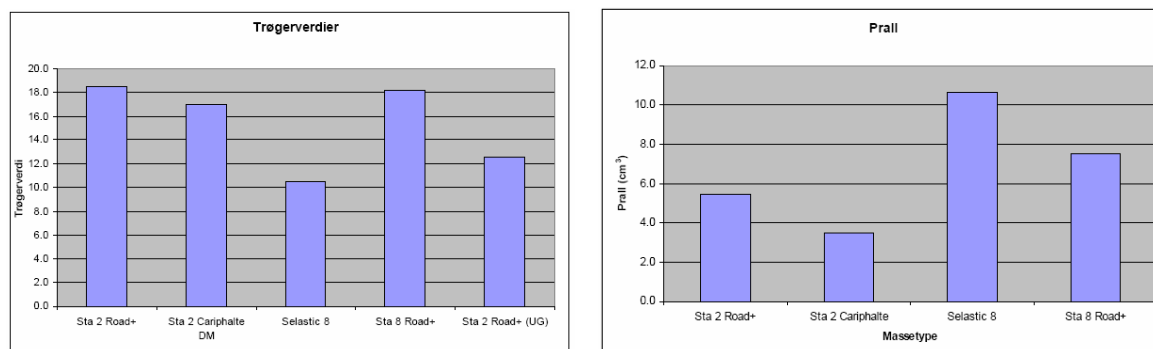
Med en relativ spordybde som for alle de analyserte masser er over 20% ved testing etter Wheel-Track metoden, og deformasjon ved syklisk kryp i størrelsesorden 30 000 – 40 000 microstrains, synes det klart det er behov for en videre utvikling med hensyn til deformasjonsegenskaper før massetypene er klare for videre uttesting ved feltforsøk.

I forhold til de krav som er satt i Statens vegvesens Håndbok 018 Vegbygging (ref 24) oppfyller massene ikke noen av kravene til relativ spordybde bestemt etter Wheel-

Track metoden. For deformasjon ved syklisk krep tilfredsstillers Sta 8 med bindemiddel Road+ ingen av de krav som er satt, mens de øvrige tilfredsstillers kravene til dekker på vegger med ÅDT 1501 – 3000.

Det er i den sammenheng presisert at kravene i Håndbok 018 må betraktes som relativt lempelige og at man må regne med en skjerpelse av kravene etter hvert som man får erfaringer med de krav som er satt.

Asfaltmassenes motstand mot piggdekkslitasje er estimert ved testing etter både Trøger-metoden og Prall-metoden. Resultatene er vist i figuren nedenfor.



Figur 47 Resultater fra testing av motstanden mot piggdekkslitasje, Trøger og Prall

Trøgerverdiene i figur 47 er relativt gunstige for de testede spesialmassene. Det fremgår bl.a. ved en sammenlikning med Trøgerverdier for prøver fra Rv 710 i Trolla, se kap 6.1. Resultatene bestemt ved Prall er også svært gunstige, jevnfør Prallverdier i størrelsesorden 30 – 50 cm³ for prøvene fra Rv 715.

8 Drift og vedlikehold

8.1 Vinterdrift

Miljøvennlige vegdekkers innvirkning på vinterdriften (og omvendt) har bl.a. vært fulgt opp gjennom en dialog med de som har hatt ansvaret for driften på områder som omfatter Ev 6 i Stange og Rv 170 i Bjørkelangen.

Ev 6 i Stange

Entreprenøren har utført visuell oppfølging av forsøksfeltene for å registrere eventuelle spesielle forhold. Det er ikke registrert noe som har gitt grunnlag for egne tiltak. Driftsentreprenøren har derfor ikke gjort spesielle avvik i vedlikeholdsopplegget for vintersesongen på forsøksdekkene sammenliknet med de ordinære dekkene.

Det er ikke registrert spesielle skader på forsøksstrekningen pga vinterdriften. Strøsand er brukt en gang i løpet av vinteren. Etter en kuldeperiode i romjula var det en dag med – 10 C og underkjølt regn. For øvrig har det vært mer normale værforhold med mye barveg/salting.

Rv 170 ved Bjørkelangen

Følgende momenter av erfaringer fra vinterdriften på Rv 170 ved Bjørkelangen:

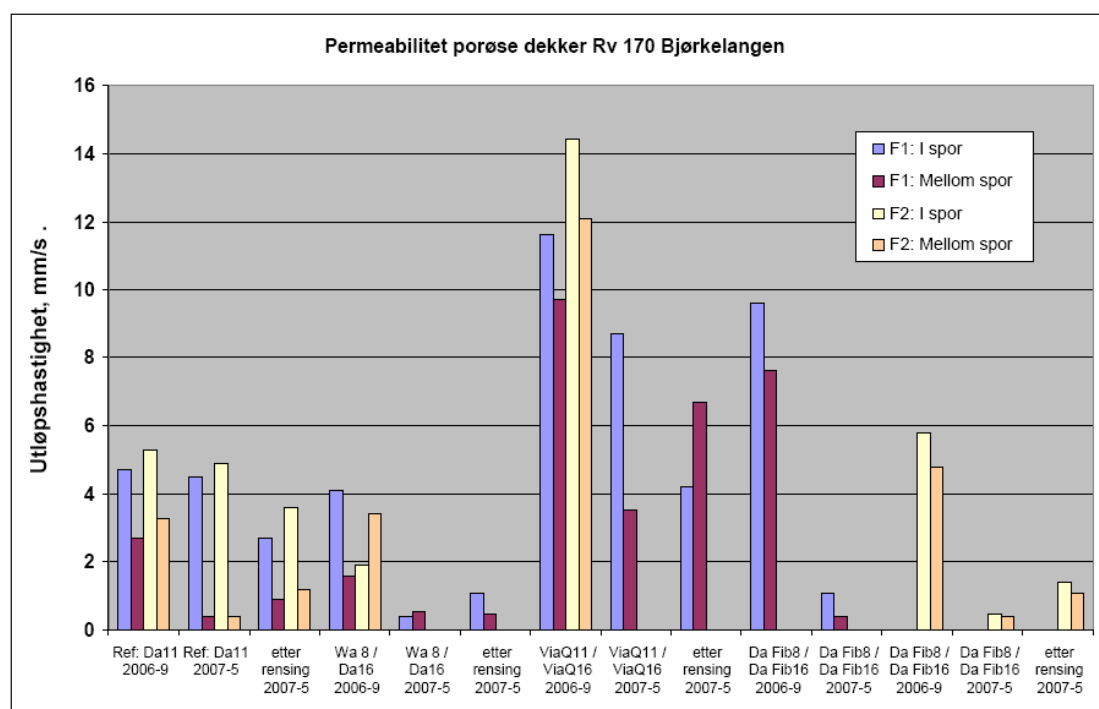
- Det brukes mindre salt på forsøksstrekningene og strekningene med porøse dekker tørker raskere opp.
- Det blir liggende igjen en del restsalt som medfører at det ikke så lett danner seg snøsåle på disse strekningene.
- Ved tåke ble det noe glattere på de porøse dekkene, som gjorde at det måtte saltes (helt spesielle værforhold).
- Ikke observert skader etter redskap.
- Ikke observert skader etter kjettingbruk.

Konklusjonen er at dekkene har klart seg godt og at de som drifter vegen er godt fornøyd med dekkene

Erfaringene med mindre behov for salting på porøse dekker er blitt bekreftet ved målinger av saltmengde på vegbanen etter salttiltak. En mulig forklaring kan være at saltkorn kiler seg fast i porene i asfalddekket og ikke så lett blåses bort av trafikken.

8.2 Rensing av porøse dekker

Våren 2007 ble det gjennomført rensing av de porøse dekkene på Rv 170 ved Bjørkelangen. Effekten av rensingen ble vurdert ut fra målinger av støy og permeabilitet på rensed og urensed dekke. Resultatene av permeabilitetsmålingene er vist i figur 48 nedenfor.



Figur 48 Vegdekkenes permeabilitet før og etter rensing, Rv 170 ved Bjørkelangen

Resultatene av permeabilitetsmålingene kan oppsummeres gjennom følgende punkter.

- Utløpshastigheten (permeabiliteten) var gått ned for alle dekketyper fra september 2006 til mai 2007. Det var betydelig større nedgang i permeabilitet mellom spor enn i høyre spor.

- Rensing av forsøksdekkene ga en viss forbedring mellom spor for to av forsøksdekkene samt for referansedekket. For ett av forsøksdekkene var permeabiliteten så lav at en eventuell endring ikke ble registrert.
- Rensing av forsøksdekkene ga en klar nedgang i permeabilitet i høyre spor for referansedekket og ett av forsøksdekkene. For de to andre forsøksdekkene ble permeabiliteten forbedret som følge av rensingen.
- CPX-målinger av støy før og etter rensing viste at rensing hadde ingen eller helt ubetydelig innvirkning på dekkenes støyegenskaper.

Ut fra resultatene fra rensforsøket våren 2007 ble det besluttet å ikke gjennomføre tilsvarende forsøk i 2008.

9 Konsekvensanalyser

De støyegenskaper som er vist i tabell 8 i Kap 4.2.2, er av Transportøkonomisk institutt benyttet i en modell for analyse av nyttekostnad for forskjellige typer tiltak for å redusere vegtrafikkstøy (ref. 5 og 21).

Tabell 8 viser noen av de forutsetninger som er lagt inn i regnemodellen med hensyn til gjennomsnittlig dekkelevetid og støyreduksjon i forhold til referansen Ska 11.

Dekketype	Teknisk dekkelevetid, år		Støyreduksjon for nylagt dekke, dB	Støyreduksjon ved utløpet av teknisk levetid, dB
	ADT 7500	ADT 12500		
Referanse Ska 11	8,5	6,5	-	-
Ab11	8,0	6,0	1	0
Ab 8	7,5	5,5	3	1,5
Ab 6	7,0	5,0	4	1,5
Støysvakt tynndekke T 8	8,0	6,0	2	1
Støysvakt tynndekke T 8x ¹⁾	8,0	6,0	4	1,5
Ettlags Da 11	5,0	4,0	4	1
Tolags Da 11/Da 16	5,0	4,0	5	1,5
Tolags Da 8/Da 16	4,0	3,0	7	2,5
Tolags Da 11x ¹⁾ /Da 16	5,0	4,0	6	1,5

1) Antatt beste potensiale

Tabell 8. Dekkelevetid og støyreduksjon for vegdekker i nyttekostnadsanalysen

Konsekvensanalysen inkluderer også miljøbelastningen på grunn av støv fra piggdekkslitasjen, slik det er vist i tabell 9. Beregningsmodellen inkluderer også partikkelutslipp fra eksos, men dette er satt uavhengig av dekketypen.

Dekketype	Korreksjonsfaktor for partikkelutslipp
Referanse Ska 11	-
Ab11	1,05
Ab 8	1,2
Ab 6	1,4
Støysvakt tynndekke T 8	1,0
Støysvakt tynndekke T 8x ¹⁾	1,0
Ettlags Da 11	1,0
Tolags Da 11/Da 16	1,0
Tolags Da 8/Da 16	0,85
Tolags Da 11x ¹⁾ /Da 16	0,75

1) Antatt beste potensiale

Tabell 9. Antatte partikkelutslippsendringer (PM10) i forhold til Ska 11

Med korreksjonsfaktor for partikkelutslipp menes den endring man vil få i antatte partikkelutslipp (PM10) ved omlegging fra referansedekket Ska 11 til et mer støysvakt dekke angitt i tabellen.

Basert på erfaringene fra Rv 170 i Akershus er det i de reviderte beregningene forutsatt at dekketyperen ikke har innvirkning på forbruket av salt i vinterdriften og at rensing av porøse dekker ikke er aktuelt.

Konsekvensanalysene utført av TØI omfatter både punkttestimat og følsomhetsanalyser av netto nytte og nyttekostnadsbrøk ved omlegging til mer støysvakt vegdekke.

For veger med ÅDT = 7 500 (tofelts veg) og antall berørte boliger = 100, viser følsomhetsanalysen at det bare er støysvakt tynndekke T 8x ("beste potensiale") som har det meste av sannsynlighetsmassen for netto nytte større enn 0.

Dekketype	Minste antall boliger pr km veg for nytte/kostnad > 2,0	
	ÅDT = 7500 to kjørefelt	ÅDT = 12 500 fire kjørefelt
Ab11 ¹⁾	-	-
Ab 8 ¹⁾	-	-
Ab 6 ¹⁾	-	-
Støysvakt tynndekke T 8	33	97
Støysvakt tynndekke T 8x ²⁾	13	42
Ettlags Da 11	125	326
Tolags Da 11/Da 16	328	825
Tolags Da 8/Da 16	255	614
Tolags Da 11 ²⁾ /Da 16	125	325

1) Nytttekostnadsbrøk $\geq 2,0$ ble ikke oppnådd for Ab-dekkene pga for høyt partikkelutslipp

2) Antatt beste potensiale

Tabell 10. Minimum antall berørte boliger pr km veg for å oppnå nyttekostnadsbrøk lik 2,0 eller større, 70 km/t

Tabell 10 angir det minste antall boliger utsatt for støy pr km veg som gir en nyttekostnadsbrøk lik eller større enn 2,0 ved å gå over til mer miljøvennlige vegdekker sammenliknet med Ska 11. En nyttekostnadsbrøk på 2,0 er valgt for å få et

robust uttrykk som gir en positiv netto nytte selv om beregningsforutsetningene skulle være noe mer ugunstige for den beregnede netto nytte enn de som er angitt ovenfor.

Av tabell xx ser en av tynndekker gir en robust nyttekostnadsbrøk ved de laveste antall berørte boliger ved både 7500 og 12 500 i ÅDT. Dekketyper fremstår derfor som et svært aktuelt alternativ når miljøvennlige vegdekker skal vurderes.

10 Anvendelse av miljøvennlige vegdekker

Tabell 11 nedenfor (ref 26) viser når det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å benytte miljøvennlige vegdekker. Dette er basert på en nytte-/kostnadsberegning med en forutsetning om at det i hver boenhet i gjennomsnitt er bosatt to personer.

Foreløpig mener vi det ikke er grunnlag for å kreve at miljøvennlige vegdekker skal benyttes på alle vegstrekninger der disse kriteriene er oppfylt og forholdene for øvrig ligger til rette for det. Det må gjøres en totalvurdering av mulige tiltak og om det er riktig å benytte miljøvennlige vegdekker i hvert enkelt tilfelle.

Det mest aktuelle alternativet ved bruk av miljøvennlige vegdekker er tynndekker eller dekker med liten steinstørrelse.

Det anbefales at drengasfalt foreløpig bare brukes i helt spesielle tilfeller der støybelastningen er stor og andre tiltak er vanskelig å realisere eller svært kostbare. Ved bruk av drengasfalt forutsettes det også at det er mulig å sikre fritt avløp av vann fra dekket.

Kriterier for valg	Dekker D ≤ 8 inkl. tynndekker	Drengasfalt	
		Ettlag	Tolag
Hastighetsnivå (km/t)	40 - 80	≥ 70	≥ 70
Andel piggfrie dekk (%)	0 - 100	> 70	> 70
Tofelts vegger			
ÅDT	> 3000	> 5000	> 5000
Støyutsatte boenheter pr km	> 30	> 100	> 200
Firefelts vegger			
Støyutsatte boenheter pr km	> 100	> 300	> 600
Andre forutsetninger		Plant underlag og god drenering	Plant underlag og god drenering

Tabell 11. Kriterier for valg av støysvake vegdekker

Forslaget i tabell 11 bygger bl.a. på de forutsetninger som er listet opp nedenfor.

- At det benyttes PMB og sterke steinmaterialer som sikrer akseptabel levetid og lite støvgenerering.
- Der støy er et stort problem i tillegg til støy skal andre tiltak vurderes/prioriteres.
- Behovet for støysvake dekker vurderes ut i fra støykart og en totalvurdering også av andre tiltak.

Bruk av tynndekker vil kreve en litt høyere standard på dekkevedlikeholdet enn det vedlikeholdsstandarden med spor på 25 millimeter legger opp til. Tynndekker vil kunne bli gjennomslitt før tiltaksgrensen er nådd, og dette er uheldig. Derfor bør det gjøres tiltak oftere på de strekningene hvor en velger å benytte støysvake dekker.

Dette vil medføre en viss differensiering av standarden på dekkene, med høyere standard der en velger å benytte miljøvennlige vegdekker enn på det øvrige vegnettet.

11 Konklusjoner og anbefalinger

Målet med etatsprosjektet har vært å fremskaffe ny kunnskap om hva som er mulig å oppnå av miljøgevinst ved optimalisering av vegdekkenes miljøegenskaper. Dette må ses på som ett av flere aktuelle virkemidler for å nå de nasjonale målsetninger med hensyn på reduksjon av støy- og støvplager. Eksempler på andre kilderettede tiltak kan være å redusere trafikkhastigheten som er svært effektivt for reduksjon av både støy og svevestøv. Dette er bekreftet gjennom aktivitetene i etatsprosjektet.

Når det gjelder potensial for reduksjon av støy- og støvplager gjennom rene dekketiltak har prosjektet vist at:

- Støynivå på nylagte miljøvennlige dekker ligger 3-9 dB(A) lavere enn referansen (Ska11 eldre enn ett år)
- Støyreducerende effekt avtar relativt raskt for alle typer dekker som er undersøkt. Årlig økning i støynivå målt på norske vegdekker ligger vesentlig høyere enn hva som er rapportert fra en rekke andre land. Endringen er spesielt stor den første vinteren etter dekkelegging. Det er naturlig å forklare dette forholdet ved piggdekkslitasjen og dens påvirkning på vegdekkenes overflatetekstur.
- Friksjonsegenskapene til miljøvennlige vegdekker testet i felt er på nivå med tradisjonelle norske vegdekker, og krever ikke annet vintervedlikehold. Porøse dekker ser ut til å ha noe bedre friksjon enn tette vegdekker med tilsvarende steinstørrelse.
- Det er vanskelig å utvikle vegdekker som er vesentlig mer slitesterke enn de vi har i dag, uten av det går ut over andre viktige egenskaper som deformasjonsmotstand og friksjon. Det er imidlertid mulig å opprettholde slitestyrke på mer støysvake dekkealternativ gjennom krav til materialkvalitet og sammensetning.

Tynndekker er den dekketypen som kommer best ut i nyttekostnadsanalysen. Dette skyldes at det er et billig alternativ som har relativt bra effekt på støyreduksjon og tilfredsstillende slitestyrke. Utenlandske erfaringer tilsier dessuten at det er potensial for større støyreduksjon enn hva som er målt på forsøksdekkene i Norge. Denne dekketypen bør derfor ansees som et interessant dekkealternativ og det anbefales at tynndekker tas i bruk der forholdene ligger til rette for det.

Tette dekker (Ab og Ska) med øvre siktstørrelse, $D \leq 8$ mm er også gunstige med hensyn på støyreduksjon, men oppnår ikke like høy nytte-kostnadsbrøk som tynndekker pga. høyere partikkelutslipp. Laboratorieforsøk har imidlertid vist at motstanden mot piggdekkslitasje kan forbedres ved fokus på god steinkvalitet og mengde stein > 2 mm i asfaltmassen samt optimalt valg av bindemiddel, polymer-modifisering og filler for å få en slitesterk mørtel. Det anbefales derfor også anvendelse av denne gruppen av asfaltdekker, spesielt på veger med lav piggdekkandel.

Det anbefales å være tilbakeholden i forhold til en generell anvendelse av porøse dekker på norske veger og at denne dekketypen foreløpig tas i bruk kun i helt spesielle tilfeller. Begrunnelsen er at vi har liten erfaring med langtids tilstandsutvikling for porøse dekker, og at den støydempende effekten avtar forholdsvis raskt, hovedsaklig på grunn av en gradvis gjentetting av poresystemet. Rensing har vært forsøkt, men uten særlig effekt. Et siste

moment som taler mot anvendelse av porøse dekker i Norge er at omfanget vil bli relativt lite. Det blir derfor vanskelig å bygge opp nødvendig kompetanse hos entreprenørene for å sikre god håndverksmessig utførelse.

Entreprenørene har foreløpig et for dårlig grunnlag til å kunne forutsi funksjonsegenskapene for vegdekker med hensyn på støy. Derfor er det på nåværende stadium ikke riktig å innføre funksjonskrav med hensyn på støyegenskaper, men det ansees viktig å arbeide videre med en implementering gjennom tradisjonelle reseptbaserte kontrakter.

11.1 Prosjekter og aktiviteter som er i gang

Tekstur

Vegdekkets tekstur har stor betydning for funksjonsegenskaper som for eksempel støy og friksjon. De siste årene er det i Norge tatt i bruk utstyr som gjør det mulig å raskt samle inn data om vegdekkens teksturegenskaper. Endringer i vegdekkens teksturparametre har et betydelig potensiale som forklaringsvariable for endringer i vegdekkens støyegenskaper. Det er et stort behov for kompetanseoppbygging på dette området, og derfor er det initiert både et NordFoU-prosjekt og et PhD-studium innenfor dette området.

NordFoU-prosjektet er et samarbeid mellom Danmark, Norge og Sverige med oppstart i 2009 og med prosjektperiode på tre år. Prosjektets tittel er *Road surface texture for low noise and low rolling resistance*. Norge blir sterkt involvert i dette prosjektet, med deltakelse både fra Statens vegvesen og SINTEF.

Doreen Fritzsche sitt PhD-studium ved NTNU ble startet opp i 2008 og har tittelen: *The texture of road surfaces and its importance for environmental performance indicators as noise and friction*.

Tynne asfaltdekker

Tynndekker har utviklet seg til å bli et godt dekkealternativ som både er støysvakt, kostnadseffektivt og har bra egenskaper med hensyn til bestandighet og friksjon. Gjennom ERA-NET Road er det nå startet et samarbeidsprosjekt med tittelen *Optimization of thin asphalt layers*. Målet med dette prosjektet er å lage en State-of-the-art rapport med erfaringer og anbefalinger om bruk av varmprodusert asfalt anvendt som slitelag i tykkelse 10-30 mm ("thin applications"). Dette prosjektet er ledet av Sverige, og Norge deltar i styringsgruppen sammen med Østerrike, Sveits, England og Danmark.

Felles europeisk klassifisering og standardisering

Gjennom de felles europeiske forskningsprosjektene SILVIA, SILENCE og INQUEST har en sett et stort behov for standardisering av både målemetoder og hvordan ulike dekketyper klassifiseres. Like målemetoder er viktig både ved sammenligning av støyegenskaper for dekker i forskjellige land, og ved kartlegging av støyegenskapene for et vegnett. I tillegg er det viktig å ha en felles forståelse av hvilke dekker en kan karakterisere som støysvake og definere ulike klasser av støysvake dekker.

Med dette som bakgrunn har det blitt opprettet en *Noise Classification Advisory Group* (NCAG). Dette er en gruppe med tung faglig deltakelse fra de fleste europeiske land, men den har foreløpig ingen formell status eller forankring. Det arbeides imidlertid for at dette skal bli tatt opp som en CEN-oppgave. Målet er å legge

til rette for beskrivelse og bruk av funksjonsegenskaper og funksjonskrav, men det vil bli opp til myndighetene i hvert enkelt land å velge hvilke ”støyklasser” og krav en skal sette.

Norge har ikke engasjert seg aktivt i arbeidsgrupper som jobber med forslag til disse standardene, men har deltatt i NCAG-møtene og ønsker å følge opp dette videre.

Utvikling av poroelastiske dekker

Internasjonalt gjennomføres det utvikling av og også feltforsøk med poroelastiske dekker, som kan gi en svært bra støymessig effekt, vesentlig bedre enn tradisjonelle asfaltdekker bestående av steinmaterialer og bitumen. Det er særlig Japan og Nederland som har vært ledende på dette området. Fra norsk side har en siden feltforsøkene i 1990-årene ikke involvert seg i denne dekketyperen, men også for norske forhold er det viktig å være oppdatert om de resultater som oppnås.

11.2 Forslag til videre arbeid

For Miljøvennlige vegdekker gjelder det samme som ved annen kompetanseoppbygging, at ny kunnskap medfører behov for videre arbeid og nye undersøkelser. For dette spesielle området ser en at det også er svært viktig, fortsatt å ha aktivitet og dermed ta vare på og videreutvikle den kompetansen som allerede er bygd opp. Etatsprosjektet Miljøvennlige vegdekker har derfor følgende forslag til videre arbeid.

Oppfølging av etablerte forsøksstrekninger

Hittil har man bare ett til tre års erfaring med de forsøksstrekninger som er opprettet, og det er viktig å få kunnskap om langtidsegenskapene til disse dekketyperne. Det foreslås derfor å ha en videre oppfølging av de etablerte strekningene med måling av støy, tekstur og tilstandsutvikling. Dette er viktig også for å gi innspill til de internasjonale samarbeidsprosjektene som er etablert.

Videre arbeid med tynndekker og tette dekker med $D \leq 8$ mm

Tynndekker er den typen av miljøvennlige vegdekker som i konsekvensanalysen har vist seg best egnet for norske forhold både ut i fra bestandighet, kostnad og støy. Det er grunn til å anta at det er mulig å oppnå en ytterligere forbedring av egenskapene til både tynndekker og tette dekker med $D \leq 8$ mm gjennom optimal sammensetning av asfaltmassen med fokus på slitestyrke og sterkere mørtelfase. Dette bør kunne gi viktig gevinst både på støyegenskaper, støvproduksjon og vegdekkenes generelle holdbarhet for norske forhold. Man anser disse problemstillingene som å være av særlig stor betydning for norske forhold, og det er et behov for et arbeid som går ut over de mål som er angitt i ERA-NET Road prosjektet.

Videre arbeid med spesialdekker

I de laboratorieundersøkelsene som er utført har en sett at det kan være mulig å oppnå store forbedringer dersom en klarer å produsere en ny type dekke med høyt innhold av både bindemiddel og polymer. Dette kan bli en type dekke som har svært liten slitasje og støvproduksjon, samtidig som at støy og bestandighetsegenskapene også er gode. De foreløpige resultatene er så gode at arbeidet videreføres.

Det er behov for en ytterligere videreutvikling basert på produksjon av masser i laboratorieskala før et arbeid med feltforsøk og utprøving i full skala kan starte. Arbeidet med spesialdekker kan med fordel kombineres med uttesting av de faktorer som påvirker asfaltmørtelens slitestyrke i kombinasjon med et innhold av grovere steinmaterialer, se kap. 5.2 over.

Feltforsøk med finkornige asfaltmasser (asfaltmasser med D lik 4 mm eller mindre) bør sannsynligvis også testes med hensyn på friksjonsegenskaper. I den forbindelse vil det være helt sentralt at testingen av friksjonsegenskapene inkludere målinger ved 80 km/t, evt. enda høyere fart.

Gjennom OECD har en utført laboratoriestudier av lignende masser (*Long-Life Surfaces for Busy Roads*), der en nå innbyr til å delta med feltutprøving. Det bør vurderes om Norge skal ta del i denne utprøvingen i OECD og kombinere den med typiske ”norske masser”.

Steinkvalitetens betydning for svevestøvgenerering

Ut fra det arbeidet som er gjort i arbeidspakke støv, ser en behov for jobbe videre med betydningen av steinkvalitet og steinmengde > 2 mm for svevestøvgenerering. Gjennom supplerende undersøkelser med variasjon i disse to materialparameterne, vil en ha et bedre grunnlag for å sette riktige kravspesifikasjoner ved bruk av miljøvennlige vegdekker.

11.3 Implementering av resultater fra prosjektet

På grunnlag av de resultater en har fra etatsprosjektet, foreslås følgende tiltak for implementering:

1. Oppdatering av håndbok 018 med de nye krav og anbefalinger som er foreslått i prosjektet (noe av dette er allerede tatt inn i den versjonen som er lagt ut nå i januar 2009).
2. Oppdatering av Nord 2000 modellen for støyberegning med nye støydata fra målinger i Miljøvennlige vegdekker prosjektet.
3. Foreta en beregning som viser hvilke vegstrekninger der miljøvennlige vegdekker bør brukes. Dette innebærer å foreta en kobling mellom forslag til tiltak og de støykartene som er utarbeidet for støy langs vegene og se dette opp i mot antall utsatte boenheter.
4. Lage helhetlige planer for støytiltak langs vegnettet der en tar utgangspunkt i støykartene og ser på alle aktuelle tiltak (dekker, skjermer/voller og fasadeisolering samt trafikktiltak) i sammenheng. Forurensingsforskriften pålegger Statens vegvesen som anleggseier å utarbeide slike handlingsplaner for å redusere støyplagene langs de mest trafikkerte vegene (gjelder veger med ÅDT over 16400 og fra 2011 for veger med ÅDT over 8200).

På litt lengre sikt ser vi også for oss at behov for støyreduksjon tas inn i planleggings-systemet for dekker, PMS

Litteratur

27	Bjørn Ove Lerfald Miljøvennlige vegdekker - de viktigste egenskaper til et miljødekke og en vurdering av hvilke parametre som påvirker disse egenskapene Notat SINTEF datert 2005-03-17
18	Bjørn Ove Lerfald Miljøvennlige vegdekker. Sluttrapport forsøksstrekninger. Teknologirapport 2546, Statens vegvesen, Teknologivdelingen 2009-01-19
19	Miljøvennlige vegdekker. Oppfølging av forsøksdekker 2005 – materialtekniske undersøkelser. SINTEF SBF 53 A 06003, juni 2006
20	Bjørn Ove Lerfald Laborrietesting av asfaltmasser. SINTEF SBF IN A08014, desember 2008.
9	Truls Berge, Frode Haukland og Asbjørn Ustad Environmentally friendly pavements: Results from noise measurements 2005-2008 SINTEF Report A9721, 2008-12-05
13	Svein Å Storeheier Måling av tekstur i vegoverflater. En pilotundersøkelse utført på vegdekker i Konsvingerområdet i 2003-04 SINTEF Rapport A10837, 2009-05-15
14	Svein Å Storeheier Miljøvennlige vegdekker: Måling og analyse av teksturdata for vegdekker. Forutsetninger og validering SINTEF Rapport A10839, 2009-05-15
15	Svein Å Storeheier Miljøvennlige vegdekker: Resultater fra teksturmålinger 2006-2008 SINTEF Rapport A10917, 2009-05-03
16	Svein Å Storeheier Investigation on road surface texture levels in tyre/road noise mitigation The 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering Internoise 2004.
17	Svein Å Storeheier Måling av støyrelatert tekstur i vegbanen – tilrettelagt metode, og kommentarer til resultater Notat SINTEF datert 2006-10-02
1	Innovatieprogramma Geluid voor wegverkeer, IPG End Report, Scientific Strategy Document Rijkwaterstaat DVS-2008-16
2	Statens vegvesen Håndbok 111. Standard for drift og vedlikehold av riksveger Vegdirektoratet 2003
3	Gustafsson M, Blomqvist G, Gudmunsson A og Jonsson P PM Partikkelmätningar VTI Desember 2007

4	Hans Bendtsen og Erik Nielsen DRI - DWW Thin Layer Project - Final report Report 159, 2008 Vejteknisk Institut, Danark
5	Knut Veisten Nyttekostnadsanalyse av støytiltak Arbeidsdokument SM/1751/2005 Transportøkonomisk Institutt
6	Ulf Sandberg Vägeläggningars effekt på trafikbuller – Mätmetoder och bullerpåverkan Innlegg på seminar ”Val ac beläggning med hänsyn till miljön” Borlänge, 30. oktober 2007
7	Jan Viskuijen. Rijkswaterstaat http://lavocwww.epfl.ch/JT/2005/pps/ Powerpointpresentasjon
8	http://www.koac-npc.nl/Flex/Site/Download.aspx?ID=1284
10	Leif Otto Hagen, Steinar Larssen og Jan Schaug Miljøfartsgrense i Oslo. Effekt på luftkvaliteten av redusert hastighet på Rv 4 NILU OR 41/2005
11	Brynhild Snilsberg Pavement wear and airborne dust pollution in Norway. Characterization of the physical and chemical properties of dust particles. Doctoral Theses at NTNU, 2008:133
12	Nils Uthus og Brynhild Snilsberg Miljøvennlige vegdekker. Sluttrapport for arbeidspakke 3: Støv Teknologirapport 2544, Statens vegvesen, Teknologidivisjonen 2009-02-16
21	Knut Veisten og Juned Akhtar Konsekvensanalyse: Resultater fra regnearkmodell med usikkerhets- /følsomhetsanalyse Teknologirapport 2548, Statens vegvesen, Teknologidivisjonen 2009-01-26
22	Rabbira Saba Garba Miljøvennlige vegdekker. Spesialdekker – Poroelastiske dekker Teknologirapport 2478, Statens vegvesen, Teknologidivisjonen 2006-12-19
23	Torbjørn Jacobson og Lars-Göran Vågberg Utveckling och uppgradering av prognosmodell för beläggningsslitage från dubbade däck samt en kunnskapsöversikt över innverkande faktorer. Version 3.2.03. VTI notat 7-2007
24	Statens vegvesen Håndbok 018 Vegbygging Kapittel 6 Vegdekker Vegdirektoratet, Januar 2009
25	Ivar Horvli Miljøvennlige vegdekker. Drift og vedlikehold av porøse asfaltdekker Teknologirapport 2545, Statens vegvesen, Teknologidivisjonen 2009-01-20
26	Leif Jørgen Bakløkk Miljø som kriterium for valg av dekketype Innlegg på sluttseminar for etatsprosjektet Miljøvennlige vegdekker, Trondheim, 10.-11.9.2008

28	Anette Kochbach Pro-inflammatory potential of particles from residential wood smoke and traffic: Importance of physicochemical characteristics Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo 2008
29	Mari Samuelsen Particle size and source; effects on allergy adjuvant activity and innate immunity. Faculty of Medicine, University of Oslo 2008
30	Johan Øvrevik Mechanisms of chemokine release induced by mineral particles in epithelial lung cells. Faculty of Medicine, University of Oslo 2008
31	Jørgen Kragh Dutch-Danish Pavement Noise Translator Report 158, 2008 Vejteknisk Institut, Danmark
32	Ulf Sandberg, Jerzy A. Ejsmont Tyre/Road Noise Reference Book Informex 2002
33	ISO 13473-1 First edition 1997-09-01 Characterization of pavement texture by use of surface profiles. Part 1; Determination of Mean Profile Depth.

Vedlegg 1 Støysvake vegdekker, forsøksstrekninger

Miljøvennlige vegdekker, forsøksdekker lagt i 2005:

Nr	Sted	Veg	Hp	Felt	Fra km	Til km	Lengde, m	Dekketype	Tilsetning	ADT	Entr.
1	Trondheim	Rv715	2	Begge	5,890	6,140	250	Ab6		2 700	KVD
2	Trondheim	Rv715	2	Begge	4,890	5,140	250	Ab8		2 700	KVD
3	Trondheim	Rv715	2	Begge	5,390	5,640	250	Ab11		2 700	KVD
4	Trondheim	Rv715	2	Begge	6,140	6,382	242	Ska6		2 700	KVD
5	Trondheim	Rv715	2	Begge	5,140	5,390	250	Ska8		2 700	KVD
5	Trondheim	Rv715	2	Begge	5,640	5,890	250	Ska11		2 700	KVD
7	Melhus	E6	8	1 (venstre felt, nordgående)	6,250	6,510	260	Ska11	1% gummi	11 000	KVD
8	Melhus	E6	8	1 (venstre felt, nordgående)	6,210	6,470	260	Ska11	3% gummi	11 000	KVD
9	Oslo	E18	1	2 (venstre felt, sydgående)	0,510	0,754	244	Ska6		24 400	KVD
10	Oslo	E18	1	2 (venstre felt, sydgående)	0,754	1,024	270	Ska8		24 400	KVD
11	Oslo	E18	1	2 (venstre felt, sydgående)	1,024	1,294	270	Ska11		24 400	KVD
12	Oslo	E18	1	2 (venstre felt, sydgående)	1,294	1,577	283	Ska16		24 400	KVD
13	Hønefoss	E16	6	Begge	2,100	2,400	300	Ab6		4 200	KVD
14	Hønefoss	E16	6	Begge	2,400	2,700	300	Ab8		4 200	KVD
15	Hønefoss	E16	6	Begge	2,400	2,700	300	Ab11		4 200	KVD
16	Stange	E6	1	Begge	0,910	1,180	270	Ab6	PmB	11 800	Lemm.
17	Stange	E6	1	Begge	7,040	7,308	268	T8g	PmB+gummi	11 800	Lemm.
18	Stange	E6	1	Begge	8,750	9,130	380	Wa8	PmB	11 800	Lemm.
19	Stange	E6	1	Begge	9,130	9,498	368	Da11	PmB	11 800	Lemm.

Feltkm 8 943

Miljøvennlige vegdekker, forsøksdekker lagt i 2006:

Nr	Sted	Veg	Hp	Felt	Fra km	Til km	Lengde, m	Dekketype	Tilsetning	ADT	Entr.
20	Kongsvinger	Rv2	3	Begge	3,145	3,855	710	ViaQ8	PmB	12400	KVD
21	Kongsvinger	Rv2	3	Begge	4,170	4,520	350	T8s	PmB	11075	Lemm.
22	Oslo	Rv161	2	1+3 (vestgående retn.)	4,280	4,605	325	Novachip8	PmB		NCC
23	Oslo	Rv161	2	1+3 (vestgående retn.)	4,605	4,930	325	T8s	PmB		Lemm.
24	Bjørkelangen	Rv170	3	Begge	6,100	6,550	450	Da11	PmB	6500	Lemm.
25	Bjørkelangen	Rv170	3	Begge	6,550	7,000	450	Wa8/Da16	PmB	6500	Lemm.
26	Bjørkelangen	Rv170	3	Begge	7,000	7,450	450	ViaQ11/ViaQ16	PmB	6500	KVD
27	Bjørkelangen	Rv170	3	Begge	7,450	7,950	500	DaFib8/DaFib11	PmB	6500	NCC

Feltkm 7 120

Miljøvennlige vegdekker, forsøksdekker lagt i 2007:

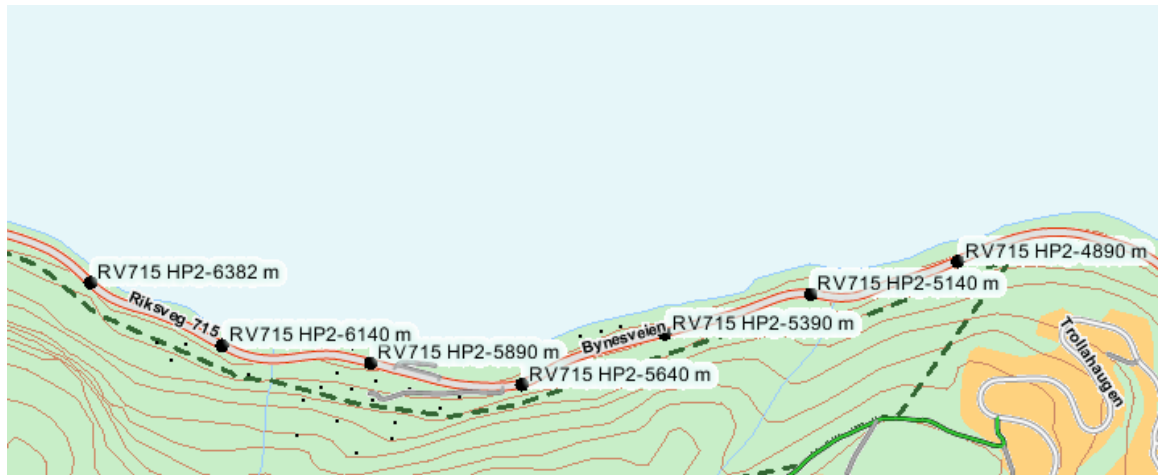
Nr	Sted	Veg	Hp	Felt	Fra km	Til km	Lengde, m	Dekketype	Tilsetning	ADT	Entr.
28	Stjørdal	E6	1	Begge	4,024	4,443	419	Ska8	PmB	17000	KVD
29	Stjørdal	E6	1	Begge	4,443	4,863	420	Ska11	PmB		KVD
30	Trondheim	E6	12	2 (venstre felt, sørgående)	5,020	5,300	280	Ska8	PmB	18-27000	KVD
31	Trondheim	E6	12	2 (venstre felt, sørgående)	5,300	6,800	1500	Ska11	PmB		KVD
32	Elverum	Rv20	7	Begge	8,800	11,375	2575	T8s	PmB	7019	Lemm.
33	Eidsvåg	Rv62	4	Begge	7,180	9,170	1990	Ab6	PmB	3575	KVD
34	Rygge	Rv118	9	Begge	9,499	9,790	291	ViaStab8	PmB	7900	KVD
35	Bergen	Rv582	4	Begge	2,500	3,500	1000	Silastic8	PmB	13300	NCC
85	Stordal	Rv650	3	Begge	4,950	5,880	930	Ab6	PmB	1400	NCC

Feltkm 17 030

Miljøvennlige vegdekker, forsøksdekker lagt i 2008:

Nr	Sted	Veg	Hp	Felt	Fra km	Til km	Lengde, m	Dekketype	Tilsetning	ADT	Entr.
36	Horg	Ev 6	7	Begge	7,322	8,547	1225	Oppr Da16+ S.I.I. Da 11	PmB begge lag	8100	KVD
37	Vang	Rv25	1	Begge	6,120	6,920	800			11100	KVD

Feltkm 4 050
Feltkm totalt 37 143



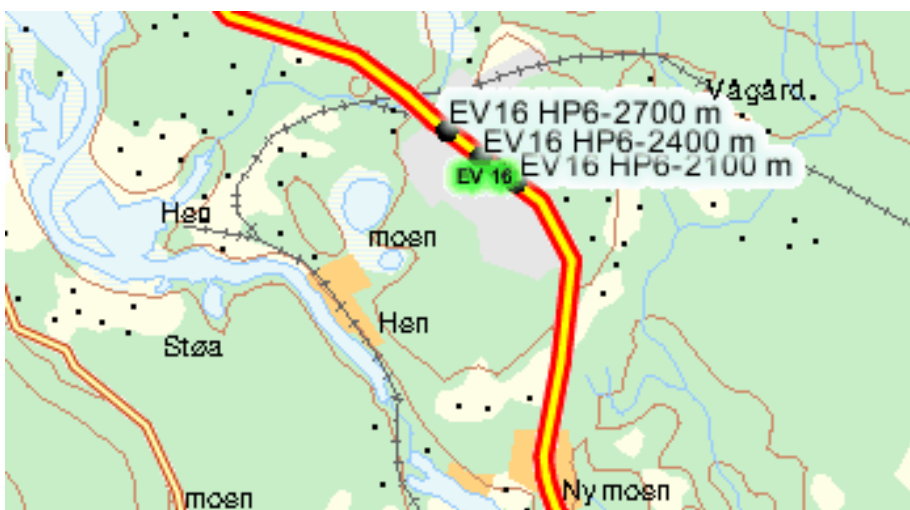
Forsøksfelt 1-5, Rv 715 i Trondheim



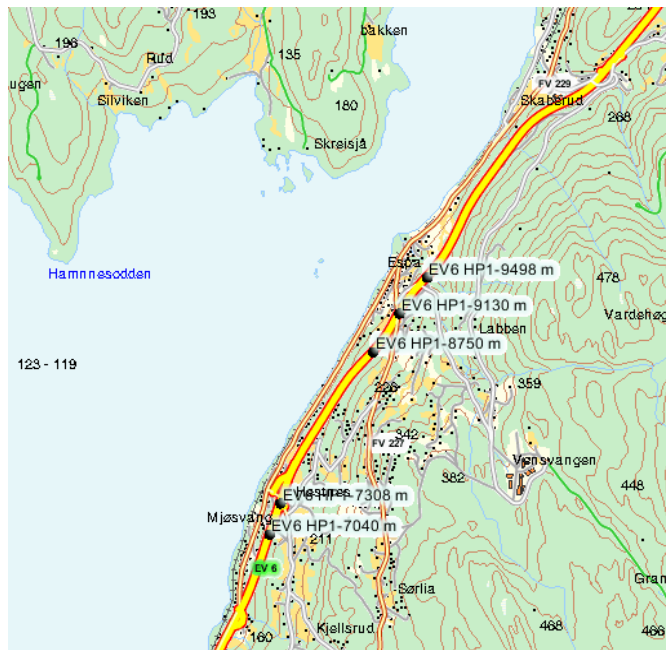
Forsøksfelt 7-8, Ev 6 i Melhus, Sør-Trøndelag



Forsøksfelt 9-12, Ev 18 Mastemyr, Oslo



Forsøksfelt 13-15, Ev 16 Hensmoen, Hønefoss

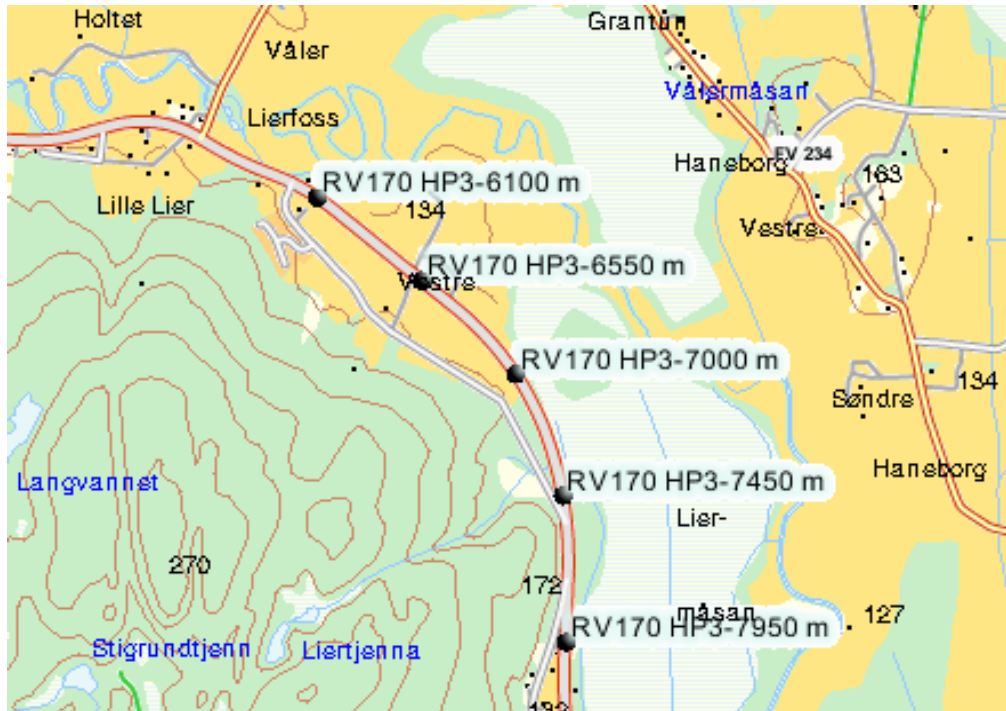


Forsøksfelt 16 og 17 - 19, Ev 6 i Stange, Hedmark



**Forsøksfelt 20 og 21,
Rv 2 i Kongsvinger, Hedmark**

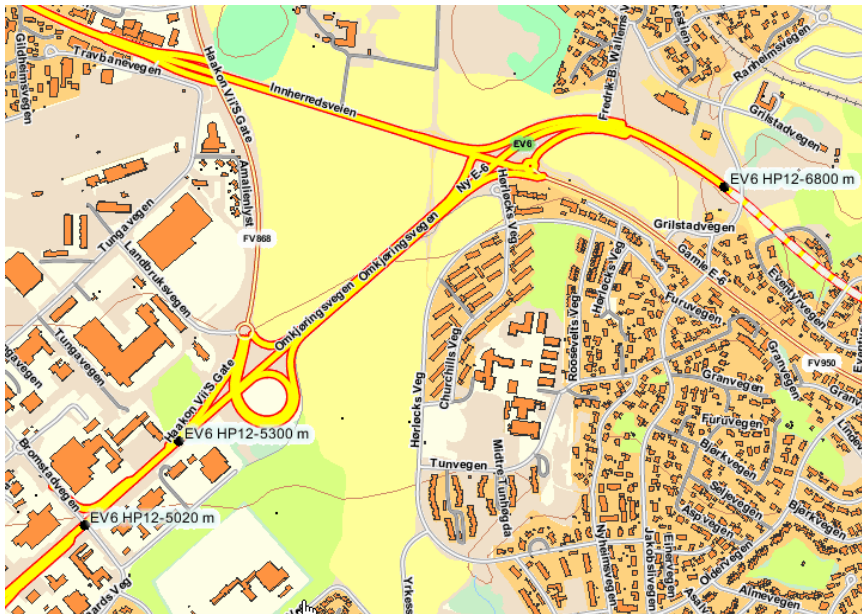
**Forsøksfelt 22 og 23
Rv 161 Ullevål, Oslo**



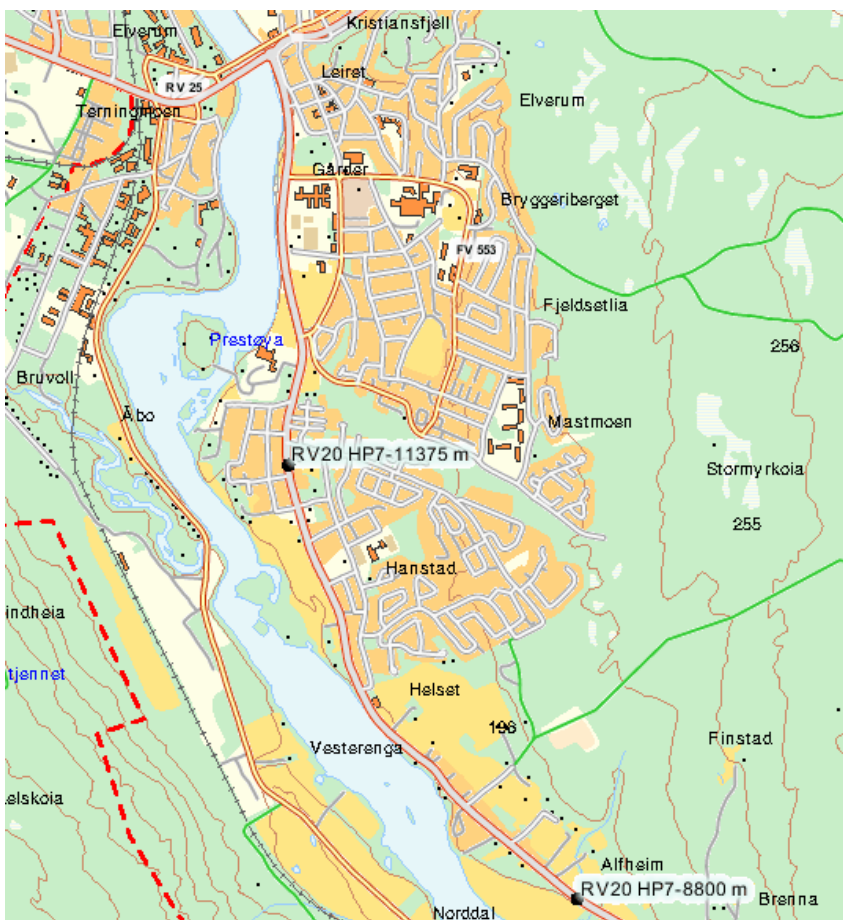
Forsøksfelt 24 og 27, Rv 171 Bjørkelangen, Akershus



Forsøksfelt 28 og 29, Ev 6 Stjørdal, Nord-Trøndelag



Forsøksfelt 30 og 31, Ev 6 Omkjøringsvegen, Trondheim



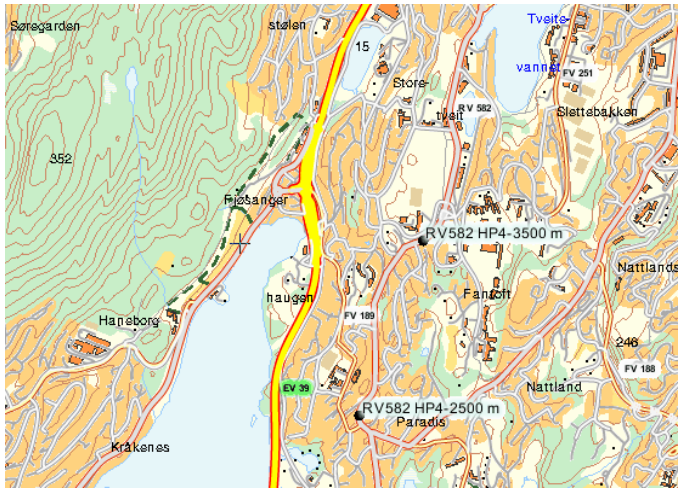
Forsøksfelt 32, Rv 20 Elverum, Hedmark



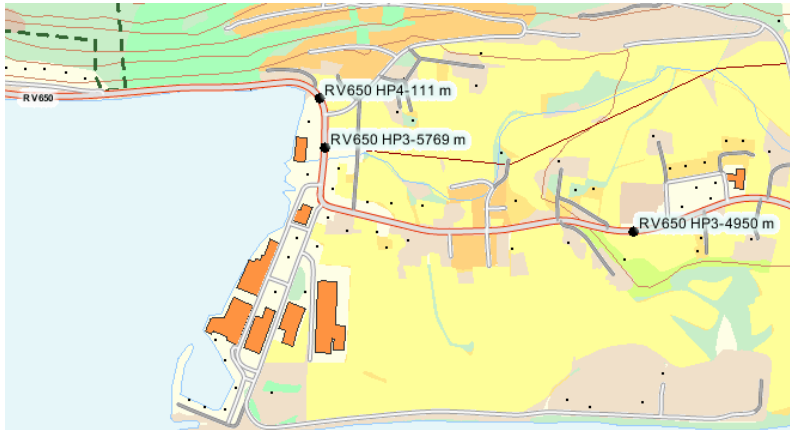
Forsøksfelt 33, Rv 62 Eidsvåg, Møre og Romsdal



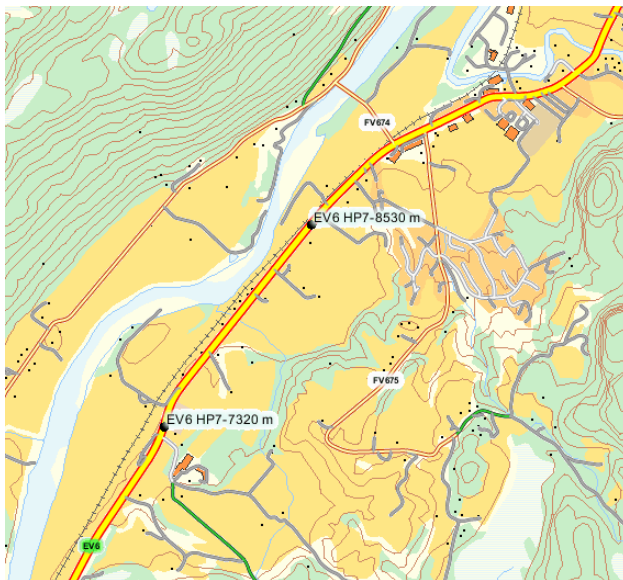
Forsøksfelt 34, Rv 118 Rygge, Østfold



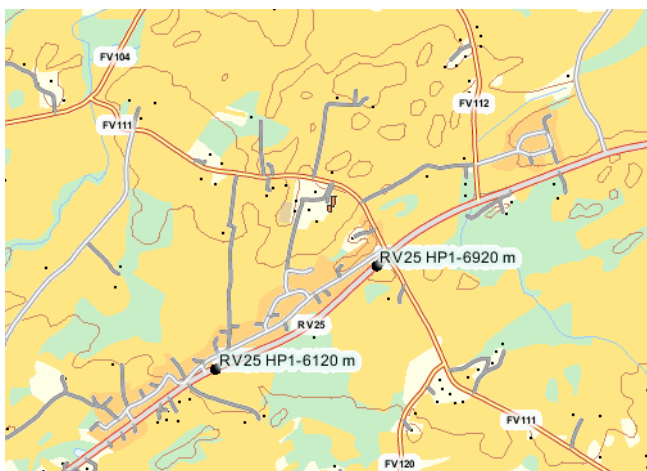
Forsøksfelt 35, Rv 582 Bergen



Forsøksfelt, Rv 650 Stordal, Møre og Romsdal



Forsøksfelt 36, Ev 6 Horg, Sør-Trøndelag



Forsøksfelt 37, Rv 25 Vang, Hedmark



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005