

SINTEF A9720

RAPPORT



Miljøvennlige vegdekker: Resultater fra støymålinger 2005-2008.

Truls Berge, Frode Haukland, Asbjørn Ustad

SINTEF IKT

Akustikk

Februar 2009



SINTEF RAPPORT

SINTEF IKT

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: O S Bragstads plass 2C
7034 Trondheim
Telefon: 73 59 30 00
Telefaks: 73 59 10 39

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

TITTEL

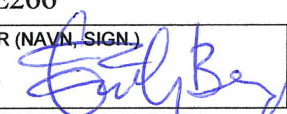
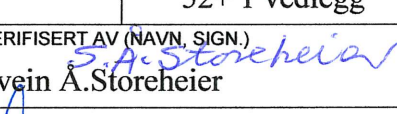
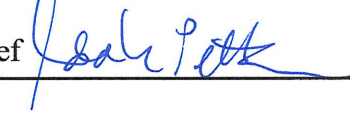
**Miljøvennlige vegdekker:
Resultater fra støymålinger 2005-2008.**

FORFATTER(E)

Truls Berge, Frode Haukland, Asbjørn Ustad

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Norges forskningsråd

RAPPORTNR. SINTEF A9720	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Jostein Aksnes	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04429-4	PROSJEKTNR. 90E238/90E266	ANTALL SIDER OG BILAG 52+ 1 vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE SINTEFA9720.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Truls Berge 	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Svein Å. Storeheier 
ARKIVKODE	DATO 2009-02-26	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Odd Kr.Ø. Pettersen, Forskningsjef 	

SAMMENDRAG

Der er utført CPX-målinger med dekk A på et større utvalg av ordinære tette veidekker i Norge, i tillegg til testdekker som inngår i FOU-prosjektet "Miljøvennlige vegdekker", et etatsprosjekt ved Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Følgende hovedkonklusjoner kan trekkes fra undersøkelsen:

Nye, tette asfaltdekker (Ab/Ska) kan gi 4-8 dB(A) lavere dekk/veibanestøy (CPX), sammenlignet med et valgt referansenivå for veidekketype Skal 1. Imidlertid øker støynivået med i størrelsesorden 3-4 dB(A) etter den første vintersesongen, der dekket eksponeres for piggdekk. Tette dekker av typen Ab/Ska med øvre nominell steinstørrelse 6-8 mm gir mindre støy enn dekker med øvre nominell steinstørrelse 11-16 mm stein, men er også mer følsom for vinterforhold og piggdekkbruk, slik at støyreduksjonen avtar raskere.

Tynndekker testet i dette prosjektet ser ut til å ha samme støyegenskaper som normale, tette dekker med tilsvarende øvre steinstørrelse.

Porøse, drenerende dekker testet i prosjektet gir støyreduksjon i størrelsesorden 5-9 dB(A), sammenlignet med referansenivået, når dekkene er nye. Imidlertid avtar støyreduksjonen raskt etter å ha blitt eksponert for vinterforhold og piggdekk. Etter 2-3 år med trafikk er støyreduksjonen redusert til kun 1-2 dB(A).

Videre FOU-innsats er nødvendig for å utvikle veidekker som kan gi en tilfredsstillende støyreduksjon (> 3 dB(A)) over en "normal" levetid på 6-7 år i et nordisk klima.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Akustikk	Acoustics
GRUPPE 2	Støy	Noise
EGENVALGTE	Veidekker	Pavements
	CPX-målinger	CPX-measurements

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Introduksjon	5
2	Målemetoder	5
2.1	CPX-metoden.....	5
2.2	SPB-metoden	7
3	Forsøksdekker	7
4	Andre tette dekker	8
5	Metode for innsamling og analyse av data	9
6	Måleresultater	9
6.1	Referansenivå.....	9
6.2	Forsøksdekker	10
6.2.1	Tette dekker.....	10
6.2.1.1	Steinstørrelse 0/6 mm.....	10
6.2.1.2	Steinstørrelse 0/8 mm.....	12
6.2.1.3	Steinstørrelse 0/11 mm.....	13
6.2.1.4	Steinstørrelse 0/16 mm.....	15
6.2.2	Tynndekker	16
6.2.3	Porøse dekker	17
6.3	Andre tette dekker.....	20
6.4	Innflytelse av øvre nominell steinstørrelse	22
6.5	Innflytelse av dekkealder	24
6.6	Homogenitet.....	26
6.7	Tetting av porer.....	30
6.8	Repeterbarhet	32
6.9	Frekvensspektra	34
7	Tilleggsmålinger med nye referansebildeck	38
8	Måling etter statistisk metode (SPB)	42
9	Måleusikkerhet	47
9.1	Generelle vurderinger	47
9.2	Run-til-run variasjoner og homogenitet.....	47
9.3	Temperaturinnflytelse	47
9.4	Gummihardhet	49
9.5	Hastighetskorreksjon.....	49
10	Konklusjoner og anbefalinger	50
11	Referanser	51
	Vedlegg 1 Måleresultater (CPX) fra typiske tette, norske veidekker	53

Forord

Dette prosjektet er delvis finansiert av Statens vegvesen, Vegdirektoratet, gjennom etatsprosjektet "Miljøvennlige vegdekker" og Norges forskningsråd gjennom prosjektet "Environmental Noise Phase III".

Kontaktperson hos Vegdirektoratet, TEK-T, har vært Jostein Aksnes, som også er prosjektleder for etatsprosjektet.

Prosjektleder hos SINTEF har vært forsker Truls Berge. Senioring. Asbjørn Ustad og ing. Frode Haukland har assistert ved CPX-målingene, sammen med Odd D. Hansen ved Statens vegvesen.

Siv.ing. Stian Ruud Vaktal har vært midlertidig engasjert ved SINTEF IKT og gjennomført en del av SPB-målingene i prosjektet.

Sammendrag

Totalt er det gjennomført CPX-målinger på i alt 37 ulike testdekker som inngår i etatsprosjektet "Miljøvennlige vegdekker". Målingene er gjennomført med CPX-tilhengeren til Statens vegvesen, i perioden 2005-2008. Testdekkene omfatter både normale, tette dekker (Ab/Ska) med øvre nominell steinstørrelse varierende fra 6 til 16 mm, enkelte tynndekker og enkelte porøse, drenerende dekker (både ett og to-lags dekker).

Hovedresultatene som presenteres her er CPX-målinger med referansebildekk A (Avon ZV1) i henhold til ISO/CD 11819-2. I tillegg er det foretatt parallelle målinger med 2 nye referansebildekk (i henhold til forslag fra ISO/TC43/SC1/WG33); SRTT (Uniroyal Tigerpaw) og Avon AV4, på et utvalg av testdekkene.

Der fartsgrensen på den aktuelle prøvestrekning tillot det, er det målt både ved 50 og 80 km/t.

På et utvalg av prøvestrekningene er også foretatt målinger i henhold til den statistiske metoden (SPB).

Basert på et omfattende måleprogram (Østlandet og Trøndelag) på tette veidekker av type asfaltbetong (Ab) og skjelettasfalt (Ska) er det etablert et referansenivå for dekk A ved 50 km/t (93 dB(A)) og ved 80 km/t (100 dB(A)). Referansenivåene er basert på Ska-dekker med øvre steinstørrelse 11 mm og som er mer enn ett år gamle.

Hovedresultatene viser at nylagte (mer enn 1 mnd gamle) tette dekker har et støynivå **4-8 dB(A)** lavere enn referanse, før de eksponeres for vinterforhold og piggdekk.

Etter den første vintersesongen øker støynivået med i størrelsesorden **3-4 dB(A)**.

Veidekker med øvre nominell steinstørrelse på 6 mm ser ut til å få en større økning etter den første vintersesongen, enn de med 11-16 mm.

Over prosjektets 4-års periode, er gjennomsnittlig økning i støynivå ca 1 dB(A)/år for tette dekker.

Tynndekkene testet i dette prosjektet ser ut til å ha samme støyegenskaper som de tette.

De porøse dekkene i testprogrammet gir en gjennomsnittlig støyreduksjon på **5-9 dB(A)** før den første vintersesongen. Imidlertid ser økningen etter eksponering for piggdekk til å være noe høyere enn for tette dekker, ca 1.5 dB(A)/år. De porøse dekkene ser ut til å skille seg noe ut fra de tette dekkene, på den måten at økningen i støynivå er større etter den andre vintersesongen enn den første. Økt tilstopping av porer ("clogging") er sannsynlig forklaring på dette.

De støyreducerende egenskapene ser ut til være omtrent lik ved 50 og 80 km/t.

1 Introduksjon

SINTEF har blitt engasjert til å gjennomføre alle støymålinger som inngår i etatsprosjektet "Miljøvennlige vegdekker" til Statens vegvesen, Vegdirektoratet, TEK-T. Prosjektet startet opp i 2005 og avsluttes i 2008. I tillegg til forsøksdekkene som inngår i prosjektet er det også gjennomført målinger på et større antall typiske norske tette, veidekker. Dette for å framskaffe et godt grunnlag for å etablere ett sett av referanseverdier for norske veidekker, basert på den valgte målemetode. Denne rapporten presenterer hovedresultatene fra målingene. I en engelsk utgave av rapporten [1] gis det detaljerte resultater fra hver enkelt måling (felt, hastighet, støynivå som funksjon av målt distanse, frekvensspektra, m.m.).

I tillegg til støynivå, er det også foretatt teksturmålinger. En detaljert analyse av disse målingene og teksturens relevans for støynivå presenteres i en separat SINTEF-rapport [2].

2 Målemetoder

2.1 CPX-metoden

CPX-metoden (CPX=Close ProXimity) som benyttes i dette prosjektet er basert på et ISO-forslag (ISO/WD 11819-2, 2008 [3]), som ennå ikke er ferdig godkjent som en ISO-standard.

Metoden baseres på måling av lydnivå med mikrofoner lokalisert nær ett eller to standardiserte bildekk, som enten monteres på en bil eller på en tilhenger.

Som en del av etatsprosjektet til Statens vegvesen, ble det i 2005 innkjøpt en CPX-tilhenger, bygget av det nederlandske firmaet M+P. Figur 1 viser den norske CPX-tilhengeren. Den har to standardiserte bildekk montert på hver side av tilhengeren, og som muliggjør målinger samtidig i hvert hjulspor.



Figur 1 CPX-tilhengeren til Statens vegvesen

I hele prosjektperioden er det gjennomført målinger med referansedekk A, Avon ZV1, som vist i figur 2. Dette bildekket ble i sin tid valgt for å representere dekk/veibanestøy fra personbiler/lette kjøretøy.



Figur 2 Avon AV1, 185/65 R15

I et tidligere utkast til ISO standard for CPX-metoden (CD/2000) er det også spesifisert et bildekk som skal representere dekk/veibanestøy til tunge kjøretøy (dekk D, Dunlop Arctic SP). Imidlertid er ikke dette bildekket lenger kommersielt tilgjengelig og kunne derfor ikke brukes til måleprogrammet i prosjektet. I løpet av 2008 har arbeidsgruppen i ISO, som utvikler CPX-metoden (WG33), valgt 2 nye referansedekker som erstatning for det gamle dekk A og dekk D.

De nye bildekkene er:

Dekk som representerer lette kjøretøy (P1): Uniroyal Tigerpaw, 225/60 R16 (ASTM Standard Reference Tyre, SRTT)

Dekk som representerer tunge kjøretøy (H1): Avon Supervan AV4, 195/80 R14



Figur 3 Uniroyal Tigerpaw, SRTT



Avon AV4

I prosjektets siste fase er det gjennomført parallelle målinger med disse to bildekkene og det "gamle" dekk A. Hovedresultatene i prosjektet er imidlertid gitt for Avon ZV1-dekket for å ha et godt sammenligningsgrunnlag over hele prosjektperioden.

Sammenligninger mellom de nye referansedekkene og dekk A er vist i kapittel 7.

CPX-metoden angir måling av et gjennomsnittlig A-veid støynivå over en valgt målelengde (> 100 m) ved to hastigheter, 50 og 80 km/t. Det totale støynivå for den aktuelle målestrekningen er basert på aritmetisk midling av 20 m segmenter. I tillegg til støynivå, måles også et frekvensspekter i 1/3 oktavbånd fra 315 Hz til 5 kHz.

2.2 SPB-metoden

SPB ("Statistical Pass-By")-metoden er standardisert av ISO (ISO 11819-1 [4]) og er for tiden under revisjon.

Metoden beskriver måling av lydnivå fra passerende trafikk i en avstand på 7.5 m fra senterlinje til det aktuelle feltet. Bilene fordeles i 3 kategorier; lette kjøretøy, tunge kjøretøy med 2 akslinger og tunge kjøretøy med 3 eller flere akslinger. I tillegg til støynivå, så måles også hastighet. Basert på veiefunksjoner for fordeling av trafikkmengde for de 3 kategoriene på det aktuelle målestedet, så kan det beregnes en SPB-indeks ved gitte referansehastigheter på 50, 80 eller 110 km/t.

3 Forsøksdekker

I alt 37 forsøksdekker er lagt i løpet av prosjektperioden. Tabell 1 viser en oversikt over alle forsøksdekkene, inklusive leggear. En mer detaljert beskrivelse av hvert forsøksdekke er gitt i [5].

Tabell 1 Oversikt over forsøksdekker

Nr	Veinr.	Sted	År	Veidekke	Kategori
1	Rv715	Trolla, Trondheim	2005	Ab6	Tette dekker
2				Ab8	
3				Ab11	
4				Ska6	
5				Ska8	
6				Ska11	
7	E6	Melhus	2005	Ska11, 1% gummi	Tette dekker
8				Ska11, 3% gummi	
9	E18	Oslo	2005	Ska6	Tette dekker
10				Ska8	
11				Ska11	
12				Ska16	
13	E16	Hønefoss	2005	Ab6	Tette dekker
14				Ab8	
15				Ab11	
16	E6	Stange	2005	Ab6	Tett dekke
17				T8g, gummi +pmb	Tett dekke
18				Wa8, pmb	Porøst
19				Da11, pmb	Porøst
20	Rv2	Kongsvinger	2006	ViaQ8, pmb	Tynndekke
21				T8s	
22	Rv161	Oslo	2006	Novachip8, pmb	Tynndekke
23				T8s, pmb	
24	Rv170	Bjørkelangen	2006	Da11, pmb	Porøst, ett-lags
25				Wa8/Da16, pmb	Porøst, to-lags
26				ViaQ11/ViaQ16, pmb	Porøst, to-lags
27				DaFib8/DaFib16, pmb	Porøst, to-lags
28	E6	Stjørdal	2007	Ska8, pmb	Tette dekker
29				Ska11, pmb	
30	E6	Trondheim	2007	Ska8, pmb	Tette dekker
31				Ska11, pmb	
32	Rv20	Elverum	2007	T8s, pmb	Thin layer
33	Rv62	Eidsvåg	2007	Ab6, pmb	Tett dekke
34	Rv118	Moss, Rygge	2007	ViaStab8, pmb	Tett dekke
35	Rv582	Bergen	2007	Sealastic8, pmb	Tett, spesialdekke
36	E6	Horg	2008	Da11/Da16, pmb	Porøst, to-lags
37	Rv25	Hamar	2008	Da11/Da16, pmb	Porøst, to-lags

4 Andre tette dekker

I tillegg til forsøksdekkene, er det målt på en rekke ordinære, tette dekker i løpet av prosjektperioden. Delvis for å måle forskjell mellom et forsøksdekke og tilliggende veidekke, og delvis for å ha et underlagsmateriale til å etablere typiske CPX-nivåer for de mest vanlige dekketyperne brukt i Norge.

Tabell 2 viser en oversikt over alle veidekkene som er målt i denne sammenhengen. I vedlegg 1 er alle måleresultater ved 50 og 80 km/t (hvis mulig) vist. År angitt er produksjonsår.

Tabell 2 Ordinære, tette dekker

Nr	Fylke	År	Veinr	Sted	Dekketype
38	Hedmark	2003	Rv2	Kongsvinger	Ska11
39		1999			Ska14
40		2003			Ab6
41		2003			Ab6
42		2003			Ska8
43	Hedmark	2003	Rv2	Kongsvinger,	Ska8
44		2003		Rasta	Ska11
45		2003			Ska11
46		1996			Ska14
47	Hedmark	2000	Rv2	Skarnes	Ab8
48	Hedmark	1999	E6	Stange	Ska14
49		1999		Østfold border	Ska16
50	Akershus	2004	E6	Son	Ska11
51		2000		Kvestad	Ska16
52		2003		Vinterbro	Ska11
53		1991		Egne Hjem	Ska16
54	Akershus	1994	Rv160	Bjørnemyra	Ska16
55		2000		Levre	Ska16
56	Akershus	1994	Rv168	Nordli	Ska16
57		2004		Kolsås	Ska11
58		2004		Østfold border	Agb11
59	Akershus	2004	Rv120	Bjerke	Agb11
60		2002		Tømmerbråten	Ska8
61		2001		Rælingen	Ska11
62	Akershus	2006	Rv170	Bjørkelangen	Ska11
63	Buskerud	2002	E16	Hønefoss	Ab11
64		2003		Korporals bru	Ab16
65		1998		Støren	Ska16
66		2004		Horg	Ska11
67		2008		Horg	Ska11
68	Sør-Trøndelag	1999	E6	Omkj.veien	Ska16 Felt 4
69		2001		Omkj.veien	Ska16 Felt 3
70		2005		Omkj.veien	Ska11 Felt 3
71		2006		Omkj.veien	Ska11 Felt 4
72		2008		Omkj.veien	Ska11 Felt 1
73		1999		Omkj.veien	Ska16 Felt 3
74		2007		Omkj.veien	Ska11 Felt 2
75		2005		Klett	Ska11
76	Sør-Trøndelag	2005	Rv715	Trolla	Ska11
77		2001		Trolla	Ab16
78	Sør-Trøndelag	1999	Rv704	Klæbu	Ab16
79		2005		Klett/Udduvoll	Ab11
80	Sør-Trøndelag	2008	E39	Øysand	Ska11
81		2005		Viggja	Ab11
82	Nord-Trøndelag	2003	E6	Stjørdal	Ska16
83	Møre- og Romsdal	1992	Rv62	Eidsvåg	Ab16
84	Hedmark	1998	Rv25	Hamar	Ska11

5 Metode for innsamling og analyse av data

På hver forsøksstrekning er det gjennomført 2 målinger pr. hastighet pr. felt. For følgende veidekker (se tabell 1) er det bare målt i ett felt (i hovedsak fordi veidekket bare ble lagt i ett felt): Dekke nr. 1-6, 7-8, 9-12, 22-23 og 30-31. For disse veidekkene baseres resultatene baseres resultatet på 2 måleserier for ett felt. For de øvrige er støynivået gitt av aritmetisk middel av 2 måleserier og av to felt (ett felt i hver retning).ni

Forsøksdekke nr.32 på Rv20 (Elverum) er ca 2.6 km langt og dermed for langt for å gjennomføre en kontinuerlig måling med CPX-tilhengeren. Denne forsøksstrekningen er derfor delt opp i 3 segmenter, hver ca 3-500 langt. En strekning ved hver ende av forsøksfeltet og en strekning ca halvveis. Det totale nivået er et middelnivå av alle de 3 strekningene.

Alle målingene (med noen få unntak i 2008, se nedenfor) er gjort med lik type bildekk (Avon ZV1) på hver side av tilhengeren, og det angitte nivået for hvert forsøksfelt er aritmetisk middelverdi for de to sidene. I vedlegg 2 i [1] er det vist alle detaljresultater, med angitt nivå for hver side av tilhengeren.

Som en del av testingen av nye referansebildekk for CPX-metoden, er noen av målingene i 2008 gjort med Avon ZV1-dekket på høyre side av tilhengeren og SRTT-dekket på venstre side.

Alle måleresultater er temperaturkorrigert til + 20 °C, der følgende korreksjonsformel er benyttet:

Tette dekker: -0.06 dB/°C

Porøse dekker:-0.03 dB/°C

Som korreksjonsfaktorene viser, måles det *høyere* nivå dess *lavere* temperaturen er.

6 Måleresultater

6.1 Referansenivå

Det er besluttet å legge til grunn måleresultater fra dekktype Ska11, mer enn ett år gamle, for fastleggelse av referansenivå for CPX-målinger med dekk A ved 50 og 80 km/t.

I tabell 3 er middelnivå, samt standardavvik og 90 % konfidensintervall vist for Ska11-dekker i Norge.

Tabell 3 Middelveidier for referansenivå basert på Ska11.

Hast., km/t	Antall målinger	Middelnivå, dB(A)	Standardavvik, dB(A)	90% konfidensintervall, dB(A)
50	44	92.9	0.7	1.2
80	34	100.0	1.0	1.6

Basert på disse måleresultatene, er følgende nivåer valgt som referansenivå som representative for CPX-målinger med dekk A, Avon ZV1 (lette kjøretøy):

50 km/t: 93.0 dB(A)

80 km/t: 100.0 dB(A)

Disse nivåene er videre brukt som referanse ved sammenligning av måleresultater på forsøksdekker, for å anslå potensiell støyreduksjon for lette kjøretøy/personbiler.

6.2 Forsøksdekker

Resultatene er fordelt på 3 grupper av veidekker; tette, tynndekker og porøse (drenerende) dekker. Innenfor tette dekker, er det så skilt mellom dekker med ulik øvre steinstørrelse.

For hvert år med målinger er midlere støynivå, L_A , dB(A) angitt, samt endring i støynivå over hele måleperioden.

6.2.1 Tette dekker

Det ble ikke gjennomført målinger på veidekkene 13-15 (E16, Hønefoss) i 2008. I hovedsak skyldes det at nivåene så ut til å ha stabilisert seg etter 2 vintersesonger. Dette bør imidlertid kontrolleres i en eventuell videreføring av et måleprogram.

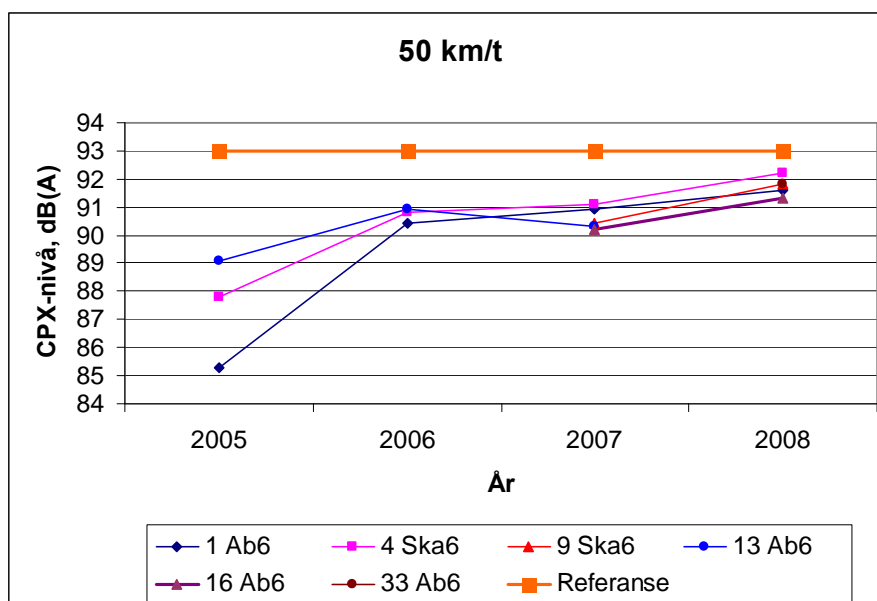
6.2.1.1 Steinstørrelse 0/6 mm

Resultatene for tette dekker med øvre nominell steinstørrelse 6 mm er gitt i tabell 4-5 og figur 4-5 for hvert år med målinger. I figurene er nivåene sammenlignet med referansenivå (se kap.6.1) ved angitt hastighet. Angitt endring i støynivå er fra første år med målinger fram til 2008 (unntatt for dekke 13 som ikke ble målt i 2008). På dekkene 1,4 og 33 er skiltet hastighet < 80 km/t, så kun målinger ved 50 km/t er mulig her. Ikke alle veidekkene er målt ved 50 km/t. Det skyldes i enkelte tilfeller de generelle trafikkforhold på stedet og værforhold under målingene.

Tabell 4 Steinstørrelse 0/6 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 50 km/t

Dekke nr	Type	Leggear	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
1	Ab6	2005	85.3	90.4	90.9	91.6	+ 6.3
4	Ska6	2005	87.8	90.8	91.1	92.2	+ 4.4
9	Ska6	2005	-	-	90.4	91.8	+ 1.4
13	Ab6	2005	89.1	90.9	90.3	-	+ 1.2
16	Ab6*	2005	-	-	90.2	91.3	+ 1.1
33	Ab6	2007	-	-	-	91.8	-

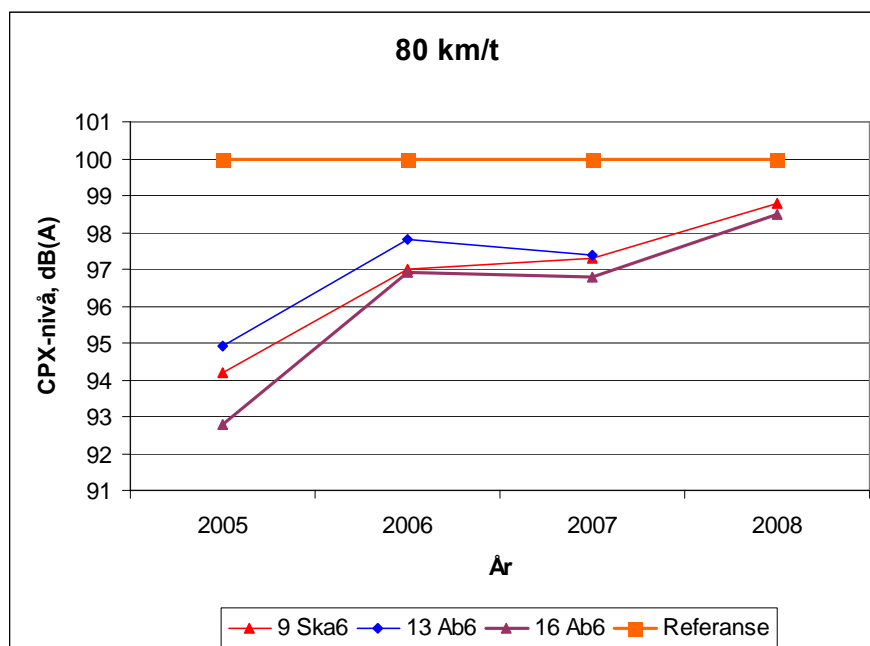
* Pga avvik fra leggeresept, er den faktiske dekketypen mer som et Ab4-dekke



Figur 4 Tette dekker, steinstørrelse 0/6 mm. CPX-nivå ved 50 km/t

Tabell 5 Steinstørrelse 0/6 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 80 km/t

Dekke nr	Type	Leggear	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
9	Ska6	2005	94.2	97.0	97.3	98.8	+ 4.6
13	Ab6	2005	94.9	97.8	97.4	-	+ 2.5
16	Ab6	2005	92.8	96.9	96.8	98.5	+ 5.7



Figur 5 Tette dekker, steinstørrelse 0/6 mm. CPX-nivå ved 80 km/t

For tette dekker av denne typen, ser det ut til at støynivået øker med 4-6 dB(A) i forhold til nivået første året (uten piggdekkeksponering). Endringen er størst etter den første vintersesongen, 3-4 dB(A). Et unntak er dekke nr.13, som tilsynelatende har en mindre endring over de 3 årene med målinger (1-3 dB(A)).

I gjennomsnitt er økningen i støynivå for dekker med øvre steinstørrelse 0/6 mm 1.1 dB/år, både ved 50 og 80 km/t.

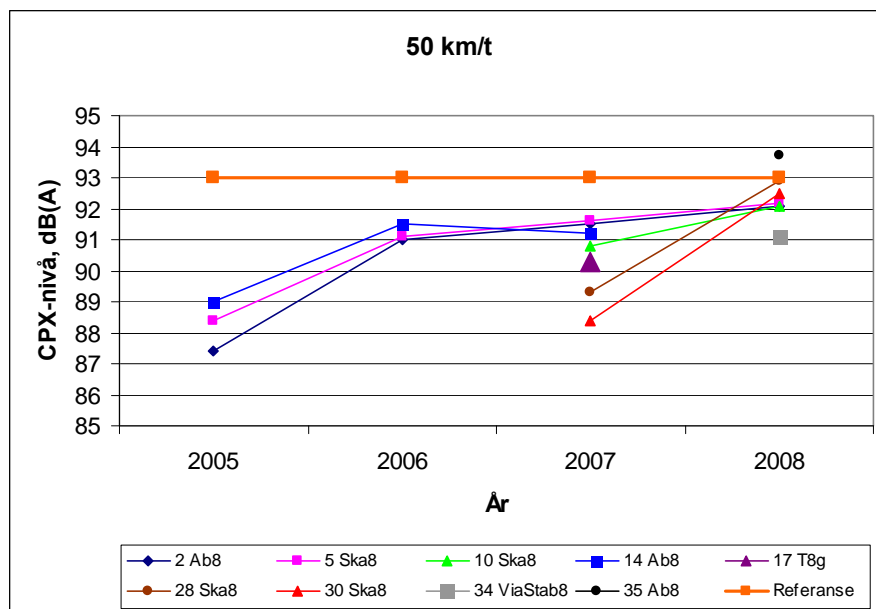
6.2.1.2 Steinstørrelse 0/8 mm

Resultatene er vist i tabell 6-7 og i figurene 6-7. For forsøksdekkene 2,5,34 og 35 er skiltet hastighet < 80 km/t, så her er det bare målt ved 50 km/t.

Tabell 6 Steinstørrelse 0/8 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 50 km/t

Dekke nr	Type	Leggear	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
2	Ab8	2005	87.4	91.0	91.5	92.1	+ 4.7
5	Ska8	2005	88.4	91.1	91.6	92.2	+ 3.8
10	Ska8	2005	-	-	90.8	92.1	+ 1.3
14	Ab8	2005	89.0	91.5	91.2	-	+ 2.2
17	T8g	2005	-	-	90.3	-	-
28	Ska8	2007	-	-	89.3	92.9	+ 3.6
30	Ska8	2007	-	-	88.4	92.5	+ 4.1
34	ViaStab8*	2007	-	-	-	91.1	-
35	Sealastic8*	2007	-	-	-	93.7	-

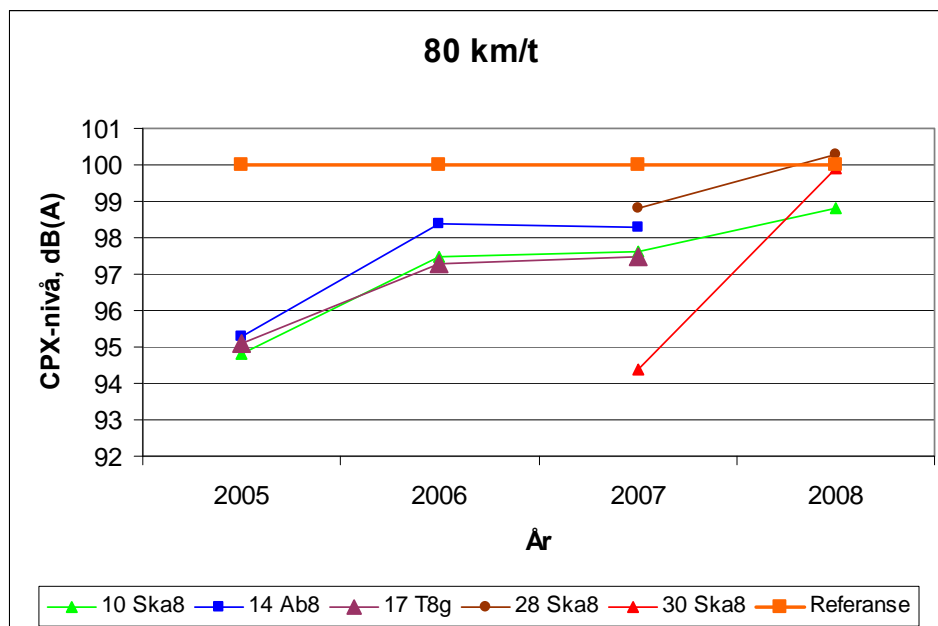
*Spesialdekker



Figur 6 Tette dekker, steinstørrelse 0/8 mm. CPX-nivå ved 50 km/t

Tabell 7 Steinstørrelse 0/8 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 80 km/t

Dekke nr	Type	Leggear	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
10	Ska8	2005	94.8	97.5	97.6	98.8	+ 4.0
14	Ab8	2005	95.3	98.4	98.3	-	+ 3.0
17	T8g	2005	95.1	97.3	97.5	-	+ 2.4
28	Ska8	2007	-	-	98.8	100.3	+ 1.5
30	Ska8	2007	-	-	94.4	99.9	+ 5.5



Figur 7 Tette dekker, steinstørrelse 0/8 mm. CPX-nivå ved 80 km/t

I middel, så endres støynivået for dekker med øvre steinstørrelse 0/8 mm med ca 1 dB(A)/år og 2-4 dB(A) etter den første vintersesongen. Dette er i samme størrelsesorden som for 0/6 mm. Endring i støynivå fra 2007 til 2008 for dekke nr. 28 ser ut til å være større ved 50 km/t enn ved 80 km/t. Det er vanskelig å se en enkel forklaring på dette.

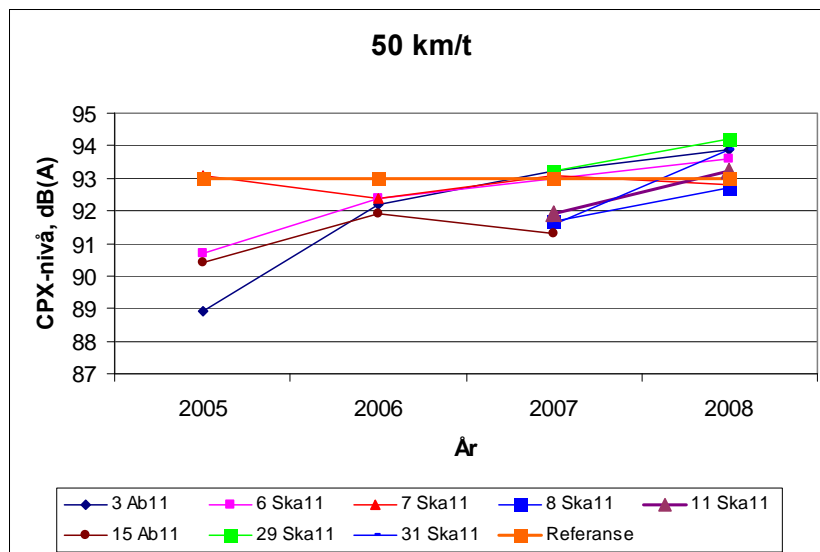
Som tabell 6 viser, er det ikke gjennomført målinger på veidekke nr. 10 og 17 ved 50 km/t. Det skyldes i hovedsak trafikale forhold. Veidekkene 34 og 35 ble lagt i 2007, etter at måleprogrammet det året var avsluttet.

6.2.1.3 Steinstørrelse 0/11 mm

Resultatene er vist i tabellene 8-9 og figurene 8-9. På dekke nr.3 og 6 er skiltet hastighet < 80 km/t, så målinger her er bare gjort ved 50 km/t.

Tabell 8 Steinstørrelse 0/11 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 50 km/t

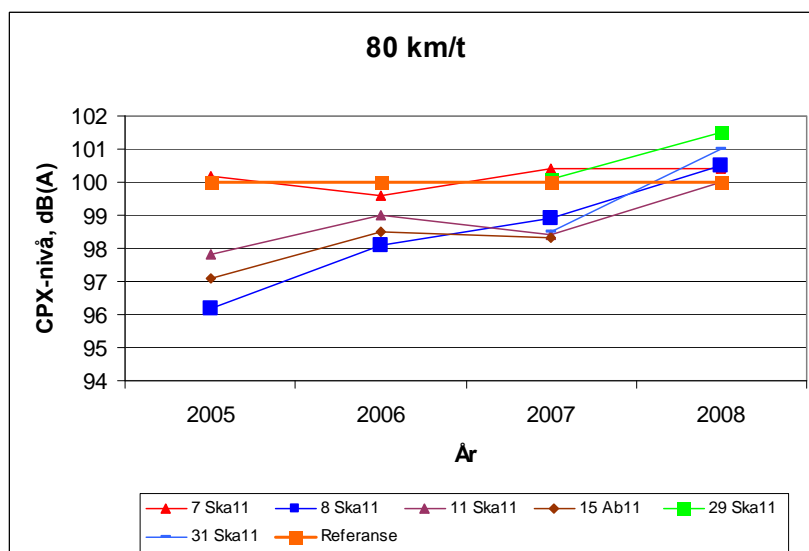
Dekke nr	Type	Leggear	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
3	Ab11	2005	88.9	92.2	93.2	93.9	+ 5.0
6	Ska11	2005	90.7	92.4	93.0	93.6	+ 2.9
7	Ska11	2005	93.1	92.4	93.1	92.8	- 0.3
8	Ska11	2005	-	-	91.7	92.7	+ 1.0
11	Ska11	2005	-	-	91.9	93.2	+ 1.3
15	Ab11	2005	90.4	91.9	91.3	-	+ 0.9
29	Ska11	2007	-	-	93.2	94.2	+ 1.0
31	Ska11	2007	-	-	91.6	93.9	+ 2.3



Figur 8 Tette dekker, steinstørrelse 0/11 mm. CPX-nivå ved 50 km/t

Tabell 9 Steinstørrelse 0/11 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 80 km/t

Dekke nr	Type	Leggeår	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
7	Ska11	2005	100.2	99.6	100.4	100.4	+ 0.2
8	Ska11	2005	96.2	98.1	98.9	100.5	+ 4.3
11	Ska11	2005	97.8	99.0	98.4	100.0	+ 2.2
15	Ab11	2005	97.1	98.5	98.3	-	+ 1.2
29	Ska11	2007	-	-	100.1	101.5	+ 1.4
31	Ska11	2007	-	-	98.5	101.0	+ 2.5



Figur 9 Tette dekker, steinstørrelse 0/11 mm. CPX-nivå ved 80 km/t

Fra resultatene kan det se ut som dekke nr. 7 (Ska11 med 1 % gummi tilsatt bindemiddel) også hadde et relativt høyt støynivå allerede første år (før første vinter), og dermed liten endring over 3 år. Imidlertid ble målingene i 2005 gjort ved en lufttemperatur på + 3 °C og en veidekketempertur på - 3 °C. Selv om resultatene er korrigert til + 20 °C, så kan den lave temperaturen være hovedårsak til det relativt høye nivået (temperaturkorreksjonen kan være for liten, se kap.9.3).

I gjennomsnitt øker støynivået for denne dekketypen med ca. 1.1 dB(A)/år (dekke nr.7 ikke inkludert). Det er i samme størrelsesorden som 0/6 og 0/8 mm.

Referansenivåene er basert på måleresultater fra Ab11/Ska11-dekker mer enn ett år gamle (kapittel 6.1). Utviklingen i støynivå for 0/11-dekker som vist i figurene 8 og 9 er innenfor den normale variasjon for de veidekkene som danner grunnlaget for referansenivå. En kan derfor ikke anse forsøksdekkene med øvre steinstørrelse 0/11 mm som støysvake veidekker. Det gjelder også for veidekkene nr 7 og 8, med 1-3 % tilsetning av gummigranulat.

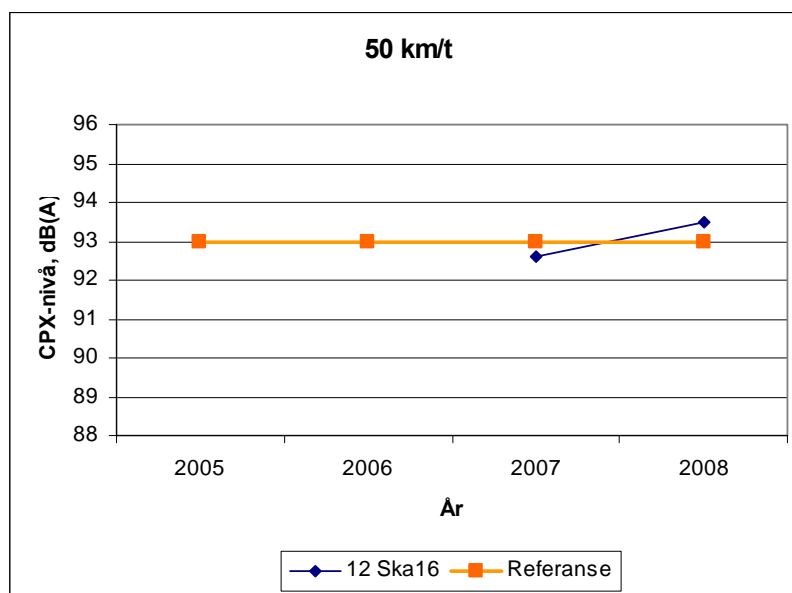
6.2.1.4 Steinstørrelse 0/16 mm

Kun ett forsøksdekke med denne steinstørrelsen er med i prosjektet, dekk nr.12. Resultatene fra målingene er vist i tabell 10-11 og figur 10-11.

Et veidekke med 0/16 mm kan normalt ikke ansees som et støysvakt veidekke, men veidekke nr.12 ble lagt på E18, Mastemyr utenfor Oslo, sammen med nr.9-11 i samme felt. Dette for å kunne se på effekten av ulik øvre steinstørrelse på Ska-dekker med lik trafikkbelastning. Pga. trafikale forhold ble det ikke gjennomført målinger ved 50 km/t i 2005 og 2006.

Tabell 10 Steinstørrelse 0/16 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 50 km/t

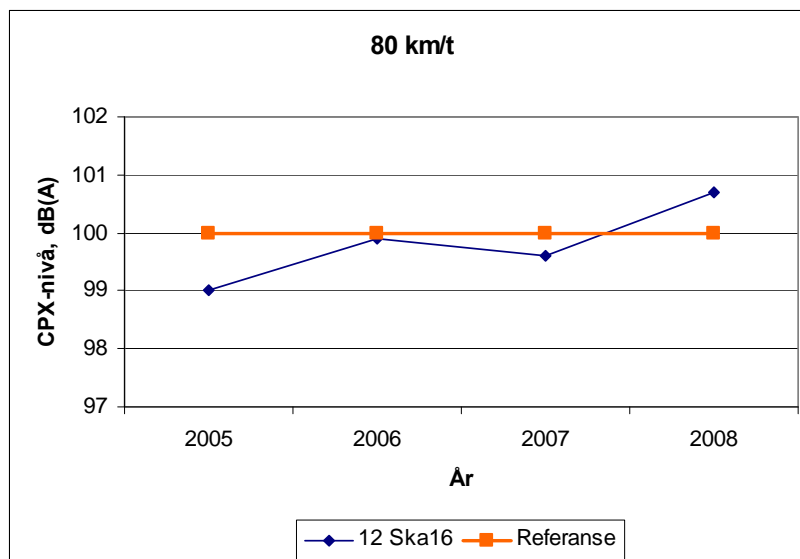
Dekke nr	Type	Leggeår	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
12	Ska16	2005	-	-	92.6	93.5	+ 0.9



Figur 10 Tette dekker, steinstørrelse 0/16 mm. CPX-nivå ved 50 km/t

Tabell 11 Steinstørrelse 0/16 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 80 km/t

Dekke nr	Type	Leggeår	2005 L_A , dB(A)	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
12	Ska16	2005	99.0	99.9	99.6	100.7	+ 1.7



Figur 11 Tette dekker, steinstørrelse 0/16 mm. CPX-nivå ved 80 km/t

Som det framgår av figur 10 og 11, har dette veidekket en støymessig utvikling som forventet, med et noe høyere nivå enn 0/11-dekker etter 3 år med trafikkbelastning. Pga steinstørrelsen så er endringen i støynivå pr år også lavere enn for 0/6 -0/11 mm, ca. 0.5 dB(A)/år.

6.2.2 Tynndekker

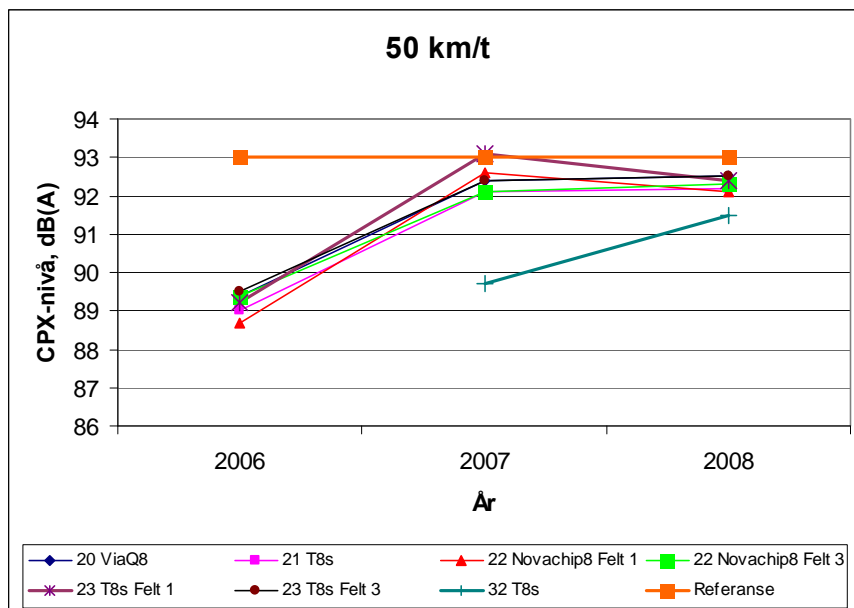
I dette prosjektet defineres tynndekker som dekker lagt ut med spesielle tynndekkeutleggere. Dvs. at de er definert etter leggemetode, mer enn tykkelse på selve dekket og øvre nominell steinstørrelse.

Alle forsøksfeltene med tynndekker er lagt på steder med skiltet hastighet < 80 km/t. CPX-målinger er derfor kun utført ved 50 km/t. Måleprogrammet på tynndekker startet i 2006.

Alle forsøksstrekningene med tynndekker har øvre nominell steinstørrelse på 8 mm og resultatene fra CPX-målingene er vist i tabell 12 og i figur 12. For forsøksdekkene 22 og 23 (Rv161, Oslo) er det gitt resultater separat for hvert felt. Dette fordi felt 1 er trafikkert med normal trafikk, mens felt 3 er forbeholdt kollektivtrafikk, inkludert drosjebiler. Dette betyr en vesentlig forskjellig trafikkbelastning for de to feltene.

Tabell 12 Tynndekker, steinstørrelse 0/8 mm. CPX-nivå, L_A , dB(A), 50 km/t

Dekke nr	Type	Leggeår	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
20	ViaQ8	2006	89.4	92.4	92.5	+ 3.1
21	T8s	2006	89.0	92.1	92.2	+ 3.2
22	Novachip8 Felt 1	2006	88.7	92.6	92.1	+ 3.4
22	Novachip8 Felt 3	2006	89.4	92.1	92.3	+ 2.9
23	T8s Felt 1	2006	89.2	93.1	92.4	+ 3.2
23	T8s Felt 3	2006	89.5	92.4	92.5	+ 3.0
32	T8s	2007	-	89.7	91.5	+ 1.8



Figur 12 Tynndekker, steinstørrelse 0/8 mm. CPX-nivå ved 50 km/t

Resultatene viser en relativ lik utvikling for denne type dekker, med en økning på i gjennomsnitt 1.2 dB(A)/år. Som for de øvrige tette dekkene, er økningen størst etter den første vintersesongen, i snitt ca. 3 dB(A). Veidekke nr.32 ser ut til å ha en utvikling som skiller seg noe ut i fra de øvrige med mindre enn 2 dB(A) økning etter den første vintersesongen. En forklaring på dette kan være at veidekket er lokalisert på en strekning (Rv20, Elverum) med relativ lav trafikkbelastning (ÅDT=7500).

Generelt ser det ut til at tynndekkene som inngår i prosjektet har den samme støyutvikling over tid som de ordinære, tette dekkene.

6.2.3 Porøse dekker

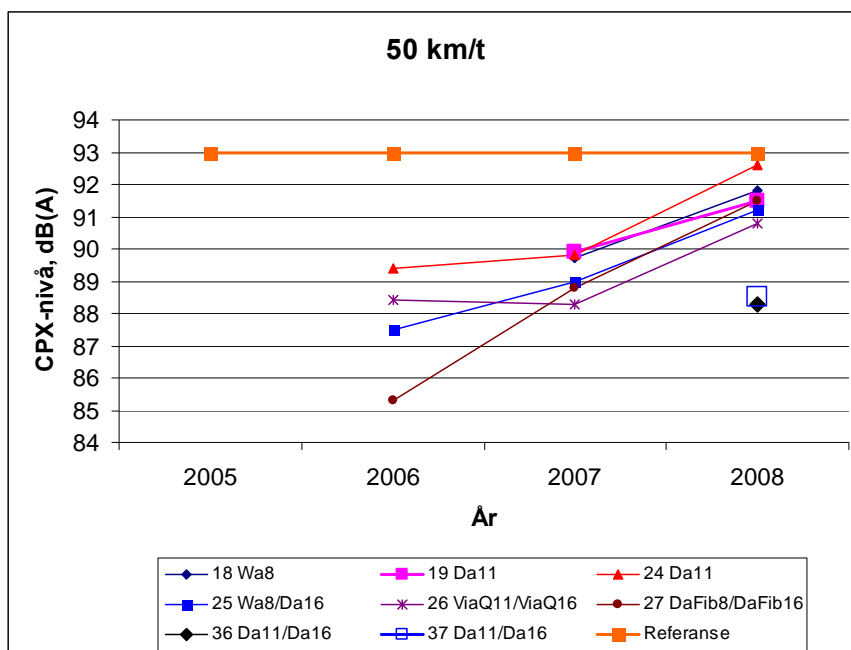
I alt 3 ett-lags og 5 to-lags porøse (drenerende) dekker er lagt i prosjektperioden. To av to-lags forsøksdekkene er lagt i 2008 (veidekke nr.36 og 37) og støymålinger for disse er derfor bare tilgjengelige som relativt nylagte dekker, uten vintereksposering.

Tabellene og figurene 13 og 14 viser resultatene fra CPX-målingene. På veidekkene nr 18 og 19 er det bare gjort målinger ved 50 km/t i 2007 og 2008.

På veidekker nr.24-27 ble det foretatt målinger både i juni og september 2007. Bare måleresultatene fra juni 2007 er rapportert her. Generelt ble det målt ca. 1 dB(A) høyere nivåer i september.

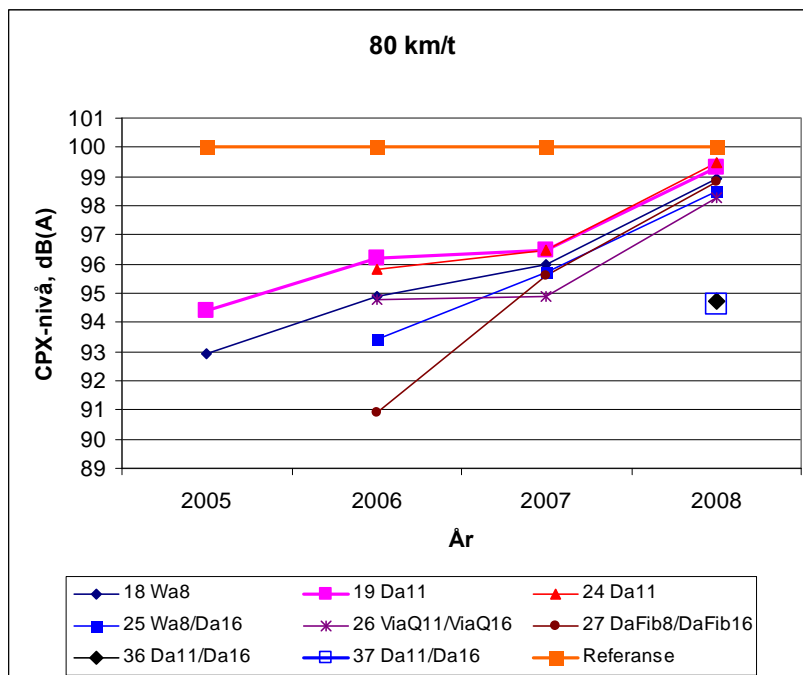
Tabell 13 Porøse dekker. CPX-nivå, L_A , dB(A), 50 km/t

Dekke nr.	Type	Antall lag	Leggeår	2006 L_A , dB(A)	2007 L_A , dB(A)	2008 L_A , dB(A)	Endring dB(A)
18	Wa8	Ett	2005	-	89.7	91.8	+ 2.1
19	Da11	Ett	2005	-	89.9	91.5	+ 1.6
24	Da11	Ett	2006	89.4	89.8	92.6	+ 3.2
25	Wa8/Da16	To	2006	87.5	89.0	91.2	+ 3.7
26	ViaQ11/ViaQ16	To	2006	88.4	88.3	90.8	+ 2.4
27	DaFib8/DaFib16	To	2006	85.3	88.7	91.5	+ 6.2
36	Da11/Da16	To	2008	-	-	88.3	-
37	Da11/Da16	To	2008	-	-	88.5	-


Figur 13 Porøse dekker, CPX-nivå, 50 km/t

Tabell 14 Porøse dekker. CPX-nivå, L_A , dB(A), 80 km/t

Dekke nr.	Type	Antall lag	Leggeår	2005 L_A dB(A)	2006 L_A dB(A)	2007 L_A dB(A)	2008 L_A dB(A)	Endring dB(A)
18	Wa8	Ett	2005	92.9	94.9	96.0	98.9	+ 6.0
19	Da11	Ett	2005	94.4	96.2	96.5	99.3	+ 4.9
24	Da11	Ett	2006	-	95.8	96.5	99.5	+ 3.7
25	Wa8/Da16	To	2006	-	93.4	95.7	98.5	+ 5.1
26	ViaQ11/ViaQ16	To	2006	-	94.8	96.5	98.3	+ 3.5
27	DaFib8/DaFib16	To	2006	-	90.9	95.6	98.8	+ 7.9
36	Da11/Da16	To	2008	-	-	-	94.7	-
37	Da11/Da16	To	2008	-	-	-	94.6	-



Figur 14 Porøse dekker, CPX-nivå, 80 km/t

Utviklingen på de porøse dekkene ser ut til å skille seg noe ut i fra de tette dekkene, som spesielt framgår av figur 14. Økningen i støynivå ser ut til å være høyere etter den andre eller tredje vintersesongen, enn den første. Det skyldes antakelig at tilstopping av porene skjer gradvis og først får negativ akustisk effekt etter to eller flere vintersesonger.

I gjennomsnitt er økningen i støynivå ca 1.5 dB(A)/år for de porøse dekkene som er testet her.

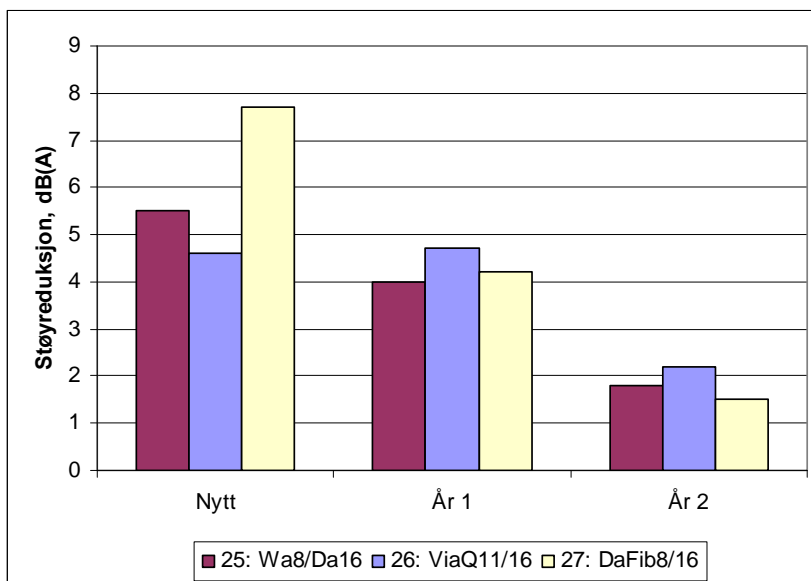
Denne økningen indikerer at et porøst dekke som i utgangspunktet ligger ca. 6 dB(A) under valgt referansedekke, kun vil ha en akustisk levealder på ca. 4 år med den utviklingen vi har sett på forsøksstedene. Dersom effektiv rensing anvendes på slike dekker, kan det forlenge akustisk levetid for dekket.

På veidekkene 24-27 (Rv170, Bjørkelangen) ble det våren 2007 foretatt et renseforsøk (før målingene i juni). Det ble ikke påvist noen akustisk effekt av dette renseforsøket [6].

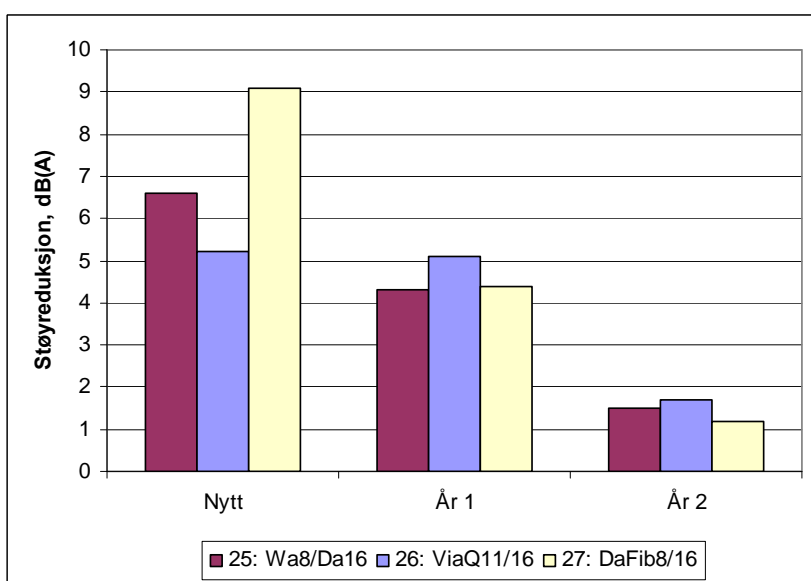
Det anbefales at det arbeides videre med å finne egnede rensemetoder av porøse dekker også for norske forhold.

I figur 15 og 16 er støyreduksjonen ved henholdsvis 50 og 80 km/t vist for to-lags dekkene på Rv170 (Dekke nr.25, 26 og 27).

Erfaringene fra forsøkene med henholdsvis ett-lags og to-lags porøse dekketyper i Norge viser foreløpig ikke at to-lags dekker har bedre akustiske egenskaper etter 2-3 års levetid, enn ett-lags. Dette avviker fra erfaringer i andre land, som for eksempel i Nederland, der to-lags dekker har høyere støyreduksjon over antatt levetid enn ett-lags.



Figur 15 Dekk A: gjennomsnittlig støyreduksjon, dB(A), 50 km/t



Figur 16 Dekk A: gjennomsnittlig støyreduksjon, dB(A), 80 km/t

Som figurene viser oppnådde man den største støyreduksjonen for dekke nr.27 før første vintersesong. Samtidig er dette dekket som har lavest støyreduksjon etter to år, dvs. at ”aldringsprosessen” er størst her. Dekke nr.26 beholdt sitt ”støyreduksjonstall” på ca. 4-5 dB(A) i forhold til referansen også etter første vintersesong. Imidlertid gir oppnås bare 1.5-2 dB(A) støyreduksjon etter to vintersesonger, sannsynligvis forårsaket pga tilstopping av porer.

6.3 Andre tette dekker

Som vist i kapittel 4, er det i løpet av prosjektperioden gjennomført målinger på et større utvalg vanlige tette, norske veidekker. Hovedformålet var å framskaffe et grunnlagsmateriale for å velge referansenivåer, men også for å se om det kunne være forskjeller knyttet til alder, trafikkbelastning, geografisk region, osv. I denne sammenhengen presenteres bare

hovedresultatene uten nærmere analyse av sammenhengen mellom måleverdier og parametere som alder, trafikkmengde, piggdekkandel, region, osv.

Alle resultater er vist i tabell 15. Nummerering av veidekkene er i henhold til tabell 2.

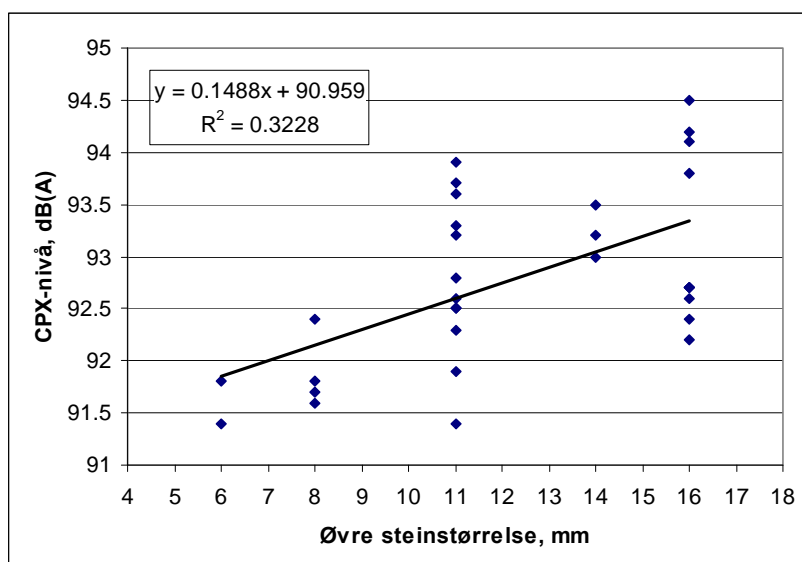
Tabell 15 CPX-nivå for tette dekker i Norge. Målinger ved 50 og 80 km/t

Nr	Type	Legge- år	2005		2006		2007		2008	
			50	80	50	80	50	80	50	80
38	Ska11	2003	92.5	99.6	92.6	99.4	-	-	-	-
39	Ska14	1999	93.2	100.3	93.0	100.0	-	-	-	-
40	Ab6	2003	91.4	-	-	-	-	-	-	-
41	Ab6	2003	91.8	-	-	-	-	-	-	-
42	Ska8	2003	91.7	-	90.7	-	-	-	-	-
43	Ska8	2003	91.8	-	90.9	-	-	-	-	-
44	Ska11	2003	92.8	-	92.5	-	92.7	-	92.4	-
45	Ska11	2003	93.2	-	93.4	-	-	-	-	-
46	Ska14	1996	93.5	100.8	93.5	100.9	-	-	-	-
47	Ab8	2000	92.4	100.2	92.7	100.1	-	-	-	-
48	Ska14	1999	-	100.6	-	100.0	93.0	99.9	93.0	99.8
49	Ska16	1999	-	100.3	-	-	-	-	-	-
50	Ska11	2004	-	100.5	-	-	-	-	-	-
51	Ska16	2000	-	100.3	-	-	-	-	-	-
52	Ska11	2003	-	100.1	-	-	-	-	-	-
53	Ska16	1991	92.6	-	-	-	-	-	-	-
54	Ska16	1994	92.4	-	-	-	-	-	-	-
55	Ska16	2000	92.7	-	-	-	-	-	-	-
56	Ska16	1994	92.7	-	-	-	-	-	-	-
57	Ska11	2004	91.9	-	-	-	-	-	-	-
58	Ab11	2004	91.4	-	-	-	-	-	-	-
59	Ab11	2004	92.6	99.8	-	-	-	-	-	-
60	Ska8	2002	91.6	98.8	-	-	-	-	-	-
61	Ska11	2001	92.3	-	-	-	-	-	-	-
62	Ska11	2006	-	-	91.8	97.9	93.5	99.9	93.7	100.7
63	Ab11	2002	92.5	99.7	92.4	99.3	91.1	98.5	-	-
64	Ab16	2003	-	101.5	-	-	-	-	-	-
65	Ska16	1998	-	99.9	-	-	-	-	-	-
66	Ska11	2004	-	99.6	-	-	-	-	-	-
67	Ska11	2008	-	-	-	-	-	-	91.2	98.9
68	Ska16 Felt4	1999	-	-	93.8	101.2	94.6	101.6	-	-
69	Ska16 Felt3	2001	-	99.3	-	-	-	-	-	-
70	Ska11 Felt3	2005	-	-	93.3	100.7	-	-	93.7	101.0
71	Ska11 Felt4	2006	-	-	91.1	98.6	94.2	101.2	93.0	100.9
72	Ska11 Felt1	2008	-	-	-	-	-	-	91.5	98.4
73	Ska16 Felt3	1999	-	-	-	-	-	-	94.1	100.8
74	Ska11 Felt2	2007	-	-	-	-	92.6	99.5	93.9	101.0
75	Ska11	2005	-	-	93.6	100.7	-	-	-	-
76	Ska11	2005	89.4	-	92.3	-	92.7	-	93.8	-
77	Ab16	2001	92.7	-	92.6	-	-	-	-	-
78	Ab16	1999	92.2	-	-	-	-	-	-	-
79	Ab11	2005	-	-	93.7	101.1	-	-	-	-
80	Ska11	2008	-	-	-	-	-	-	90.9 ¹	97.2 ¹
81	Ab11	2005	-	-	-	-	-	-	92.7 ¹	99.4 ¹
82	Ska16	2003	-	-	-	-	94.5	101.1	94.8	102.3
83	Ab16	1992	-	-	-	-	-	-	94.2	-
84	Ska11	1998	-	-	-	-	-	-	93.9	100.7

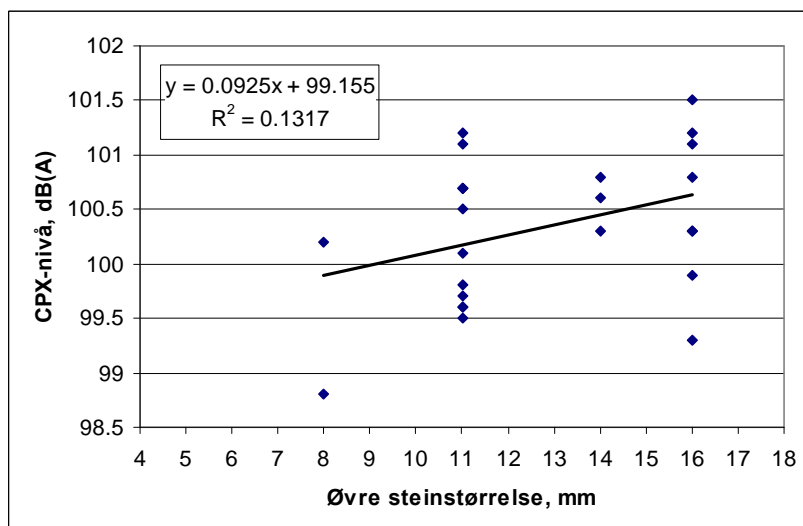
1) Målt kun med SR11-dekk

6.4 Innflytelse av øvre nominell steinstørrelse

Målt CPX-nivå ved 50 og 80 km/t som funksjon av øvre nominell steinstørrelse er vist i figurene 17 og 18. Resultatene er basert på normale, tette dekker (nr.38-82 i tabell 15), og bare dekker som er eksponert for en eller flere vintersesonger er inkludert. Figurene viser individuelle resultater for hvert veidekke. Fordi spredningen i nivå med dekker med samme steinstørrelse er så stor, er det liten signifikant korrelasjon.

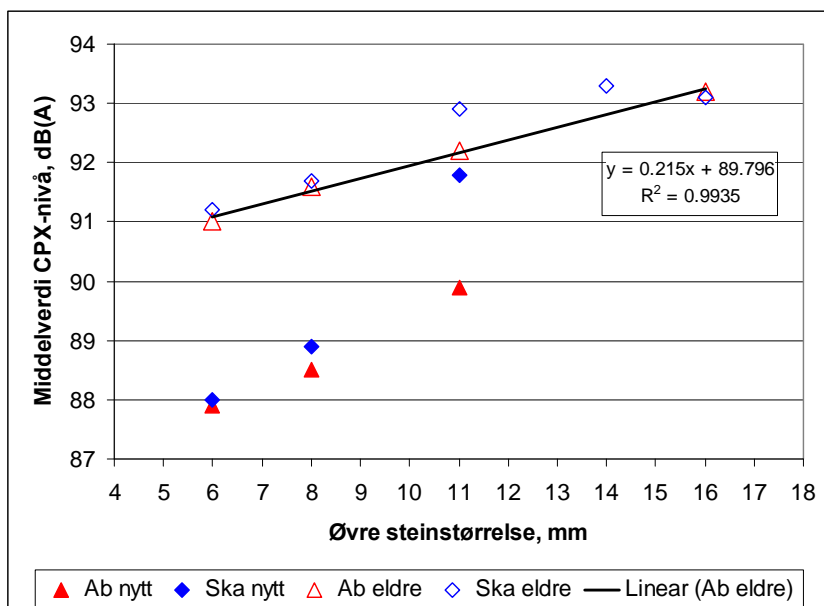


Figur 17 CPX-nivå som funksjon av øvre steinstørrelse, 50 km/t.

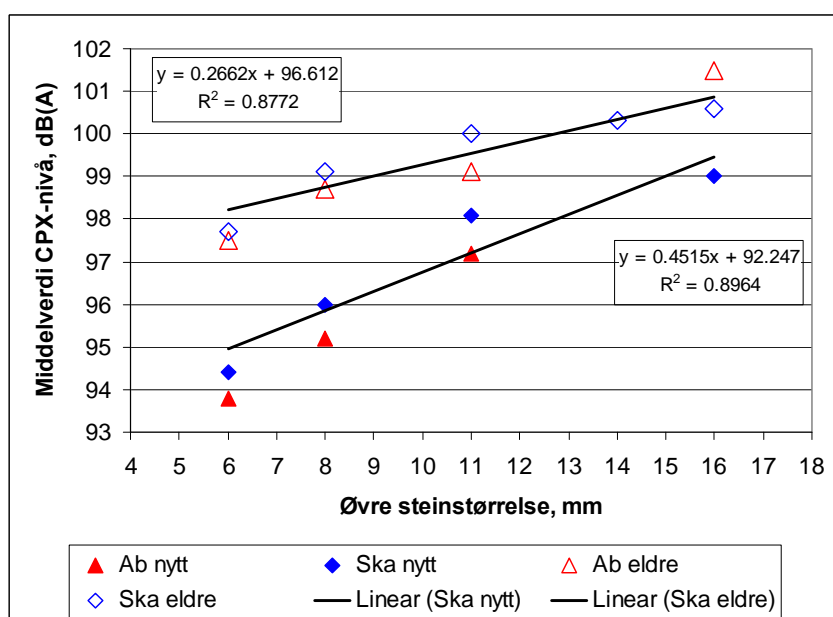


Figur 18 CPX-nivå som funksjon av øvre steinstørrelse, 80 km/t.

I figur 19 og 20 er det beregnet et middelnivå for dekker med ulik steinstørrelse, der det er skilt mellom nylagte (ikke eksponert for piggdekk) og eldre dekker. Disse resultatene omfatter også forsøksdekker i tabell 1. Ab- og Ska-dekker er vist separat.



Figur 19 Midlere CPX-nivå som funksjon av øvre steinstørrelse for nye og eldre Ab- og Ska-dekker, 50 km/t.



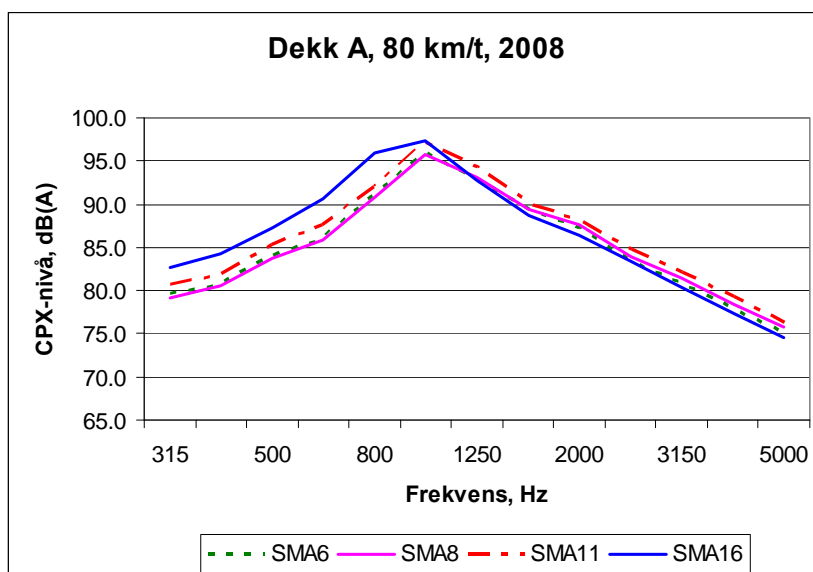
Figur 20 Midlere CPX-nivå som funksjon av øvre steinstørrelse for nye og eldre Ab- og Ska-dekker, 80 km/t.

Som vist i figur 19 er økningen i støynivå pga større steinstørrelse ca 0.2 dB pr. mm for eldre Ab/Ska-dekker, noe som er i overensstemmelse med det som er foreslått som korreksjonsfaktor for dekker med 8-16 mm i Harmonoise/Imagine-modellen [8].

For nye dekker, er økningen noe høyere, ca 0.5 dB pr mm. Som vist i figur 17 og 19 er innflytelsen av steinstørrelse noe mindre dersom vi ser på de individuelle resultatene., ca 0.1-0.15 dB(A)/mm. Spredningen i resultater er imidlertid stor, med lav korrelasjon og må tas hensyn til i vurderingen av resultatene.

Øvre steinstørrelse har også innflytelse på frekvensspektra. I figur 21 er det vist frekvensspekter for dekk A ved 80 km/t på veidekker nr.9-12 (E18, Mastemyr). På denne forsøksstrekningen ligger det 4 Ska-dekker etter hverandre med steinstørrelse fra 6-16 mm. Alle disse dekkene er

eksponert for samme trafikkmengde og piggdekkbruk. Figuren viser klart at steinstørrelsen først og fremst påvirker frekvenser under 1 kHz, og det antas at det er teksturgenererte mekanismer som gir disse forskjellene.



Figur 21 Frekvensspektra for Ska-dekker med ulik øvre steinstørrelse

6.5 Innflytelse av dekkealder

CPX-målingene har blitt utført på tette dekker med alder fra noen uker gamle opp til 16 år. Uavhengig av alder, har alle dekkene vært i rimelig god stand, uten tegn til mekaniske skader (sprekker, spor, m.m.).

Alle måleresultatene for veidekker med øvre steinstørrelse fra 11 til 16 mm er vist i figur 22 (50 km/t) og figur 23 (80 km/t). Dataene i figuren omfatter også målinger på samme veidekke, men i ulike år (jfr. tabell 15). Alle nye veidekker, og som ikke er eksponert for vintersesonger, har en gitt alder 0.5 år.

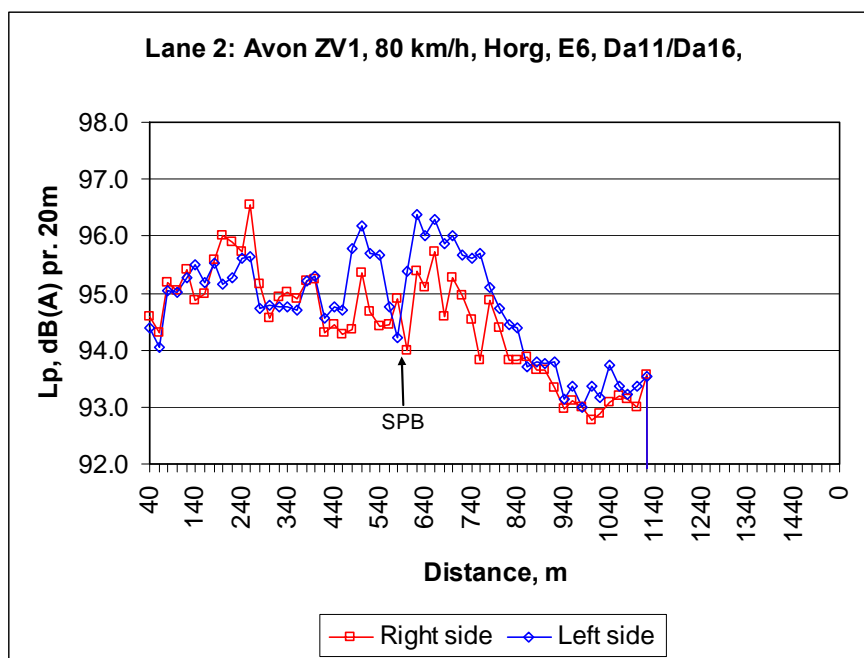
6.6 Homogenitet

CPX-metoden gir informasjon om dekkets homogenitet, dvs. hvor mye støynivået varierer over en gitt veistrekning. CPX-metoden angir gjennomsnittlig støynivå pr.20 m målestrekning.

Denne type måling kan være viktig dersom man skal undersøke hvorvidt et veidekke evt. tilfredsstillende for eksempel et krav til homogenitet, ved en klassifisering. I tillegg kan målingen gi verdifull informasjon til entreprenør til å utvikle leggeteknikker/utstyr som gir mest mulig akustisk homogene dekker.

Dersom det også gjennomføres statistiske målinger (SPB) på vegdekket, så kan CPX-måling si noe om hvor representativt det aktuelle SPB-målestedet er akustisk sett.

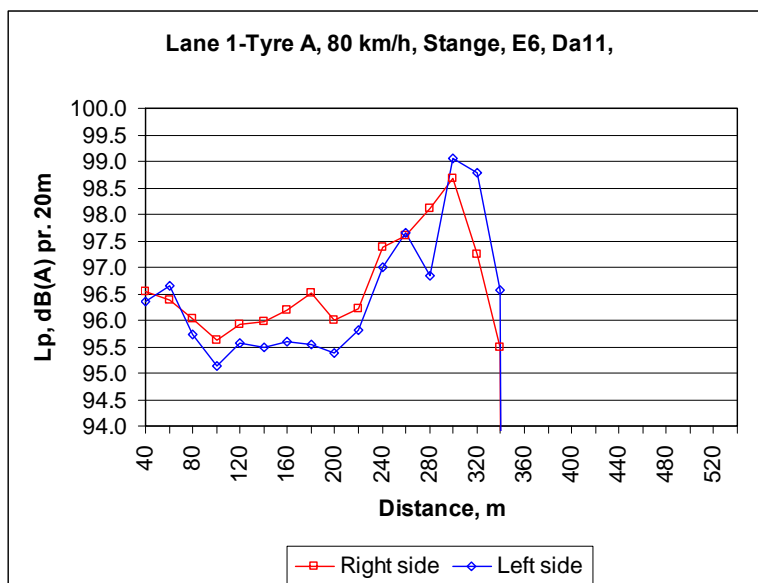
På veidekke nr.36 (E6, Horg: to-lags porøst) er det gjennomført både CPX og SPB-målinger i 2008. I figur 24 er CPX-nivå over veistrekningen vist, og der også posisjonen for SPB-målingen er avmerket. Som figuren viser, er posisjonen for SPB (valgt ut i fra stedskriterier) også et sted der CPX-nivået er tilnærmet lik middelnivået for hele den målte strekningen (94.7 dB(A)). Dette er åpenbart en helt tilfeldig sammenheng for denne veistrekningen. Figuren viser at veidekket er relativt inhomogent (variasjon i nivå på mer enn 3 dB(A) og standardavvik på 0.9 dB(A)), og at valg av SPB-posisjon for et slikt dekke, er kritisk med tanke på representativitet, også dersom SPB-målingen alene brukes ved klassifisering av dekket støymessig.



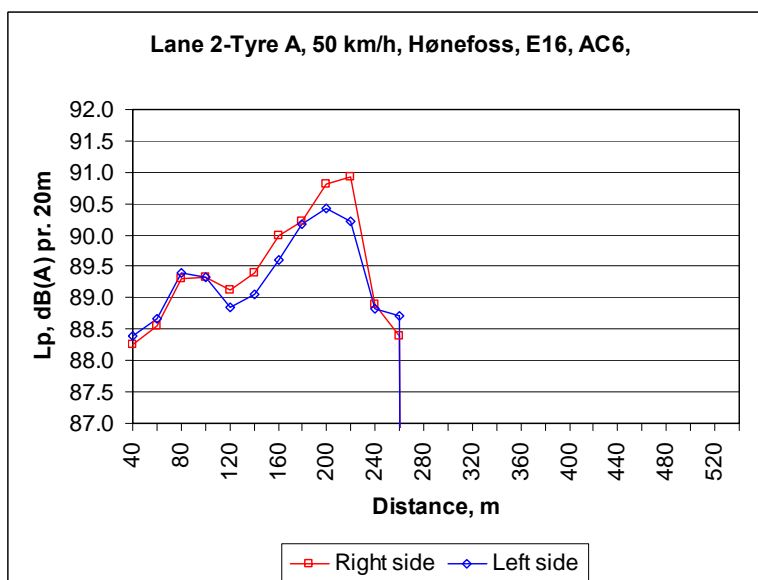
Figur 24 Dekke nr.36: CPX-nivå (pr. 20 m) som funksjon av veistrekning. Hastighet: 80 km/t. Nytt dekke

Et annet interessant resultat fra denne målingen, er at den viser at det er den siste delen (ca 300 m) som har de laveste nivåene. Det kan skyldes forhold under legging av dekket. Dersom bare de siste 300 m av strekningen legges til grunn for et middelnivå, reduseres dette til 93.5 dB(A), dvs. en reduksjon på 1.2 dB(A). En nærmere teksturanalyse kan gi en bedre innsikt i denne variasjonen i nivå. Teksturanalyse av porøse dekker inngår ikke i denne delen av prosjektet.

Andre eksempler på inhomogene veidekker målt i prosjektperioden er vist i figur 25 og 26.



Figur 25 Dekke nr 19: Da11, Hastighet: 80 km/t.
Alder: 1 år

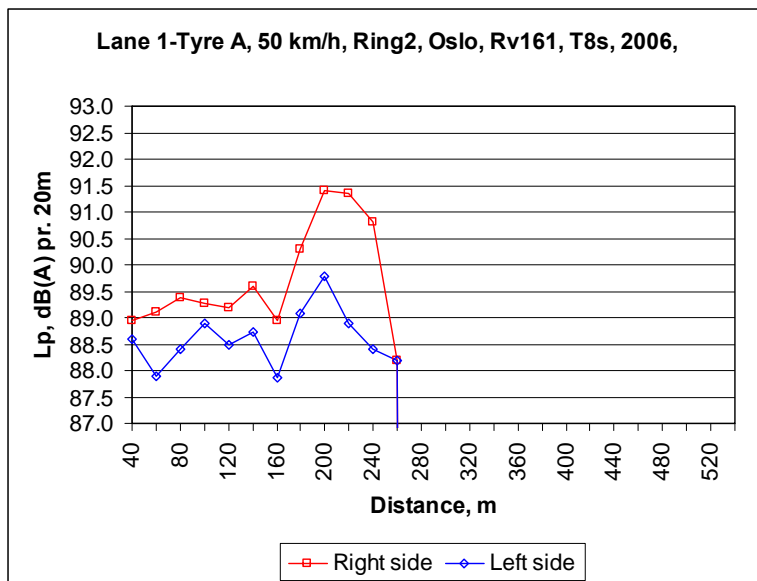


Figur 26 Dekke nr 13: Ab6, Hastighet: 50 km/t.
Alder: Nytt

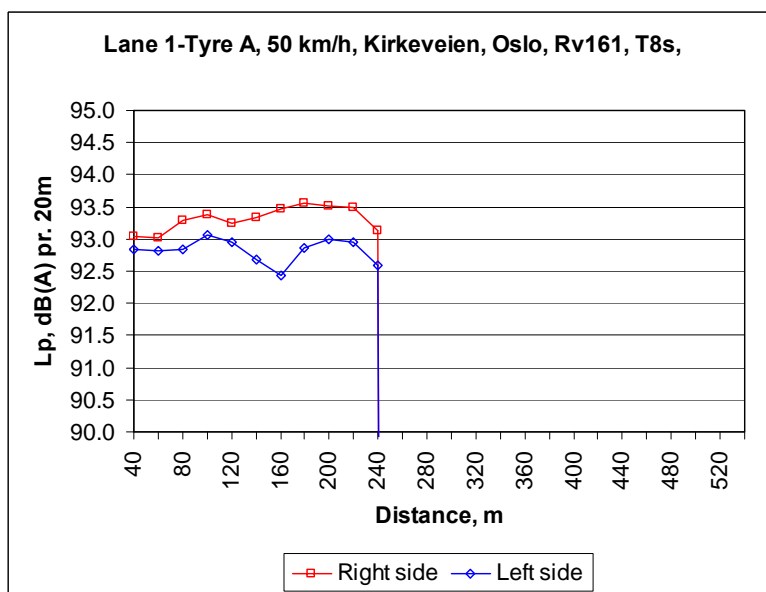
For begge disse dekkene varierer støynivået med 3-4 dB(A) over den målte distansen.

Midlere støynivå (høyre og venstre hjulspor) for dekke nr.19, se figur 25, er målt til 96.5 dB(A) over hele teststrekningen på 340 m. Dersom bare de første 240 m inkluderes, blir midlere nivå 96.0 dB(A), dvs. en reduksjon på 0.5 dB(A):

I noen tilfeller kan dekket være relativt inhomogent når det er nylagt og før den første vintersesongen. Etter en vinter kan trafikkbelastning/piggdekkbruk påvirke teksturen på en slik måte at dekket støymessig blir mer homogent. Et slikt eksempel er veidekke nr.23 (Rv161:T8s). Figur 27 viser CPX-nivå over veistrekning da dekket var nytt i 2006 og figur 28 det samme dekket målt i 2007 etter ca. ett års bruk.

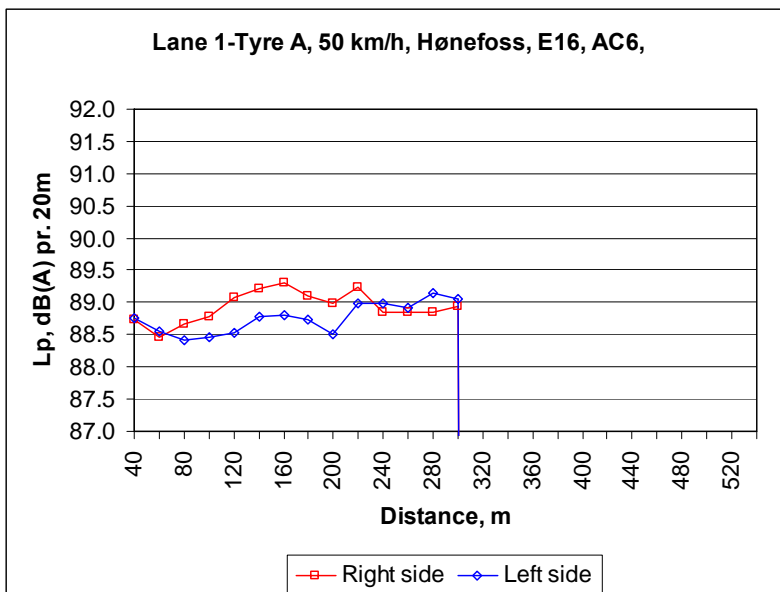


*Figur 27 Dekke nr.23: T8s, Hastighet: 50 km/t.
2006 (nytt dekke)*

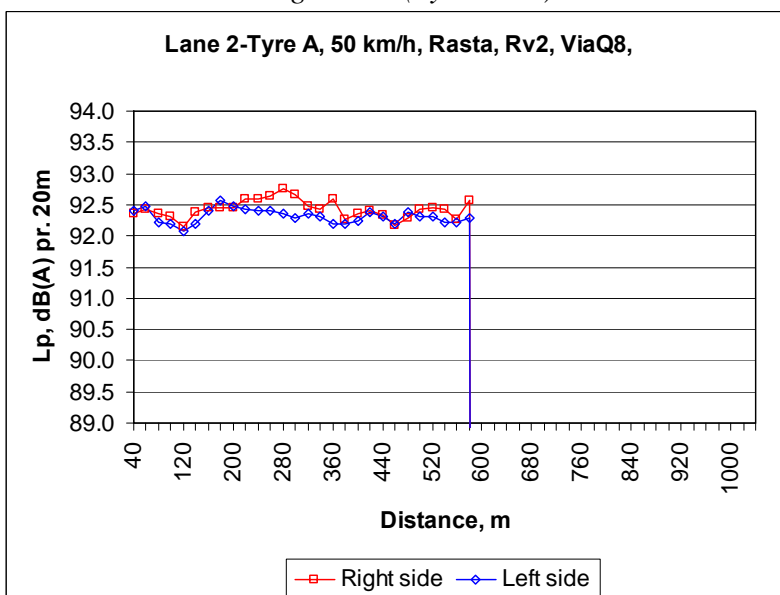


*Figur 28 Dekke nr 23: T8s, Hastighet: 50 km/t.
2007 (ett år gammelt)*

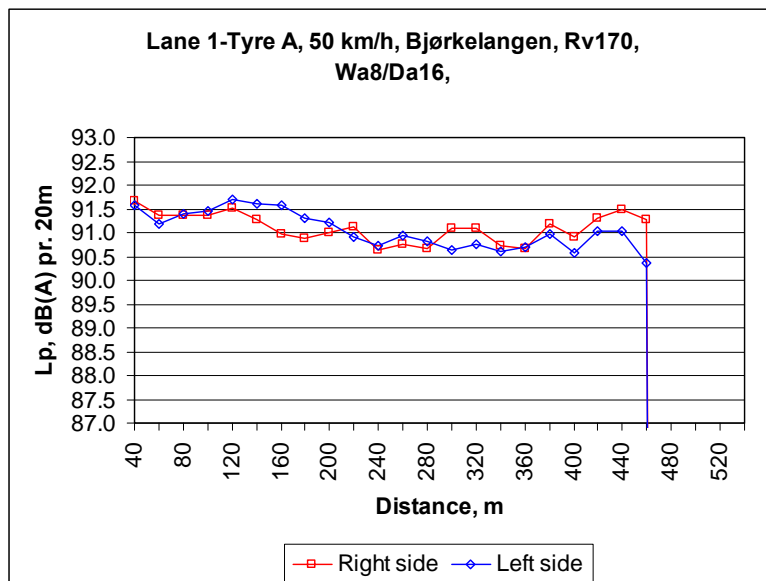
Eksempler på homogene dekker er vist i figurene 29-31.



Figur 29 Dekke nr 13: Ab6, Hastighet: 50 km/t.
Måling i 2005 (nytt dekke)



Figur 30 Dekke nr. 20: ViaQ8, Hastighet: 50 km/t.
Måling i 2007 (ett år gammelt)



Figur 31 Dekke nr. 25: Wa8/Da16, Hastighet: 50 km/t.
Måling i 2008 (to år gammelt)

Generelt viser resultatene at dersom standardavviket er under 0.2 dB(A), så vil spredningen i nivå pr.20 m være under 1 dB. Dersom et dekke skal betegnes som homogent, så bør standardavviket ikke overstige 0.3-0.4 dB. Det vil normalt gi en variasjon i støynivå lavere enn 1.5 dB(A).

6.7 Tetting av porer

Alle åpne, porøse dekker vil bli utsatt for tilstopping av porer ("clogging") etter å ha blitt utsatt for trafikk over tid. I land som Norge, Sverige og Finland, der piggdekk er vanlig om vinteren, er det sannsynlig at denne effekten er mer kritisk støymessig enn i land uten piggdekkbruk. Den støyreducerende effekten vil da avta raskere.

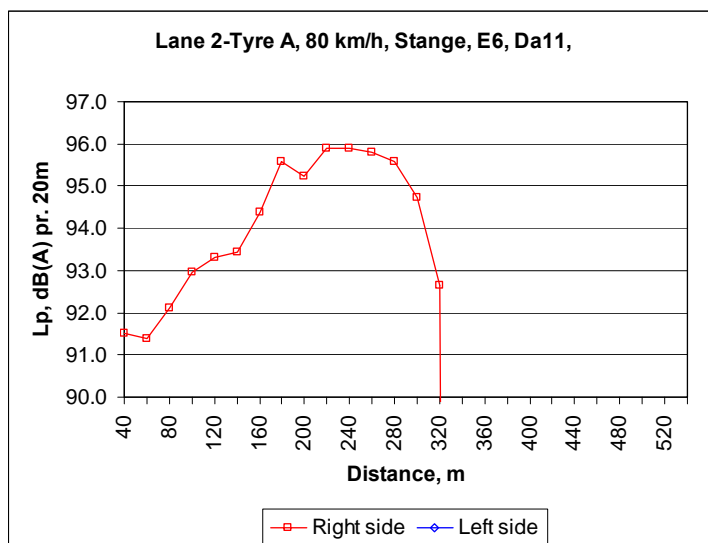
Forsøk med drengasfalt på E6 nord for Stockholm, på en motorvei med skiltet hastighet 110 km/t, har vist at den relativt høye hastigheten til personbiler på teststrekningen kan redusere tilstoppingen. Bildekkene med høy hastighet virker som en renseenhet og fjerner partikler fra porene.

De fleste av forsøksstrekningene med porøse dekker er på veistrekninger med skiltet hastighet 80 km/t (Dekke nr.18,19, 24-27). Det ser ikke ut til at denne hastigheten er tilstrekkelig høy til at man får en full effekt av rensing fra bildekkene.

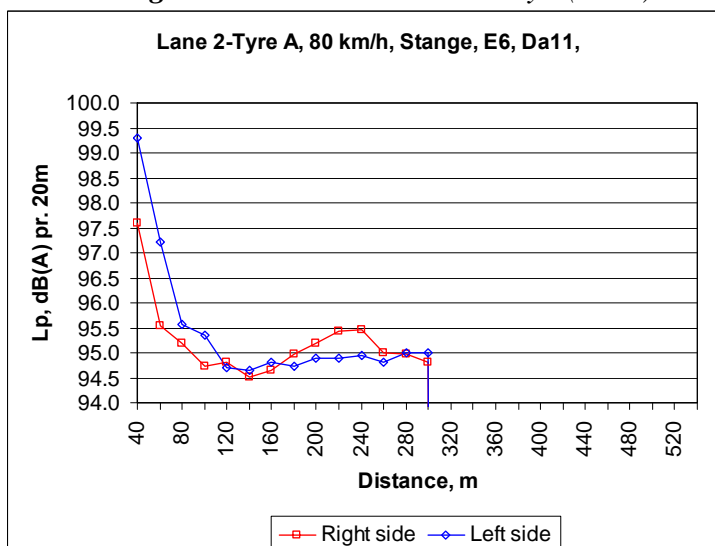
Som det framgår av figur 32, er det ingen tegn til tetting av porer på veidekke nr.19 (Da11, Stange), når dette er nytt, dvs. før den første vintersesongen.

Resultatene etter ett og to år (2006-2007) viser en klar tendens til tilstopping, figurene 33 og 34. Trafikken i felt 2 kommer fra et standard, tett Ska14-dekke og inn på Da11-dekket, og partikler fra det tette dekket transporteres inn på det porøse. Denne effekten er tilstede omtrent de første 100 m av strekningen og reduserer støydempingen.

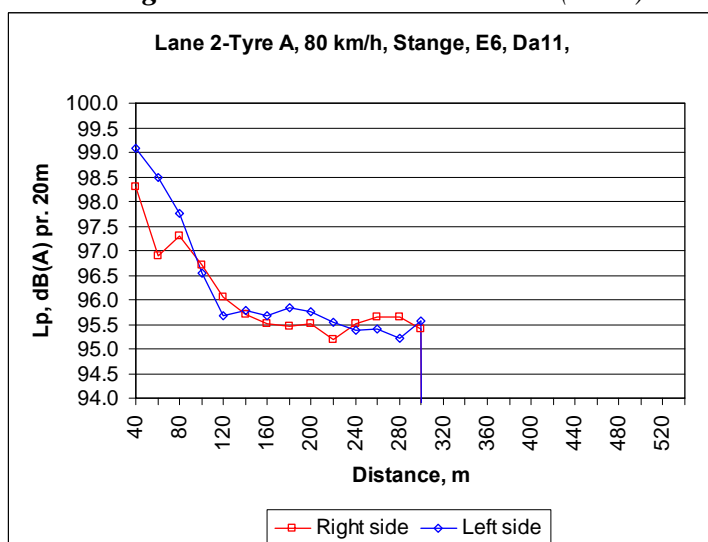
Figurer 32-34: Veidekke nr.19: Da11 Felt 2, hastighet: 80 km/t



Figur 32 Veidekke 19. Alder: Nytt (2005)



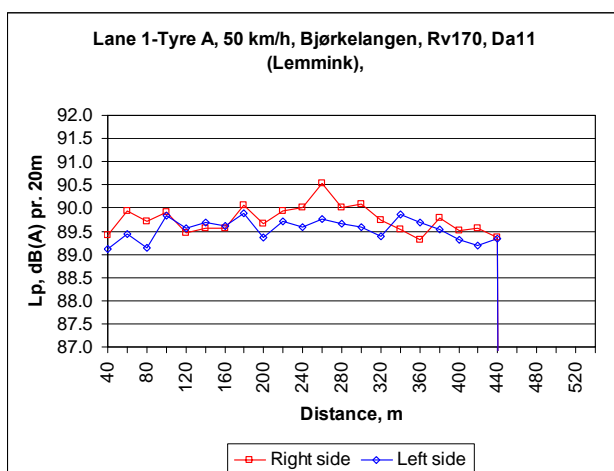
Figur 33 Veidekke 19. Alder: 1 år (2006)



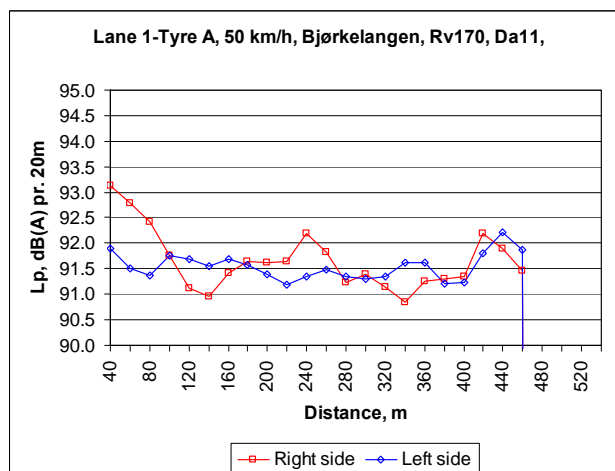
Figur 34 Veidekke 19. Alder: 2 år (2007)

Middelnivået for målingen over 300 m i figur 34 er 96.5 dB(A) (tabell 14). Dersom vi tar ut de første 120 m av datagrunnlaget, reduseres middelnivået med ca. 1 dB(A).

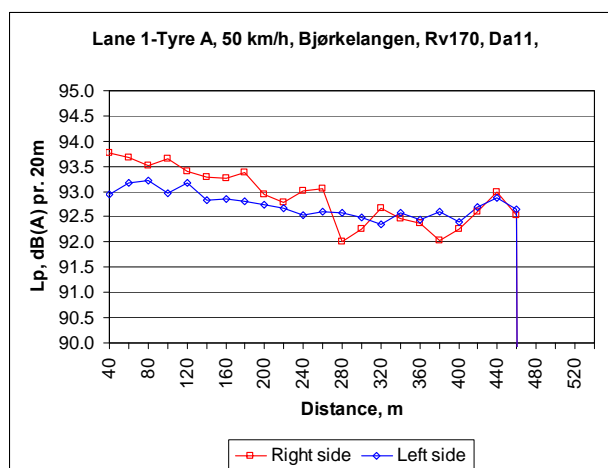
Veidekkene 24 (Da11, felt 1) og 27 (DaFib8/DaFib16 – felt2), som ligger på Rv170, Bjørkelangen, er lagt inntil et standard, tett Skal11-dekke. Figurene 35-37 viser tilstoppingseffekten på Da11-dekket (nr.24) etter ett og to år med trafikk. Veidekke 27 har tilsvarende utvikling.



Figur 35 Veidekke 24, Da11,
Alder: Nytt (2006)



Figur 36 Veidekket 24, Da11,
Alder: 1 år (2007)



Figur 37 Veidekke 24, Da11,
Alder: 2 år (2008)

Både veidekke 24 og 27 ble forsøkt rensert i 2007, men uten at det ga noen støyreducerende effekt. En årsak kan være at rensingen ikke ble foretatt i overgangen mellom det tette dekket og det porøse, der tilstoppingen er mest framtrødende.

6.8 Repeterbarhet

Som beskrevet i kapittel 5, er alle resultatene basert på 2 gjentatte målinger pr felt/strekning. For å se nærmere på repeterbarheten av målingene, ble det foretatt en nærmere undersøkelse på veidekkene 24-27 (Bjørkelangen). På disse 4 veidekkene ble det gjennomført 5 målinger etter hverandre i hvert felt.

Tabellene 16-19 viser gjennomsnittlig CPX-nivå i dB(A) for dekk A (montert på begge sider av tilhenger) og tilhørende standardavvik for 5 målinger. Alle veidekkene er 2 år gamle ved disse målingene. Hastighet er 80 km/t.

Tabell 16 Veidekke 24: Da11.

Nr	Felt 1				Felt 2			
	Høyre side		Venstre side		Høyre side		Venstre side	
	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik
1	100.1	0.47	99.9	0.34	99.4	0.49	99.6	0.44
2	99.8	0.53	99.8	0.34	99.3	0.44	99.5	0.23
3	100.0	0.35	99.5	0.24	99.4	0.43	99.4	0.21
4	99.7	0.58	99.6	0.24	99.1	0.42	99.5	0.23
5	100.1	0.41	99.5	0.35	99.2	0.42	99.7	0.29

Tabell 17 Veidekke 25: Wa8/Da16

Nr	Felt 1				Felt 2			
	Høyre side		Venstre side		Høyre side		Venstre side	
	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik
1	98.7	0.39	98.2	0.27	98.8	0.32	98.7	0.27
2	98.4	0.35	98.5	0.32	98.7	0.31	98.6	0.30
3	98.5	0.35	98.0	0.34	98.6	0.38	98.5	0.33
4	98.4	0.34	98.2	0.41	98.5	0.32	98.5	0.27
5	98.4	0.41	98.2	0.40	98.6	0.23	98.6	0.31

Tabell 18 Veidekke 26: ViaQ11/ViaQ16

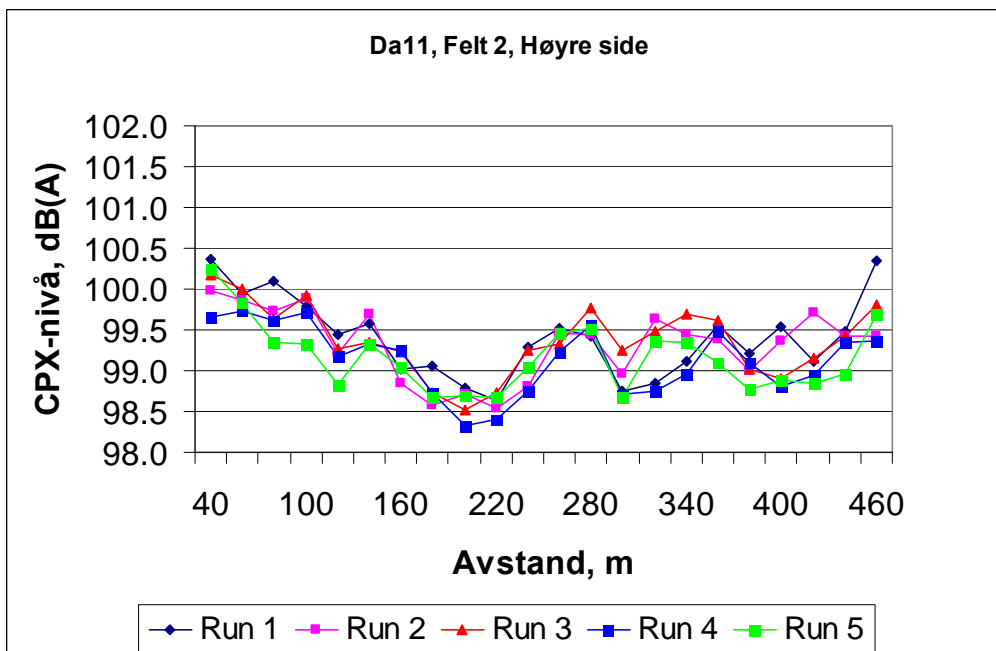
Nr	Felt 1				Felt 2			
	Høyre side		Venstre side		Høyre side		Venstre side	
	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik
1	97.3	0.66	97.7	0.72	98.0	0.67	98.8	0.49
2	97.3	0.43	97.8	0.64	97.9	0.57	98.8	0.27
3	97.3	0.68	97.4	0.56	97.9	0.64	98.7	0.27
4	97.2	0.61	97.4	0.62	97.9	0.42	98.6	0.23
5	97.2	0.67	97.9	0.52	97.7	0.62	98.8	0.27

Tabell 19 Veidekket 27: DaFib8/DaFib16

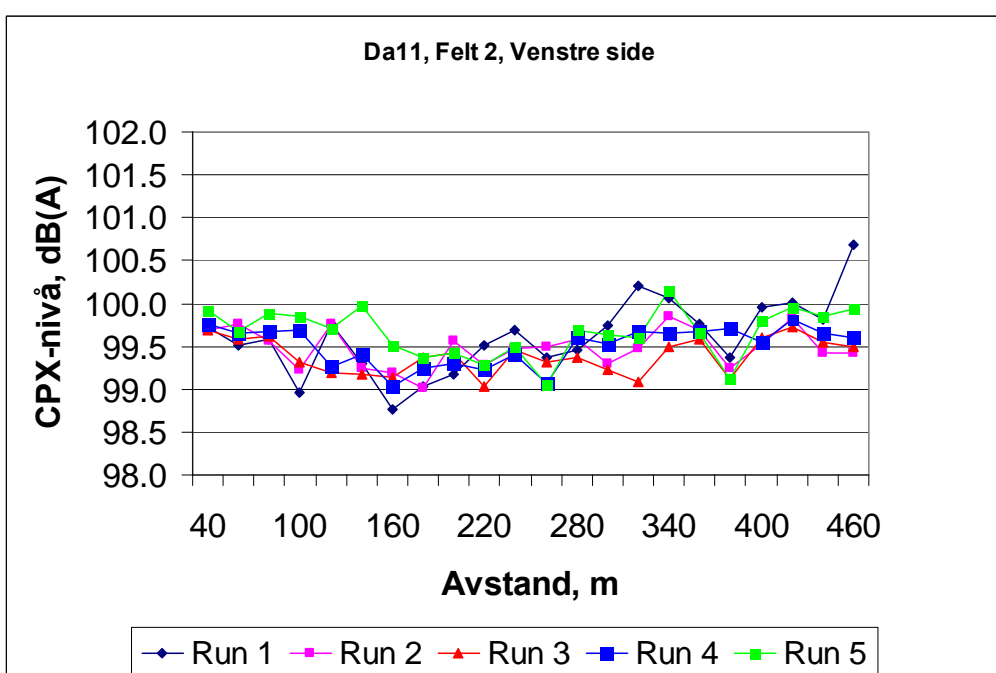
Nr	Felt 1				Felt 2			
	Høyre side		Venstre side		Høyre side		Venstre side	
	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik	Nivå	St.avvik
1	98.6	0.28	98.5	0.31	99.5	0.35	99.2	0.21
2	98.5	0.28	98.5	0.34	99.4	0.30	99.1	0.26
3	98.4	0.37	98.3	0.39	99.3	0.35	99.1	0.21
4	98.3	0.35	98.3	0.31	99.3	0.37	99.2	0.26
5	98.4	0.26	98.3	0.36	99.3	0.46	99.2	0.26

Resultatene fra denne undersøkelsen viser god repeterbarhet ved denne type måling. Standardavviket for veidekke nr.26 er relativt høyt (> 0.5 dB) for en del av målingene, men de fleste gjennomsnittsnivåer ligger innenfor en spredning på 0.3 dB(A). Det største avviket er 0.5 dB(A) ved målingene på venstre side for veidekke 25 og 26 (felt 1).

I figurene 38 og 39 er midlere nivå pr. 20 m som en funksjon av distanse vist for de 5 målingene på veidekke nr.24 (Da11). Hastighet er 80 km/t. Figurene viser at den generelle variasjonen i støynivå som funksjon av distanse gjenskapes ved hver måling. Tilsvarende resultater gjelder også for de øvrige veidekkene på Bjørkelangen (inklusive veidekke 26).



Figur 38 Veidekke 24: Da11, Felt 2, høyre side. Repetisjon av 5 måleserier



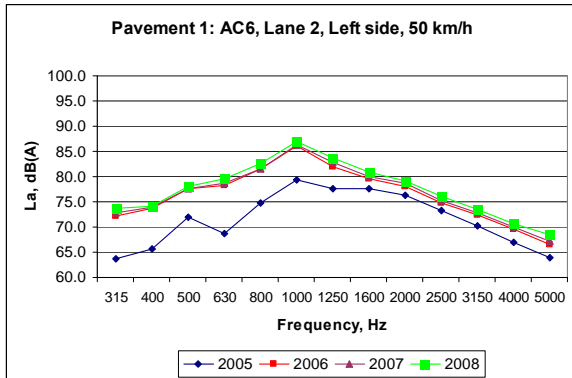
Figur 39 Veidekke 24: Da11, Felt 2, venstre side. Repetisjon av 5 måleserier

6.9 Frekvensspektra

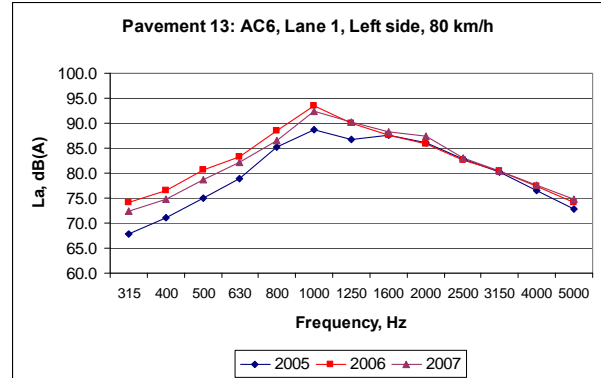
Det er gjennomført måling av A-veid nivå i 1/3 oktavnivå i frekvenser fra 315 Hz til 5 kHz. Dette gir en mulighet for å undersøke eventuelle endringer i frekvensspektra etter eksponering av veidekket til en eller flere vintersesonger. I tillegg er en undersøkt forskjeller i spektra mellom tette og porøse veidekker.

Det er valgt ut 3 Ab-dekker, 2 Ska-dekker, 2 ett-lags porøse og 1 to-lags porøst dekke som grunnlag for å se på endringer i spektra over tid. Resultatene er vist i figurene 40-47. For

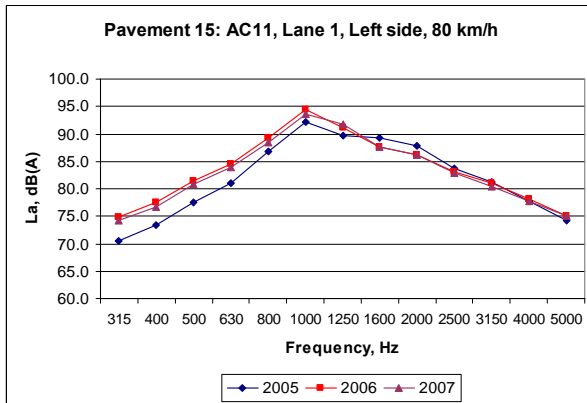
enkelthets skyld er det valgt å vise spektra bare for bildekk A (Avon ZV1) montert på venstre side av tilhengeren.



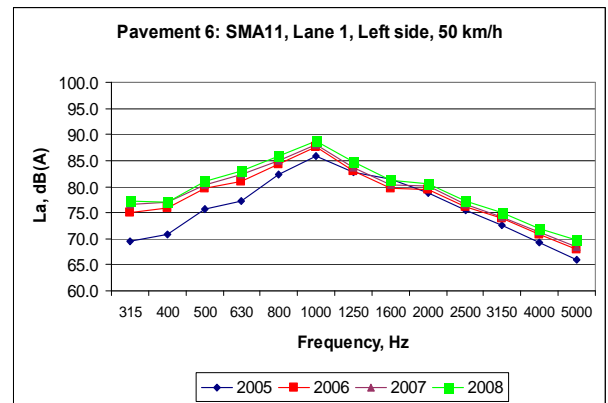
Figur 40 Veidekke 1: Ab6



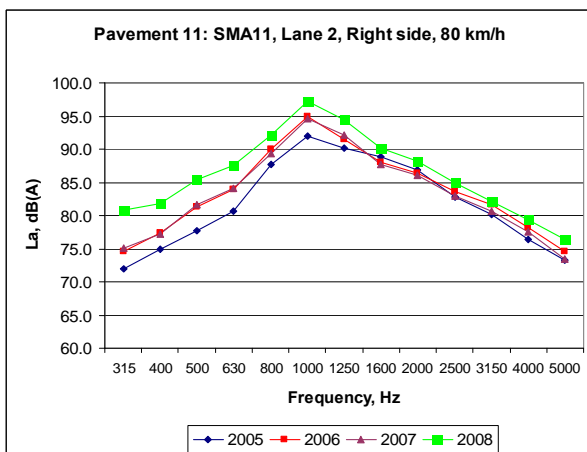
Figur 41 Veidekke 13: Ab6



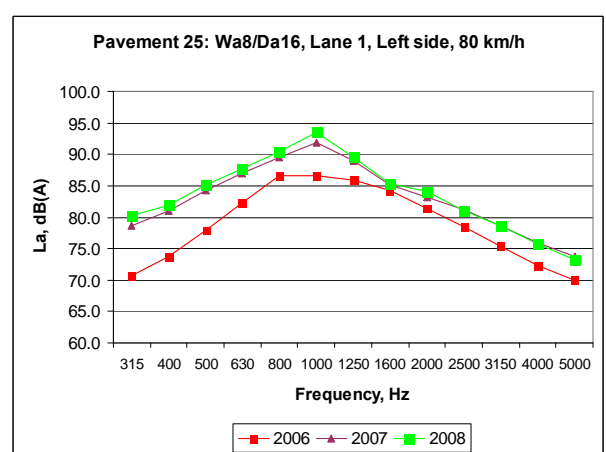
Figur 42 Veidekke 15: Ab11



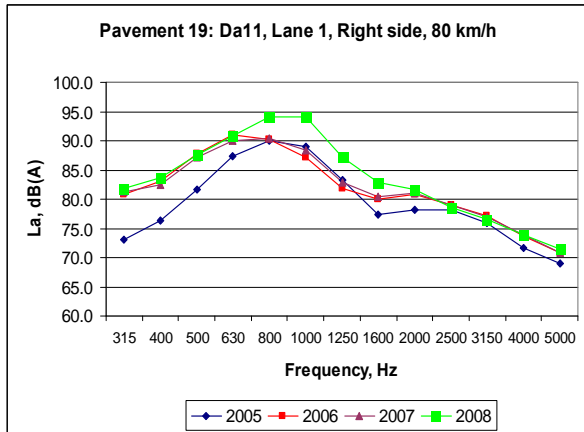
Figur 43 Veidekke 6: Ska11



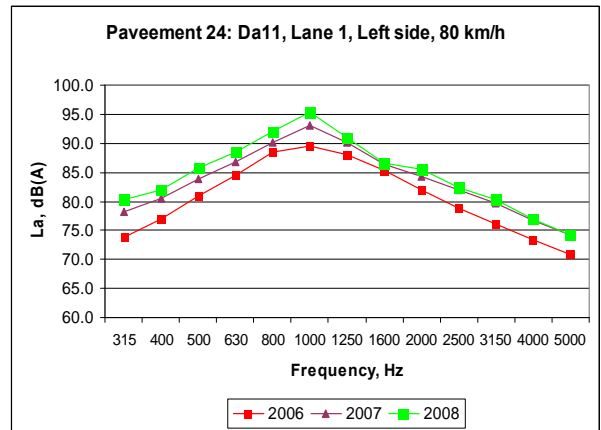
Figur 44 Veidekke 11: Ska11



Figur 45 Veidekke 25: Wa8/Da16



Figur 46 Veidekke 19: Da11



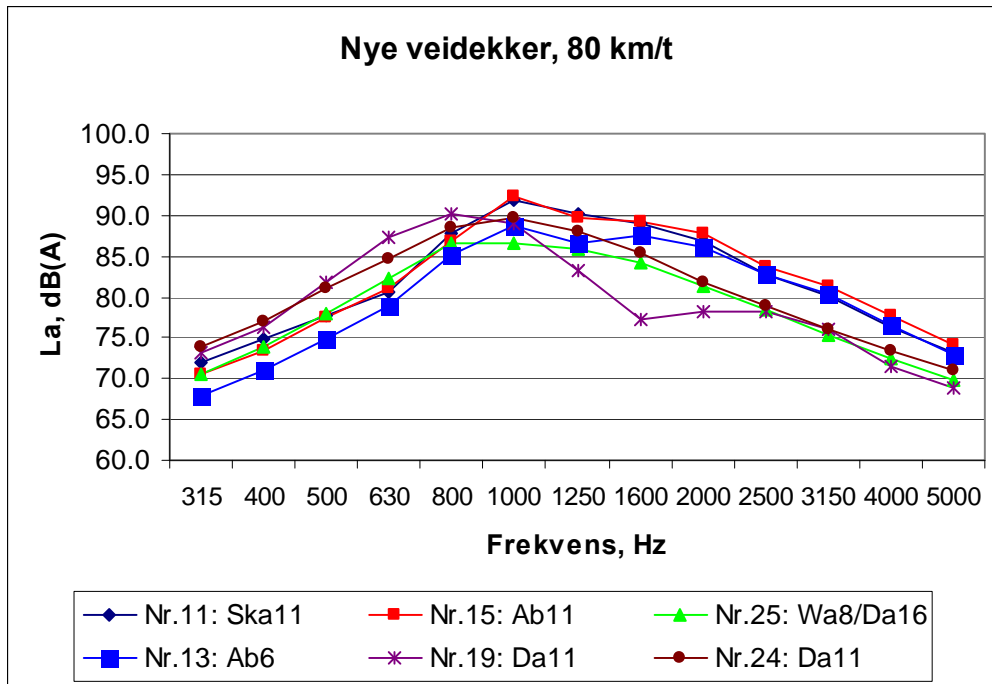
Figur 47 Veidekke 24: Da11

Som tidligere vist, øker totalnivået for alle veidekkene etter den første vintersesongen. For tette dekker kommer denne økningen først og fremst i frekvensområdet fra ca. 1 kHz og nedover.

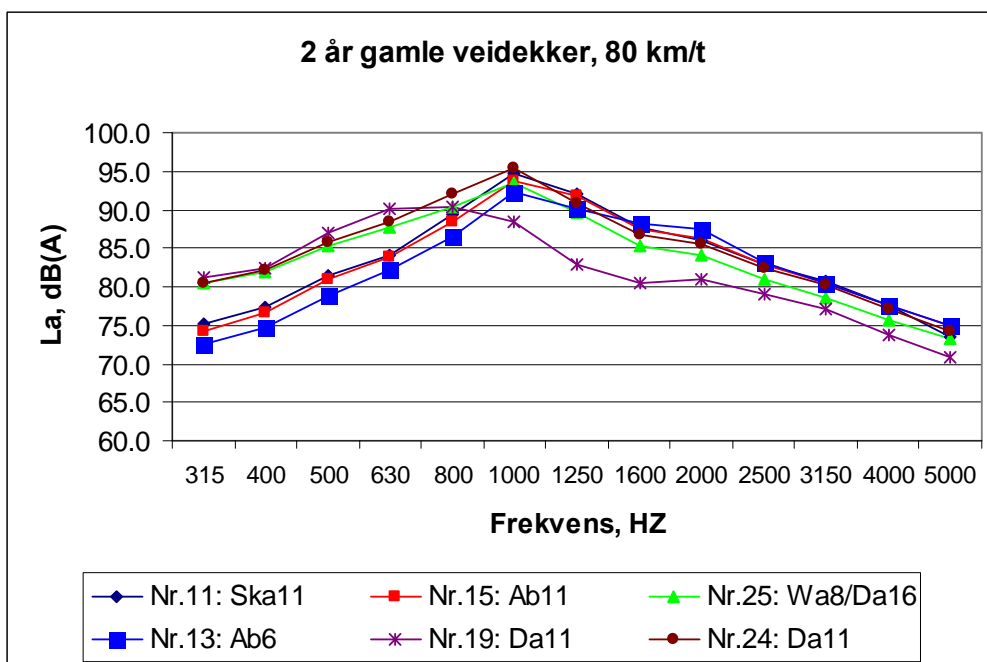
For de porøse dekkene er økningen signifikant i hele frekvensområdet, men høyest i frekvenser under 800 Hz. For ett av Ska-dekkene, figur 44, øker nivået også etter den tredje vintersesongen. Dette veidekket ligger på E18, Mastemyr, utenfor Oslo, med relativ høy trafikkbelastning (ÅDT=24400).

Veidekke 19 er et ett-lags porøst Da11-dekke (figur 46). Dekket har et frekvensspekter som skiller seg fra et tilsvarende dekke (nr.24), se figur 47, i og med at dekket har en større Absorpsjonsvirkning rundt 1200-1600 Hz. Denne effekten med høyere støyreduksjon i dette området ser ut til å holde seg noenlunde konstant over de første tre årene.

I figur 48 og 49 sammenlignes frekvensspektra for nylagte dekker (før første vintersesong) og dekker som er eksponert for piggdekkbruk i 2 sesonger. Et utvalg av veidekkene i figurene 40-47 er valgt ut for denne sammenligningen.



Figur 48 Nye veidekker



Figur 49 2 år gamle veidekker

Figur 48 viser at de porøse dekkene har et lavere nivå for frekvenser over 1 kHz, sammenlignet med de tette, når disse er nye. Etter to år ser det ut til at de porøse dekkene mister mye av sine Absorpsjonsegenskaper (med et unntak for dekke nr.24), se figur 49. Under 1 kHz ser det også ut til at de porøse dekkene har et **høyere** støynivå enn de tette. Dette kan være negativt med tanke på virkning av slike dekker for støynivå innendørs. Dette bør undersøkes nærmere.

7 Tilleggsmålinger med nye referansebildekk

Som omtalt i kapittel 2.1, har ISOWG33 i løpet av 2008 valgt ut 2 nye referansebildekk som skal brukes ved CPX-målinger; Uniroyal Tigerpaw (ASTM SRTT) og Avon AV4.

Siden 2006 har SINTEF gjennomført parallelle tester med SRTT-dekket og det ”gamle” dekk A, Avon ZV1. Målingene er delvis gjort som et grunnlag for valg av nye bildekk.

I perioden 2006-2008 er det gjennomført i alt 104 slike parallelle målinger ved 50 km/t og 74 ved 80 km/t. Målingene omfatter både tette og porøse veidekker.

Tabell 20 oppsummerer resultatene fra disse målingene.

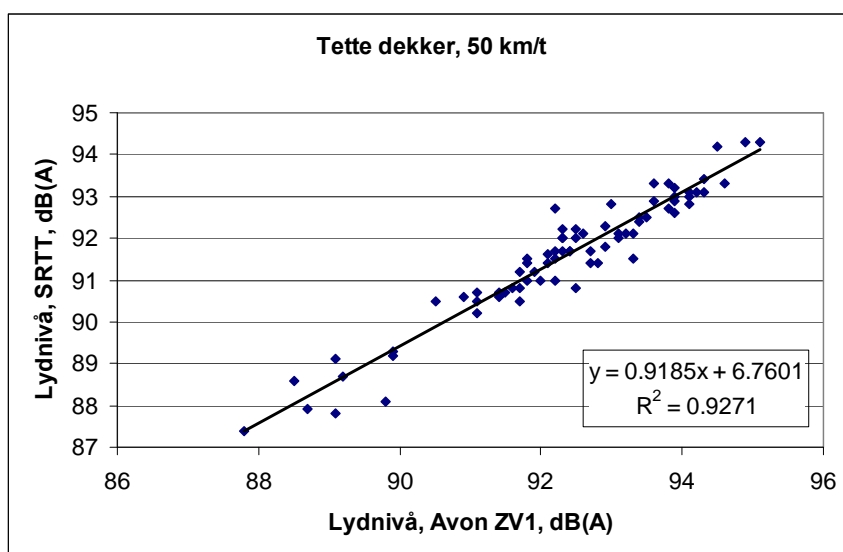
Tabell 20 Middelnivå, CPX-målinger med refereransedekk

Hast. km/t	Antall målinger	Dekk A Middelnivå dB(A) [st.avvik]	Dekk SRTT Middelnivå dB(A) [st.avvik]	Differanse dB(A)
50	104	91.7 [1.9]	90.9 [1.9]	0.8
80	74	98.4 [2.5]	97.5 [2.6]	0.9

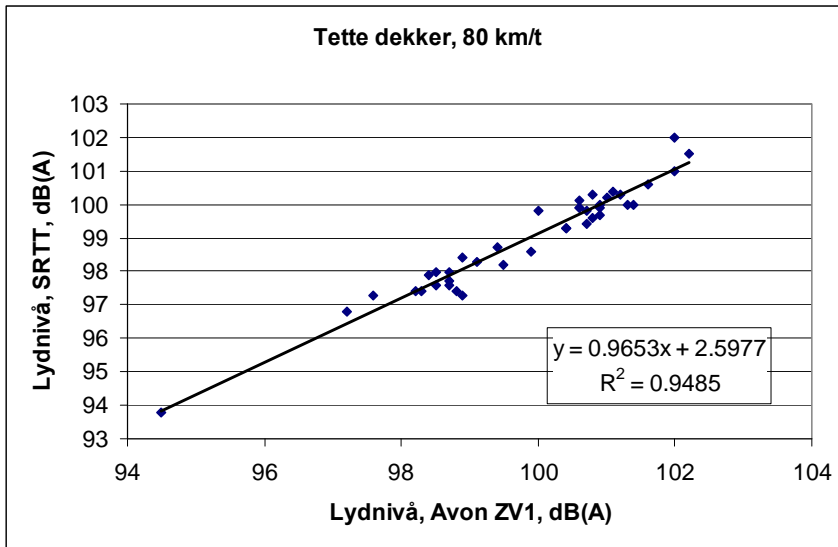
I gjennomsnitt får en 0.8-0.9 dB(A) *lavere* nivåer med SRTT-dekket i forhold til Avon-dekket.

SRTT-dekket er noe bredere enn Avon-dekket (225 mm vs. 185 mm), og dette gir normalt noe høyere støynivå. Imidlertid kan ulikheter i mønstertype forklare noe av forskjellen, men også forskjeller i gummihardhet kan bety noe. Gummihardheten til Avon-dekket ble i 2008 målt til 75 Shore A, mens SRTT-dekket ble målt til 67 Shore A. En forskjell i denne parameteren på 8 Shore A kan i noen tilfeller medføre en forskjell i støynivå på mer enn 1 dB(A), [7].

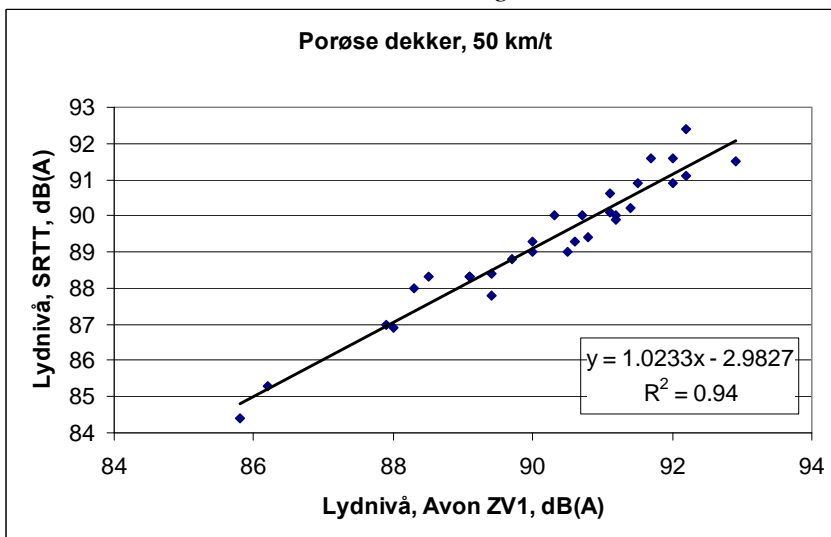
Den støymessige korrelasjonen mellom disse to bildekkene er funnet til å være god og det kan derfor konkluderes med at SRTT-dekket er vel egnet som erstatning for Avon-dekket for våre veidekker. Korrelasjonen ved 50 og 80 km/t for tette og porøse dekker er vist i figurene 50-53.



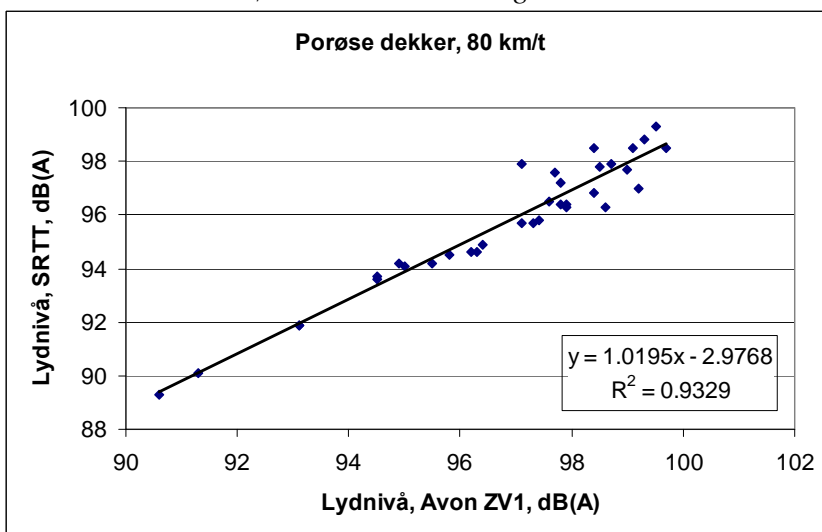
Figur 50 Korrelasjon mellom Avon ZV1 og SRTT. Tette veidekker. Hastighet: 50 km/t



Figur 51 Korrelasjon mellom Avon ZV1 og SRTT.
Tette veidekker. Hastighet: 80 km/t

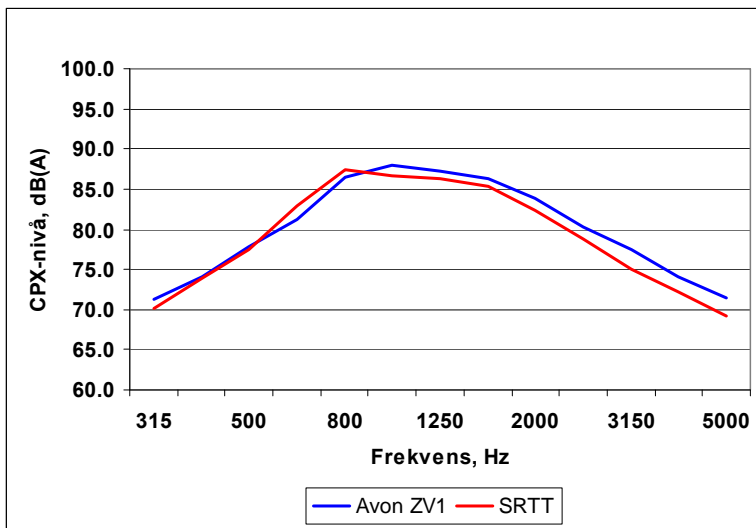


Figur 52 Korrelasjon mellom Avon ZV1 og SRTT.
Porøse veidekker. Hastighet: 50 km/t

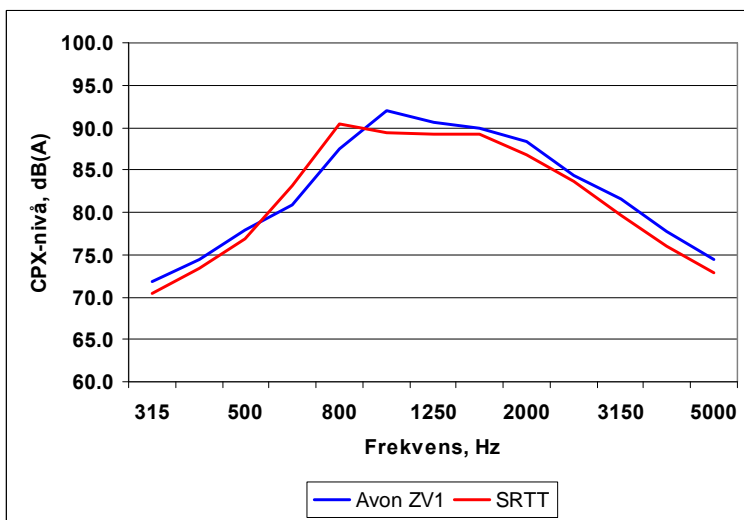


Figur 53 Korrelasjon mellom Avon ZV1 og SRTT.
Porøse veidekker. Hastighet: 80 km/t

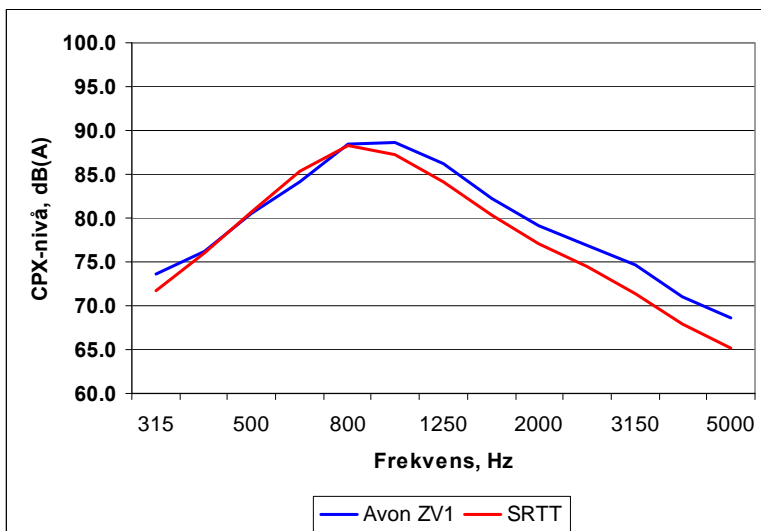
Parallelle målinger med disse to bildekkene viser en viss ulikhet i frekvensspektra. I figurene 54-58 er disse ulikhetene illustrert for et utvalg av nye og eldre veidekker. Alle figurene er gjelder for 80 km/t. De samme ulikhetene er tilstede også ved 50 km/t.



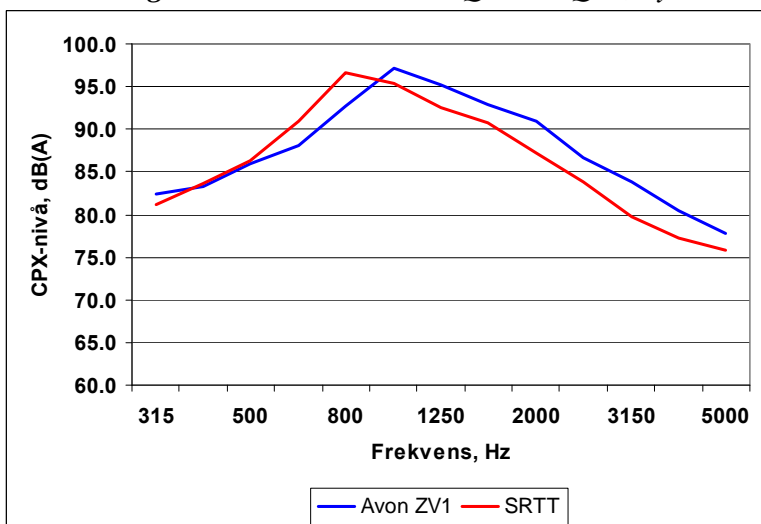
Figur 54 Veidekke 30: Ska8, nytt



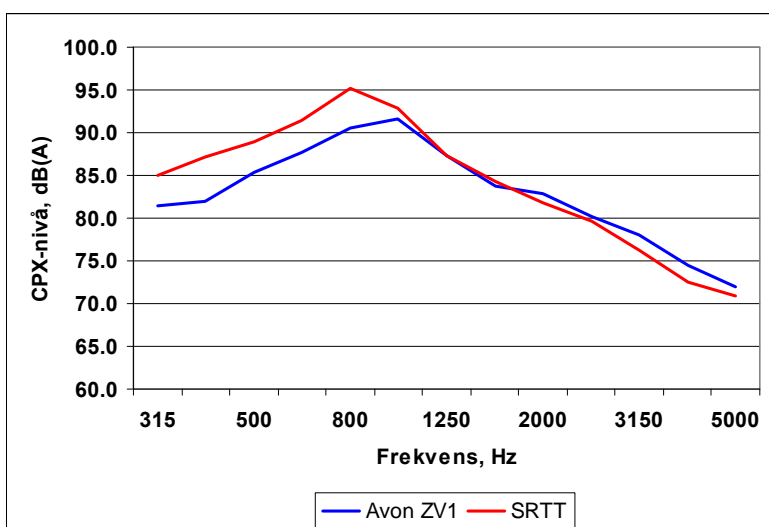
Figur 55 Veidekke 62: Ska11, nytt



Figur 56 Veidekke 26: ViaQ11/ViaQ16, nytt



Figur 57 Veidekke 84: Ska11, 10 år



Figur 58 Veidekke 26: ViaQ11/ViaQ16, 2 år

For både nye og eldre veidekker er trenden den samme; SRTT-dekket har en frekvenstopp noe lavere enn Avon-dekket (800 Hz vs. 1 kHz). SRTT-dekket har også et lavere nivå over 1 kHz, når veidekkene er nye. For tette dekker er dette tilfelle også for 2 år gamle dekker, men ikke for porøse. Disse forskjellene i frekvensspekter ansees ikke problematisk ved skifte av referansebildekk i CPX-metoden.

Det ”gamle” referansebildekket som representerer tunge kjøretøy (Dekk D, Dunlop Arctic SP) var ikke tilgjengelig for målinger i dette prosjektet. Det er derfor ikke gjennomført tilsvarende parallelle målinger mellom dette bildekket og det nye ”dekk D”, Avon AV4. Et begrenset antall målinger er gjort med Avon AV4-dekket, som en del av sammenligningsgrunnlaget mellom CPX og SPB-målinger, se kapittel 8.

8 Måling etter statistisk metode (SPB)

SPB-metoden setter krav både til målested og til antall kjøretøy som skal måles i 3 klasser. Minimum 100 personbiler/lette kjøretøy skal måles. Videre 80 tunge kjøretøy fordelt på 2 klasser; 2 akslinger og 3 eller flere akslinger. Kravet til antall tunge kjøretøy kan ofte være vanskelig å oppnå på steder med lav tungtrafikk (kan kreve målinger som strekker seg over u hensiktsmessig lang tid).

I hovedsak har SPB-målingene som er gjennomført i dette prosjektet hatt som formål å undersøke korrelasjonen mellom SPB og CPX-målinger med bildekk som skal representere lette/tunge kjøretøy.

Det er i alt gjort SPB-målinger på 17 ulike steder. På alle disse stedene er minimum 100 lette kjøretøy målt og på 14 av stedene er også kravet om minimum 80 tunge kjøretøy tilfredsstillt.

Tabell 21 viser resultatene fra SPB og CPX-målingene på samme veidekke. Referansehastigheten for SPB_{lette} og CPX er 80 km/t, mens den er 70 km/t for SPB_{tunge}. Målingene rapportert på veidekke nr.26 er fra september 2007 (CPX).

Tabell 21 SPB og CPX-målinger.

Dekke nr	Type	Felt	Målt år	SPB _{lette} dB(A)	SPB _{tunge} , dB(A)		CPX, dB(A)		
					2 aks.	≥ 3 aks.	Dekk A	SRTT	Avon AV4
7	Ska11	3	2007	80.7	81.6	85.8	100.4	-	-
16	Ab6	1	2007	79.6	86.0	88.2	99.1	99.0	99.1
24	Da11	1	2007	74.5	-	-	97.3	96.3	94.8
26	ViaQ11/16	1	2007	76.1	-	-	96.5	96.4	94.0
36	Da11/Da16	2	2008	73.0	77.0	79.9	94.7	93.6	92.4
48	Ska14	1	2007	81.5	82.7	86.9	102.6	101.7	99.4
62	Ska11	1	2007	79.5	-	-	101.9	100.9	97.9
67	Ska11	1	2008	78.7	82.2	85.4	98.8	98.4	95.8
71	Ska11	4	2006	80.5	83.6	85.0	98.6	97.4	-
72	Ska11	1	2008	81.9	82.1	83.8	98.5	97.6	95.1
73	Ska16	3	2008	83.4	83.8	85.9	100.8	100.4	97.0
75	Ska11	2	2006	80.6	82.4	85.3	100.7	99.7	-
79	Ab11	1	2006	80.3	82.4	85.0	101.1	100.3	-
79 ¹	Ab11	1	2008	80.2	80.5	83.0	-	100.1	97.4
80	Ska11	1	2008	77.8	82.5	85.1	-	97.2	95.1
81	Ab11	1	2008	81.5	84.6	87.6	-	99.4	97.6
82	Ska16	2	2008	83.6	84.4	86.6	102.6	101.8	-

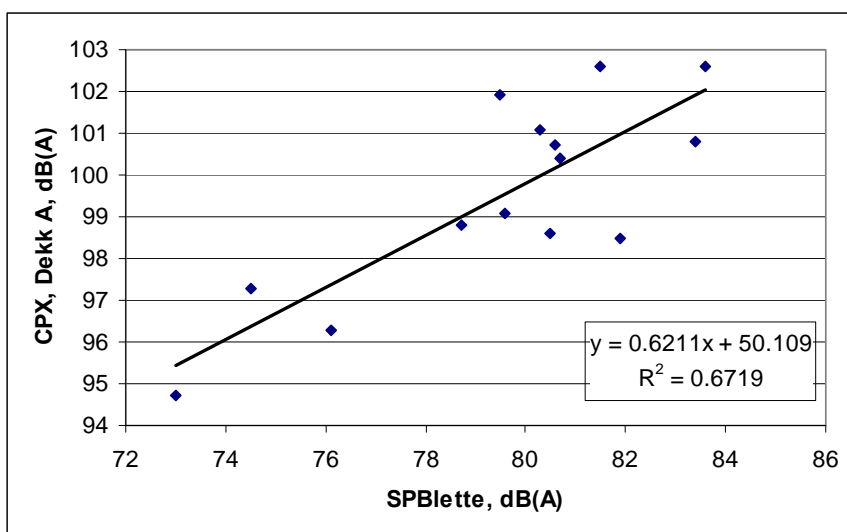
¹⁾ Målinger på samme veidekke, med på et annet sted

Sammenligner en CPX-resultatene på veidekke nr.36 (E6, Horg), nytt, to-lags porøst dekke, med resultatene på ”standard” Ska14/Ska16-dekker som dekke nr.48 og 82, så er støyreduksjonen ca. 8

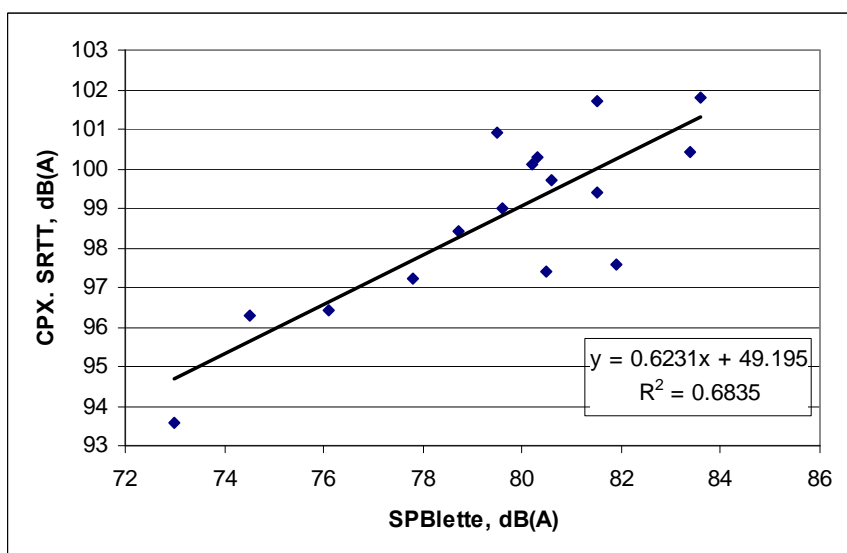
dB(A), både med dekk A og SRTT-dekket. Med Avon AV4 er differansen noe mindre, ca. 7 dB(A).

Sammenligner en så støyreduksjonen knyttet til SPB-målingene på de samme veidekkene, så er faktisk forskjellene noe høyere for SPB_{lette} , i størrelsesorden 8.5-10.5 dB(A). For SPB_{tunge} er støyreduksjonen i samme størrelsesorden som målt med Avon AV4, dvs. 6-7 dB(A).

I figur 59 er korrelasjonen mellom SPB_{lette} og Dekk A (Avon ZV1) vist og tilsvarende korrelasjon med SRTT-dekket vist i figur 60.

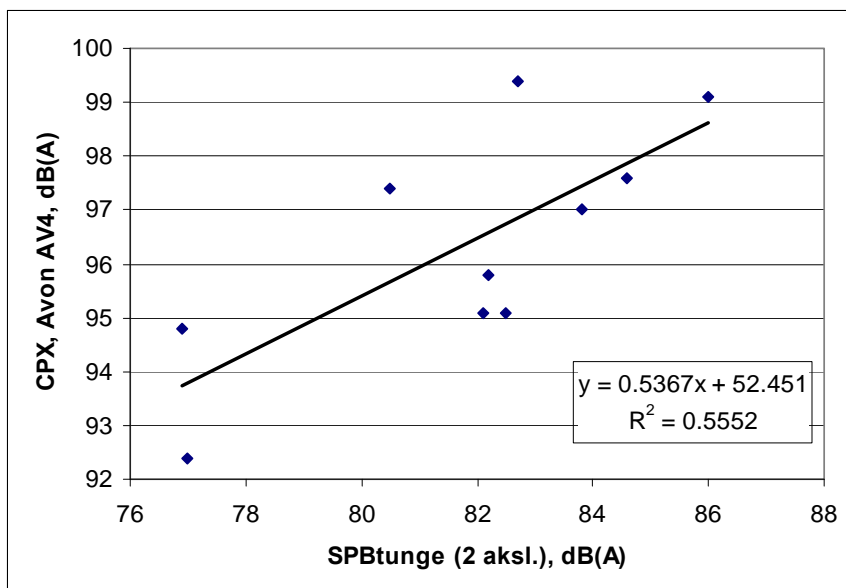


Figur 59 Korrelasjon mellom SPB_{lette} og CPX-dekk A.
Referansehastighet: 80 km/t

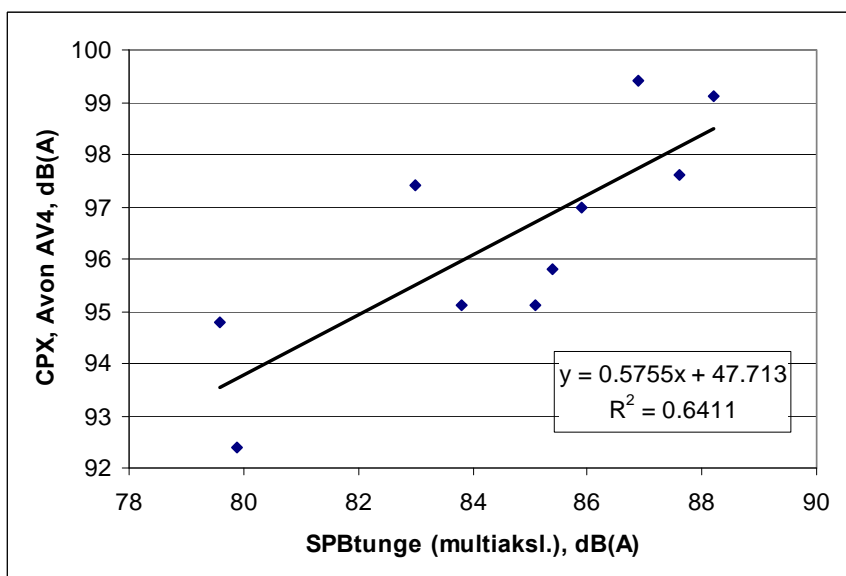


Figur 60 Korrelasjon mellom SPB_{lette} og CPX-dekk SRTT.
Referansehastighet: 80 km/t

Korrelasjonen mellom CPX-resultater med Avon AV4 og SPB_{tunge} med 2 akslinger og tilsvarende med SPB_{tunge} med 3 eller flere akslinger (multiaksl.) er vist i figurene 61 og 62. Referansehastighet for CPX er 80 km/t, mens den for SPB_{tunge} er 70 km/t.



Figur 61 Korrelasjon mellom SPB_{lunge} (2 akslinger) og CPX-Avon AV4.



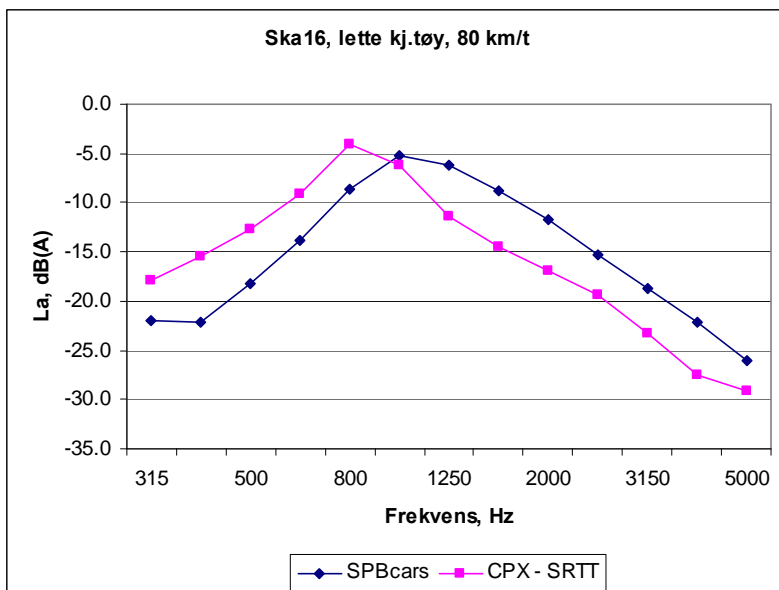
Figur 62 Korrelasjon mellom SPB_{lunge} (multiakslinger) og CPX-Avon AV4.

Korrelasjonen mellom SPB og CPX for de nye referansebildekkene, SRTT og Avon AV4, ser ut til å være rimelig god, med en korrelasjonskoeffisient i størrelsesorden 0.55-0.70.

Det er en høyere korrelasjon mellom Avon AV4 og SPB_{tunge} med multiakslinger, enn tunge med bare 2 akslinger. En korrelasjonskoeffisient i størrelsesorden 0.65 (ved CPX/80 km/t) er i samsvar med andre undersøkelser [9].

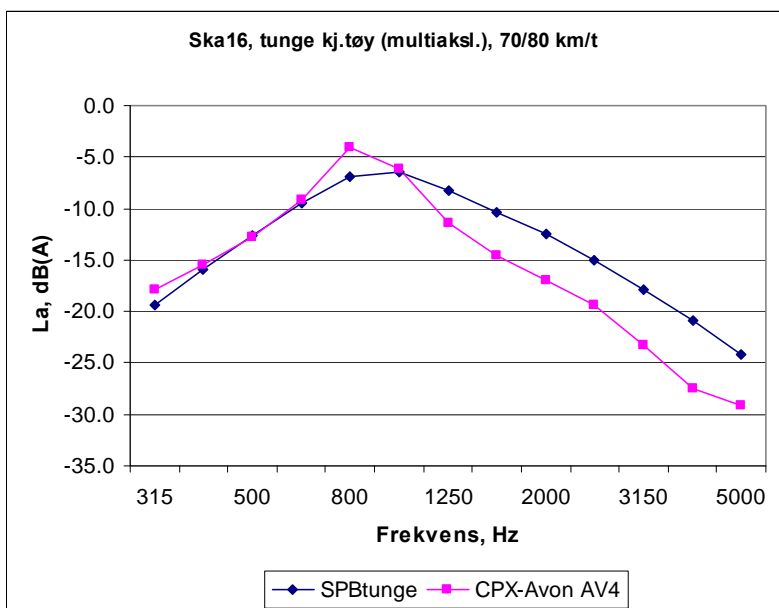
Under CPX og SPB-målingene er det også målt frekvensspektra. På den måten kan en undersøke hvor representative de valgte referansebildekk for CPX-måling er for norske forhold.

Figur 63 viser normaliserte frekvensspektra for SPB_{lette} og CPX-måling med SRTT-dekket på et 9 år gammelt Ska16-dekke.



Figur 63 Veidekke73, Ska16. Normaliserte frekvensspektra for SPB_{lette} og CPX-SRTT. Lette kjøretøy ved 80 km/t

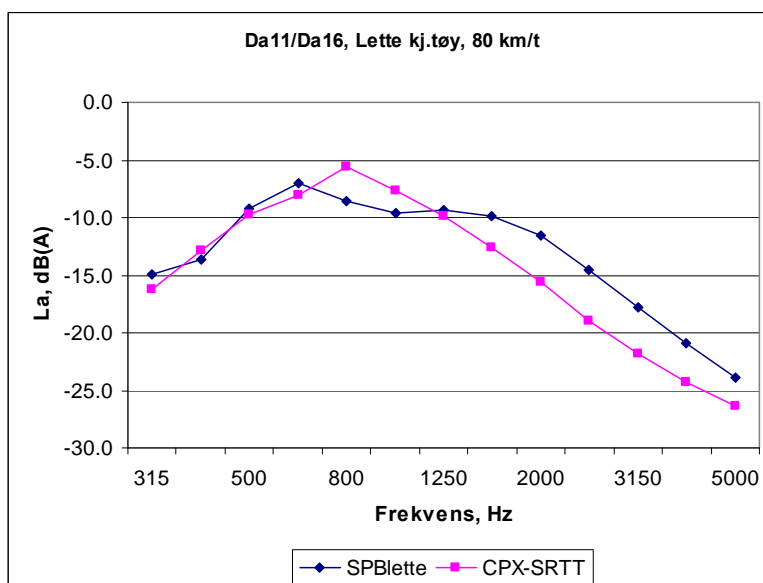
I figur 64 er den samme sammenligningen gjort på dette veidekket, med frekvensspekter for SPB_{tunge} og CPX-måling med Avon AV4.



Figur 64 Veidekke73, Ska16. Normaliserte frekvensspektra for SPB_{tunge} og CPX-Avon AV4. Tunge kjøretøy (multiaksl.) ved 70 km/t

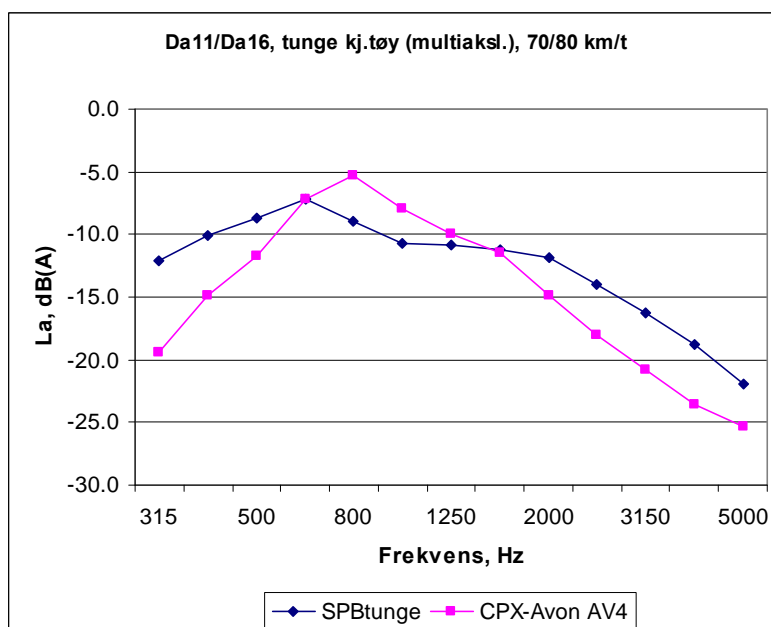
Resultatene viser at for veidekker at denne typen (Ska16), ser det ut til at referansebildekkene gir noe lavere nivåer for høye frekvenser (> 1 kHz) enn det reelle trafikkstøyspekteret. Det er god overensstemmelse mellom spekteret for Avon AV4 og SPB_{tunge} , mens SRTT-spekteret ligger noe høyere enn trafikkstøyspekteret for lette kjøretøy for frekvenser under 1 kHz.

På et nylagt, to-lags porøst dekke (nr.36) er situasjonen noe annerledes. Her er det god overensstemmelse mellom den lavfrekvente delen av spekteret for SRTT-dekket og trafikkstøyspekteret for SPB_{lette}, se figur 65.



Figur 65 Veidekke36, Da11/Da16. Normaliserte frekvensspektra for SPB_{lette} og CPX-SRTT. Lette kjøretøy ved 80 km/t

I figur 66 sammenlignes spektra for SPB_{tunge} (multiaksl.) og CPX-måling med Avon AV4 på det porøse dekket.



Figur 66 Veidekke36, Da11/Da16. Normaliserte frekvensspektra for SPB_{tunge} og CPX-Avon AV4. Tunge kjøretøy (multiaksl.) ved 70 km/t

Generelt er det rimelig god overensstemmelse mellom spektra for referansebildekkene og målte SPB-spektra, men dette bør undersøkes nærmere på et bredere utvalg av veidekker.

9 Måleusikkerhet

9.1 Generelle vurderinger

Alle måleresultater presentert i denne rapporten påvirkes av usikkerheter. Disse kan generelt deles inn i to grupper:

1. Usikkerheter knyttet til variasjoner i operative forhold ved sammenligning mellom hver måleserie på ett og samme sted (posisjon til tilhenger), endringer i værforhold (temperatur), bakgrunnsstøy fra passerende biler og usikkerheter i selve måleutstyret (run-til-run variasjoner), inklusive akustisk kalibrering.
2. Usikkerheter knyttet til endringer på målestedet over tid (måling på samme veidekke til ulike tidspunkt) og endringer i selve målesystemet over lengre perioder (dag-til-dag variasjoner).

9.2 Run-til-run variasjoner og homogenitet

I kapittel 6.8 er det vist at run-til-run variasjoner indikerer en måleusikkerhet i størrelsesorden 0.3-0.5 dB(A), når det gjelder gjennomsnittsverdien (CPX) for hele målestrekningen, over 5 runs. Ved midling over 2 runs avtar måleusikkerheten til området ca. 0.2-0.35 dB(A).

Gjennomsnittsnivået avhenger av hvor akustisk homogent veidekket er. Som vist i figur 25 og 26, kan et inhomogent dekke gi en variasjon i støynivå (pr.20 m) på så mye som 3-4 dB(A). En slik variasjon påvirker da standardavviket og gjennomsnittsnivået.

Figur 24 viser også betydningen av valg av måleposisjon for SPB-måling langs den aktuelle veistrekning. For et inhomogent dekke gir dette et vesentlig bidrag til måleusikkerhet i et SPB-resultat, og er viktig dersom SPB-måling alene for eksempel anvendes i klassifiseringsøyemed.

9.3 Temperaturinnflytelse

CPX-måling påvirkes av temperaturforhold (luft, veidekke, overflatetemp til bildekk).

Undersøkelser har vist at personbildekk normalt har en negativ temperturavhengighet når det gjelder støynivå [10]. Dvs. at støynivået *øker* når temperaturen synker.

I et forslag til en ISO-standard (ISO/WD 13471-1), der sammenhengen mellom temperatur og dekk/veibanestøy er undersøkt, er det gitt følgende forslag til korreksjoner:

- tette dekker: -0.06 dB/°C
- porøse dekker: -0.03 dB/°C

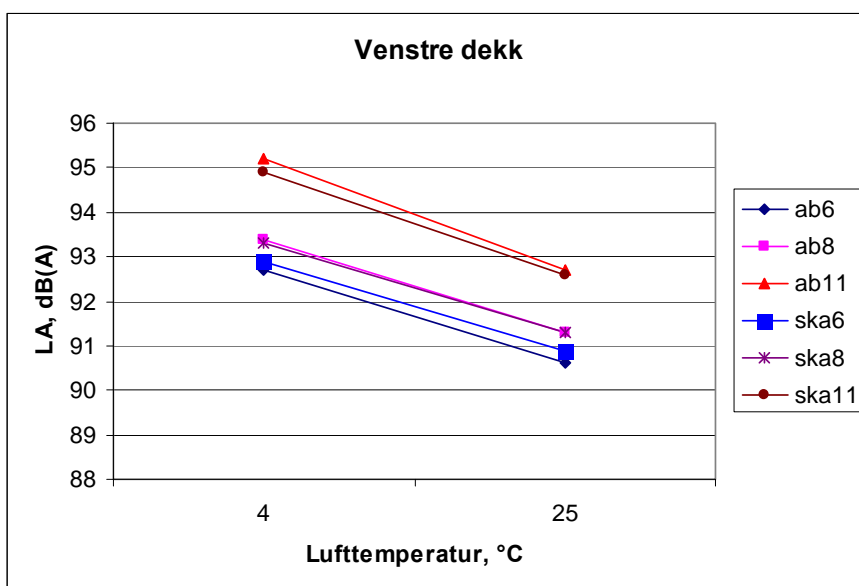
Referansetemperatur er + 20 °C.

I dette prosjektet er disse temperaturkorreksjonene anvendt.

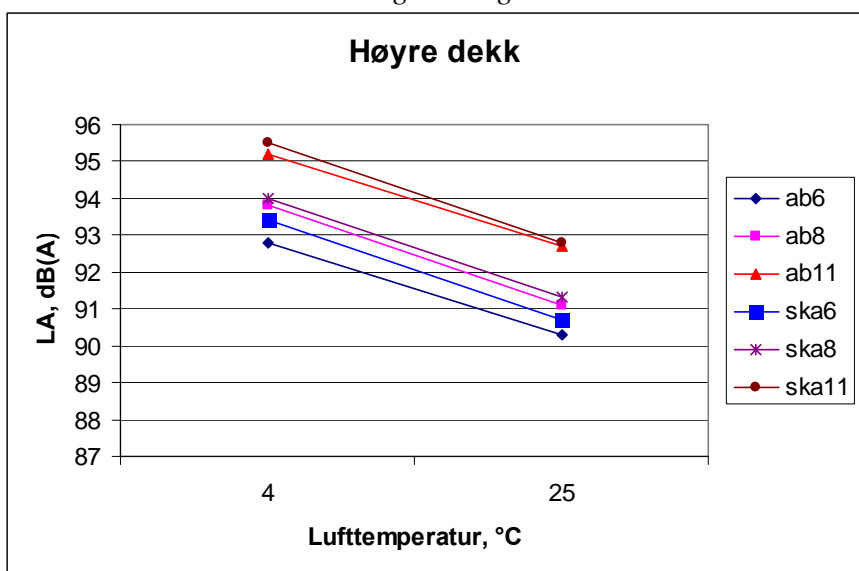
Imidlertid ble det gjennomført en spesiell test av de to Avon ZV1-dekkene (dekk A) som er anvendt i prosjektet. To separate målinger ble gjennomført i 2007 på veidekkene 1-6.

Den første måleserien ble gjennomført i juni med en lufttemperatur på + 25 °C og veidekketempertur på + 22 °C.

Den andre serien ble gjennomført på de samme veidekkene i oktober, med en lufttemperatur på + 4 °C, og en veidekketempertur på – 1 °C. I figur 67 og 68 er resultatene for henholdsvis dekk på venstre og høyre side av tilhengeren vist, og i tabell 22 de resulterende koeffisienter (alle basert på lufttemperatur).



Figur 67 Temperaturavhengighet for Avon ZV1 på venstre side. Tette veidekker og ukorrigerte nivåer



Figur 68 Temperaturavhengighet for Avon ZV1 på høyre side. Tette veidekker og ukorrigerte nivåer

Tabell 22 Temperaturkoeffisienter, dB/°C

Veidekke nr /Type	Avon ZV1	
	Høyre dekk	Venstre dekk
1 Ab6	-0.12	-0.10
2 Ab8	-0.13	-0.10
3 Ab11	-0.12	-0.10
4 Ska6	-0.13	-0.10
5 Ska8	-0.13	-0.10
6 Ska11	-0.13	-0.11

Som vist i tabell 22, er den reelle temperaturavhengigheten omtrent dobbelt så høy som det som er foreslått av ISO, i gjennomsnitt ca. -0.12 dB/°C. Alle målinger i prosjektet er gjennomført innenfor en temperaturvariasjon fra + 6 til + 25 °C. Ved å anvende korreksjonen fra ISO for tette dekker, gir dette ca. maksimalt 0.8 dB(A) lavere nivåer ved + 20 °C, enn den ”reelle” temperaturkorreksjonen slik den framgår av tabell 22.

9.4 Gummihardhet

Støynivåene avhenger også av hardheten til gummiene (”Shore hardness”) på bildekkene som brukes under målingene. En nylig undersøkelse fra VTI/TUG på mer enn 100 personbildekk indikerer en sammenheng mellom støynivå og hardhet på 1.0-1.5 dB(A) pr 10 enheter av hardhet (Shore A) [7].

Gummihardheten til Avon ZV1 og SRTT-dekkene er målt etter målesesongen i 2008.

Gjennomsnittlig hardhet i slitebanen til Avon-dekkene er målt til 75 Shore A (5 år gamle dekk) og dette resultatet indikerer at disse bildekkene har begynt å bli relativt harde. SRTT-dekkene ble målt til 67 Shore A (2 år gamle).

Når en skal sammenligne måleresultater med dekk A fra 2005 til 2008, så må en også ta hensyn til at forskjeller i gummihardhet kan ha betydning for resultatene. Dessverre hadde en ikke tilgang til hardhetsdata for dekk A, da prosjektet startet opp.

Nye personbildekk (sommerdekk) har normalt en gummihardhet i området 60-65 Shore A. Dersom en antar at Avon-dekkene hadde en hardhet rundt 65 Shore A i 2005, vil dette indikere ca 1.0 dB(A) høyere nivåer i 2008, pga økning i hardhet. Dette illustrerer at det er viktig å følge opp med regelmessige målinger av gummihardhet til bildekk som inngår i CPX-målinger.

9.5 Hastighetskorreksjon

Alle måleresultater etter CPX-metoden påvirkes av hastigheten til tilhengeren/måleutstyret. I dette prosjektet er det valgt to referansehastigheter, 50 og 80 km/t. Under hver måling vil hastigheten til tilhengeren variere rundt referansehastigheten (innenfor gitte toleranser), slik at denne må korrigeres til enten 50 eller 80 km/t. I CPX-metoden er hastighetskorreksjonen gitt etter følgende formel:

$$L_{\text{kor}} = L_{\text{m\ddot{a}lt}} + B \lg(v_{\text{ref}}/v)$$

der v er den faktiske hastigheten og v_{ref} er valgt referansehastighet. B er en hastighetskonstant (gradienten for støy vs. hastighet) og som har en standardverdi satt lik 35, og som også er brukt i dette prosjektet. For porøse dekker/støysvake veidekker er det påvist at denne konstanten normalt er lavere, i området 25-30. Dersom man anvender standardverdien på 35 i stedet for den "virkelige" konstanten for det aktuelle veidekke, så introduseres en måleusikkerhet. Dersom det virkelige verdien for B er 25 i stedet for 35 ved 50 km/t, så vil det introduseres en "feil" på ca. 0.4 dB(A) dersom hastighetskorreksjonen er i området ± 5 km/t og omkring 0.8 dB(A) ved en hastighetskorreksjon på ± 10 km/t. Ved en referansehastighet på 80 km/t, vil forskjellen være i størrelsesorden 0.3 dB(A) ved en korreksjon på ± 5 km/t og 0.5 dB(A) ved ± 10 km/t.

I et nylig avholdt møte i ISO/TC43/SC1/WG33 er det foreslått å endre standardverdien for B til 30, basert på erfaringsdata fra bla. Nederland, Frankrike og Østerrike.

Generelt kan ikke måleusikkerheten knyttet til ulike parametere beskrevet her sies å ha påvirket konklusjonene i rapporten.

10 Konklusjoner og anbefalinger

Generelt viser målingene på forsøksstrekningene over en 2-3 års periode at støynivåene påvirkes tydelig av vinterforholdene i Norge, med bruk av piggdekk.

Enkelte av forsøksdekkene med to-lags porøse dekker gir en støyreduksjon målt med CPX-metoden og dekk A (Avon ZV1) på så mye som 8-9 dB(A) i forhold til et valgt referansenivå ved 50 og 80 km/t. Imidlertid er støyreduksjonen ved både 50 og 80 km/t vesentlig lavere, 1-2 dB(A), etter bare 2-3 år med trafikk.

Valg av referansenivå/referanseregime har en klar betydning for den støyreduksjon som angis for de enkelte veidekkene.

Referansenivåene er valgt som faste nivåer (uavhengig av alder) ved 50 og 80 km/t. basert på omfattende målinger på vanlige norske veidekker av typen Ab11/Agb11 og Skal1 og der Skal1 er valgt som referansedekke. Det kan diskuteres hvorvidt dette er den mest fornuftige løsningen, da også tette dekker av denne typen har et støynivå (CPX) som ligger 2-4 dB(A) under "referansen" før første vintersesong. Valg av referansesystem, enten det er knyttet til CPX eller SPB-målinger må være å på plass før en kan ta i bruk et mulig klassifiseringssystem for støysvake veidekker i Norge.

Enkelte av de porøse dekkene som inngår i prosjektet ser ut til å påvirkes akustisk mindre den første vinteren, enn den andre og tredje. Det kan bety at tilstoppingen av porer ikke skjer så raskt første vinteren. Det foreslås å studere videre muligheter for rensing av porøse dekker, både renseteknikk og utstyr, for norske forhold. Også studier av teksturendringer av porøse dekker bør implementeres i en eventuell videreføring.

Prosjektet viser som antatt, at veidekker med øvre steinstørrelse 6-8 mm gir 1-2 dB(A) lavere støynivå (CPX) enn den valgte referanse (11 mm), også etter eksponering av piggdekk.

Frekvensanalyse av rullestøy på porøse dekker viser at støynivået for frekvenser < 1 kHz kan være høyere enn på standard tette dekker. Dette kan være negativt for virkningen av porøse veidekker på trafikkstøy inne i hus og bør undersøkes videre.

Generelt bør den støymessige utvikling til porøse dekker studeres videre. Dette omfatter teksturanalyse, tilstoppingseffekter, valg av steinmateriale, bindemiddel, leggeteknikker og rensemeter. Dette er nødvendig dersom denne typen av veidekker skal anvendes som et tiltak for redusert støyplage fra veitrafikk i Norge.

Optimalisering av tette dekker og tynndekker for å oppnå lengre akustisk levetid er også interessant. Dette går både på materialvalg, sammensetning og utførelse/byggeteknikk.

Korrelasjonen mellom CPX og SPB-målinger er undersøkt for et begrenset antall forsøksdekker. Resultatene viser en rimelig god korrelasjon, men bør utvides til å omfatte et større utvalg av dekketyper.

Alle CPX-målinger påvirkes av luft/veidekke-temperatur. Det er foreslått generiske temperaturkorreksjoner (ISO) for ulike typer av veidekker, men det anbefales likevel å undersøke den faktiske temperaturavhengighet for de aktuelle bildekkene som anvendes til målinger.

Videre anbefales det å undersøke gummihardhet til bildekkene som anvendes under CPX-målinger og hvilken betydning dette har for resultatene. Utvikling i gummihardhet til referansebildekkene bør overvåkes, med målinger minimum før og etter en målesesong (dvs. to ganger pr. år). Disse målingene kan også indikere om/når referansebildekkene bør skiftes ut pga aldringsprosess.

11 Referanser

- [1] T. Berge, F. Haukland, A. Ustad: Environmentally friendly pavements: Results

- from noise measurements 2005-2008. SINTEF Report A9721. February 2009.
- [2] Svein Å.Storeheier: Miljøvennlige vegdekker: Resultater fra teksturmålinger 2006-2008. SINTEF Rapport A10917. Februar 2009.
- [3] ISO/WD 11819-2: 2008. Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close proximity method. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation.
- [4] ISO11819-1: 1997. Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: The statistical pass-by Method. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation.
- [5] B. O. Lerfald: Miljøvennlige vegdekker. Sluttrapport forsøksstrekninger. SINTEF Rapport SBF IN A08012. 2008-10-30.
- [6] T. Berge: Miljøvennlige vegdekker-støy: Resultater fra CPX-målinger i 2007, sammenlignet med nivå i 2005 og 2006. SINTEF Notat 90E238.22, 2008-05-15.
- [7] U. Sandberg, J. Ejsmont: Influence of rubber hardness on tyre/road noise emission. Proceedings of Internoise 2007 in Istanbul.
- [8] H. G .Jonasson: Acoustic Source Modelling of Nordic Road Vehicles. SP Rapport 2006:12. Borås 2006.
- [9] W. Schwanen, G .J. van Blokland, H.M. van Leeuwen: Comparison of potential CPX-tyres. Report No.M+P.DWW.07.04. 13 February 2008.
- [10] U.Sandberg: Semi-generic temperature corrections for tyre/road noise. Proceedings of Internoise 2004 in Prague.

Vedlegg 1. Måleresultater (CPX) på typiske tette, norske veidekker.

Nr	Veidekke	Legge- år	2005		2006		2007		2008	
			50	80	50	80	50	80	50	80
38	Ska11	2003	92.5	99.6	92.6	99.4	-	-	-	-
39	Ska14	1999	93.2	100.3	93.0	100.0	-	-	-	-
40	Ab6	2003	91.4	-	-	-	-	-	-	-
41	Ab6	2003	91.8	-	-	-	-	-	-	-
42	Ska8	2003	91.7	-	90.7	-	-	-	-	-
43	Ska8	2003	91.8	-	90.9	-	-	-	-	-
44	Ska11	2003	92.8	-	92.5	-	92.7	-	92.4	-
45	Ska11	2003	93.2	-	93.4	-	-	-	-	-
46	Ska14	1996	93.5	100.8	93.5	100.9	-	-	-	-
47	Ab8	2000	92.4	100.2	92.7	100.1	-	-	-	-
48	Ska14	1999	-	100.6	-	100.0	93.0	99.9	93.0	99.8
49	Ska16	1999	-	100.3	-	-	-	-	-	-
50	Ska11	2004	-	100.5	-	-	-	-	-	-
51	Ska16	2000	-	100.3	-	-	-	-	-	-
52	Ska11	2003	-	100.1	-	-	-	-	-	-
53	Ska16	1991	92.6	-	-	-	-	-	-	-
54	Ska16	1994	92.4	-	-	-	-	-	-	-
55	Ska16	2000	92.7	-	-	-	-	-	-	-
56	Ska16	1994	92.7	-	-	-	-	-	-	-
57	Ska11	2004	91.9	-	-	-	-	-	-	-
58	agb11	2004	91.4	-	-	-	-	-	-	-
59	agb11	2004	92.6	99.8	-	-	-	-	-	-
60	Ska8	2002	91.6	98.8	-	-	-	-	-	-
61	Ska11	2001	92.3	-	-	-	-	-	-	-
62	Ska11	2006	-	-	91.8	97.9	93.5	99.9	93.7	100.7
63	Ab11	2002	92.5	99.7	92.4	99.3	91.1	98.5	-	-
64	Ab16	2003	-	101.5	-	-	-	-	-	-
65	Ska16	1998	-	99.9	-	-	-	-	-	-
66	Ska11	2004	-	99.6	-	-	-	-	-	-
67	Ska11	2008	-	-	-	-	-	-	91.2	98.9
68	Ska16 Felt 4	1999	-	-	93.8	101.2	94.6	101.6	-	-
69	Ska16 Felt 3	2001	-	99.3	-	-	-	-	-	-
70	Ska11 Felt 3	2005	-	-	93.3	100.7	-	-	93.7	101.0
71	Ska11 Felt 4	2006	-	-	91.1	98.6	94.2	101.2	93.0	100.9
72	Ska11 Felt 1	2008	-	-	-	-	-	-	91.5	98.4
73	Ska16 Felt 3	1999	-	-	-	-	-	-	94.1	100.8
74	Ska11 Felt 2	2007	-	-	-	-	92.6	99.5	93.9	101.0
75	Ska11	2005	-	-	93.6	100.7	-	-	-	-
76	Ska11	2005	89.4	-	92.3	-	92.7	-	93.8	-
77	Ab16	2001	92.7	-	92.6	-	-	-	-	-
78	Ab16	1999	92.2	-	-	-	-	-	-	-
79	Ab11	2005	-	-	93.7	101.1	-	-	-	-
80	Ska11 ¹⁾	2008	-	-	-	-	-	-	90.9	97.2
81	Ab11 ¹⁾	2005	-	-	-	-	-	-	92.7	99.4
82	Ska16	2003	-	-	-	-	94.5	101.1	94.8	102.3
83	Ab16	1992	-	-	-	-	-	-	94.2	-
84	Ska11	1998	-	-	-	-	-	-	93.9	100.7

1) Målt med SRTT-dekk