

Støjreducerende vejbelægninger til bygader

Hans Bendtsen, seniorforsker og Lars Ellebjerg Larsen

Atkins Danmark A/S

Pilestræde 58, 1112 København K, Danmark

Tlf. 82 33 90 40, Fax 82 33 90 07, E-mail:

Hans.Bendtsen@atkinglobal.com, Lars.Ellebjerg.Larsen@atkinglobal.com, www.atkinglobal.com

Dette arbejde er udført mens forfatterne var ansat hos Danmarks TransportForskning Knuth-Winterfeldts Allé, bygning 116 vest, 2800 Lyngby, Tlf: 45 25 65 00, www.dtf.dk

Drænasfalt, støjreduktion, permeabilitet, vejtrafik, støj

Drainage asphalt, noise reduction, permeability, road traffic, noise

Resume

Størsteparten af Danmarks omkring ½ mill. boliger, der er belastet med støj over den vejledende grænse på 55 dB, er beliggende i byer hvor den skiltede hastighed ligger omkring 50 km/t. Der er derfor et behov for at udvikle virkemidler, som kan reducere støjen på bygader hvor der ofte ikke er plads til opsætning af støjskærme. Trafikministeriet og Miljøstyrelsen har i en rapport fra 1998 påpeget, at støjreducerende vejbelægninger er et meget omkostningseffektivt virkemiddel. I 1990'erne blev der i København gennemført et forskningsprojekt, hvor drænasfalt udlagt i ét lag, blev testet på en bygade. Den oprindelige støjreduktion på 3 dB da belægningen var helt ny, var væk efter 2 år, formodentlig pga. tilstopning af porerne i belægningen.

I 1998 blev et nyt projekt igangsat. I projektet videreudvikles og langtidstestes nogle nye hollandske teknologier med anvendelse af finkornet to-lag drænasfalt. Der er arbejdet med at optimere den støjreducerende effekt ved at drænasfalt i op til 90 mm's tykkelse med finkornede overflader. I 1999 blev en forsøgsstrækning med 3 forskellige slags drænasfalt samt en referencestrækning etableret på Øster Søgade i København. Belægningerne renses to gange årligt med højtryksspuling og efterfølgende opsugning af vand og skidt, hvilket forventes at forhindre tilstopning af belægningerne og dermed sikre en væsentlig støjreducerende langtidseffekt. Efter to år er der opnået en god støjreduktion på 4 dB.

Projektet er tværfagligt og inkluderer støj, trafikteknik, asfaltteknologi, økonomi og trafiksikkerhed samt interviewundersøgelser. De første to års målinger af støj, trafiksikkerhed, beboernes opfattelse af støjreduktioner, belægningernes tilstand mv. er gennemført. I dette indlæg præsenteres resultaterne med speciel vægtning af de opnåede støjreduktioner. Projektet løber over en årrække og finansieres primært af Trafikministeriet.

1. Baggrund

Størsteparten af Danmarks omkring ½ mill. boliger, der er belastet med støj over den vejledende grænse på 55 dB, er beliggende i byer, hvor den skiltede hastighed ligger omkring 50 km/t. Der er derfor et behov for at udvikle virkemidler, som kan reducere støjen på bygader, hvor der ofte ikke er plads til opsætning af støjskærme. Trafikministeriet og Miljøstyrelsen har i en rapport fra 1998 [11] påpeget, at støjreducerende vejbelægninger vil være et meget omkostningseffektivt virkemiddel.

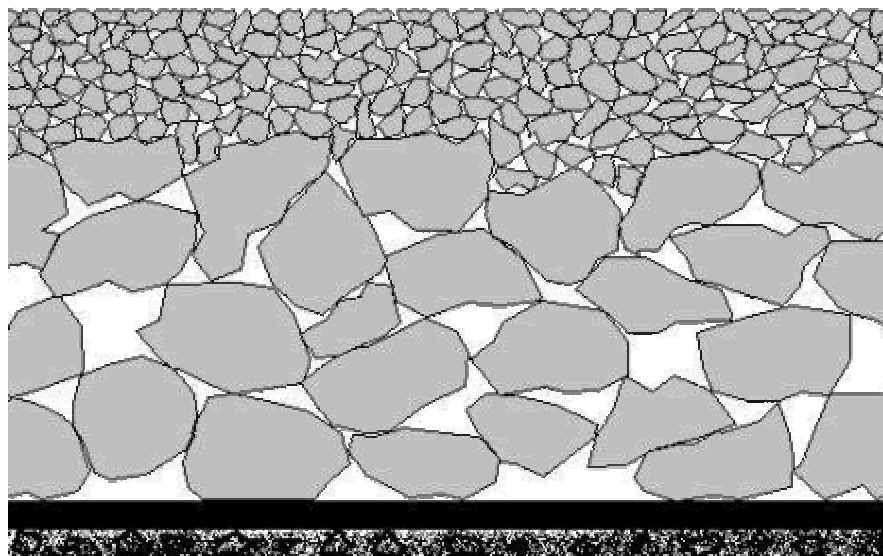
I 1990'erne blev der i Danmark udviklet støjreducerende drænasfalt til landeveje med hastigheder over 70 km/t. Drænasfalten blev fulgt i et forskningsprojekt gennem hele belægningernes levetid. Støjreduktionen var 3 dB for ét-lags drænasfalt [1] i forhold til en tæt asfaltbeton. I 1990'erne blev der ligeledes på Østerbrogade i København gennemført et forsøg, hvor drænasfalt udlagt i ét lag blev testet

på en bygade, hvor den skilte hastighed var 50 km/t. Den oprindelige støjreduktion på 3 dB, var væk efter 2 år, formodentlig pga. tilstopning af porerne i belægningen.

Disse forsøg viser, at på veje med høje hastigheder har drænasfalt en selvrensende effekt. I vådt føre presser køretøjernes dæk med stor kraft vand ned i drænasfaltens porer, hvorved de holdes åbne, således at tilstopning hindres. Herved bibeholdes støjreduktionen. Ved lave hastigheder virker denne selvrensende effekt derimod ikke. Derfor er der et behov for en udvikling af nogle belægningstyper, som gennem deres levetid kan virke støjreducerende også på bygader.

I Holland har man ligeledes erfaring for, at ét-lags drænasfalt hurtigt mister den støjreducerende effekt på bygader. I midten af 1990'erne gennemførtes i Holland et udviklingsarbejde for at løse disse problemer

Den nye ide er at anvende en to-lags drænasfalt kombineret med rensning med højtryksspuling. Princippet er, at belægningens øverste lag består af små sten med hulrum imellem, som det skulle være muligt at rense ved højtryksspuling med vand kombineret med opsugning af vand og skidt. De små sten sikrer en jævn belægningsoverflade og dermed et lavt støjniveau. Det nederste lag drænasfalt består af store sten og store hulrum, som løbende sikrer, at vand og snavs let kan ledes bort til vejsiden gennem belægningsstrukturen. Figur 1 viser et tværsnit af to-lags drænasfalt.



Figur 1. Tværsnit af to-lags drænasfalt.

2. Nyt dansk forskningsprojekt

Ovenstående var baggrunden for, at Trafikministeriet i 1998 igangsatte et dansk forskningsprojekt [12], der havde som overordnet formål at udvikle og teste støjreducerende vejbelægninger til bygader med udgangspunkt i den nyeste Hollandske teknologi. Der er flere årsager til, at den hollandske teknologi ikke umiddelbart bør anvendes i stor skala på de danske veje:

1. Der er et behov for at foretage en yderligere optimering af den støjreducerende effekt.
2. Der findes ingen langtidsundersøgelser af den støjdæmpende effekt og af holdbarheden af den hollandske to-lags drænasfalt.
3. Der findes ikke en tværfaglig belysning af effekterne ved at anvende to-lags drænasfalt.
4. Trafik-, vejr- og vejdriftforhold kan være forskellige, hvorfor drænasfalt kan fungere anderledes under danske forhold.
5. Der er behov for viden om vintervedligeholdelse af drænasfalt under typiske danske vinterforhold.
6. Den danske asfaltbranche besidder ikke den nyeste hollandske belægningsteknologi og renseteknik.

Projektet blev tilrettelagt således, at der i så stort omfang som muligt sker en teknologioverførsel fra Holland med en efterfølgende tilpasning og afprøvning under danske forhold. Dette sikres gennem et samarbejde med hollandske forskere og asfaltproducenter.

Støjdæmpning

Forskellige mekanismer er betydningsfulde for genereringen af dæk-vejbanestøj. Ruheden af belægningens overfladetekstur er bestemmende for vibrationer i dækkenes gummiblokke og dermed også for vibrationer i dækkenes sider. Disse vibrationer sætter luften i bevægelse, hvorved der udsendes støj i frekvensområdet under 800-1000 Hz. Jo mere jævn en belægningsoverflade er, jo mindre støj genereres [12].

Luftpumpning er et fænomen, der forekommer, når et dæk ruller hen over en tæt vejoverflade. Når dækkets gummiblokke rammer vejbelægningen, trykkes de sammen, hvorved den luft, der er mellem gummiblokkene, presses ud til omgivelserne. Når gummiblokkene igen slipper vejbelægningen, suges der igen luft ind mellem gummiblokkene. Disse hurtige bevægelser i luften resulterer i højfrekvent støj over 1000 Hz. Hvis vejoverfladen derimod har en åben porøs struktur, vil luftpumpningen primært foregå ved, at luft pumpes ned i belægningen og suges op igen, hvilket vil reducere niveauet af den støj, som genereres. Jo større indbygget hulrum, jo mere reduceres støjen fra luftpumpning [12].



Figur 2. Forsøgsstrækningen på Øster Søgade i København efter udlægning af to-lags drænasfalt.

To-lags drænasfalt

I projektet har målet været at optimere støjreduktionen ved at anvende et stort indbygget hulrum, små stenstørrelser i det øverste lag drænasfalt samt store tykkelser af drænasfalt. Det var ligeledes en målsætning at opnå en god holdbarhed. Dette er bl.a. gjort ved at anvende modificeret bitumen.

Betegnelse	Type	Samlet tykkelse	Top lag		Bund lag	
			Tykkelse	Sten	Tykkelse	Sten
DA8-70	Drænasfalt	70 mm	25 mm	5/8 mm	45 mm	11/16 mm
DA5-55	Drænasfalt	55 mm	20 mm	2/5 mm	35 mm	11/16 mm
DA5-90	Drænasfalt	90 mm	25 mm	2/5 mm	65 mm	16/22 mm
AB8t (ref.)	Tæt asfaltbeton	30 mm	30 mm	0/8 mm	-	-

Tabel 1. Oversigt over forsøgsbelægninger.

Øster Søgade i Københavns kommune blev udvalgt som forsøgsstrækning. Det er en bygade med en skiltet hastighed på 50 km/t og en trafik på 7.000 køretøjer pr døgn, hvoraf 8 % er lastbiler og busser. Der blev udlagt fire belægninger, som hver har en længde på omkring 100 – 200 m. På tre af

strækningerne er der udlagt forskellige typer to-lags drænasfalt. Den første har en maksimal stenstørrelse på 8 mm i det øverste lag, og de to næste har en maksimal stenstørrelse på 5 mm. På den sidste strækning blev der udlagt en tæt asfaltbeton med en maksimal stenstørrelse på 8 mm. Denne belægning fungerer som reference for støjmålingerne. I tabel 1 er vist en oversigt over forsøgsbelægningerne. Vejen blev åbnet for almindelig trafik i september 1999. For at undgå tilstopning foretages der to gange årligt en rensning af drænasfalten med en rensmaskine, der anvender vand under højt tryk og efterfølgende opsugning af vand og skidt (figur 4).



Figur 3. Regnvand, der falder på drænasfalten, trænger ned i belægningsstrukturen og løber mod vejsiden. Ved kantstenen er der etableret et afvandingssystem med nogle blokke, som har åbninger ud mod drænasfalten i hele dennes tykkelse, således at regnvandet løber ind i disse blokke og bliver ledt til afløbsbrøndene.



Figur 4. Drænasfalten renses hvert år i april/maj samt november/december med højtryksspuling.

Måleprogram

Dette forskningsprojekt er tværfagligt og omfatter fagområderne akustik, belægningsteknologi, trafik og trafikikkerhed. Der er opstillet et omfattende måleprogram som bl.a. omfatter følgende faktorer: Støj, belægningernes overfladestruktur, indbygget hulrum, permeabilitet, friktion, hastigheder, trafikikkerhed og vintervedligeholdelse. Det er formålet at følge forsøgsbelægningerne i hele deres levetid. Dette gøres bl.a. ved at gennemføre årlige målinger på forsøgsstrækningerne. I det følgende

præsenteres resultaterne fra støjmålingerne samt fra målingerne af permeabilitet, da belægningserne var helt nye samt efter et og to år.

Arbejdet gennemføres i en tværfaglig projektgruppe med deltagere fra Asfaltindustrien repræsenteret ved NCC Asfalt, Vejdirektoratet/Vejteknisk Institut, Københavns Kommune, Miljøstyrelsen, Delta Akustik og Vibration samt Danmarks TransportForskning, som har projektledelsen. Pga. reduktioner i budgettet hos Danmarks TransportForskning ophører instituttet med at drive støjforskning i sommeren 2002. Instituttets støjforskere har fået job hos Atkins Danmark.

3. Støjmålinger

Målemetode

Støjmålingerne blev gennemført i september 1999, lige efter at forsøgsstrækningerne var åbnet for almindelig trafik (kaldet år 0) samt 10 til 11 måneder senere i juni/juli 2000 (kaldet år 1) samt i juni/august 2001 (kaldet år 2). For at sikre en stor nøjagtighed er der valgt 3 målepunkter på hver forsøgsbelægning. Mikrofonerne var placeret i en afstand d på omkring 9 m og 11 m fra centerlinien af henholdsvis den nordgående og den sydgående kørebane. Alle måleresultater er blevet korrigeret til en afstand på 7,5 m ved at tillægge $10 \cdot \log(d/7,5)$. Mikrofonerne var placeret i en højde på 1,2 m direkte på de reflekterende facader af de nærliggende bygninger. Der er trukket 6 dB fra resultaterne for at kompensere for disse refleksioner. Der var ikke nogen reflekterende facader på den modsatte vejside.

$$SPBI' = 10 \times \log \left(\sum W_x \times 10^{\frac{L_{bil,x}}{10}} \right) \quad (1)$$

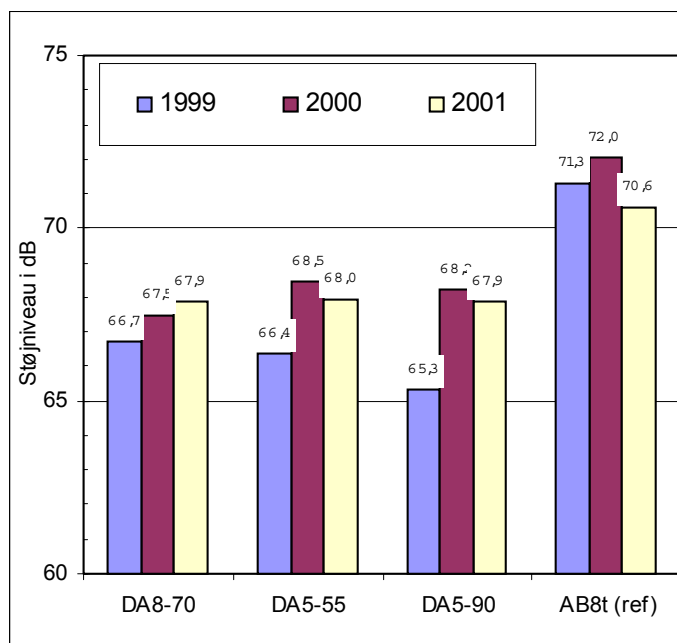
Kategori	Lette køretøjer		Tunge køretøjer	
			To-aksler	Flere aksler
ISO 11819-1	0.9		0.075	0.025
	Personbil	Varebil		
Denne undersøgelse	0.8	0.1	0.075	0.025

Tabel 2. Vægtning som er anvendt for de forskellige køretøjskategorier ved beregning af SPBI'.

Støjen fra enkelt køretøjer blev målt og analyseret. Specifikationerne i den såkaldte "Statistical Pass By Method" [5] blev, så vidt det var muligt, fulgt. Maksimale støjniveauer L_{AFmax} blev målt i 1/3-oktav bånd og de forbikørende køretøjers hastighed blev samtidig målt med radar. Køretøjerne blev inddelt i følgende 4 kategorier: personbiler, varebiler, lastbiler og busser med to aksler samt lastbiler og busser med mere end to aksler. For hver køretøjskategori er det såkaldte "køretøjsstøjniveau" L_{bil} bestemt for en referencehastighed ved en lineær regression af støjniveauet mod logaritmen til hastigheden. Den faktiske hastighed for lastbiler var på forsøgsstrækningerne mindre end hastigheden for de lette køretøjer. Derfor er 50 km/t valgt som referencehastighed for personbiler og varebiler, 45 km/t er valgt for lastbiler med to aksler og 40 km/t er valgt for flerakslede lastbiler. På baggrund af disse korrigerede værdier af L_{bil} er det "modificerede Statistical Pass-By Index" $SPBI'$ beregnet ved hjælp af (1). $L_{bil,x}$ er støjniveauet for køretøjskategori x og W_x er den andel af trafikken, som denne køretøjskategori udgør. Tabel 2 viser den vægtning af de enkelte køretøjskategorier, som er anvendt.

Resultater

Figur 4 viser hovedresultaterne fra støjmålingerne. Støjen er angivet som et gennemsnit af målingerne ved de to vognbaner. Støjniveauet er steget på alle 4 forsøgsbelægninger fra år 0 til år 1. Stigningen på referencebelægningen og drænasfalten med de største skærver i det øverste lag (DA8-70) er omkring 1 dB. Dette var forventeligt, da det fra andre projekter [1,9] vides, at støjniveauet generelt stiger 1 – 2 dB i løbet af de første år af en belægnings levetid for derefter at stabilisere sig. På de to finkornede drænasfaltbelægninger (DA5-55 og DA5-90) ses en stigning på 2 til 3 dB. Fra år 1 til 2 er støjen stort set uforandret på de 3 belægninger med drænasfalt, hvorimod støjen er faldet 1,4 dB på referencestrækningen, hvilket slet ikke var forventet. Det vurderes, at det ikke er en ændring af referencebelægningens overfladestruktur, som kan være årsagen til dette fald i støjen. Forklaringen må ligge i ændret trafikafvikling på stedet.

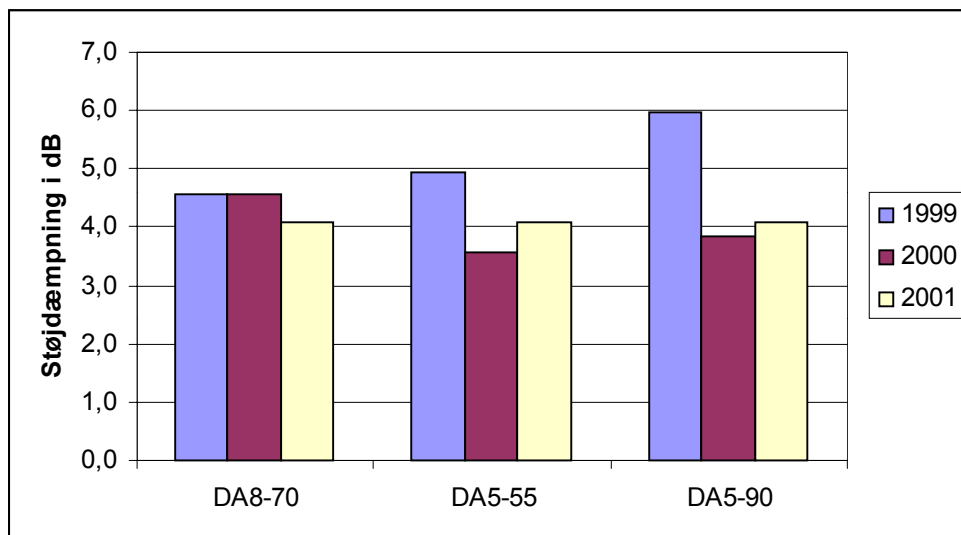


Figur 4. De målte støjniveauer for almindelig biltrafik på de 4 forsøgsstrækninger [7].

Under støjmålingerne i år 0 og 1 var der fritkørende trafik i begge kørebaneer. I år 2 derimod var der et meget stort vejarbejde ved et lysreguleret kryds 100 m nord for referencestrækningen. Derfor var den vestlige kørebane lukket, og der var ensrettet kørsel i en snævert opmærket vejbane mod krydset med vejarbejde. Bilisterne kørte meget langsomt på referencestrækningen, med en hastighed der var 7-8 km/t lavere end de foregående år. På strækningerne med drænasfalt er der derimod ikke målt lavere hastigheder i år 2 end i de tidligere år. Støjmålingerne er korrigeret for den lavere hastighed, men korrektionen er usikker ved lave hastigheder. Den lavere støj skyldes formodentlig, at bilisterne kører temmelig forsigtigt med jævn fart og et lavt omdrejningstal, som betyder mindre motorstøj! Støjmålingerne i sommeren 2002 vil vise, om denne hypotese holder.

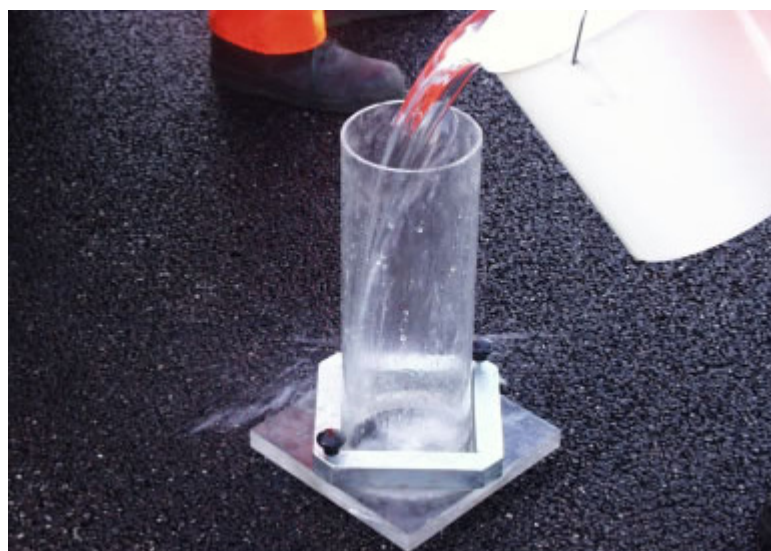
Støjreduktion

Pga. ovenstående, er det i det følgende valgt i år 2 at anvende støjniveauet for referencebelægningen i år 1 til sammenligninger med støjniveauerne fra drænasfaltbelægningerne. I figur 5 angives støjreduktionen for strækningerne med drænasfalt i forhold til referencestrækningen. Støjreduktionen for drænasfalten med de største skærver (DA8-70) er uforandret; den var 4,4 dB i år 0, 4,5 dB i år 1 og 4,1 dB i år 2. Den tynde drænasfalt med 5 mm skærver (DA5-55) havde i år 1 en reduktion af støjdæmpningen fra 4,9 til 3,5 dB for i år 2 at stabilisere sig på 4,1 dB. For den tykke drænasfalt med 5 mm skærver (DA5-90) var der i år 0 en relativt stor støjdæmpning på 6,0 dB. I de efterfølgende år er den faldet til henholdsvis 3,8 dB og 4,1 dB. Sammenfattende er støjreduktionen efter to år ca. 4 dB på alle tre belægninger.



Figur 5. Støjreduktion udtrykt som forskellen mellem støjen målt samme år ved drænasfaltbelæggningerne og ved referencebelægningen (AB8t). I år 2 er referencebelægningens støj i år 1 anvendt [12].

5. Målinger af permeabilitet



Figur 6. Beckers rør til måling af permeabilitet på drænasfalt.

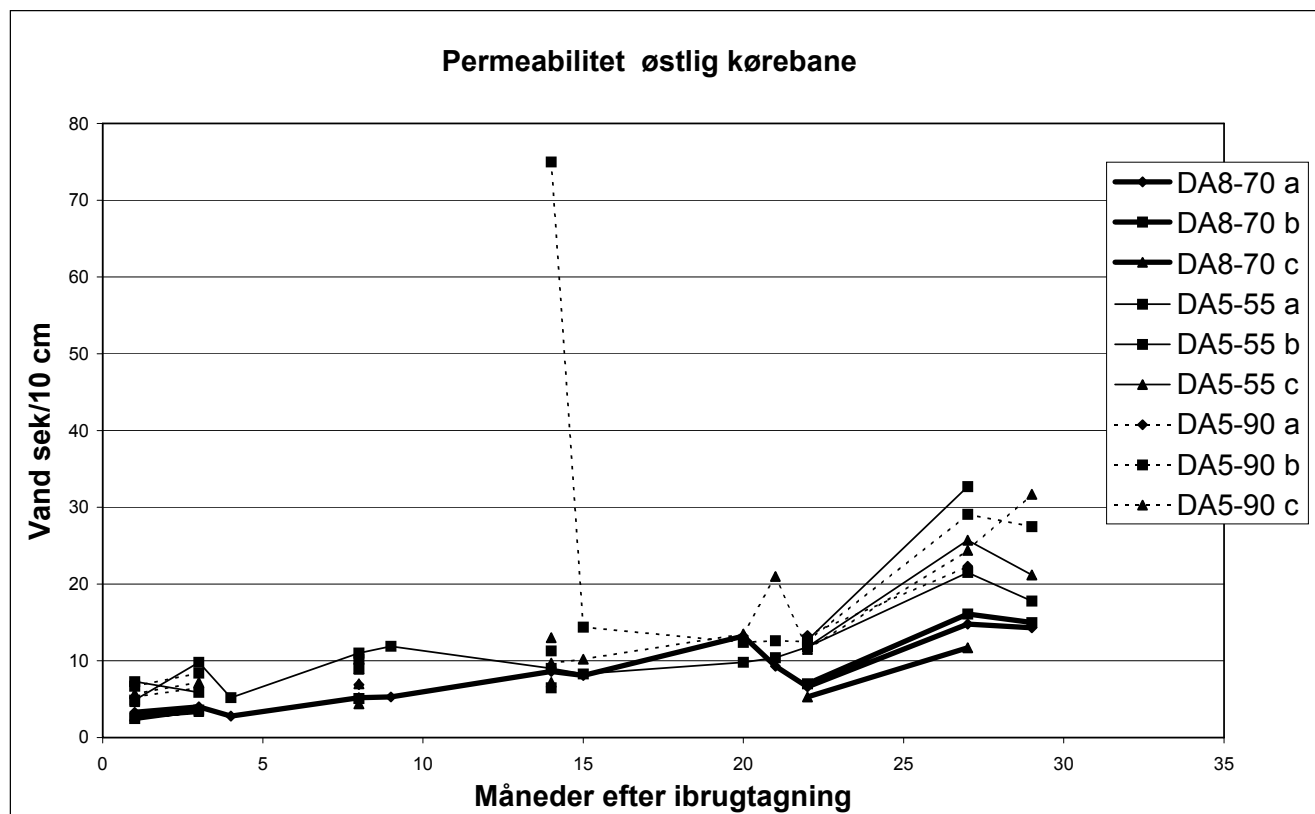
Grad af tilstopning	Udløbs tid	Permeabilitetsklasse
Ny drænasfalt	Under 30 sek.	Høj
Delvist tilstoppet, kan renses	Under 50 sek.	Medium
Tilstoppet, kan ikke renses	Over 75 sek.	Lav

Tabel 3. Hollandsk vurdering af udløbstider målt med Beckers røremetode og mulighederne for at rense belægninger med højtrykksspuling [10].

Belægningernes permeabilitet er blevet målt med det såkaldte "Beckers rør" [8] (se figur 6). Et gennemsnitligt rør med en diameter på 140 mm placeres på belægningsoverfladen i køresporene. Røret fyldes med vand. Med et stopur måles den tid, det tager for 10 cm vand at løbe fra røret og ud gennem den porøse belægningsstruktur. Målingerne er foretaget i hjulenes kørespor. Hver måling gentages to til tre gange ved punkter, der ligger tæt ved hinanden. Det endelige resultat beregnes som et gennemsnit af disse målinger. Permeabiliteten er målt nogenlunde samtidig med støjmålingerne samt hvert halve år før og efter rensning af belægningerne. I [10] er der angivet en metode til at vurdere mulighederne for at rense drænasfalt baseret på hollandske erfaringer. Sammenhængen mellem målt

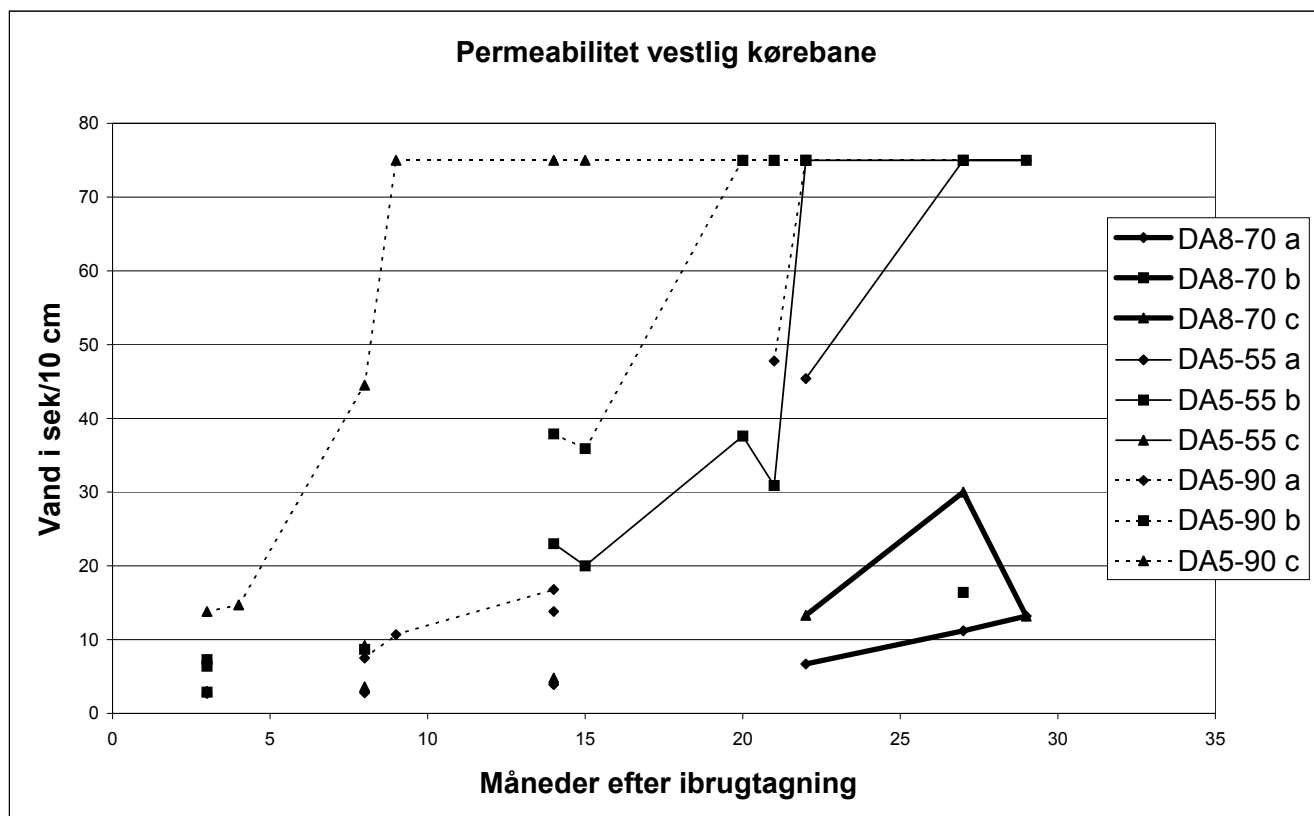
udløbstid og permeabilitetsklasse er vist i tabel 3. Jo kortere udløbstid, jo bedre permeabilitet. Efter hollandske erfaringer [10] er en belægning tilstoppet, når udløbstiden er over 75 sek.

Figur 7 og 8 viser resultaterne fra målingerne af permeabilitet for de 3 strækninger med drænasfalt henholdsvis i den østlige og den vestlige kørebane. Figureerne viser resultatet fra 3 forskellige målepositioner pr forsøgsstrækning.



Figur 7. Målinger af permeabilitet i den østlige kørebane. Angivet som den tid i sekunder, det tager 10 cm vand at løbe ud gennem belægningsstrukturen. "a", "b" og "c" angiver de 3 målepositioner pr strækning.

Permeabiliteten er i begge kørebaner bedst for drænasfalten med 8 mm skærver (DA8-70), idet udløbstiden i hele perioden ligger under 15 sekunder. I den østlige kørebane er udløbstiden under 15 sekunder for alle 3 belægninger efter 2 år, hvorimod situationen er meget anderledes for den vestlige kørebane. For så vidt angår den tykkeste belægning (DA5-90), udviser den tendenser til tilstopning med en udløbstid på over 75 sekunder efter to år. Den tynde belægning med 5 mm skærver er efter to år delvist tilstoppet i den vestlige kørebane. Det ser ud til, at der med bilernes dæk slæbes støv og skidt ind på den tykke drænasfalt (DA5-90) fra referencebelægningen idet målested a er nærmest referencebelægningen. Dette fænomen er ligeledes observeret i Holland.



Figur 8. Målinger af permeabilitet i den vestlige kørebane. Angivet som den tid i sekunder, det tager 10 cm vand at løbe ud gennem belægningsstrukturen. "a", "b" og "c" angiver de 3 målepositioner pr strækning.

6. Konklusioner

Da forsøgsbelægningerne med to-lags drænasfalt var nye, havde de en støjdempling på 4-6 dB i forhold til en nyudlagt referencebelægning. Efter to år var støjdemplingen på drænasfalten med 8 mm skærver uforandret på 4 dB. Den tynde drænasfalt med 5 mm skærver havde fået reduceret støjdemplingen med 1 dB til 4 dB og den tykkeste af disse belægninger med 5 mm skærver havde fået reduceret støjdemplingen med 2 dB, ligeledes til 4 dB. Der er i den ene kørebane en tendens til tilstopning på den tykkeste belægning. En rapport om projektet forventes udgivet af Danmarks TransportForskning i efteråret 2002 [12].

Referencer

1. Bendtsen, Hans, 1998. Drainage asphalt and noise reduction over a long period. Proceedings EuroNoise 1998 i München, Tyskland.
2. Bendtsen, Hans, 1999. Development of noise reducing pavements for urban roads. Project description. Danish Road Directorate, note no. 66, 1999.
3. Larsen, Lars Ellebjerg; Bendtsen, Hans, 2001. Perception of noise reducing porous pavements. Proceedings Euro.noise i Patras Grækenland 2001.
4. Larsen, Lars Ellebjerg; Bendtsen, Hans, 2001. Costs and perceived noise reduction of porous asphalt pavements. Proceedings fra Inter.noise 2001 i Den Hague, Holland.
5. ISO 11819-1:1997: Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on road traffic noise - Part 1: "The statistical pass-by method".
6. Kragh, Jørgen; Bendtsen, Hans, 2000. Performance of new two-layer drainage asphalt laid in Denmark. Proceedings Inter.noise 2000.
7. Jessen, Birger Bech; Kragh, Jørgen, 2000. Trafikstøj på 4 teststrækninger på Øster Søgade. År 2. Rapport AV 1718/01. DELTA, Akustik & Vibration.

8. Raaberg, Jørn, 2000. Permeabilitetsmålinger af drænasfalt på Øster Søgade in Copenhagen 1999/. Vejteknisk Institut/Vejdirektoratet. Internt notat 79, 2000.
9. Sandberg, Ulf, 1993. Korrigering i den nordiska trafikbullermodell för inverkan av vägyta. VTI meddelande 706, 1993, Statens väg- och trafikinstitut, Linköping, Sweden.
10. Leest van A.J. et al. 1997. Guidelines for determining the cleaning effect on porous asphalt. European Conference on Porous Asphalt, Proceedings, Madrid, 1997.
11. Miljøstyrelsen og Trafikministeriet, 1998. Begrænsning af trafikstøj, Miljønyt nr. 30.
12. Bendtsen, Hans; Larsen, Lars Ellebjerg; Greibe, Poul, 2002. Udvikling af støjreducerende vejbelægninger til bygader. Statusrapport efter 3 års målinger. Rapport, 2002. Danmarks TransportForskning (udkommer i efteråret 2002).