

HÅNDBOG  
**NORD2000**

>>> Beregning af vejstøj i Danmark

RAPPORT 434 - 2013



## **NORD2000 - HÅNDBOG**

>>> Beregning af vejstøj i Danmark  
Rapport 434 - 2013

### **REDAKTION:**

Vejdirektoratet

### **ARBEJDSGRUPPE**

Jørgen Kragh (forfatter), Lene Nøhr Michelsen, Jakob Fryd, Vejdirektoratet  
Jørgen Jakobsen, Miljøstyrelsen

### **DATO:**

Juni 2013

### **LAYOUT:**

Vejdirektoratet

### **FOTOS:**

Vejdirektoratet

### **ISBN E-UDGAVE:**

9788770607421

### **COPYRIGHT:**

Vejdirektoratet 2013

# INDHOLD

	<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>1.</b>	<b>HVAD MAN BEREGNER MED NORD2000</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>BEREGNINGSPUNKTER</b>	<b>10</b>
<b>3.</b>	<b>VEJE SOM SKAL MEDREGNES</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>TRAFIK</b>	<b>10</b>
	4.1 Kategorier af køretøjer	11
	4.2 Årsdøgntrafik - ÅDT	11
	4.3 Trafiksammensætning	12
	4.4 Fart	12
	4.5 Placering af støjkloderne	13
<b>5.</b>	<b>VEJBELÆGNING</b>	<b>13</b>
	5.1 Referencesituation	13
	5.2 Almindelige vejbelægninger	13
	5.3 Støjklasser	14
	5.4 Korrektion for vejbelægning	14
<b>6.</b>	<b>VEJRDATA</b>	<b>15</b>
<b>7.</b>	<b>TERRÆN</b>	<b>15</b>
	7.1 Terrænets form	15
	7.2 Typer af terrænoverflade	15
<b>8.</b>	<b>REFLEKSIONER</b>	<b>16</b>
	8.1 Generelt	16
	8.2 Antal refleksioner	16
	8.3 Antal reflekterende flader	16
<b>9.</b>	<b>STØJ TRANSMITTERET GENNEM FACADE OG TAG</b>	<b>17</b>
<b>10.</b>	<b>SPECIELLE PROCEDURER</b>	<b>17</b>
	10.1 Kryds og rundkørsler	17
	10.2 Dimensionering af skærme	17
<b>11.</b>	<b>DOKUMENTATION</b>	<b>18</b>
<b>12.</b>	<b>NØJAGTIGHED</b>	<b>18</b>
	12.1 Bedømmelse af usikkerhed	18
	12.2 Krav til inddata	18
<b>13.</b>	<b>OVERSLAGSBEREGNING I TYPETILFÆLDE</b>	<b>19</b>
<b>14.</b>	<b>REFERENCER</b>	<b>21</b>
	<b>APPENDIKS 1 - TRAFIKSAMMENSÆTNING</b>	<b>22</b>
	<b>APPENDIKS 2 - VEJRDATA</b>	<b>24</b>
	<b>APPENDIKS 3 - USIKKERHEDSBEGREBER</b>	<b>34</b>
	<b>APPENDIKS 4 - FORKORTELSER</b>	<b>35</b>



# FORORD

Beregninger af støjen fra veje udføres i Danmark efter den fælles nordiske beregningsmetode Nord2000. Resultaterne afhænger af en mængde forudsætninger som for eksempel den fremtidige trafikudvikling. For at sikre at beregningsresultaterne bliver så retvisende som muligt, har Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen udarbejdet retningslinjerne i nærværende rapport. Målet har især været at fastlægge god dansk praksis for valg af forudsætninger for støjberegninger og dermed sikre at resultaterne af beregninger fra alle brugere bliver mere ensartede.

Rapporten beskriver den praksis som Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen anbefaler ved beregning af støj fra vejtrafik i Danmark med Nord2000.

Predictions of traffic noise exposure in Denmark are made using the joint Nordic prediction method Nord2000. Results of such calculations depend heavily on assumptions such as for example the trend in traffic growth. In order to ensure true and fair computation results the Danish Road Directorate and the Danish Environment Protection Agency prepared the guidelines in the present report. The main aim has been to define good practice concerning the definition of traffic conditions and other prerequisites for the computation, so authorities and other recipients receive consistent results from any user of the prediction method.

The report describes good practice recommended by the Danish Road Directorate and the Danish Environment Protection Agency for traffic noise computation in Denmark.

## BAGGRUND OG FORMÅL

Målgruppen for denne håndbog er brugere af beregningsmetoden Nord2000 Road. Metoden er blandt andet beskrevet i en brugervejledning [1] udarbejdet på engelsk.

Miljøstyrelsens vejledning nr. 4, 2007, ” Støj fra veje” [2] foreskriver beregningsmetoden Nord2000 benyttet ved fastlæggelse af støjniveauet fra trafikken på vejene, herunder også ifølge [3] - [4] ved strategisk kortlægning af støj. Der arbejdes i EU-regi med en fælles europæisk beregningsmetode for ekstern støj, men den forventes tidligst klar til brug i forbindelse med EU-støjkortlægningen i 2017.

Nord2000 er et sæt af beregningsalgoritmer og anvisninger. Den seneste revision af metoden skete i 2006, men en arbejdsgruppe med repræsentanter for de nordiske vejdirektorer forestår en løbende vedligeholdelse af beregningsmetoden. For at kunne bruge beregningsmetoden skal man have adgang til et computerprogram. Det kan være kommerciel software eller den gratis software [5] der er udviklet til beregning i udvalgte typetilfælde.

Håndbogen her supplerer brugervejledningen ved at fastlægge god dansk praksis for beregning af støj fra vejtrafik, herunder ved blandt andet at fastlægge vejledende referencparametre for trafikken og den virkning man i planlægning og støjhandlingsplaner bør regne med at opnå ved at bruge støjreducerende vejbelægning.

Håndbogen er udarbejdet af Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen efter kontakter med brugere af beregningsmetoden.

Målet med håndbogen om brugen af den nye beregningsmodel for vejtrafikstøj er at erstatte publikationerne ”Beregningsmodel for vejtrafikstøj. Revideret 1996”, Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, VD rapport 178, 1998 og ”Beregning af vejtrafikstøj - en manual”, Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet Rapport 240, 2002. Håndbogen indeholder ikke nomogrammer til overslagsberegning, hvilket var en vigtig del af Rapport nr. 178/1998. I stedet henvises til software [5] udviklet til beregning i udvalgte typiske tilfælde, se også Afsnit 13.

# NORD2000 - HÅNDBOG

## 1. HVAD MAN BEREGNER MED NORD2000

Beregningsmetoden blev udviklet til først og fremmest at beregne årsmiddelværdien, dvs. den gennemsnitsværdi af støjniveauet man ville finde efter at have målt støjen i et helt år med gennemsnitligt forekommende vej- og trafikforhold.

Man kan også beregne støjniveauet under særligt udvalgte forhold der forekommer i kortere tid, eller det maksimale støjniveau ved et enkelt køretøjs forbikørsel. I Danmark bruger man dog ikke disse maksimale støjniveauer ved regulering af støj fra vejtrafik.

Støjberegninger bruges i forskellige planlægningssituationer og på forskellige detailniveauer som for eksempel:

- Strategisk støjkortlægning (EU-kortlægning), som er kortlægning af støjen på et overordnet niveau, hvor formålet er at skabe grundlag for at udarbejde handlingsplaner med henblik på at forebygge og reducere støj. Et eksempel på et udsnit af et strategisk støjkort er vist i Figur 1.
- VVM-undersøgelser. En rapport om en VVM-undersøgelse af en ny vej eller af udbygningen af en eksisterende vej indeholder en mere detaljeret redegørelse for de støjmessige konsekvenser af vejprojektet. I en VVM-redegørelse skal der for eksempel redegøres for hvordan støjen kan nedbringes, og hvilken virkning forskellige støjreducerende tiltag vil have. Formålet med VVM-undersøgelsen er at få belyst konsekvenser for mennesker og miljø, så borgere og politikere kan tage stilling til projektet, herunder tage stilling til miljøpåvirkningen. Et eksempel på et udsnit af et støjkort fra en VVM-undersøgelse er vist i Figur 2.
- Detaljeret kortlægning, for eksempel i forbindelse med lokalplanlægning.
- Figur 3 viser et eksempel på et kort fra en lokalplan. Ifølge Planloven må der inden for et "støjkonsekvensområde" omkring støjende trafik anlæg mv. ikke planlægges til boligformål eller anden støjfølsom anvendelse, med mindre lokalplanen har bestemmelser der sikrer mod støjgener. Lokalplanen skal have bestemmelser om støjafskærmning eller i særlige tilfælde om støjisolering af bebyggelse. Kommunen kan sikre, at de afskærmende foranstaltninger faktisk etableres, ved at de skrives ind i lokalplanen som forudsætning for at udstede tilladelse til ibrugtagning.

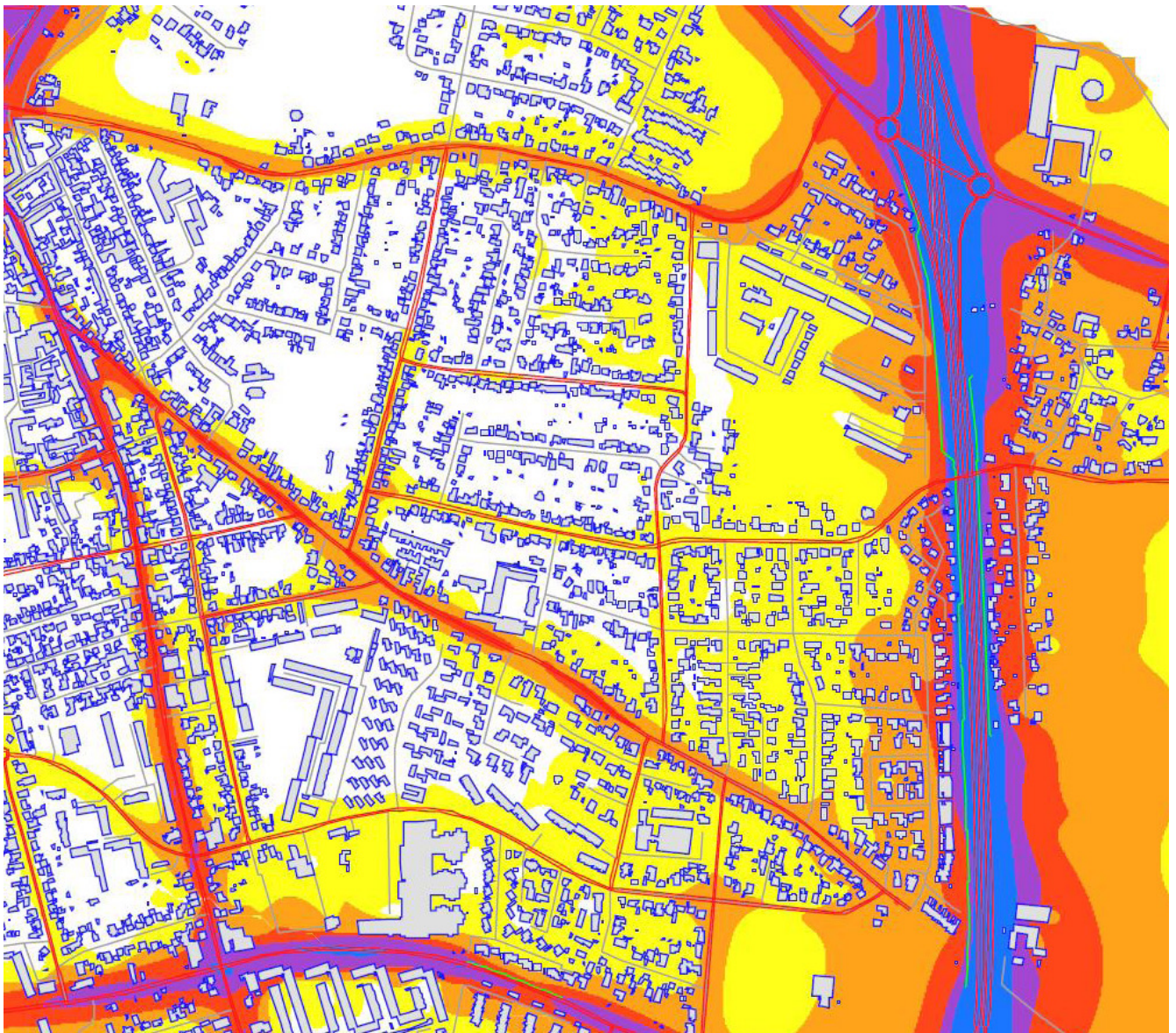
- Hvor detaljeret beregningen skal være afhænger af formålet og bestemmer den nødvendige nøjagtighed af inddata. Dette er behandlet i de følgende kapitler.

Som indikator for støj fra vejtrafik anvendes  $L_{den}$ , det gennemsnitlige støjniveau over et døgn efter at der er tildelt tillæg til det fysiske støjniveau i aften- og nattetimerne på henholdsvis 5 dB og 10 dB for at afspejle menneskers større følsomhed over for støj, der forekommer om aftenen og om natten end over for støjen i dagtimerne [2]. Dagtimerne er defineret som timerne fra kl. 07 til kl. 19, aftenen er kl. 19-22 og natten er kl. 22-07.

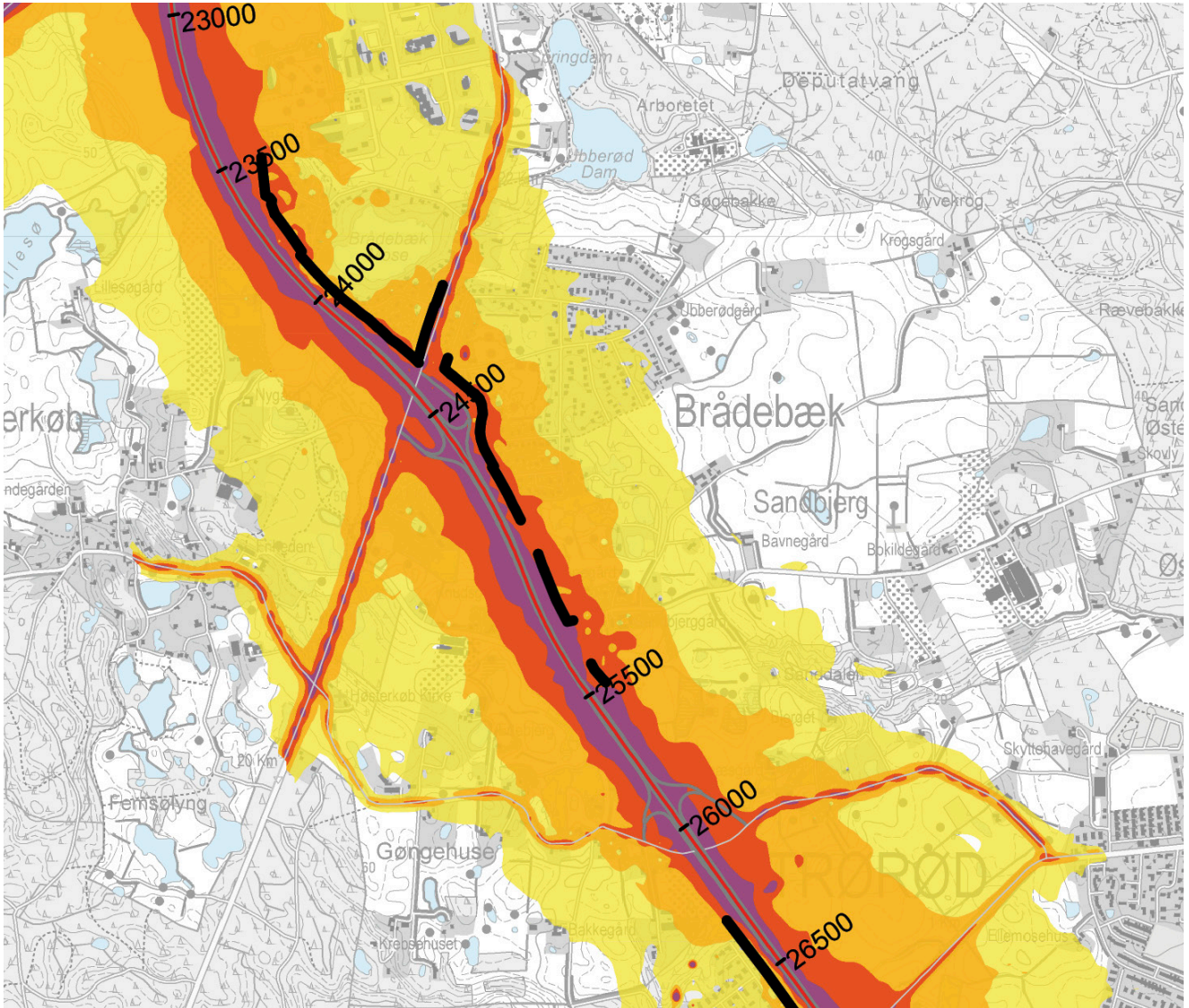
Når resultatet af beregningen skal bruges til at sammenligne med Miljøstyrelsens vejledende støjgrænser, skal beregningen ske for punkter udendørs i såkaldt "praktisk frit felt". Det betyder, at støj reflekteret fra en boligs egen facade ikke skal regnes med. Derimod skal støj reflekteret fra andre facader i princippet medregnes, se Afsnit 8.

Vejrets omskiftelighed betyder at trafikken frembringer forskellig støj og at støjen udbredes forskelligt. Udbredelsen er for eksempel "gunstig" og støjniveauet bliver højt, når støjen udbreder sig med vinden, og omvendt er støjniveauet lavt, når lyden udbreder sig under "ugunstige" forhold som i modvind. I Danmark blæser det oftere fra sydvest og vest end fra østlige retninger og alt andet lige er det gennemsnitlige støjniveau lidt højere øst for end vest for vejen.

Nord2000 beregner støjniveauet i frekvensbånd med en bredde på en tredjedel oktav (centerfrekvens 25 Hz – 10 kHz), hvor den tidligere nordiske beregningsmetode for støj fra vejtrafik gjaldt for det samlede A-vægtede lydtrykniveau i alle frekvensbånd under et. Den nye beregningsmetode kan bedre end den gamle metode modellere fysikken i lydets tilblivelse og udbredelse, især modelleringen af støjkløderne og samspillet mellem virkningen af terræn og skærme. Når man kan beregne frekvensspektret af støjen uden for en facade kan man dimensionere facaden mere nøjagtigt når man vil sikre, at grænseværdien for støjniveauet indendørs ikke overskrides.

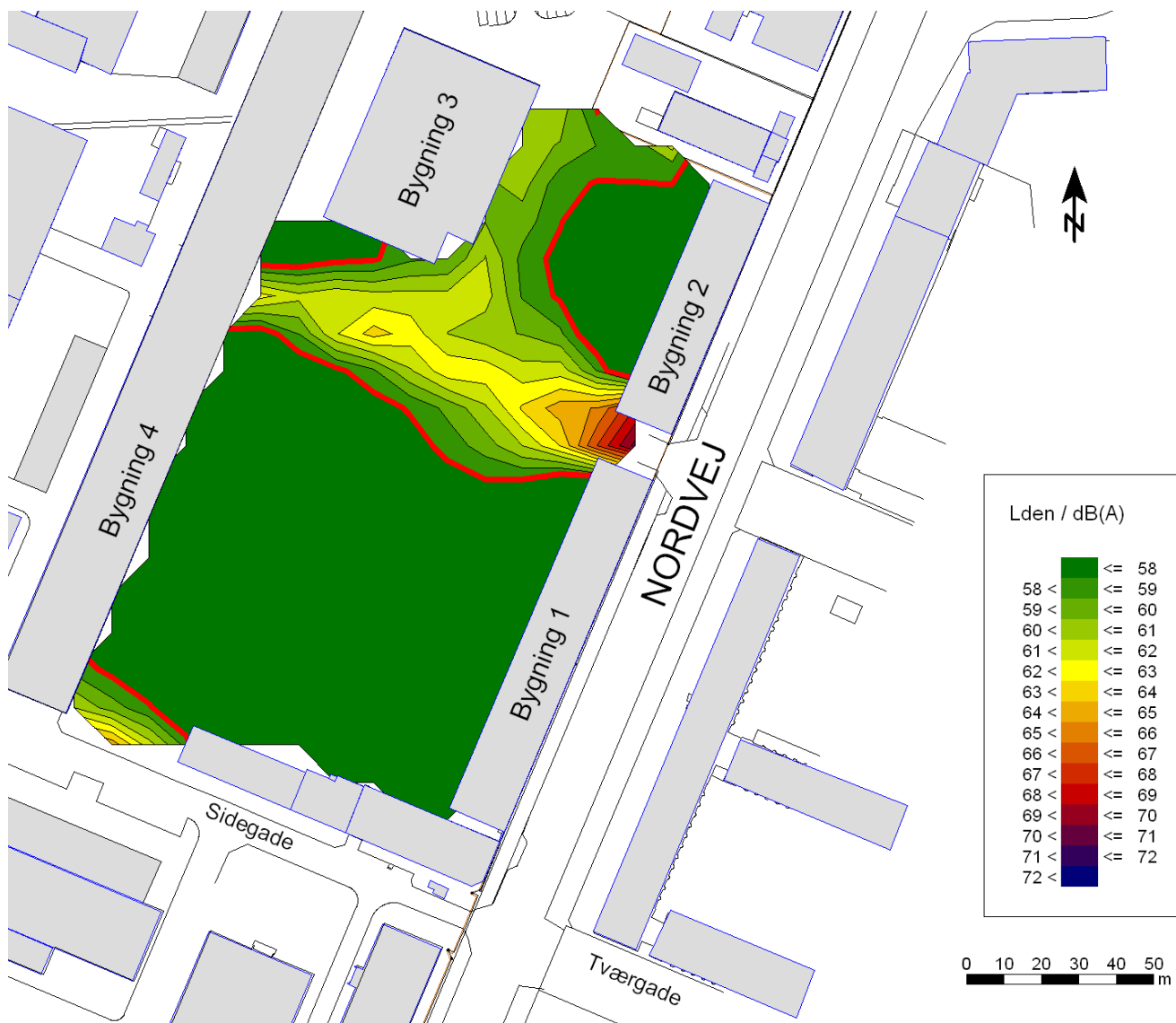


FIGUR 1 Udsnit af et strategisk støjkort



FIGUR 2 Udsnit af et støjkort fra en VVM-redegørelse





FIGUR 3 Udsnit af kort fra en lokalplan

## 2. BEREGNINGSPUNKTER

Miljøstyrelsens vejledning om støj fra veje [2] foreskriver, at støjen altid skal beregnes 1,5 m<sup>1)</sup> over terræn for at repræsentere forholdene på udendørs opholdsarealer, i rekreative områder og i områder med boliger i én etage. I områder med ejendomme i flere etager skal støjen også beregnes ud for facaden af hver enkelt etage med boliger, i en højde svarende til 2/3 oppe på vinduerne.

Generelt gælder Miljøstyrelsens støjgrænser både ved facaden af bygninger og på de udendørs opholdsarealer. Ved kortlægning af trafikstøj karakteriseres støjen ved en bolig som regel ved det højeste støjniveau ved nogen af boligens facader. Hvis man vil dimensionere en facadeisolering kan det være relevant at tage udgangspunkt i det beregnede støjniveau ved hver enkelt facade, og ved mere detaljerede støjundersøgelser kan der være behov for også at fastlægge beregningspunkter på boligens primære opholdsarealer.

Ved kortlægning af støj fra vejtrafik beregnes støjniveauet i punkterne i et net med passende maskevidde. Ifølge Miljøstyrelsens vejledning om støj kortlægning og støjhandlingsplaner [4] skal grafiske støj kort baseres på beregninger i punkter i et net med en maskevidde på 10 m. Vejledningen anbefaler dog en maskevidde på 5 m i tæt bymæssig bebyggelse, mens man i åbne områder uden for bymæssig bebyggelse kan gå op til 30 m maskevidde. Valget af maskevidde er afgørende for beregningstiden.

### STØJENS FREKVENSER

Støj er sammensat af lyde med forskellig frekvens. En oktav er et område af frekvenser, hvor den højeste er det dobbelte af den laveste. En oktav omfatter tre 1/3-oktavbånd, og forholdet mellem den højeste og den laveste frekvens i et 1/3-oktav frekvensbånd er  $\sqrt[3]{2}$ .

Et frekvensspektrum angiver støjens niveau i hvert enkelt oktavbånd. A-vægtningen formindsker styrken af lyde med lav og høj frekvens for at efterligne den lydstyrke, som det menneskelige øre opfatter.



## 3. VEJE SOM SKAL MEDREGNES

Det afhænger af formålet med støj beregningen, hvor mange vejstrækninger der skal medregnes. Ved strategisk støj kortlægning af større veje er det alene den enkelte større vej. Ved strategisk støj kortlægning af større byområder, ved VVM-undersøgelser og ved detaljeret kortlægning skal man i princippet medregne støjen fra alle veje.

Trafikkens intensitet, sammensætning og fart på den enkelte vejstrækning bestemmer hvor meget støj den udsender.

Det afgør, kombineret med især afstanden fra vejen til beregningspunktet, om bidraget er så betydende i forhold til bidrag fra andre veje, at det er nødvendigt at medregne den pågældende vejstrækning. I hver enkelt beregningssituation må brugeren af programmet afgøre hvilke vejstrækninger det er nødvendigt at medregne. Nogle retningslinjer er givet i vejledningen om støj kortlægning og støjhandlingsplaner [4].

Det er praksis at søge efter vejstrækninger inden for en radius af 1000 - 5000 m fra beregningspunktet ved beregninger uden for byområder. I byområder bruges ofte mindre radier ved søgningen, men der kan ikke gives faste regler. Vejdirektoratet har i enkelte tilfælde brugt 10 km radius for at sikre kontinuitet i støjkonturer ved overgangen mellem forskellige støj kort.

## 4. TRAFIK

De grundlæggende forudsætninger i en støj beregning er antallet af og gennemsnitsfarten for hver kategori af køretøjer (eller andelen af totaltrafikken) i dag-, aften- og nattimerne.

De tre tidsperioder er, som tidligere nævnt, defineret ved en opdeling af døgnet i intervallerne: kl. 07-19 (dag), kl. 19-22 (aften) og kl. 22-07 (nat). Hvis oplysninger om trafikmængde, sammensætning og døgnfordeling ikke kan skaffes ved henvendelse til den myndighed, der bestyrer vejen, bør der gennemføres trafik tællinger. Hvis det ikke er muligt, anbefales det at bruge de vejledende angivelser i Tabel 2 - Tabel 3. Datagrundlaget for de vejledende trafik tal stammer hovedsageligt fra timeopdelte tællinger fra 400 permanente tællestationer og fra manuelle 60-punktstællinger udført i 2010 på det statslige vejnet.

<sup>1)</sup> Ved strategisk støj kortlægning efter skal der også beregnes i højden 4 m over terræn

#### 4.1 Kategorier af køretøjer

Køretøjerne er inddelt i tre kategorier og klassifikationen kan enten baseres på længden af køretøjerne eller på typen af køretøj, se Tabel 1. Klassifikationen baseret på typen af køretøj giver en bedre beskrivelse af trafikken, men det kan være vanskeligt at fremskaffe resultater af tællinger baseret på denne klassifikation. Længdeklassifikation er den mest almindelige metode i Danmark og det anbefales at benytte denne metode som grundlag for indsamling af oplysninger om trafikken sammensætning.

I støjberegningen indgår det gennemsnitlige antal aksler på køretøjer af kategori 3. Kendes det aktuelle gennemsnitlige antal aksler ikke anbefales det at sætte antallet til  $n = 5$  aksler på motorveje og landeveje, mens  $n = 4$  aksler er et mere almindeligt gennemsnit på veje i byområder.

Nord2000 giver også mulighed for at medregne støjen fra højt placerede udstødningsåbninger på tunge køretøjer. Der er relativt få af den slags køretøjer i Danmark og det anbefales alene at medregne disse bidrag i de helt specielle tilfælde, hvor de må forventes at give et betydende bidrag til det totale støjniveau.

#### 4.2 Årsdøgntrafik - ADT

Til beregning af støjniveauet bruges årsdøgntrafikken, som er den gennemsnitlige trafik over alle årets dage. Nogle trafiktællinger gælder ikke for et år døgnet men for et hverdagsdøgnet. Trafikken i et hverdagsdøgnet er som regel større end årsdøgntrafikken.

Årsdøgntrafikken på statsvejene kan findes på Vejdirektoratets hjemmeside. Oplysninger om trafikken på de større kommunale veje kan i reglen fremskaffes ved henvendelse til kommunen.

Kategori	Type	Længde [m]
1	Person- og varebil	< 5,8
2	Sololastbil og bus	5,8 - 12,5
3	Lastbil m/hænger og sættevognstog	> 12,5

TABEL 1 Kategorier af køretøjer i Nord2000

Hvis støjberegningen skal vise den aktuelle støjbelastning, skal trafikmængden repræsentere den nuværende situation så godt som muligt. Foreligger der data fra aktuelle trafiktællinger, bruges disse data. Ellers må der gennemføres nye eller supplerende tællinger. For mindre veje i og uden for byområder kan man som en tilnærmelse anvende de vejledende værdier i Tabel 2. Trafikkens fordeling over døgnet fremgår af Tabel 3.

I Tabel 2 er de mindre veje uden for byer opdelt i landeveje nær ved og uden for byområder, da veje nær byer typisk har mest trafik. Små veje i landområder uden nævneværdig gennemkørende trafik vil typisk have meget få køretøjer. For boligveje skelnes der mellem blinde veje og fordelingsveje i større boligområder. De lidt større boligveje betjener ofte en kombination af boliger og andre formål (butikker el. lign.).

Hvis man kender antallet af personer, som bor ved den blinde vej, kan døgntrafikken skønnes mere præcist ved at multiplicere befolkningstallet inkl. børn med 1,5 for at få antallet af biler pr. døgn på vejen.

Vejtype		Årsdøgntrafik
		Antal
Lille landevej	Ved byområde	1100
	Uden for byområde	200
	Ikke-gennemkørende trafik	50
Boligvej	Vej med flere funktioner	1400
	Fordelingsvej	250
	Blind vej	100

TABEL 2 Typisk trafikmængde på mindre veje

Ifølge Miljøstyrelsens vejledning om støj fra veje [2] bør støjberegninger til brug for planlægning og udlæg af støjkonsekvensområder foretages for en fremtidig trafiksituation - sædvanligvis med en planlægningshorisont på mindst 10 år.

Her skal der både tages hensyn til den generelle trafikudvikling og til udviklingen som følge af konkrete trafikskabende projekter i området (boliger, erhverv, butikker m.m.).

Fastlæggelsen af det trafikale grundlag for støjberegningerne foretages bedst ud fra resultater af trafikmodelberegninger. Vejmyndigheden bør derfor kontaktes for at afklare, om der foreligger eller kan skaffes data om fremtidige trafikmængder.

I de tilfælde hvor det ikke er muligt at fremskaffe viden om væksten i trafikmængden, må der anvendes generelle vækstfaktorer afhængig af vejtype. Den generelle vækst i trafikken i Danmark over de seneste 10 år har i gennemsnit været omkring 1 % pr. år. Vejdirektoratet anbefaler for statsvejnettet at benytte en årlig vækstrate på 0,9-1,8 %. For byveje og lokale landeveje anbefales det som udgangspunkt at anvende uændret trafikmængde i forhold til den nuværende trafikmængde.

### 4.3 Trafiksammensætning

Tabel 3 viser vejledende tal for trafikens procentvise sammensætning i et årsdøgn på forskellige grupper af vejtyper nedbrudt på køretøjskategorier og tidsperioder. Tabellen er dannet på basis af data fra permanente tællinger i 2010 og forskellige typer veje er slået sammen i grupper, så forskellene i trafikens sammensætning fra gruppe til gruppe alt andet lige svarer til forskelle i  $L_{den}$  på ca. 1 dB. De enkelte vejtyper inden for hver gruppe er omtalt i Appendiks 1, som også giver mere detaljerede data til brug når der foreligger timeopdelte tællerresultater uden opdeling på kategorien af køretøj.

I Miljøstyrelsens Vejledning Nr. 4/2006 [4] findes der også tabeller med trafikmængder. Tallene i disse tabeller er ældre og baseret på mindre omfattende oplysninger end tallene i nærværende håndbog, som anbefales brugt indtil der foreligger nye data.

### 4.4 Fart

Bilernes fart på en vejstrækning afhænger af den lokale fartgrænse, af trafikforholdene og af trafikmængden. Farten på en bestemt type vej kan variere meget fra lokalitet til lokalitet og hen over døgnet. Eksempelvis kan en trafikvej i en by være helt blokeret af trængsel i myldretiden, mens en trafikvej i en anden by ikke har nogen videre trængsel. Det kan derfor ikke anbefales uden videre at benytte samme gennemsnitlige fart over hele døgnet.

Hvis det ikke er muligt at indhente eksisterende oplysninger om den aktuelle fart, bør der gennemføres målinger. De kan gennemføres som snitmåling baseret på spoler eller slanger eller som strækningsmålinger baseret på GPS-udstyr. Der kan være forskel mellem resultaterne af de to typer af måling, da GPS-baserede målinger indeholder stop og ophold ved f.eks. lyskryds, mens måling af farten i snit kun omfatter køretøjer i bevægelse.

Hvis det hverken er muligt at indhente eksisterende oplysninger om farten eller gennemføre nye målinger, anbefales det at benytte den lokale fartgrænse skønsmæssigt korrigeret for trængselsniveauet på stedet. Det er Vejdirektoratets erfaring, at farten på motorveje med 110 km/h nogle steder kan være en smule højere end fartgrænsen. På motorveje med 130 km/h kan farten derimod være en smule lavere end fartgrænsen.

I en planlægningssituation bør farten justeres baseret på den forventede trafikvækst og trængsel. Det gennemføres bedst på basis af trafikmodelberegninger. Hvis det ikke er muligt, må der foretages en skønsmæssig justering af den gennemsnitlige fart på basis af den aktuelle fart og den forventede

Vejtype	Dag			Aften			Nat		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Køretøjs kategori nr.									
Motorvej uden for København	68	5	4	8	1	1	10	1	2
Motorvej nær København, stor landevej <sup>1)</sup>	71	5	3	8	0	0	11	1	1
Andre landeveje, trafikvej og lokalvej i by	75	6	1	8	0	0	9	1	0
Boligvej	80	3	0	9	0	0	8	0	0

1) inkl. statslige landeveje uden for by

**TABEL 3** Årsdøgntrafik fordelt på længdeklasser og tidsperioderne dag, aften og nat, [%]

trafikvækst. Hvis man ønsker at anvende rejsehastigheder fra trafikmodelberegninger, bør data gennemgås kritisk.

Trafikmodeller opererer som oftest med en rejsehastighed for en strækning, hvor der for eksempel kan være forskellige fartgrænser på forskellige delstrækninger, og rejsehastigheden afspejler ikke altid den reelle gennemsnitsfart. På Vejdirektoratets hjemmeside findes et "hastighedsbarometer", hvor udviklingen i farten af person- og varebiler er vist for syv vejtyper, se [6].

Hvis farten på en bygade eller boligvej ikke er kendt kan man bruge fartgrænsen. Det bevirker ofte en vis, beskedent overestimering af støjbelastningen, og beregningen bliver miljømæssigt "konservativ", fordi trængsel i mange tilfælde bevirker, at den virkelige fart er lavere.

#### 4.5 Placering af støjkilderne

Nord2000 foreskriver støjkilderne placeret 1 m fra køretøjernes midtlinje, i retning mod beregningspunktet. Efter metoden skal støjbidragene beregnes separat for hver vognbane. Det er naturligt at brugeren definerer vognbanens centerlinje, men i beregningerne forudsættes det at støjkilderne er 1 m fra centerlinjen.

Inddata i beregningen er antallet af køretøjer pr. tidsenhed pr. vognbane, og det er en god idé at anvende så detaljerede inddata som muligt, når beregningstiden ikke er et problem. Foretager man tilnærmelser ved at repræsentere flere vognbaner med en enkelt række kilder - for at nedbringe tidsforbruget ved beregningerne - sker det i princippet på brugerens ansvar.

Den nødvendige grad af detaljering afhænger af formålet med beregningen. Ved strategisk eller anden oversigtlig kortlægning som for eksempel med henblik på VVM-undersøgelser af alternative vejprojekter er der delt praksis. Nogle definerer én kildelinje for hele vejen, uanset om det er en motorvej eller en tosporet vej, mens andre definerer en kildelinje for hver retning. Ved detailplanlægning, for eksempel ved fastlæggelse af krav i en lokalplan, er det god praksis at opdele trafikken på hver enkelt vognbane.

Det har især betydning ved brede veje med støjskærme tæt på vejen.

## 5. VEJBELÆGNING

I Nord2000 tages der hensyn til vejbelægningens egenskaber ved at korrigere for dæk/vejbanestøjens afvigelse fra en referencesituation. Ved oversigtlig kortlægning har det hidtil været praksis at forudsætte at belægningen var en tæt asfaltbeton, se Afsnit 5.1.

Hvis man ved, at belægningen er en anden, bør man tage hensyn til det, ligesom man undertiden beregner for en specifik vejsituation i stedet for at beregne årsmiddelværdien af støjniveauet.

Dæk/vejbanestøjen stiger efterhånden som belægningen bliver ældre. Ved beregning af støjbelastningen er det praksis at tage udgangspunkt i egenskaberne midt i belægningens levetid.

### 5.1 Referencesituation

Referencesituationen i Nord2000 er en 8 - 9 år gammel såkaldt "virtuel" belægning, som er gennemsnittet af en skærvemastiksasfalt (SMA 11) og en tæt asfaltbeton (AB 11t), begge med maksimal kornstørrelse 11 mm. Vejbelægningen forudsættes at være tør, og lufttemperaturen at være 20°C i referencesituationen. Niveaue af dæk/vejbanestøjen er højere ved lavere temperaturer og lavere ved højere temperaturer. Og dæk/vejbanestøjens niveau er højere når vejoverfladen er våd end når den er tør.

### 5.2 Almindelige vejbelægninger

Når der ikke er ønske om at bruge støjreducerende vejbelægning anvender Vejdirektoratet normalt et standardslidlag af typen skærvemastiksasfalt eller asfaltbeton. Det samme gør de fleste kommuner. På landeveje bruges mest belægninger med 11 mm maksimal kornstørrelse, mens det i byområder er almindeligt at udlægge slidlag med 8 mm maksimal kornstørrelse.

I Danmark har det hidtil været almindeligt at tage udgangs-

punkt i en tæt asfaltbeton (AB 11t). Der udlægges i stigende omfang skærvemastiksasfalt (SMA), som er mere modstandsdygtig over for sporkøring. Det anbefales fremover at forudsætte SMA 11, med mindre man har konkret viden om, at vejbelægningen er en anden.

I de senere år er det blevet mere og mere almindligt at bruge støjrreducerende slidlag (SRS) med maksimal kornstørrelse på ned til 6 mm og med lidt mere åben overfladestruktur end standardslidlag.

### 5.3 Støjklasser

I anden generation af det såkaldte SRS-system [7] - [8] kræves der en støjrreduktion på mindst 4,0 dB i forhold til den "virtuelle" referencebelægning i Nord2000, når belægningerne er nye, for at et slidlag kan karakteriseres som et støjrreducerende slidlag af standardtypen.

Producenten kan da deklarere sit produkt som et støjrreducerende slidlag "SRS standard". Systemet definerer en type "SRS speciel" til brug i tilfælde hvor der er særligt behov for større støjrreduktion. Denne type skal overholde et krav om mindst 7,0 dB støjrreduktion når belægningerne er nye. Et så højt støjkrav kan kun overholdes af særlige typer belægning, som udføres inden for foreskrevne snævre tolerancer, og vedligeholdes sådan at støjdæmpningen opretholdes. SRS-systemet er baseret på støjniveauet ved nye belægninger, mens referencen er den samme som i Nord2000, altså 8 - 9 år gammel. Beregninger af støjbelastningen fra trafikken bør som nævnt baseres på belægningens gennemsnitlige egenskaber over dens levetid og støjrreduktionen vil være mindre end SRS-systemets 4 dB eller 7 dB. Vi kender endnu ikke langtidseffekten, men der arbejdes videre med det, og resultaterne vil løbende blive formidlet blandt andet via Vejdirektoratets hjemmeside.

### 5.4 Korrektion for vejbelægning

Nord2000 skelner mellem motorstøj og dæk/vejbanestøj. Motorstøjen forudsættes ikke at være påvirket af vejbelægningen, idet vi i Danmark endnu ikke bruger drænasfalt, som kan absorbere noget af motorstøjen. Motorstøjen påvirkes

derimod af køremåden, se under specielle procedurer i Afsnit 10.

Nord2000 indeholder en korrektion  $\Delta L_{\text{Road}}$  for vejbelægningens egenskaber, givet ved udtrykket (1). Korrektionen har et led, RS, der tager højde for typen af slidlag, og et andet et andet led, CS, der tager højde for den maksimale kornstørrelse, CS i mm, i intervallet 8-16 mm. I Nord2000 er værdien af RS givet for tæt asfaltbeton (RS = -0,3 dB) og for skærvemastiksasfalt (RS = +0,3 dB) [9], men ikke for andre typer belægning.

$$\Delta L_{\text{Road}} = RS + 0,25 (CS - 11) \text{ dB} \quad (1)$$

Tabel 4 viser anbefalede korrektioner for nogle forskellige danske vejbelægningers støjmæssige egenskaber. De angivne korrektioner omfatter andre forhold end typen og den maksimale kornstørrelse, og de erstatter korrektionen givet i udtrykket (1).

Ved beregning af årsmiddelværdier af støjniveauet bør man nemlig ud over belægningens type og maksimale kornstørrelse tage hensyn til at lufttemperaturen i Danmark i gennemsnit er 8 - 9 °C og at vejbelægningen i en del af året er våd. Man kan med tilnærmelse tage højde for begge disse forhold ved at korrigere dæk/vejbanestøjen med mellem +0,5 og +1 dB, afhængig af vejoverfladens karakter [10].

Tabel 4 giver vejledende værdier af  $\Delta L_{\text{Road, DK}}$  til brug ved beregning af årsmiddelværdien af dæk/vejbanestøjens niveau i en dansk belægnings levetid. Disse værdier omfatter den kombinerede virkning af slidlagets type og kornstørrelse, af vand på overfladen og af temperaturens afvigelse fra 20°C<sup>2)</sup>. Korrektionerne kan som tilnærmelse forudsættes at være den samme for lette og tunge køretøjer. De kan bruges når der ikke findes anden dokumentation for belægningens egenskaber.

Når værdien af  $\Delta L_{\text{Road, DK}}$  anvendes, bliver det beregnede niveau af dæk/vejbanestøjen for eksempel 1,1 dB højere end når man forudsætter tør asfaltbeton AB 11t og en lufttemperatur på 20°C.

Slidlag	ABS 16	OB 11	SMA 11	AB 11t	AB 8t	Standard SMA 8	Standard SRS*)
$\Delta L_{\text{Road, DK}}$ [dB]	3,4	2,1	1,4	0,8	0,1	0,7	-1,0

\*) Standard SRS-typer er: AB 8å, AB 6å, SMA 8, alle med tilføjelsen SRS til betegnelsen, samt SMA 6+8, SMA 6+11 og TB 6k [8]

**TABEL 4** Vejledende værdier af korrektionen  $\Delta L_{\text{Road, DK}}$  af dæk/vejbanestøj for forskellige vejbelægningstyper, vurderet som et gennemsnit over belægningernes levetid samt under hensyntagen til de gennemsnitlige årlige vejforhold i Danmark, se også teksten

<sup>2)</sup> En del af korrektionen skyldes ikke vejbelægningen men det gennemsnitlige vejr. Det er imidlertid mest praktisk at korrigere for dette her

## 6. VEJRDATA

Som grundlag for at fastlægge det gennemsnitlige støjniveau over et gennemsnitsår beregnes støjniveauet som det er under forskellige vejforhold. Disse støjniveauer kombineres under hensyntagen til, hvor længe de pågældende vejforhold forekommer i løbet af et meteorologisk referenceår. Vejforholdene karakteriseres ved 9 forskellige vejklasser, og hyppigheden hvormed disse klasser forekommer i hver af perioderne dag, aften og nat er angivet i Appendiks 2.

Ved støjkortlægning af store områder bliver beregningerne langvarige, og ved strategisk kortlægning eller kortlægning til brug for VVM i områder uden for tæt bymæssig bebyggelse kan man nøjes med at beregne støjniveauet for hver af fire forskellige vejklasser (M 8, M 13, M 18 og M 24) for at få et overblik over støjbelastningen af vejenes omgivelser, se også [3]. I tæt bymæssig bebyggelse kan man nøjes med at beregne for en enkelt vejklasse (M 13). Dette sidste gælder også ved detaljerede beregninger, for eksempel i forbindelse med lokalplanlægning.

Tæt bymæssig bebyggelse er i denne sammenhæng defineret som bebyggelse med bygninger i mere end to etager, hvor mere end 80 % af terrænet er akustisk hårdt (klasse G eller hårdere, se Afsnit 7) og hvor bebyggelsesprocenten er over 80 %.

Vinden blæser i Danmark hyppigere fra V og SV end fra Ø og NØ. Derfor er årsmiddelværdien af støjindikatoren  $L_{den}$  ved en nord-sydgående vej i et plant, åbent terræn ca. 2 dB højere 300 m øst for vejen end 300 m vest for vejen.

## 7. TERRÆN

Terrænets form og overfladens egenskaber kan være afgørende for resultatet af en beregning med Nord2000. I praksis bruges digitale højdedata for terræn og bygninger. Der bruges data fra forskellige kilder, herunder Kort- og Matrikelstyrelsen, Bygnings- og Boligregistret (BBR) og kommunernes digitale modeller.

### 7.1 Terrænets form

Det er almindeligt at beregningsprogrammet forud for beregningen forenkler de digitale modeller ved hjælp af

funktioner indbygget i programmet. Det nedbringer beregningstiden.

Den virkelige terrænoverflade mellem kilde og beregningspunkt repræsenteres ved et begrænset antal plane terrænsegmenter. Det er ikke muligt at give konkrete, dækkende anvisninger på, hvordan denne forenkling skal foretages. Ansvar for, at forenklinger af modellernes data ikke fører til ubrugelige resultater, ligger i sidste ende hos brugeren af software og digitale højdemodeller. Det er god praksis at kvalitetssikre de resulterende inddata om terræn og bygninger ved visuel inspektion af 3-D modeller, der kan drejes rundt og iagttages fra forskellige sider.

Til mange formål er detaljeringsgraden i "Top10-dk" tilstrækkelig. Det gælder for eksempel strategisk støjkortlægning. I situationer med kompliceret terræn og ved beregning af støj i et støjbelastet lokalplanområde bør der benyttes mere detaljerede oplysninger om terrænet.

### 7.2 Typer af terrænoverflade

Terrænoverfladen er i Nord2000 defineret ved en parameter, som beskriver porøsiteten (strømningsmodstanden) af hvert segment af terrænet, og en anden parameter (benævnt "roughness") der angiver hvor ujævn overfladen er ud over den ujævnhed, som rækken af terrænsegmenter definerer. Der er begrænset kendskab til virkningen af segmenternes ujævnhed, og det anbefales indtil videre altid at sætte værdien af roughness-parameteren til nul.

Nord2000 definerer 8 klasser (A - H) af overflade med hver sin grad af porøsitet [1]. Ved kortlægning skelnes der kun mellem akustisk "blødt" terræn (klasse D) og akustisk "hårdt" terræn (klasse G). Terrænet i tæt bymæssig bebyggelse (se Afsnit 6), veje, vandoverflader mv. forudsættes da at være hårdt, øvrige flader (jord med eller uden græsbevoksning, skovbund mv.) at være bløde. Bedømmelsen af overfladerne kan baseres på luftfotografier.

Det er årsmiddelværdien af terrænoverfladens egenskaber, der skal regnes med. Der findes metoder til at måle strømningsmodstanden som kan bruges i sjældne tilfælde. Man kan nemlig ikke se på en overflade, hvor "blød" den er.

## 8. REFLEKSIONER

### 8.1 Generelt

Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for trafikstøj gælder udendørs i frit felt. Ved beregning af støjbelastningen af boliger og friarealerne omkring dem skal man fastlægge  $L_{den}$  og  $L_{night}$  af det "indfaldende lydfelt", dvs. af den lydenergi der rammer en boligs facade. Lydenergi reflekteret fra boligens facade skal udelades af beregningen, og det beregnede støjniveau er dermed mindre end det støjniveau, der kan måles ved boligen.

Ved boliger placeret i nærheden af andre bygninger medregnes lyd reflekteret fra de andre bygninger, mens lyd reflekteret fra boligens egen facade udelades.

Det er almindelig praksis at brugere af software overlader ansvaret for udeladelsen af denne reflekterede lyd til programudvikleren og anvender dennes løsning på hvordan det gøres i praksis. En ofte brugt løsning er at medtage refleksioner fra samtlige facader og derpå fastlægge niveauet i frit felt som det beregnede niveau ved boligen minus 3 dB.

Det er mest almindeligt at forudsætte at facaders refleksionskoefficient er 0,8 ved beregning af det reflekterede lydbidrag. Det svarer til et tab i lydenergi på 1 dB ved refleksionen.

### 8.2 Antal refleksioner

Beregningsmetoden Nord2000 giver ikke forskrifter for hvor mange gentagne refleksioner, der skal medtages i beregningen. Principielt så mange som muligt, men jo højere ordens refleksioner man regner med, jo længere varer beregningen uden at nøjagtigheden nødvendigvis forbedres.

I tæt bymæssig bebyggelse med mange reflekterende flader har antallet af refleksioner der medregnes stor betydning for resultatet. Det gælder især ved beregning af støjniveauer i side- og parallelgader og i gårdrum. Ifølge [1] bør man "ideelt" medtage mindst 5. ordens refleksioner, men det er sjældent at beregninger gennemføres med højere end 3. ordens refleksioner, og da kun for små områder med tæt bymæssig bebyggelse. Det er vist, at hvis man kun medtager op til 2. ordens refleksioner er der risiko for at undervurdere

støjniveauerne med mindst 2 dB, og hvis der alene medregnes 1. ordens refleksioner med 5 dB eller mere i forhold til niveauer beregnet med 3. ordens refleksioner [11].

Det anbefalede antal refleksioner  $n$  er:

1. Ved punktberægning i tæt bymæssig bebyggelse (se Afsnit 6):  $n \geq 5$
2. Ved detaljeret kortlægning i tæt bymæssig bebyggelse (se Afsnit 6), hvor man alene beregner lydudbredelse for én vejklasse:  $n \geq 3$
3. Ved støjkortlægning uden for tæt bymæssig bebyggelse:  $n \geq 3$
4. Ved overslagsberegning/strategisk kortlægning:  $n \geq 1$

### 8.3 Antal reflekterende flader

Ud over antallet af gentagne refleksioner er antallet af reflekterende flader der tages med i beregningen vigtigt for beregningstiden. Reflekterende flader meget langt fra både beregningspunkt og støjkilde bidrager kun lidt til den samlede støjbelastning sammenlignet med den direkte lyd og med bidrag fra refleksioner fra flader tæt på beregningspunktet eller støjkilden.

I praksis indgår de fundne vejstrækninger op til en vis radius fra beregningspunktet når det skal fastlægges, hvilke refleksioner der skal indgå i beregningen. Den anvendte software skal identificere reflekterende flader inden for en vis afstand fra beregningspunktet og fra hver delstrækning/kildepunkt af vejen. Hvis refleksionen fra en af disse flader når til beregningspunktet skal programmet medtage bidraget i beregningen. I byområder søges der i praksis ofte efter reflektorer placeret op til 200 m fra beregningspunktet og op til 50 m fra hvert kildepunkt. Det er heller ikke her muligt at give faste regler, og brugeren af beregningsprogrammet må i hvert enkelt tilfælde bedømme hvor mange reflektorer det er nødvendigt at regne med.

En delstrækning af en vej kan være meget lang, hvis den er langt fra beregningspunktet og vejen opdeles i delstrækninger der dækker det samme vinkelområde set fra beregningspunktet. En delstrækning repræsenteres ved et enkelt kildepunkt. Det kan derfor være ret tilfældigt om en reflekterende flade bliver fundet i nærheden af kildepunktet eller ikke bliver fundet. Men risikoen for at lyd reflekteret fra en sådan flade bidrager væsentligt til støjniveauet er lille, og det er ikke nødvendigt at søge efter reflekterende flader lige så langt fra beregningspunktet som det er nødvendigt at søge efter dele af vejen der giver direkte lydbidrag.

#### REFLEKSIONER

En "1. ordens refleksion" forekommer, når lyden på sin vej mellem kilde og beregningspunkt reflekteres fra én flade. En "2. ordens refleksion" forekommer, når lyden på sin vej har ramt to flader



## 9. STØJ TRANSMITTERET GENNEM FACADE OG TAG

For blandt andet at opfylde krav i lokalplaner i tætte byområder kan det komme på tale at beregne støjniveauet indendørs. For eksempel kan en lokalplan kræve: "Før ny bebyggelse påbegyndes, skal der udarbejdes støjberegninger som godtgør, at støjniveauet inden døre ikke overstiger 30 dB(A)."

Det blev med Miljøstyrelsens Vejledning Nr. 4/2007 muligt at planlægge ny støjisolerede boliger i støjbelastede områder, blandt andet på betingelse af at støjniveauet indendørs med åbne vinduer højst er på 46 dB.

Både det administrative og selve beregningen af støjniveauet indendørs er behandlet i Orientering nr. 46 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger [12]. Som udgangspunkt beregnes frit-felts-niveauet uden for bygningen i det højest placerede af følgende punkter: a) 2 m over gulvet i det på gældende rum eller b) 2/3 oppe på vinduet.

Det anbefales at beregne i 1/3-oktav frekvensbånd og derpå summere de beregnede indendørs A-vægtede støjniveauer på energibasis.

Som parametre i beregningen indgår arealet og lydreduktionsstallet for hver bygningsdel (vinduer/døre, tag og ydervæg) samt rummets volumen og dets såkaldte absorptionsareal. Lydreduktionsstal kan findes på vinduesfabrikanternes hjemmesider og via referencer i [12]. Absorptionsarealet afhænger af rummets efterklangtid. Den kan for almindelige beboelsesrum med tilnærmelse antages at være 0,5 sekund. Man kan eventuelt måle absorptionsarealet (efterklangtiden) hvis rummet allerede eksisterer eller estimere det i 1/1-oktavbånd ved hjælp af tabeller i [13].

## 10. SPECIELLE PROCEDURER

### 10.1 Kryds og rundkørsler

Kildemodellen i Nord2000 [9] angiver at man i specielle tilfælde kan tage hensyn til, at køretøjerne ved kryds og rundkørsler ikke kører med konstant fart, men i forskelligt omfang accelererer og decelererer. Som en praktisk fremgangsmåde foreslås, at man i bymæssig bebyggelse hvor der er lav trafikintensitet for tunge køretøjer regner med en fart på 30 km/h omkring kryds uden lysregulering og i rundkørsler. Er der derimod lysregulering eller tæt trafik kan man i stedet 100 m før og efter kryds/rundkørsel regne med farten 50 km/h eller regne med 30 km/h og korrigerer motorstøjen med +3 dB svarende til acceleration med 0,5 m/s<sup>2</sup>.

Ved detaljerede undersøgelser af støjen ved en konkret bebyggelse i nærheden af et kryds eller en rundkørsel anbefales det at måle fart og acceleration som grundlag for

beregningen. Nye målinger udført af Vejdirektoratet ved landeveje har indikeret 3-5 dB lavere støjniveauer nær ved (ca. 25 m fra) vejkryds efter at de blev ombygget til rundkørsler [14].

Ved strategisk støjkortlægning anbefales det at undlade at tage sådanne hensyn. Den mest almindelige praksis blandt danske brugere af Nord2000 er at ignorere tilstedeværelsen af kryds og rundkørsler, men det er et felt præget af usikkerhed. Nogle vælger at indsætte køretøjernes fart som den er bestemt i en trafikmodel, men det kan ikke anbefales. Denne fart er nemlig den gennemsnitlige rejsefart mellem knudepunkter i modellen, ikke den aktuelt forekommende fart i nærheden af kryds eller rundkørsel. Andre anvender den "dimensionerende fart" i rundkørslen, ofte 30 km/h.

### 10.2 Dimensionering af skærme

Efter indførelsen af Nord2000 som beregningsmetode og årsmiddelværdien af  $L_{den}$  som målestørrelse for trafikstøj konstaterede Vejdirektoratet at støjskærme tilsyneladende havde mindre virkning end hidtil antaget. Det førte til et udredningsarbejde hvis resultater er dokumenteret i [15].

Målet med den nævnte rapport er at give planlæggere og teknikere et værktøj til at bedømme, hvornår man kan regne med at en støjskærm vil virke effektivt. Eller omvendt at klarlægge, hvornår det vil være urealistisk at forvente nogen særlig virkning af at opføre en støjskærm.

Et hovedresultat var, at man under den teoretiske forudsætning, at en skærm er uendeligt lang får en virkning på omkring 2 dB dæmpning pr. meter effektiv højde af skærmen op til 4 m, og omkring 1 dB mere pr. meter over 4 m. Det gælder ved en motorvej. Ved en landevej med to spor er dæmpningen 3 - 5 dB større fordi kilderne dér er nærmere ved skærmen.

Men en skærm er ikke uendeligt lang, og en del af støjen går uden om skærmens ender. Derfor er skærmens virkning mindre, afhængigt af den vinkel som skærmen dækker. På Vejdirektoratets hjemmeside findes en "viewer" (søg på "Støjviewer"), som anskueliggør virkningen af at vælge forskellige højder eller længder af en støjskærm.

En delkonklusion i [15] er, at hvis man vil bedømme virkningen af en skærm ud fra en beregning med kun en enkelt kildelinje, som skal repræsentere køretøjer i flere vognbaner, bør man placere kilden mellem de to fjerneste vognbaner. For en tosporet vej svarer dette til vejmidten.

Selv om man indleder sin vurdering af trafikstøjen med en overslagsberegning bør den endelige dokumentation af støjbelastningen baseres på en støjberegning som opfylder kravene i Afsnit 11.

## 11. DOKUMENTATION

Forudsætningerne for og resultaterne af beregninger af trafikstøj bør dokumenteres i en rapport udarbejdet i overensstemmelse med retningslinjerne i Orientering nr. 44 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger [16].

Rapporten bør vedlægges kopi af filer med nødvendige og tilstrækkelige data til entydig definition af forudsætningerne for beregningerne, herunder inddata, anvendt software og versions ID samt de valgte beregningsparametre såsom maskevidde af beregningsnetværk, antal refleksioner etc. Målet er at en anden bruger af beregningsprogrammet skal kunne gentage beregningerne og opnå det samme resultat.

Styringsgruppen for Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for støjmålinger har etableret en certificeringsordning for blandt andet at sikre at sikre kvaliteten af beregninger af støj fra vejtrafik [17]. Ordningen omfatter krav til kvalifikationer hos personer der udfører beregningerne og krav til rapporteringen af resultaterne. På Referencelaboratoriets hjemmeside findes en liste over personer som er certificeret og laboratorier som er akkrediteret til at udføre den type beregninger.

## 12. NØJAGTIGHED

Når alle inddata er i orden, når data behandles korrekt og når metoden i øvrigt bruges i overensstemmelse med forskrifterne bliver usikkerheden på et beregnet støjniveau omkring 2 dB, se også Appendiks 3.

### 12.1 Bedømmelse af usikkerhed

Brugervejledningen [1] anviser en metode til at bedømme usikkerheden på et konkret beregningsresultat. De følgende retningslinjer er mere overordnede.

Data om støjklenderne er udledt af energimiddelværdier af målte dosisniveauer (sound exposure levels,  $L_{AE}$ ) af støjen fra køretøjer i frit flydende trafik, og for den type støjklender er standardusikkerheden mindre end 1 dB [1].

Udbredelsesmodellen blev valideret ved at sammenligne beregnede støjdæmpninger med "sande" værdier, enten målte værdier eller værdier beregnet ved hjælp af såkaldte "reference"-beregningsmodeller [18]. I punkt-til-punkt beregninger for specifikke vejsituationer var standardusikkerheden på de beregnede totale A-vægtede støjniveauer omkring 1 dB i afstande op til 400 m. Ved større afstande (op til 1000 m) i plant terræn uden skærme var standardafvigelsen på de individuelle forskelle omkring 2 dB. Resultaterne må forventes at være mere nøjagtige ved beregning af

det samlede niveau fra alle kilderne på en hel vejstrækning end ved en punkt-til-punkt beregning. Beregningen af årsmiddelværdier af  $L_{den}$  blev valideret ved sammenligning med resultater af referenceberegninger. For afstande op til 300 m var den gennemsnitlige afvigelse under 0,5 dB og standardafvigelsen på forskellene var mindre end 1 dB.

### 12.2 Krav til inddata

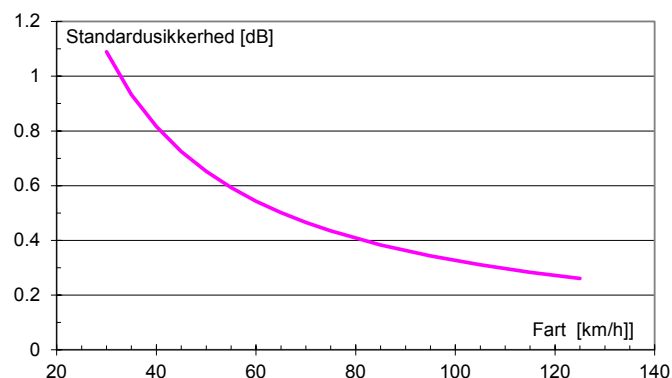
Der bør stilles krav til inddata baseret på det følgende.

En ændring på  $\pm 10\%$  af trafikens intensitet eller sammensætning svarer til en ændring af ækvivalentniveauet på 0,5 dB, og en ændring på  $\pm 5\%$  svarer til en ændring på 0,2 dB.

En standardusikkerhed på køretøjernes fart på 3 km/h fører til en standardusikkerhed på ækvivalentniveauet som vist i Figur 4.

En ændring af afstanden fra vejen på  $\pm 10\%$  giver en ændring af ækvivalentniveauet på 0,5 dB og en ændring på  $\pm 5\%$  en ændring på 0,2 dB.

Ændres en lille højde over terrænet af enten vej eller beregningspunkt med  $\pm 0,2$  m giver det en ændring af ækvivalentniveauet på 0,5 dB, og  $\pm 0,1$  m ændring giver 0,2 dB. Resultater fra beregningspunkter mindre end 1,5 m over terrænet er usikre.



FIGUR 4 Standardusikkerhed på ækvivalentniveauet ved 3 km/h standardusikkerhed på farten

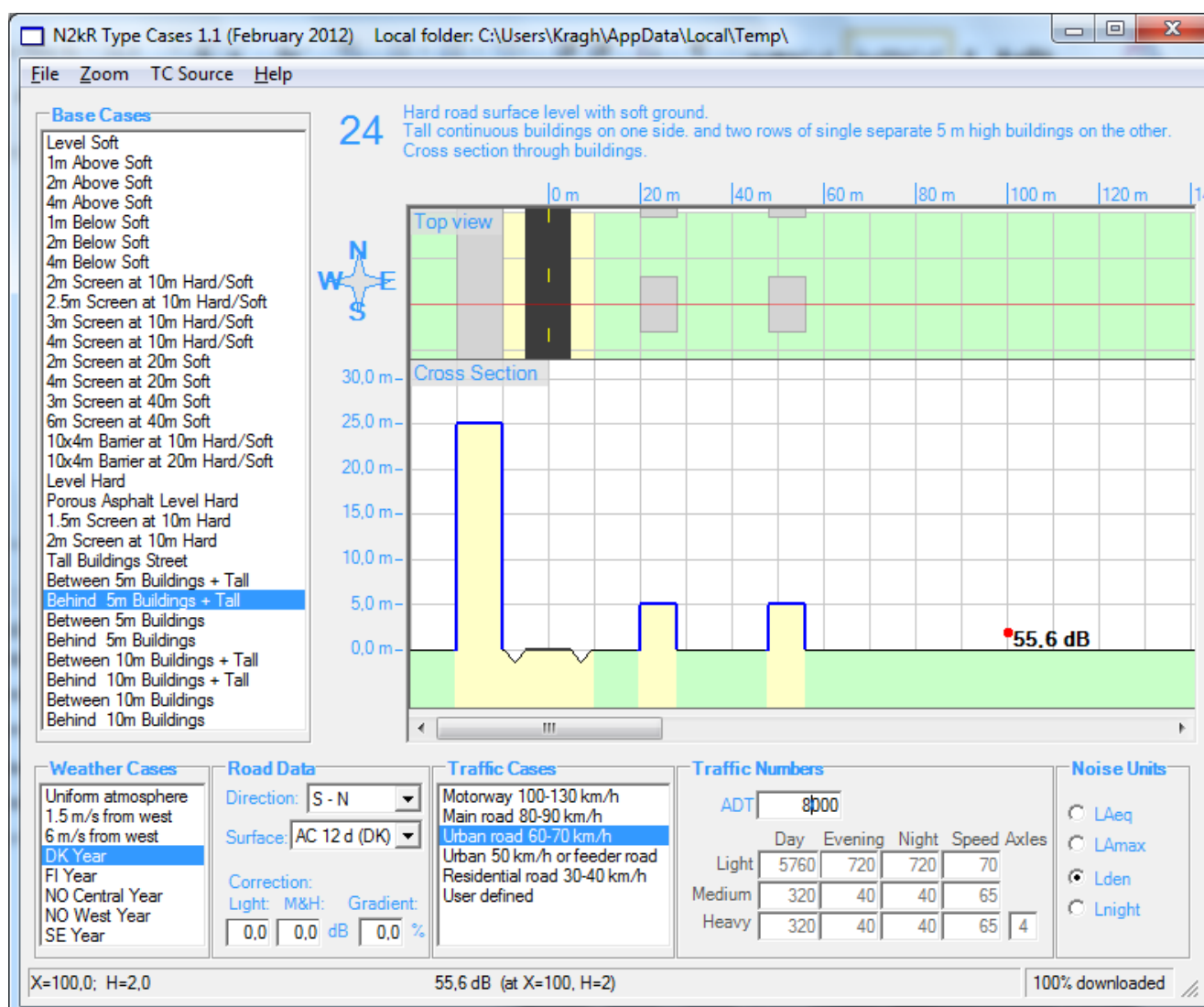
### 13. OVERSLAGSBEREGNING I TYPETILFÆLDE

Der findes et værktøj til overslagsberegning. Det er baseret på opslag i tabeller som på forhånd er gennemregnet for nogle typiske tilfælde og kan downloades fra SINTEFs hjemmeside [5].

Ved hjælp af programmet kan man beregne støjniveauet i et udvalgt punkt placeret op til 500 m fra vejen og op til 30 m over det omliggende terræn. Alle de gennemregnede typetilfælde er 2-D situationer, så der er regnet med uendeligt lange skærme. Skærme med endelig længde er mindre effektive, se [15].

Et lodret snit vinkelret på vejen fylder det meste af programmets brugerflade, se Figur 5 øverst til højre. Beregningen foregår ved at man klikker med musen på det valgte punkt, og så vises det beregnede støjniveau på skærmen. Beregningspunktets afstand (x) fra vejmidten og dets højde (H) over terrænet vises nederst til venstre.

Den øverste venstre del af Figur 5 viser en liste med i alt 30 forskellige tværsnit, mens man i den nederste del kan vælge hvilke vejrforhold og hvilken trafik man ønsker at beregne for. Nederst til højre kan man markere om man ønsker resultatet udtrykt som ækvivalentniveau for 24 timer  $L_{Aeq,24}$



FIGUR 5 Overslagsmetodens brugerflade. Eksemplet viser et tværsnit mellem 5 m høje bygninger på vejen ene side og en 25 m høj bygning på vejen anden side

eller for natperioden  $L_{\text{night}}$ , eller som  $L_{\text{den}}$  med vægtning af niveauerne i aften- og natperioden. Man kan også vælge det maksimale støjniveau fra en enlig passage af et køretøj af den mest støjende kategori.

Tabel 5 viser en oversigt over typetilfælde omfattet af overslagsmetoden.

Typetilfældene er gennemregnet for følgende vejsituationer:

1. Retlinet lydudbredelse ("neutral" atmosfære, ingen virkning af vejret)
2. Vestlig vind med hastighed 1,5 m/s eller 6 m/s
3. Gennemsnit over året: dansk, finsk, norsk (vest eller centralt) eller svensk

For hvert af tilfældene 2) - 3) kan man vælge vejens retning i forhold til nord-syd, i intervaller på 45°. Derved kan man

beregne for forskellige grader af med- og modvind for lydens udbredelse.

Brugeren skal i alle tilfælde definere årsdøgntrafikken (ADT = average daily traffic). De øvrige parametre kan defineres ved at vælge mellem følgende på forhånd definerede type-tilfælde:

1. Motorvej med fartgrænse 100 - 130 km/h
2. Hovedvej med fartgrænse 80 - 90 km/h
3. Bygade med fartgrænse 60 - 70 km/h
4. Bygade eller fordelingsvej med fartgrænse 50 - 60 km/h
5. Boligvej med fartgrænse 30 - 40 km/h eller
6. Brugedefineret trafikmængde, sammensætning og fart

Vælges den sidstnævnte mulighed, skal brugeren definere trafikens fordeling på kategorierne af køretøjer i hvert af tidsrummene dag, aften og nat, samt angive gennemsnitsfarten for hver kategori og antallet af aksler på køretøjer af kategori 3.

Typetilfælde		
1	Vej på porøst terræn, uden skærm	plant terræn / vej over/under omliggende terræn
2	Vej på porøst terræn og på kombineret hårdt/porøst terræn:	tynd/tyk skærm langs vej
3		bygninger langs vejen
4	Vej på hårdt terræn	uden og med skærm

**TABEL 5** Oversigt over typetilfælde i overslagsmetoden

## REFERENCER

- [1] User's Guide Nord2000 Road, udgivet af DELTA, SINTEF, SP, VTT og Vejdirektoratet, 2006. Kan downloades fra: [www.delta.dk](http://www.delta.dk). Se også Vejdirektoratets rapport 339.
- [2] Støj fra veje, Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4 2007
- [3] Bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner, Bekendtgørelse nr. BEK nr 1309 af 21/12/2011
- [4] Støjkortlægning og støjhandlingsplaner, Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4 2006
- [5] [www.sintef.no](http://www.sintef.no); søg på "N2kR"
- [6] [http://vejdirektoratet.dk/DA/viden\\_og\\_data/statistik/trafikken%20i%20tal/hastigheder/Sider/Hastighedsbarometer.aspx](http://vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/statistik/trafikken%20i%20tal/hastigheder/Sider/Hastighedsbarometer.aspx)
- [7] SRS systemet: Veje - vejkonstruktioner, 2. generations-system for dokumentation af støjreducerende slidlag "SRS", Vejregelforberedende rapport <http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?docId=vd-20101209092742647-full&q=SRS>
- [8] Støjreducerende slidlag (SRS) - Særlig arbejdsbeskrivelse (SAB-P) <http://vejregler.lovportaler.dk/showdoc.aspx?docId=vd-20101209092742943-full>
- [9] Hans G. Jonasson, Acoustic Source Modelling of Nordic Road Vehicles, SP Rapport 2006:12, Energy Technology, Borås 2006
- [10] Årsmiddelværdi af støj udsendt af vejtrafik, DELTA Rapport AV1670/02, revideret 15. januar 2004
- [11] Reduction of Nord2000 calculation time, Rapport nr. 23 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Hørsholm 2010
- [12] Indendørs støjniveau med åbne vinduer, Orientering nr. 46 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Hørsholm 2012
- [13] EN ISO 10052:2004, Acoustics - Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound - Survey method
- [14] Gilles Pigasse, Bent Andersen, Hans Bendtsen, Støj-mæssige konsekvenser af ombygningen af rundkørsler. Trafik og Veje Februar 2013
- [15] Effektiv planlægning af skærme mod trafikstøj, Støj-skærmes virkning på årsmiddelværdier, VD Rapport 196/2011
- [16] Rapportskabelon til "Miljømåling – trafikstøj", Orientering nr. 44 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Hørsholm 2012
- [17] Kvalitetskrav til "Miljømåling - Ekstern støj" og til "Miljømåling - trafikstøj", Udredning fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, RL 20/96, Hørsholm 2010
- [18] B. Plovsing, Nord2000. Validation of the Propagation Model, DELTA Report AV 1117/06, Hørsholm 2006

## APPENDIKS 1

### Trafiksammensætning

Dette appendiks supplerer Afsnit 4.3 med mere detaljerede vejledende data om trafikens sammensætning på forskellige typer af veje. Ligesom fordelingerne i Tabel 3 på side 11 kan de vejledende fordelinger bruges når der ikke kan fremskaffes detaljerede trafikdata data for den konkrete vej. Grundlaget for de vejledende trafikdata er timeopdelte tællinger fra 400 permanente tællestationer og manuelle 60-punktstællinger udført i 2010 på det statslige vejnet, suppleret med data fra Vejdirektoratets faktorsystem og trafikindeks.

Der er ikke fuld konsistens mellem klassifikationen af køretøjer baseret på deres længde og på deres type. Eksempelvis indeholder køretøjer i længdeklassen mellem 5,8 m og 12,5 m følgende typer køretøjer: person- og varebiler med trailer/campingvogn, større varebiler, lastbiler og busser. Klassifikationen baseret på kategorien af køretøj giver en bedre beskrivelse af trafikken, men det kan være vanskeligt at fremskaffe resultater af tællinger baseret på denne klassifikation. Længdeklassifikation er den mest almindelige metode i Danmark, og det anbefales at bruge denne klassifikation som grundlag for trafikoplysningerne.

### Køretøjskategorier ud fra årsdøgntrafik

Tabel 6 viser trafikens fordeling på kategorier af køretøj for et årsdøgn opdelt på forskellige vejtyper.

Vejtyperne er dannet med udgangspunkt i den opdeling, som anvendes af Vejdirektoratet i Trafikindekset og 60-punktstællingerne. Motorveje opdeles geografisk, da der eksempelvis er stor forskel i trafikens sammensætning mellem indfaldsveje til København og motorveje i den øvrige del af landet.

Landeveje er opdelt i tre kategorier. De store landeveje er typisk dele af det rutenummererede vejnet og betjener primært den regionale og overordnede trafik. De små landeveje betjener udelukkende den lokale trafik og har typisk en døgntrafik på under 500 biler. De mellemstore landeveje betjener en del regionaltrafik og har typisk en døgntrafik på omkring 2.000 biler. Veje i byområder opdeles i trafikveje, lokalveje og boligveje, hvor trafikveje er de store fordelingsveje og gennemgående veje i byområdet.

### Køretøjskategorier ud fra timebaseret tælling af antal

Hvis der foreligger en tælling, som kan bruges til at fordele trafikken på de tre tidsintervaller (dag, aften og nat), men fordelingen på de tre længdeklasser ikke er målt, kan de vejledende værdier i Tabel 7 bruges til fordeling af årsdøgntrafikken på længdekategorier i dag-, aften og natperioderne. Tabellen er dannet på basis af permanente tællinger fra 2010.

Vejtype	Kategori køretøj Længdeklassifikation		
	< 5,8 m	5,8 - 12,5 m	> 12,5 m
Motorvej nær København	93	4	3
Motorvej, Sjælland	87	6	7
Motorvej, Fyn og Jylland	84	7	9
Stor landevej	90	7	3
Mellemstor landevej	90	8	2
Lille landevej, se Tabel 2	89	9	2
Statslig landevej uden for by	87	8	5
Trafikvej i by	93	5	2
Lokalvej i by	94	5	1
Boligvej, se Tabel 2	97	3	0

**TABEL 6** Trafikkens sammensætning over et årsdøgn, [%].  
Kilde: Permanente tællinger og 60-punktstællinger fra 2010

Vejtype	Kategori køretøj								
	0 - 5,8 m			5, 8 - 12,5 m			Over 12,5 m		
	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat
Motorvej nær København	93	95	93	4	3	4	3	2	3
Motorvej, Sjælland	88	87	80	6	5	7	6	8	13
Motorvej, Fyn og Jylland	85	86	75	7	5	9	8	9	16
Stor landevej	90	93	89	7	5	7	3	2	4
Mellemstor landevej	90	94	89	8	5	8	2	1	3
Lille landevej, se Tabel 2	89	93	88	9	6	9	2	1	3
Statslig landevej uden for by	88	92	84	8	5	9	4	3	7
Trafikvej i by	93	95	92	5	3	5	2	2	3
Lokalvej i by	93	96	91	6	3	7	1	1	2
Boligvej, se Tabel 2	97	99	98	3	1	2	0	0	0

**TABEL 7** Nedbrydning af tidsopdelt årstdøgntrafik til længdeklasser, [%].  
Kilde: Permanente tællinger fra 2010

#### Årstdøgntrafik fordelt på tidsperioder og længdeklasser

Hvis der alene foreligger en døgnmåling, f.eks. ÅDT for vejstrækningen, kan den nedbrydes på køretøjskategorier og tidsperioder ved hjælp af Tabel 8. Men hvis man kender fordelingen af trafikken over døgnets timer, bør Tabel 7 anvendes frem for Tabel 8.

Tabel 8 viser, hvordan årstdøgntrafikken typisk er fordelt over tidsperioder og køretøjskategorier for forskellige vejtyper og er dannet på basis af permanente tællinger fra 2010.

Vejtype	Kategori køretøj								
	Dag			Aften			Nat		
	< 5,8 m	5,8-12,5 m	> 12,5 m	> 5,8 m	5,8-12,5 m	> 12,5 m	< 5,8 m	5,8-12,5 m	> 12,5 m
Motorvej nær København	70,6	3,2	2,3	8,5	0,2	0,2	13,9	0,6	0,5
Motorvej, Sjælland	68,2	4,5	4,4	7,9	0,5	0,8	10,9	1,0	1,8
Motorvej, Fyn og Jylland	68,0	5,5	6,5	7,5	0,5	0,8	8,5	1,0	1,7
Stor landevej	72,7	5,8	2,4	7,5	0,4	0,1	9,8	0,8	0,5
Mellemstor landevej	73,4	6,9	1,6	7,9	0,4	0,1	8,7	0,7	0,3
Lille landevej, se Tabel 2	73,4	7,7	1,6	7,7	0,5	0,1	7,9	0,8	0,3
Statslig landevej uden for by	69,4	6,5	3,8	7,5	0,4	0,3	10,1	1,1	0,9
Trafikvej i by	74,8	4,2	1,6	8,5	0,3	0,1	9,7	0,5	0,3
Lokalvej i by	77,3	4,1	0,7	8,5	0,3	0,1	8,2	0,6	0,2
Boligvej, se Tabel 2	79,8	2,8	0,0	9,3	0,1	0,0	7,9	0,1	0,0

**TABEL 8** Fordeling af årstdøgntrafik i længdeklasser på tidsperioderne dag, aften og nat, [%].  
Kilde: Permanente tællinger fra 2010

## APPENDIKS 2

### Vejrdata

Nord2000 forudsætter at lyden udbreder sig i cirkulære lydbaner som ækvivalerer de virkelige udbredelsesforhold. De krumme lydbaner afspejler den kombinerede virkning af, at vindhastigheden og lufttemperaturen varierer med højden over terrænet. Den resulterende lydhastighed  $c(z)$  i højden  $z$  over terrænet er givet ved udtrykket (2.1)

$$c(z) = A \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0} + 1\right) + Bz + C \quad (2.1)$$

Koefficienten  $A$  til det logaritmiske led og koefficienten  $B$  til det lineære led er givet i Tabel 9 for hver af de ni forskellige meteorologiske klasser, der bruges ved kortlægning af støj i Danmark og  $C$  er lydets hastighed ved jordoverfladen. Det forudsættes ved beregning af årsmiddelværdier at terrænets såkaldte ruhedslængde  $z_0$  (en parameter, der fastlægger vindprofilen) er  $z_0 = 0,025$  m.

Der regnes med en lufttemperatur og en relativ fugtighed, som er specifik for de enkelte meteorologiske klasser, idet parametrene også afhænger af udbredelsesretningen

Tabel 10 - Tabel 12 viser den procentiske forekomst af hver af de meteorologiske klasser pr. retning for hhv. dag, aften og nat. Tabel 13 - Tabel 15 giver på tilsvarende måde lufttemperaturen og Tabel 16 - Tabel 18 giver luftens relative fugtighed.

Meteorologisk klasse nr.	3	7	8	13	18	19	20	23	24
A (logaritmisk led) [m/s]	-1,0	-0,4	-0,4	0	0,4	0,4	0,4	1,0	1,0
B (lineært led) [s <sup>-1</sup> ]	0	-0,04	0	0	0	0,04	0,12	0	0,04

**TABEL 9** Lydudbredelsesparametre i hver af de ni meteorologiske klasser



Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	13,7	15,5	17,7	20,1	22,6	24,8	26,5	27,3	27,2
7	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0
8	33,1	32,8	31,5	30,0	28,4	26,8	25,0	23,9	22,9
13	25,9	26,0	25,3	23,6	21,2	19,1	18,0	17,5	18,3
18	16,0	15,1	14,8	15,1	15,7	16,1	16,2	16,2	15,9
19	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3
20	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
23	4,4	3,8	3,6	3,9	4,8	5,9	7,0	7,8	8,5
24	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	26,2	24,6	22,2	19,5	17,2	14,5	12,0	9,8	8,0
7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1
8	22,6	22,8	23,7	24,1	23,8	23,4	22,7	21,8	20,9
13	18,9	19,6	19,8	20,5	21,7	23,1	24,0	24,6	25,5
18	16,0	16,3	17,5	19,1	20,8	22,6	24,8	27,1	28,3
19	2,4	2,5	2,5	2,6	2,8	3,1	3,2	3,4	3,5
20	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0
23	9,2	9,7	9,9	10,0	9,8	9,6	9,5	9,5	10,1
24	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	6,7	6,0	5,7	6,1	7,0	8,2	9,5	10,7	12,2
7	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0
8	19,9	19,2	19,4	19,9	20,3	20,2	20,0	19,4	18,3
13	26,4	26,0	24,5	22,1	19,7	17,8	16,8	16,4	17,3
18	28,4	28,6	28,1	27,4	26,5	25,6	24,3	23,6	22,8
19	3,5	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9
20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
23	11,2	12,6	14,5	16,5	18,5	20,1	21,4	21,8	21,6
24	1,8	2,0	2,1	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	1,9
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	13,4	13,9	14,2	14,2	13,7	13,0	12,4	12,1	12,6
7	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4
8	17,8	18,0	19,0	20,6	22,7	25,2	27,9	30,7	32,4
13	18,2	19,0	19,6	20,4	21,7	23,0	24,3	25,0	25,5
18	22,3	22,5	22,7	22,7	21,8	20,9	19,6	18,3	17,2
19	2,9	2,6	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
20	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
23	20,7	19,2	17,3	15,1	13,3	11,1	8,9	7,1	5,4
24	1,7	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6

**TABEL 10** Årsfordeling af forekomsten af de meteorologiske klasser i dagperioden (kl. 07 - 19) som funktion af lydudbredelsesretningen, (%)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	6,0	7,1	8,5	10,4	12,7	14,9	16,7	18,1	18,5
7	14,4	15,2	15,9	16,6	16,7	16,4	15,8	14,9	14,0
8	18,6	18,4	17,7	16,9	15,7	14,2	13,0	11,9	11,6
13	31,5	31,4	30,0	27,3	24,7	23,0	22,3	21,9	22,0
18	11,4	10,5	10,1	10,1	10,3	10,0	9,5	9,1	8,9
19	9,1	9,0	9,3	9,7	9,9	10,0	10,2	10,2	10,1
20	4,9	4,8	4,7	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
23	1,9	1,7	1,6	2,0	2,6	3,5	4,0	4,6	4,9
24	2,3	2,0	2,0	2,2	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	18,1	17,2	15,6	13,4	11,5	9,6	7,7	6,1	4,4
7	12,9	11,8	10,4	9,1	7,9	6,8	6,0	5,4	4,9
8	11,7	12,3	13,6	14,8	15,2	15,1	14,7	13,6	12,8
13	22,5	22,6	22,9	23,3	24,1	25,3	26,0	26,6	27,5
18	8,9	9,3	9,8	11,0	11,8	12,8	14,2	16,2	17,3
19	10,2	10,6	11,1	11,8	12,9	14,2	15,2	16,1	16,3
20	4,7	4,6	4,7	4,8	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4
23	5,2	5,4	5,5	5,3	5,3	5,1	4,9	4,6	4,7
24	6,0	6,3	6,5	6,5	6,4	6,0	6,0	6,2	6,7
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	3,3	2,8	2,7	3,1	3,9	4,7	5,4	6,5	7,3
7	4,7	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,4	8,1	8,7
8	12,2	11,5	11,6	11,7	11,6	11,1	10,8	9,8	9,1
13	28,5	28,0	25,8	23,1	20,9	19,4	18,6	18,1	18,2
18	16,9	16,9	16,9	16,5	15,6	14,8	14,1	13,8	14,2
19	16,4	16,4	16,1	15,6	15,2	14,7	14,4	14,0	13,5
20	5,5	5,7	5,8	6,1	6,3	6,4	6,4	6,4	6,3
23	5,3	6,2	7,3	8,6	10,2	11,4	12,5	13,2	13,1
24	7,3	7,9	8,8	9,6	10,2	10,6	10,5	10,2	9,6
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	7,7	7,9	8,1	7,9	7,6	7,0	6,2	5,6	5,6
7	9,2	9,8	10,4	10,9	11,5	12,1	12,9	13,3	13,8
8	8,9	8,9	9,3	10,3	11,2	12,7	14,4	16,8	18,3
13	19,1	20,0	20,9	22,0	23,6	25,8	27,9	29,3	30,4
18	14,5	15,4	16,4	16,9	16,9	16,0	14,8	13,4	12,4
19	13,3	12,7	12,1	11,7	11,3	10,6	10,3	9,9	9,4
20	6,2	6,1	6,0	5,9	5,7	5,5	5,4	5,1	5,0
23	12,6	11,7	10,4	8,9	7,6	6,2	4,8	3,7	2,6
24	8,6	7,5	6,4	5,5	4,6	4,0	3,3	2,8	2,5

**TABEL 11** Årsfordeling af forekomsten af de meteorologiske klasser i aftenperioden (kl. 19 - 22) som funktion af lydudbredelsesretningen, (%)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	5,2	6,1	6,9	7,7	8,5	9,3	9,8	10,0	9,9
7	17,9	19,1	20,3	21,6	22,2	22,2	21,5	20,5	19,3
8	9,6	9,2	8,9	8,3	7,6	6,9	6,6	6,6	6,5
13	33,7	33,5	31,2	28,4	26,5	25,4	25,0	24,7	25,5
18	6,4	5,6	5,7	5,7	5,9	5,3	4,7	4,4	4,2
19	14,6	14,1	14,3	14,8	14,9	15,0	15,3	15,2	14,8
20	8,9	9,1	9,3	9,3	9,4	9,6	9,7	9,6	9,6
23	1,1	1,1	1,2	1,4	1,7	2,2	2,5	2,8	3,0
24	2,4	2,2	2,2	2,6	3,3	4,2	5,0	6,1	7,3
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	9,6	8,9	7,9	6,8	5,8	4,7	3,7	2,7	1,8
7	17,9	16,4	14,6	12,8	11,2	9,7	8,3	7,0	6,1
8	6,3	6,5	7,0	7,4	7,1	7,0	6,8	6,5	6,3
13	25,9	26,2	26,4	26,4	26,7	26,6	26,7	26,7	26,7
18	4,4	5,0	6,0	7,2	8,3	9,2	10,3	11,2	11,9
19	15,1	15,8	16,8	18,1	19,7	21,9	23,2	23,9	24,1
20	9,6	9,7	9,8	9,9	10,1	10,2	10,4	10,6	10,8
23	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,5	3,7	4,1
24	8,0	8,3	8,3	8,2	7,9	7,4	7,3	7,6	8,2
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	1,5	1,4	1,4	1,6	2,0	2,7	3,1	3,5	3,7
7	5,7	5,9	6,3	6,9	8,0	9,1	10,1	11,0	11,7
8	5,6	5,0	4,9	5,1	5,2	4,7	4,3	3,9	3,7
13	26,5	25,8	24,1	22,2	20,5	19,4	18,9	18,9	19,8
18	11,9	11,1	10,5	9,6	8,6	7,6	7,3	7,5	7,5
19	24,2	24,2	23,9	23,4	23,0	22,5	21,8	21,0	20,2
20	11,1	11,4	12,0	12,5	12,9	13,1	13,0	12,8	12,6
23	4,6	5,3	6,0	6,6	7,3	7,8	8,1	8,1	7,9
24	8,9	9,9	10,9	11,9	12,5	13,1	13,4	13,4	13,0
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	3,9	4,0	4,0	4,1	4,0	4,0	4,1	4,2	4,7
7	12,3	12,9	13,5	14,1	14,9	15,4	16,3	16,8	17,1
8	3,8	4,3	5,1	6,1	6,9	7,8	8,5	9,3	9,9
13	21,2	22,6	24,0	25,4	27,0	28,8	30,3	31,8	32,8
18	7,4	7,7	8,4	8,4	8,4	8,2	7,8	7,3	7,1
19	19,8	19,2	18,2	17,8	17,5	17,1	16,7	16,1	15,3
20	12,2	11,9	11,5	11,2	10,8	10,3	9,8	9,3	9,0
23	7,6	7,0	6,1	5,2	4,3	3,5	2,7	1,9	1,3
24	11,7	10,4	9,1	7,7	6,2	4,8	3,8	3,2	2,7

**TABEL 12** Årsfordeling af forekomsten af de meteorologiske klasser i natperioden (kl. 22 - 07) som funktion af lydudbredelsesretningen, (i %)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	10	10	10	10	11	11	11	11	11
7	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	11	11	11	11	11	11	10	10	10
13	10	10	10	10	10	9	9	9	9
18	10	9	9	9	10	10	10	11	11
19	1	0	1	1	1	1	1	1	1
20	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
23	7	6	6	6	7	7	7	8	8
24	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	11	11	11	11	11	10	10	10	9
7	4	4	4	3	3	3	2	2	1
8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	9	9	9	9	9	9	9	10	10
18	11	11	11	11	11	11	11	11	11
19	1	1	2	2	2	2	2	2	3
20	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
23	8	9	9	9	9	9	9	9	9
24	2	2	2	3	3	3	3	4	4
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	8	8	7	8	8	8	9	9	10
7	1	0	0	1	1	1	1	2	2
8	10	10	10	10	10	11	11	11	10
13	10	10	10	10	10	9	9	8	8
18	11	11	11	11	11	11	11	11	11
19	3	3	3	3	3	3	2	2	2
20	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
23	9	9	10	10	10	10	10	11	11
24	4	4	4	4	4	4	5	5	4
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	10	11	11	11	11	11	10	10	10
7	2	2	3	3	3	3	3	3	4
8	10	10	10	10	10	10	11	11	11
13	8	8	8	8	9	9	9	9	9
18	11	11	11	11	11	11	11	10	10
19	2	2	2	2	2	1	1	1	1
20	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2
23	11	11	11	10	10	10	10	9	8
24	4	4	4	3	3	3	2	2	1

**TABEL 13** Lufttemperaturen i hver meteorologisk klasse i dagperioden (kl. 07 - 19) som funktion af lydudbredelsesretningen, (°C)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	8	8	9	9	10	10	11	11	11
7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8	13	13	13	13	14	14	14	13	13
13	9	10	10	9	9	9	9	8	8
18	11	10	10	10	11	11	12	12	12
19	4	4	5	5	5	5	5	5	5
20	3	3	3	3	3	3	4	4	4
23	7	6	5	5	6	6	7	7	7
24	2	2	2	2	3	3	4	5	6
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	11	11	11	11	11	11	10	10	10
7	6	6	6	6	6	5	5	4	3
8	13	13	13	13	13	13	13	13	13
13	8	8	8	8	8	9	9	9	10
18	12	12	12	12	11	11	11	11	11
19	5	5	5	5	5	6	6	6	6
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	8	8	8	8	8	8	8	7	7
24	6	6	6	6	6	5	5	5	5
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	9	8	8	7	8	8	8	9	10
7	3	3	3	3	4	5	5	5	5
8	13	13	13	13	13	14	14	14	14
13	10	10	10	10	9	9	9	9	9
18	11	11	11	12	12	12	12	12	12
19	6	6	6	6	6	6	6	6	6
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	7	8	8	9	9	9	10	10	10
24	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	10	10	10	10	10	10	9	8	8
7	5	5	5	6	6	6	6	6	6
8	14	14	13	13	13	13	13	13	13
13	8	8	8	8	8	9	9	9	9
18	12	12	12	12	12	12	12	11	11
19	6	5	5	5	5	5	5	5	4
20	4	4	4	4	3	3	3	3	3
23	10	10	10	10	10	10	10	9	8
24	6	6	6	6	5	5	4	4	3

**TABEL 14** Lufttemperaturen i hver meteorologisk klasse i aftenperioden (kl. 19 - 22) som funktion af lydudbredelsesretningen, (°C)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	6	7	7	7	7	7	7	7	7
7	6	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
13	8	7	7	7	7	7	7	7	7
18	7	6	6	6	7	7	6	6	6
19	6	6	6	6	6	7	6	6	6
20	5	5	5	5	6	6	6	6	6
23	3	3	2	2	3	3	4	4	4
24	3	3	2	3	4	4	5	6	7
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	7	7	7	7	7	7	6	6	5
7	7	7	7	7	7	6	6	5	4
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
13	7	7	7	6	7	7	7	7	7
18	6	6	7	7	7	7	7	7	8
19	6	6	6	6	7	7	7	7	7
20	6	6	6	6	6	6	6	6	6
23	4	4	4	4	5	5	5	5	6
24	7	7	7	7	7	6	6	6	6
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	3	3	2	3	3	4	4	4	4
7	4	4	4	5	5	6	6	6	6
8	7	7	7	7	7	8	7	7	8
13	7	7	7	7	7	7	7	7	7
18	8	8	8	8	8	8	8	8	7
19	7	7	7	7	7	7	7	7	6
20	6	6	6	6	6	6	6	6	6
23	6	6	7	7	7	7	7	8	8
24	6	6	6	7	7	7	7	7	7
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	5	5	5	5	5	5	5	5	6
7	6	7	7	7	7	7	7	7	6
8	7	7	7	8	8	8	8	8	8
13	7	7	7	7	7	7	7	7	8
18	7	7	7	8	8	8	8	7	7
19	6	6	7	7	7	7	6	6	6
20	6	5	5	5	5	5	5	5	5
23	8	8	7	7	7	7	7	6	5
24	7	7	7	6	6	5	5	4	4

**TABEL 15** Lufttemperaturen i hver meteorologisk klasse i natperioden (kl. 22 - 07) som funktion af lydubredelsesretningen, (°C)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	81	81	81	81	80	79	79	78	77
7	92	92	92	92	92	92	92	91	91
8	78	78	78	78	78	78	79	79	79
13	79	78	77	77	77	78	79	79	80
18	74	74	74	74	75	75	75	75	75
19	89	89	89	89	89	89	89	90	90
20	88	88	88	89	89	89	89	89	89
23	71	72	73	75	75	75	76	76	76
24	82	82	83	83	84	85	86	86	87
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	76	75	75	73	72	71	69	69	67
7	91	90	90	89	88	87	86	86	85
8	79	79	78	78	77	77	76	75	75
13	80	81	82	82	82	81	81	80	79
18	76	77	77	78	79	80	80	80	80
19	90	91	91	91	91	91	91	91	92
20	89	90	90	90	90	90	91	91	91
23	77	77	77	77	77	78	79	81	83
24	88	88	89	89	89	90	90	91	92
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	67	67	68	69	71	72	73	73	72
7	85	85	85	86	86	87	88	88	89
8	74	74	74	74	74	74	74	75	75
13	78	77	77	77	78	79	80	80	81
18	80	80	80	79	79	79	79	79	79
19	92	92	92	91	91	91	91	91	91
20	91	91	91	91	91	91	91	91	90
23	84	84	84	83	82	81	80	80	79
24	92	92	92	92	92	92	91	91	90
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	72	72	73	73	73	74	75	77	79
7	89	89	90	90	91	91	91	91	92
8	76	77	78	79	79	80	79	79	78
13	81	82	82	82	82	82	81	81	80
18	79	79	78	78	77	76	76	75	74
19	91	91	91	90	90	90	90	90	89
20	90	90	90	90	89	89	89	88	88
23	78	77	76	75	74	73	72	71	71
24	89	88	87	86	84	83	82	82	81

**TABEL 16** Relativ luftfugtighed i hver meteorologisk klasse i dagperioden (kl. 07 - 19) som funktion af lydubredelsesretningen (% RH)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	86	87	87	85	84	83	82	81	80
7	91	91	91	91	91	91	91	90	90
8	75	76	76	76	75	75	75	75	76
13	83	82	81	81	82	83	83	84	84
18	76	76	76	76	75	75	75	75	75
19	88	88	87	87	87	87	88	88	89
20	88	88	88	88	87	87	87	87	87
23	79	79	80	80	79	78	78	78	78
24	81	81	82	83	84	84	84	84	85
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	79	78	78	77	76	75	73	72	71
7	90	89	89	88	87	86	85	84	84
8	76	77	78	77	77	76	76	75	73
13	84	85	85	85	84	84	83	82	82
18	75	76	77	79	80	81	81	81	81
19	89	89	90	90	90	90	90	90	90
20	88	88	88	88	88	89	89	89	90
23	78	78	78	79	79	80	82	85	87
24	85	85	86	86	87	88	89	90	90
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	70	70	71	72	73	74	74	73	72
7	84	84	85	85	85	86	86	86	87
8	73	72	71	70	70	70	70	70	71
13	80	79	79	80	80	81	81	82	83
18	82	82	81	80	79	78	78	78	78
19	90	90	90	90	90	90	90	90	90
20	90	90	90	90	90	90	90	90	90
23	89	89	88	87	86	85	84	84	83
24	91	91	91	91	91	90	90	89	89
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	73	73	72	73	74	75	78	81	84
7	87	88	88	88	89	89	89	90	90
8	71	72	74	75	75	76	75	76	76
13	84	84	84	85	85	85	84	84	84
18	78	79	79	79	79	79	78	77	76
19	90	90	90	90	89	89	89	89	88
20	90	89	89	89	89	88	88	88	88
23	83	83	82	81	80	79	78	78	78
24	88	87	86	84	83	82	81	80	80

**TABEL 17** Relativ luftfugtighed i aftenperioden (kl. 19 - 22) i hver meteorologisk klasse som funktion af lydudbredelsesretningen, (% RH)



Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
3	90	90	91	91	90	90	90	89	89
7	92	92	92	93	92	92	92	92	92
8	91	91	91	91	91	91	92	92	92
13	92	91	92	92	92	93	93	93	93
18	89	89	88	88	88	89	89	90	90
19	91	91	90	90	90	90	90	90	91
20	92	92	92	92	92	92	92	92	92
23	85	85	85	85	86	85	85	85	85
24	84	84	85	86	86	87	87	87	87
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
3	89	88	88	87	87	86	84	84	82
7	92	92	92	91	91	90	89	89	88
8	92	93	93	92	92	92	91	90	89
13	93	93	93	93	93	93	92	92	92
18	90	91	91	91	91	91	91	91	91
19	91	91	92	92	92	92	92	92	92
20	92	92	92	92	92	92	92	93	93
23	85	86	86	86	87	87	88	89	90
24	87	87	88	88	88	89	90	91	91
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
3	82	82	83	84	84	84	84	84	84
7	88	88	88	88	88	88	88	88	89
8	89	89	88	88	88	89	89	90	90
13	91	91	90	90	91	91	91	91	92
18	91	91	91	91	91	91	92	92	92
19	92	92	92	92	92	92	92	92	92
20	93	93	93	93	93	93	93	93	93
23	91	91	91	91	91	90	90	90	90
24	92	92	92	92	92	92	92	92	91
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
3	85	85	85	85	86	86	87	88	89
7	89	89	89	90	90	90	90	91	92
8	90	90	91	91	91	91	91	91	91
13	92	92	92	92	92	92	92	92	92
18	92	93	93	92	92	92	91	90	89
19	92	92	92	92	92	92	92	91	91
20	93	93	93	93	93	93	92	92	92
23	90	89	89	88	88	87	86	86	85
24	91	90	89	89	88	87	86	85	84

**TABEL 18** Relativ luftfugtighed i natperioden (kl. 22 - 07) i hver meteorologisk klasse som funktion af lydudbredelsesretningen, (% RH)

## APPENDIX 3

### Usikkerhedsbegreber

*Usikkerhed* betyder her tvivl om rigtigheden af resultatet af en beregning. Standardusikkerhed og udvidet usikkerhed er kvantitative angivelser mens usikkerheden er et kvalitativt begreb.

*Standardusikkerheden* er usikkerheden på resultatet af en beregning udtrykt som standardafvigelse. Den udvidede usikkerhed er et interval (konfidensinterval), hvori den sande værdi med en given sandsynlighed befinder sig.

*Den udvidede usikkerhed* bestemmes ved at gange standardusikkerheden med en dækningsfaktor på for eksempel 1,65 svarende til 90 % konfidens ved dobbeltsidet test (ved en normalfordeling).

*Den sande værdi* af et beregnet niveau af støjen fra trafikken på en vej er resultatet opnået ved korrekt brug af beregningsmetoden med samtlige inddata fastlagt sikkert og nøjagtigt.

*Note 1: Inddata* omfatter den sande værdi af kildestyrken og nøjagtige og tilstrækkeligt detaljerede data om støjens udbredelsesvej.

*Note 2: Den sande værdi* af det beregnede niveau er ukendt. Den kan estimeres ved middelværdien af mange uafhængige beregninger udført af forskellige personer med forskellig software, på grundlag af uafhængigt indsamlede, nøjagtige oplysninger om kildestyrke, afstande, højder samt egenskaber af skærme, terræn, bygninger mv.

*Modelfejlen* er forskellen mellem den sande værdi af det målte støjniveau og den sande værdi af det beregnede støjniveau.

*Note 4: Modelfejlen* forudsættes minimeret ved udviklingen af beregningsmetoden, så der alene resterer små systematiske og derudover tilfældige forskelle mellem den sande værdi af beregningsresultatet og den sande værdi af det målte støjniveau.

*Tilfældige fejl* er forskelle mellem resultatet og den sande værdi forårsaget af uforudsigelige variationer i faktorer af betydning for resultatet.

*Systematiske fejl* er forskelle mellem resultatet og den sande værdi forårsaget af fejl i de anvendte instrumenter og metoder og/eller brugen af dem.

## APPENDIX 4

Forkortelser	
$L_{den}$	Dag-aften-nat-(day-evening-night)værdien af støjniveauet i decibel [dB]
AB	Asfaltbeton; med tilføjelsen 12t: tæt graderet med maksimal kornstørrelse 12 mm; med tilføjelsen 12o: åbent graderet med maksimal kornstørrelse 12 mm
ABS	Asfaltbeton med nedtromlede skærver
AC 12d	Asphalt concrete = engelsk for asfaltbeton; med tilføjelse 12d: tæt (dense) med maksimal kornstørrelse 12 mm
ADT	Average daily traffic = engelsk for ÅDT
DAC 12	Amerikansk betegnelse for tæt asfaltbeton med maksimal kornstørrelse 12 mm
$L_{AE}$	Støjdosis-niveau (Engelsk: Sound Exposure Level)
$L_{AFmax}$	Maksimalt støjniveau målt med tidsvægtning F ved en køretøjs forbikørsel
$L_{night}$	Ækvivalentniveauet af støjen i natperioden, i decibel [dB]
OB	Overfladebehandling
SMA	Skærvemastiksasfalt
SRS-system	System for klassificering af støjreducerende slidlag
TB 6k	Kombinationsbelægning med maks kornstørrelse 6 mm
VVM	Vurdering af virkninger på miljøet
ÅDT	Årsdøgntrafik = den samlede trafik i løbet af et år divideret med antallet af døgn i året
Årsmiddelværdi af støjniveau	Middelværdi af støjniveauerne bestemt over alle døgnperioder i et standard-år





Vejdirektoratet har lokale kontorer i Aalborg, Fløng, Middelfart, Næstved og Skanderborg samt hovedkontor i København.

Find mere information på [vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk)

**VEJDIREKTORATET**

Niels Juels Gade 13  
Postboks 9018  
1022 København K  
Telefon 7244 3333

[vd@vd.dk](mailto:vd@vd.dk)  
[vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk)

