

# Hjælp til beregning af støj fra vejtrafik

*Bent Andersen og Hans Bendtsen, Atkins Danmark A/S, Pilestræde 58, DK-1112 København K, tlf.: 8233 9000, fax: 8233 9001, e-mail: bent.andersen@atkinsglobal.com*

*Hugo Lyse Nielsen, Miljøstyrelsen og Lene N. Michelsen, Vejdirektoratet*

Arbejdet blev udført mens Bent Andersen og Hans Bendtsen var ansat hos Danmarks TransportForskning (www.dtf.dk)

## Vejstøjsberegninger i Danmark

Den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj har siden 1978 været den officielle metode til beregning af vejtrafikstøj i Danmark. Beregningsmodellen anvendes i mange forskellige situationer så som ved planlægning af nye boligområder for eksempel i forbindelse med lokalplaner, ved kortlægning af støjproblemerne i byer, ved VVM undersøgelser af nye vejanlæg og ved detailprojektering af veje samt ved dimensionering af støjskærme, facadeisolering mv. Beregningsmodellen anvendes også til at kontrollere, om Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for vejtrafikstøj er overholdt [Miljøstyrelsen, 1984]. Beregningsmodellen har ligeledes været anvendt til en samlet kortlægning af vejstøjproblemerne i Danmark, som Miljøstyrelsen og Trafikministeriet har igangsat i 2000.



*Figur 1. Beregning af vejtrafikstøj anvendes bl.a. ved dimensionering af støjskærme*

## Baggrund og formål

Der er ligeledes stor forskel på, hvor detaljeret støjberegninger i praksis dokumenteres. Det har imidlertid vist sig, at modellen i flere tilfælde åbner mulighed for 'fortolkning' både ved

valg af indgangsparametre samt ved opstilling af de enkelte beregningstilfælde. Dette kan resultere i en betydelig variation af beregningsresultater for bare lidt komplicerede tilfælde. Forskellige fortolkninger kan således i nogle tilfælde føre til en variation på størrelsesordenen  $\pm 5$  dB, hvilket er ganske meget bl.a. set i lyset af, at fx en fordobling af trafikken på en given vej "kun" resulterer i en forøgelse af støjen på 3 dB.

Dette var baggrunden for at Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet igangsatte et projekt, der havde til formål at udvikle en manual for anvendelsen af den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj. Det er ligeledes et mål at forbedre kvaliteten af vejtrafikstøjsberegninger samt at sikre, at alle beregninger udføres så ensartet som muligt. For at sikre en kvalificeret dokumentation af hver enkelt beregningsopgave er der desuden angivet retningslinjer for rapportering af beregningsresultater.

## Undersøgelsen

Forud for udarbejdelsen af denne manual er gået en grundig gennemgang af den reviderede beregningsmetode fra 1996, som den er beskrevet på dansk i [Vejdirektoratet, 1998] og på engelsk i [TemaNord, 1996]. Ligeledes er rapporterne om den norske og den svenske version af beregningsmetoden blevet gennemgået. I projektet har det været vigtigt at belyse, hvordan metoden blev anvendt i praksis, samt at indsamle erfaringer fra brug af metoden. Derfor blev der udarbejdet et detaljeret spørgeskema og gennemført interview med erfarne brugere. Interviewene omfattede i alt 26 brugere af beregningsmetoden: 20 danske, 3 svenske og 3 norske brugere.

Ved sammensætning af interviewgruppen er en meget bred repræsentation af brugere tilstræbt:

- teknikere ved kommuner, amter og stat (vejdirektorater),
- trafik- og byplanlæggere,
- rådgivende ingeniører (akustikere).

Ca. halvdelen var offentligt ansat og repræsenterede vejafdelinger, planlægningsafdelinger og miljøafdelinger. Formålet med at interviewe modellens brugere har ligeledes været at få kortlagt "best practice", således at dette i så stort omfang som muligt kunne danne baggrund for manualen. Samlet har erfaringerne fra disse interview sammen med forfatternes egen analyse været grundlaget for udarbejdelsen af beregningsmanualen. Enkelte mere spidsfindige tvivlsspørgsmål i beregningsmetoden har også været diskuteret med nogle af de akustikere, der oprindeligt har deltaget i udarbejdelsen af den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj.

De løsninger på problemer og uklarheder i beregningsmetoden, der er angivet i manualen, har løbende været drøftet med projektets følgegruppe, der havde repræsentanter fra Miljøstyrelsen og dennes referencelaboratorium for støjmålinger, Vejdirektoratet, et amt samt et stort rådgivende ingeniørfirma. For at sikre, at danske brugere af beregningsmodellen fik lejlighed til at

kommentere manualen, blev der i november 2001 afholdt en workshop, hvortil blandt andre interviewpersonerne var inviteret. Workshoppens og følgegruppens arbejde har været med til at fremme en rimelig konsensus omkring manualens indhold og anbefalinger i danske fagkredse.

## Projektresultat

Med baggrund i projektets undersøgelser blev ”Beregning af vejtrafikstøj – en manual” udarbejdet, [Vejdirektoratet, 2002a]. Manualen er et supplement til selve beregningsmetoden, som uddyber og vejleder vedrørende valg af indgangsparametre og opstilling af beregningstilfælde (modellering). Der er derfor henvist til beregningsudtryk, formler og figurer, som de er angivet i den danske beskrivelse af beregningsmetoden [Vejdirektoratet, 1998], ligesom der er benyttet samme nomenklatur og symboler.

Beregninger af vejtrafikstøj efter beregningsmetoden kan udføres manuelt ved hjælp af nomogrammerne i [Vejdirektoratet, 1998] eller efter formlerne angivet i [TemaNord, 1996]. Alternativt kan forskellige PC-programmer benyttes. Manualen omhandler alene selve den nordiske metode – og ikke eventuelle problemer i tilknytning til anvendelsen af forskellige PC-programmer.

## Manualens målgruppe

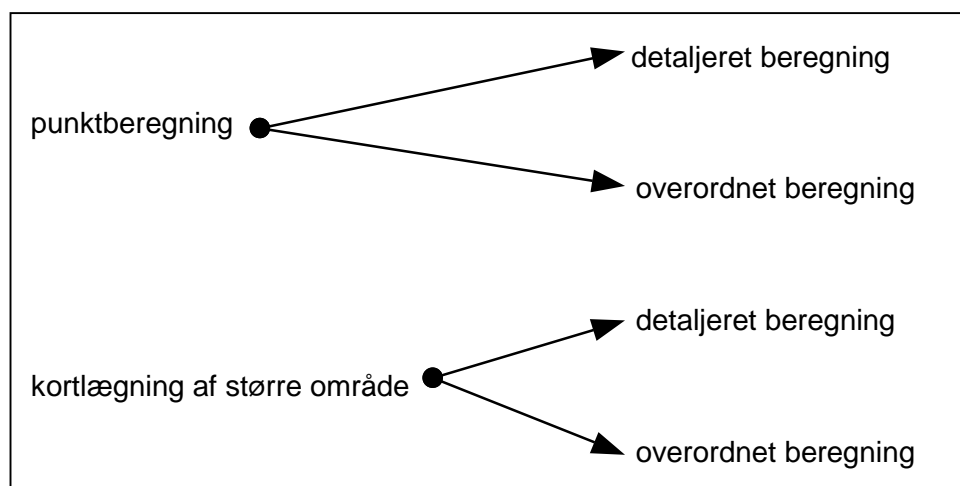
Målgruppen for manualen er teknikere ved amter og kommuner, samt rådgivere, der arbejder med by- og trafikplanlægning eller akustik. Det er håbet, at også erfarne brugere og rådgivere (herunder støjrådgivere) vil læse og bruge manualen – specielt for at sikre, at der anvendes samme fortolkning ved fastsættelse af indgangsparametre og nogenlunde samme dokumentationsgrad ved rapportering.

Manualen forudsætter kendskab til selve beregningsmetoden [Vejdirektoratet, 1998] – både vedrørende beregningsgang og de indgående parametre. Desuden forudsættes en vis grundlæggende viden om støj – mindst svarende til et grundkursus om akustik eller støj.

## Manualens indhold

Før støjberegninger påbegyndes må formålet defineres klart. Beregningsopgaver kan generelt opdeles i følgende to typer:

1. Beregning af støjniveauet i et givet punkt for eksempel i forbindelse med dimensionering af støjreducerende tiltag (støjskærm, facadeisolation eller andet), med en støjklage, med kontrolberegning til dokumentation af støjbelastning eller lignende.
2. Beregning af støjniveauet i et område (kortlægning – for eksempel for et eksisterende byområde eller i forbindelse med planlægning af et nyt vejanlæg eller boligbyggeri)



Figur 2. Valg af berægningstype og detaljeringsgrad.

Det bør også klart fremgå af formålet hvilke veje, der tages i betragtning, og om berægnin-  
 ne skal dække den nuværende situation eller en eventuel fremtidig situation baseret på en pro-  
 gnose. I forbindelse med nye vejanlæg eller nye boliger anbefales en tidshorisont på 10 år  
 frem i tiden. Begge opgavetyper kan enten udføres som detaljerede berægnin-  
 ger med bedst mulig præcision eller som mere overordnede berægnin-  
 ger (for eksempel i forbindelse med kortlægning af støjforholdene i en by, ved vurdering af alternative vejforløb eller i en VVM  
 redegørelse).

## Opstilling af berægningstilfælde

Manualen giver hjælp og vejledning ved følgende:

- Fastlæggelse af berægningspunkter hvor støjen ønskes bestemt.
- Valg af berægningstidsrum. Normalt anvendes et helt døgn, da Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier gælder for et døgn.
- Anvisning på hvordan berægningsmodellen kan anvendes til at bestemme en vægtet døgn-  
 værdi ( $L_{A, den}$ ) beregnet ud fra en opdeling af døgnen i en dag-, en aften- og en natperiode,  
 som EUs direktiv om støj lægger op til [EU, 2002].
- Opdeling af veje i delstrækninger afhængig af forskelle i trafikale eller akustiske forhold.
- Opdeling af veje i flere vognbaner som i nogle tilfælde er relevant for at opnå en god nøj-  
 agtighed af en berægning.
- Håndtering af situationer med vejkryds, rundkørsler eller til- og frakørselsramper til mo-  
 torveje.
- Specialtilfælde som refleksion af lyd ind bag en støjskærm
- Fastlæggelse af geometriske og topografiske forudsætninger.
- Betydningen af forskellige vejbelægninger bl.a. støjreducerende drænasfalt.

## Trafikale parametre

Manualen giver hjælp til, hvordan de trafikale indgangsparametre skal fastlægges og fremskrives. Det drejer sig om trafikintensiteten fordelt på lette og tunge køretøjer samt om hastigheden for hver af disse køretøjstyper. Det anbefales så vidt muligt at anvende data fra trafiktællinger. Hastigheder på bygader er meget afhængige af den aktuelle gades udformning og af forekomsten af hastighedsdæmpende foranstaltninger samt kryds mv. Ligeledes er hastigheden afhængig af, om trafikken er så stor, at vejens kapacitet er ved at være opbrugt, og der forekommer køkørsel. Manualen angiver nogle erfaringstal for hastigheder for forskellige vejtyper (se *tabel 1*), som kan anvendes, hvis det ikke er muligt at fremskaffe målte hastigheder. I manualen er der tilsvarende angivet vejledende erfaringstal for andelen af tunge køretøjer på forskellige vejtyper.

Vejtype	Køretøjstype	Lette køretøjer hastighed (skiltet)	Tunge køretøjer hastighed (skiltet)
Motorvej, åbent land		<b>120</b> (110)	<b>90</b> (80)
Motorvej, med kapacitetsproblem		<b>107</b> (110)	<b>86</b> (80)
Motortrafikvej		<b>96</b> (90)	<b>87</b> (70)
Hovedlandevej, 80 km/h		<b>90</b> (80)	<b>83</b> (70)
By, frit flydende, 60 km/h		<b>57</b> (60)	<b>57</b> (50)
By, frit flydende, 50 km/h		<b>54</b> (50)	<b>54</b> (50)

*Tabel 1. Erfaringsværdier for hastigheder i km/h på forskellige vejtyper for henholdsvis lette og tunge køretøjer. I parentes er den skilte hastighed angivet – for tunge køretøjer (lastbiler) dog den maksimale lovlige hastighed.*

## Indgangsdatas nøjagtighed

I beregningsmodellen for vejtrafikstøj er der ikke angivet retningslinier for vurdering af usikkerheden på beregningsresultater. I manualen foretages der en vurdering af betydningen af nøjagtigheden på indgangsdata. Nøjagtigheden af beregningsresultater afhænger af en lang række faktorer – især af situationens kompleksitet (hvor godt den kan modelleres), men også af afstanden og af antallet af korrektionsled. Usikkerheden vokser således med afstanden og er for eksempel større for skærmede tilfælde, end hvis lydudbredelsen sker over plant, hårdt terræn. Særlig stor usikkerhed fås for modtagerpunkter lige omkring sigtelinjen fra støj-kilden gennem en skærmtop samt i situationer, hvor refleksionspunktet skifter fra hårdt til blødt. I konkrete tilfælde, som kun vanskeligt kan modelleres, kan det være mere nøjagtigt at foretage målinger af støjen. Sådanne støjmålinger foretages efter den nye vejledning fra Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet [Vejdirektoratet, 2002].

Følsomheden for små ændringer af de væsentligste indgangsparametre er i manualen angivet for udvalgte korrektionsled. De ændringer i indgangsparametrene, som giver ændringer i kor-

rektionsledene på henholdsvis 0.2 dB og 0.5 dB er bestemt. I *tabel 2* er eksempelvis værdierne for antallet og hastigheden af lette henholdsvis tunge køretøjer angivet.

max. bidrag	usikkerhed på antal lette	usikkerhed på fart af lette	usikkerhed på antal tunge	usikkerhed på fart af tunge
0.2 dB	5 %	2 %	5 %	1.5 %
0.5 dB	12 %	5 %	12 %	4 %

*Tabel 2: Maksimal usikkerhed for hver køretøjskategori på antallet af køretøjer pr. referencetidsrum eller på hastigheden svarende til et maksimalt usikkerhedsbidrag til basisværdien på 0.2 dB henholdsvis 0.5 dB.*

I simple tilfælde med få korrektionsled eller ved kortlægning kan usikkerhedsbidragene fra indgangsparametrene svarende til 0.5 dB bidrag fra hver parameter accepteres. I mere komplicerede tilfælde benyttes værdierne svarende til 0.2 dB pr. parameter.

## Krav til PC-programmer

Der findes en lang række PC-programmer, som angiveligt beregner vejtrafikstøj efter den nordiske beregningsmetode (se *faktaboks*). Nogle programmer er beregnet til punktberegninger, mens andre er særligt egnede til kortlægning af større områder. På Miljøstyrelsens hjemmeside [Miljøstyrelsen, 2000] findes en rapport med gennemregnede testeksempler for beregning af vejtrafikstøj. Kun programmer, der giver resultater inden for de i rapporten angivne intervaller, må benyttes til beregninger i forbindelse med offentlig sagsbehandling.

Aktuelt findes der ikke formelle krav fra myndighedernes side, om hvorledes denne overensstemmelse skal testes eller dokumenteres. Det anbefales derfor, at man beder programleverandøren om detaljeret, skriftlig og gerne uvildig dokumentation for overensstemmelsen. Programverifikation og -dokumentation kan eventuelt foretages efter en ny Nordtest metode, som er under udgivelse, [Nordtest, 2002]. Det er planen, at leverandører, som har dokumentation for at deres programmer opfylder ovennævnte krav, vil blive optaget på en liste på Vejdirektoratets eller Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålingers hjemmeside.

## Rapportering af beregningsresultater

Manualen indeholder vejledning om, hvordan støjberegninger skal dokumenteres - også be-lyst med et eksempel på en beregningsrapport. Beregninger af vejtrafikstøj kan have meget varierende omfang, dette må naturligvis også afspejles i detaljeringsgraden af rapporteringen. Anvisningerne i manualen gælder alene sager, der rapporteres særskilt, eller hvis resultater indgår i en sagsbehandling hos myndighederne, der skal kunne dokumenteres. Almindeligvis bør sager rapporteres, således at andre vil kunne gentage beregningerne med tilnærmelsesvis samme resultat. Mindre sager eller overslagsmæssige beregninger kan naturligvis rapporteres

mindre omfattende. Det skal fremgå af rapporten, hvad den kan anvendes til (støjkortlægning eller oversigt over støjforhold, dokumentation af støjforhold, myndighedsbehandling eller lignende).

## Referencer

- [Vejdirektoratet, 1998]. ”Beregningsmodel for vejtrafikstøj”, revideret 1996, rapport nr.178, Vejdirektoratet 1998.
- [Vejdirektoratet, 2002]. ”Vejledning i måling af støj fra vejtrafik”, Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, rapport nr. 238, Vejdirektoratet 2002.
- [Vejdirektoratet, 2002a]. ”Beregning af vejtrafikstøj – en manual”. Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, rapport nr. 240, Vejdirektoratet 2002.
- [Miljøstyrelsen, 1984]. ”Trafikstøj i boligområder”, vejledning nr. 3/1984 (2. oplag 1994), Miljøstyrelsen.
- [Miljøstyrelsen, 2000]. <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2000/87-7944-237-4/html/default.htm>
- [Nordtest, 2002]. ”Acoustics - Framework for the Verification of Environmental Noise Calculation Software”, NT ACOU 107 (forventes udgivet af Nordtest i 2002).
- [TemaNord, 1996]. ”Road Traffic Noise – Nordic Prediction Method”, TemaNord 1996:525, Nordisk Ministerråd 1996, Svensk-Norsk Bogimport.
- [EU, 2002]. ”Europa-Parlamentets og rådets direktiv 2002/49/EF af 25. juni 2002 om vurdering og styring af ekstern støj”.

## Faktaboks

Herunder gives en kort omtale af de beregningsprogrammer, forfatterne er bekendt med, og som angiveligt regner efter den nordiske beregningsmetode:

- NBSTØJ er et DOS program, der i version 5.4 er i overensstemmelse med den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj (bortset fra korrektionen for facadeisolation). Det er et punktbergningsprogram. Yderligere oplysninger kan fås på [www.delta.dk](http://www.delta.dk).
- SoundPLAN er et tysk, Windowsbaseret kortlægningsprogram med mange faciliteter, der kan indlæse digitale kort og plote støjkonturer. Yderligere oplysninger kan fås på [www.soundplan.de](http://www.soundplan.de).
- IMMI er et tysk, Windowsbaseret kortlægningsprogram med mange faciliteter, der kan indlæse digitale kort og plote støjkonturer. Yderligere oplysninger kan fås på [www.woelfel.de](http://www.woelfel.de).
- MapNoise er et dansk, Windowsbaseret kortlægningsprogram med mange faciliteter, der kan indlæse digitale kort og plote støjkonturer. Programmet bygger på MapInfo. Yderligere oplysninger kan fås på [www.tetraplan.dk](http://www.tetraplan.dk).

Især i Sverige og Norge anvendes desuden:

- Trivector Buller – Väg, som er et Windowsbaseret punktbergningsprogram. Yderligere oplysninger kan fås på [www.trivector.se](http://www.trivector.se).
- Cadna A et tredje tysk, Windowsbaseret kortlægningsprogram med mange faciliteter, der kan indlæse digitale kort og plote støjkonturer. Yderligere oplysninger kan fås på [www.datakustik.de](http://www.datakustik.de).
- NovaPoint et norsk, Windowsbaseret kortlægningsprogram, som bygger på AutoCAD og som kan indlæse digitale kort og plote støjkonturer. Yderligere oplysninger kan fås på [www.sintef.no](http://www.sintef.no).