

Slutversion 2010-12-16



Anvisningar för kartläggning av buller enligt 2002/49/EG

Hans Jonasson & Andreas Gustafson

Abstract

Guidelines for noise mapping according to 2002/49/EG

As a complement to EU:s "Good Practice Guide" for noise mapping according to the END-directive guidelines adapted to Swedish conditions have been elaborated. The guidelines encompass how to calculate noise levels in discrete points and how to determine noise contours and number of people exposed to different noise levels. The intention has been to give as detailed and guiding instructions as possible to make it possible for communes and road and rail administrations to carry out the mappings as uniformly as possible. To increase the flexibility and to satisfy the needs of different users different classes of calculation uncertainty have been introduced. The guidelines are intended to be used for the 2012 and later noise mappings in Sweden.

Key words: noise mapping, sensitivity, uncertainty, guidelines

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport :2010:77
ISBN 978-91-86622-20-6
ISSN 0284-5172
Borås



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02
E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se
www.sp.se

Energiteknik
SP RAPPORT 2010:77
ISBN 978-91-86622-20-6
ISSN 0284-5172

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Sammanfattning	7
1 Inledning	8
1.1 Syfte	8
1.2 Bakgrund	8
1.3 Genomförande	8
2 Ordförklaringar	9
2.1 L_{day} , L_{evening} , L_{night} , L_{den}	9
2.2 Bullerberäkningsmetod	9
2.3 Kartlägningsprogram	9
2.4 Beräkningspunkt	9
2.5 Exploateringstal	9
2.6 Storskalig bullerkartläggning	10
3 Principer	10
4 Vad ska redovisas	10
5 Beräkningsnoggrannhetsklasser	11
6 Ingångsdata	13
6.1 Kartunderlag/terrängmodeller/byggnader	13
6.1.1 Byggnader	13
6.1.2 Terrängmodell	14
6.1.3 Väg/banvallshöjd	15
6.2 Val av marktyp	16
6.2.1 Markabsorption/markimpedans	16
6.2.2 Markens ojämnhet	17
6.3 Väderlek	17
6.4 Hänsyn till skärmar	18
6.5 Använd trafikmängd, sammansättning, hastighet och tidsfördelning av trafik, schabloner	18
6.6 Vägbanor	21
6.7 Befolkningsstatistik	21
7 Inställning av kartlägningsprogram	21
7.1 Inställningar för avsökning av modell	22
7.1.1 Antal reflektioner	22
7.1.2 Maximalt avstånd källa-mottagare	22
7.2 Täthet hos beräkningspunkter i rutnät	22
7.3 Täthet hos beräkningspunkter på fasader	22
7.4 Beräkningshöjd	22

8	Beräkningar	23
8.1	Beräkningsintervall och avrundning	23
8.2	Frifältsnivån i rutnät med bullerkonturer	23
8.3	Exponerade arealer	24
8.4	Fördelning av boende per byggnad	24
8.4.1	Ingångsdata är boende per 100 m x 100 m.	24
8.4.2	Ingångsdata är boende per fastighet	24
8.4.3	Ingångsdata är boende per adress	25
8.5	Mest exponerad fasad	25
8.6	Antal exponerade för olika nivåer	25
9	Rapportering	25
10	Referenser	26
	Annex A Bestämning av krökningsradie	28
	Annex B Väderstatistik	30

Förord

Projektet har finansierats av Naturvårdsverket representerat av Ulla Torsmark.

Åsikter som framförs i rapporten är författarnas och delas inte nödvändigtvis av Naturvårdsverket.

Borås 2010-12-16

Hans Jonasson (SP) & Andreas Gustafson (Gärdhagen Akustik)

Sammanfattning

Som komplement till EU:s ”Good Practice Guide” för bullerkartläggning enligt END-direktivet har svenskanpassade anvisningar utarbetats. Anvisningarna innefattar hur bullernivåer i enstaka punkter beräknas, hur bullerkonturer bestäms och hur antalet människor som exponeras för olika nivåer beräknas. Avsikten har varit att ge så detaljerade och styrande anvisningar att relevanta kommuner och Trafikverket får förutsättningar att genomföra arbetet på ett så likartat sätt som möjligt. För att öka flexibiliteten och tillfredsställa olika användares behov har olika beräkningsnoggrannhetsklasser införts. Anvisningarna är tänkta att användas vid 2012 års och senare kartläggningar i Sverige.

1 Inledning

1.1 Syfte

Projektet syftar till att utveckla och utarbeta en svenskanpassad ”Goodl Practice Guide”, [1], för bullerkartläggningar enligt fas 2 av EU:s END-direktiv, [2]. Anvisningarna innefattar hur bullernivåer i enskilda punkter beräknas, hur bullerkonturer bestäms och hur antalet människor som exponeras för olika bullernivåer beräknas. Avsikten är att ge så detaljerade och styrande anvisningar att relevanta kommuner och sektorsmyndigheter får förutsättningar att genomföra arbetet på ett så likartat sätt som möjligt. Därigenom förbättras möjligheterna att göra meningsfulla jämförelser mellan olika kommuner. I arbetet ingår att sammanfatta och presentera resultatet internationellt för att påverka EU:s beslutfattande att gå i samma riktning.

Projektet kommer att effektivisera och underlätta kommande kartläggningsarbete samt stödja Naturvårdsverkets samordning av och rapporteringen inom direktivet 2002/49/EC om omgivningsbuller.

1.2 Bakgrund

I den första etappen av direktivet har Vägverket, Banverket, Luftfartsstyrelsen, Stockholm, Göteborg och Malmö deltagit. I fas ett har kartläggningar av buller och beräkning av antalet exponerade gjorts i kommuner med mer än 250 000 innevånare, vägar med mer än 6 miljoner fordon, järnvägar med mer än 60 000 fordon och flygplatser med mer än 50 000 starter och landningar per år.

I fas 2 som avser förhållandena år 2011 kommer en utvidgning att göras till kommuner med mer än 100 000 innevånare, vägar med mer än 3 miljoner fordon, järnvägar med mer än 30 000 fordon samt flygplatser oförändrat med mer än 50 000 starter och landningar per år. Detta innebär att 10 nya kommuner involveras.

Naturvårdsverket samordnar kartläggningen och genomför rapporteringen till EU-kommissionen. Arbetet med kartläggningen genomförs av respektive kommun och Trafikverket.

På uppdrag av Naturvårdsverket genomförde SP en analys av 2007-års kartläggningar. Denna finns rapporterad i SP Rapport 2009:27 Känslighetsanalys av bullerkartläggning, [3]. Huvudslutsatsen var att noggrannheten i de framtagna resultaten var så stor att det knappast var meningsfullt att jämföra resultaten. Bl.a. kan nämnas att antalet exponerade för $L_{den} > 55$ dB var lika många i Malmö som i Göteborg trots att Göteborg har 1,8 gånger större befolkning.

1.3 Genomförande

I SP Rapport 2009:27 ges en rad allmänt formulerade rekommendationer, se tabellen nedan. Första steget är att konkretisera och kvantifiera dessa rekommendationer så att kartläggningsutförarna vet exakt vad de bör eftersträva. Kompletterande källor är bl. a. Good Practice guide ver. 2, [1], samt de tyska anvisningarna Vorläufige

Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB), [4], och den danska Miljøstyrelsens anvisningar inför 2007 års kartläggning, [5].

Ett första förslag till anvisningar skickades på remiss till akustikkonsulter samt deltagarna vid SKL-mötet i Stockholm den 17 mars, 2010. 6 månader senare cirkulerade en ny version som diskuterades vid ett nytt möte den 15 september. Efter ytterligare en revision med påföljande remissomgång fastställdes slutrapporten.

2 Ordförklaringar

2.1 L_{day} , L_{evening} , L_{night} , L_{den}

Med dag, kväll och natt avses de 12 timmarna 06-18, de 4 timmarna 18-22 resp. de 8 timmarna 22-06. Med L_{day} , L_{evening} och L_{night} avses ekvivalentnivån under dag, kväll resp. natt. Samtliga ekvivalentnivåer avser årsmedelvärden liksom den vägda dygnsekvivalentnivån L_{den} som ges av

$$L_{\text{den}} = 10 \lg \frac{1}{24} \left[12 \cdot 10^{L_{\text{day}}/10} + 4 \cdot 10^{(L_{\text{evening}}+5)/10} + 8 \cdot 10^{(L_{\text{night}}+10)/10} \right] \quad (1)$$

2.2 Bullerberäkningsmetod

Med bullerberäkningsmetod avses metod som utgående från käll- och terrängdata beräknar efterfrågad ljudtrycksnivå i en vald punkt. Exempel på beräkningsmetoder är 1996-års nordiska beräkningsmodeller för väg- och tågtrafikbuller, [6,7], INM för flyg, [8], Nord2000 Road, [9], samt den nordiska beräkningsmetoden för industribuller, [10] och ISO 9613, [11]. Vilken beräkningsmetod som ska användas specificeras av aktuell myndighet.

2.3 Kartläggningsprogram

Med kartläggningsprogram avses program som utgående från specificerad beräkningsmetod kopplar samman denna med digitala kart- och fastighetsdata för beräkning av efterfrågade ljudtrycksnivåer i rutnät och på fasader. Exempel på kartläggningsprogram för buller är SoundPLAN, Cadna och Predictor. Vilket kartläggningsprogram som ska användas bestäms i regel av utförande konsult.

2.4 Beräkningspunkt

Med beräkningspunkt avses punkt i vilken efterfrågad ljudtrycksnivå beräknas. Punkten är antingen del av ett rutnät eller en punkt på en fasad.

2.5 Exploateringsstal

Talet beräknas genom att den bebyggda ytan delas med storleken på en avgränsad markyta runtomkring. Den bebyggda ytan uttrycks som bruttoarean (BTA), en

definierad enhet (SS 21053) som något förenklat består av summan av alla våningsplans storlek i en byggnad (Ett tio våningshus som har en golvyta på 100 kvadratmeter på varje våning får alltså en bruttoarea på 1000 kvadratmeter). Exploateringsstalet används för att definiera den del av stadskärnan som anses ha hård mark generellt.

2.6 Storskalig bullerkartläggning

Med storskalig bullerkartläggning avses kartläggning för uppfyllande av END-direktivet eller annan motsvarande kartläggning som avser stora arealer där man kan förvänta sig att enstaka fel påverkar resultatet obetydligt.

3 Principer

Beställande myndighet ska bestämma vilken beräkningsnoggrannhetsklass som ska eftersträvas. För storskalig bullerkartläggning enligt END-direktivet är minimikravet klass C och för underlag till åtgärdsplaner är minimikravet klass B. Om inget annat föreskrivs av aktuell myndighet ska föreliggande anvisningar tillämpas. Vid avvikelser ska utförande konsult kunna visa att använd procedur ger lika bra eller högre noggrannhet. Beräkningar ska utföras var för sig för varje störkälla.

Om det händer att man av teknisk-ekonomiska skäl inte till fullo kan uppfylla samtliga krav för resp. noggrannhetsklass ska förekommande avvikelser redovisas och motiveras.

Av aktuell myndighet anvisad beräkningsmetod ska användas.

4 Vad ska redovisas

För bullerkartläggning enligt END-direktivet är minimikravet att beräkna L_{den} och L_{night} på höjden 4 m. Både rutnät och fasadpunkter ska beräknas. Fasadpunkterna används vid beräkning av antalet personer som är exponerade för olika ljudtrycksnivåer medan rutnätet utgör underlag för de bullerkartor som ska redovisas. Rutnätspunkterna används för att bestämma bullerkonturslinjer som sedan används för att beräkna hur stora arealer som är utsatta för olika ljudtrycksnivåer. Fasadpunkterna avser ljudtrycksnivån i fritt fält, dvs. utan ljudreflexen från närmaste bakomliggande fasad. Rutnätspunkterna inkluderar alla reflexer, alltså även den från närmast liggande fasad. För åtgärdsplaner krävs därutöver kompletteringar med L_{eq} och L_{max} på relevanta höjder.

Vägtrafik-, tågtrafik-, flygtrafik- samt industribuller i tätorter ska redovisas var för sig. En kommun kan också kartlägga buller från annan spårbunden trafik än järnvägstrafik. Vid en sådan kartläggning skall en separat bullerkarta upprättas. I tätorter (i förordningen definierat som kommuner) ska i princip alla vägar, järnvägar och flygplatser ingå i kartläggningen. Industriell verksamhet har i förordningen avgränsats till IPPC-anläggningar. Industribuller behöver endast i undantagsfall beräknas eftersom ett uppfyllande av de svenska reglerna automatiskt innebär att bullret ligger under det lägsta kartläggningsintervallet som för närvarande är 55 dB

för L_{den} och 45 dB för L_{night} . Samtidigt gäller att antalet exponerade personer sätts till noll om det är lägre än 50 vilket också innebär en begränsning.

Vilka vägar, järnvägar och flygplatser som ska beräknas av trafikmyndigheterna framgår av END-direktivet.

Kartläggningen ska avse L_{den} -nivåerna vid bostadens mest exponerade fasad och redovisas för följande bullerintervall: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, ≥ 75 . Den ska vidare avse L_{night} -nivåerna vid bostadens mest exponerade fasad och redovisas för följande bullerintervall: 50 – 54, 55 – 59, 60 – 64, 65 – 69, ≥ 70 .

För trafikverken ingår även kartläggning av den sammanlagda areal i kvadratkilometer som exponeras för L_{den} -nivåerna ≥ 55 dB, ≥ 65 dB respektive ≥ 75 dB samt beräknat antal bostäder och människor som bor i vart och ett av dessa områden. Beställaren kan frivilligt utvidga bullerintervallen, främst nedåt men även uppåt.

Anm. I den svenska föreskriften, [16], står >55 , >65 , etc. men eftersom detta formellt sett betyder att heltalsvärdet, 55, 65, etc. ej ingår har ett likhetstecken lagts till ovan. Vid arealberäkningen saknar likhetstecknet betydelse eftersom man där utgår från en konturlinje och inte från beräknade fasadvärden i heltal..

5 Beräkningsnoggrannhetsklasser

Beroende på tillgängliga data och andra omständigheterna har man olika behov av noggrannhet. För att uppnå önskvärd flexibilitet har därför en klassindelning enligt följande gjorts:

Klass A är bäst och används när man eftersträvar högsta möjliga noggrannhet

Klass B är minimum för åtgärdsplaner

Klass C bedöms uppfylla minimikraven för bullerkartläggning enligt END-direktivet

Klass D rekommenderas inte och används bara då det inte finns andra möjligheter

Klasserna är avsedda som en vägledning till beställare och utförare av konsulttjänster. Observera att skillnaden mellan de olika klasserna inte är lika stor för alla parametrar. Vissa parametrar är känsligare än andra, se tabell 2 för exempel. Detta innebär att man i vissa fall kanske kan blanda t.ex. klass B och C och ändå uppnå motsvarigheten till klass B. Det går dock inte att generalisera möjligheterna utan man får göra en total noggrannhetsbedömning i varje enskilt fall.

I tabell 1 redovisas klasserna för de viktigaste beräkningsparametrarna.

Klassindelningarna avser främst väg- och tågtrafikbuller. Beskrivningen av de olika klasserna är inte alltid 100% precis och den får därför mera ses som en indikation än ett absolut krav. Tolkningen av klasserna framgår av kapitlen 6, 7 och 8. Med schablonvärden avses antingen de värden som rekommenderas i dessa anvisningar eller andra motsvarande värden som användaren använt. Indata enligt minimikrav bör endast användas när indata med högre noggrannhet inte finns tillgängliga.

Tabell 1 Noggrannhetsklasser för olika beräkningsparametrar

Parameter	Klass A	Klass B	Klass C	Klass D
Trafikmängd, 6.5	Mänt under minst en vecka, yngre än 3 år	Extrapolerad eller mänt korttid	Schablon, se 6.5	
Dygnsfördelning, 6.5	Mänt under minst en vecka	Extrapolerad eller mänt korttid	Schablon, se 6.5	
Fordonsfördelning, 6.5	Mänt under minst en vecka	Extrapolerad eller mänt korttid	Schablon, se 6.5	
Tåglängd, 6.5	Verklig	Tågtypens medellängd	Schablon, se 6.5	
Hastighet, 6.5	Mänt under minst en vecka för varje fordonstyp	Skattad på basis av skyltad hastighet och annan info.	Schablon, se 6.5	
Vägbeläggning, 6.6	Verklig	Korrektion för extremfall	Schablon, se 6.5	
Bullerskärmar, 6.4.	Uppmänt höjd och placering	Uppskattad efter visuell inspektion	< 2m försummas	Alla försummas
Byggnader som skärmar, 6.4	Tas med	Tas med	Tas med i tätort, Försummas i övrigt	dB/m
Byggnadshöjder, 6.1.1.	Verklig	Uppskattad efter visuell inspektion	Schablon, se 6.1.1	
Terrängmodell, 6.1.2.	Laserskannade punkthöjder, alternativt $\leq 0,5\text{m} + \text{visuell inspektion}$	$\leq 0,5\text{m}$ ekvidistans eller rutnätsdata av typen 2+	Höjdlinjer 5m ekvidistans, eller rutnätsdata av typen 50+	>5m
Väg-/banvallshöjd, 6.1.3.	Uppmänt höjd känd	Uppskattad efter visuell inspektion	Schablon, se 6.1.3	
Beräkningshöjd	Bullerkonturer: normalt 1,5 eller 2m. Fasadpunkter: samtliga våningsplan.	Bullerkonturer: normalt 1,5 eller 2m. Fasadpunkter: samtliga våningsplan.	4m	
Antal reflexer, 7.1.1	Efter behov (fel < 0,2 dB i fasadpunkterna)	Efter behov (fel < 0,5 dB i fasadpunkterna)	Tät bebyggelse: fasadpunkter 3 och rutnätspunkter 2. I övrigt: samtliga punkter 1	
Markimpedans, 6.2.	Mänt eller satellitdata	Uppskattad efter visuell inspektion	Schablon, se 6.2	
Väderlek (Nord2000 och motsv.), 6.3.	Verklig statistik	Uppskattad	Schablon för hela landet, se 6.3	
Beräkningstäthet, 7.2 och 7.3	Rutnätspunkter: $\leq 5\text{m}$ i tätbebyggelse, $\leq 10\text{m}$ i övrigt. Fasadpunkter 2,5m	Rutnätspunkter: 5m i tätbebyggelse, 10 m i övrigt. Fasadpunkter 5m	Rutnätspunkter: $\leq 10\text{m}$ i tätbebyggelse, $\leq 30\text{m}$ i övrigt. Fasadpunkter: 5 m i stadsbebyggelse, 1 per fasad annars	
Befolkningsstatistik, 6.7	Adresser	Fastighet som vid behov kompletteras med okulär besiktning	100m x 100m Generella fastighetsdata	
Antal exponerade, 8.4	Fördelning enligt anvisningar	Fördelning enligt anvisningar	Fördelning enligt anvisningar, se 8.4	

Vad beträffar den numeriska noggrannheten för de olika noggrannhetsklasserna så är den svår att uppskatta eftersom den påverkas av varierande förutsättningar. En viss vägledning ges i [3] och tabell 2 innehållet i tabell 2 är hämtat från denna rapport.

Tabell 2

Problem	Risikfaktor	Bedömd typisk noggrannhet för L_{den}
Trafikmängd	Fel uppskattning	0,5 dB per 10%
Dygnsfördelning (vägtrafik)	Fel uppskattning	Nattrafik 1 dB per 10%
Andel tunga fordon (vägtrafik)	Fel uppskattning	1 dB per 20%
Hastighet	Fel uppskattning	1 dB per 10%
Hus som skärmar	Schablonhöjd	Liten
Anlagda skärmar	Utelämnas	Liten
Terrängmodell vid källan	Olika aktörer har olika höjd på källan re. terräng	0-3 dB
Beräkningshöjd	Flyg beräknas på 1,2m	0-1 dB
Marktyp	Fel marktyp väljs	0-9 dB för vägtrafikbuller
Mest exponerad del av fasad	Överskattning av antalet exponerade om bara högsta nivån används	Liten vid villabebyggelse, stor överskattning vid vissa större byggnader typiska för storstäder
Bestämning av antal boende	Felaktigt antal	Stor i det enskilda fallet men osäkert vid storskalig tillämpning
Fördelning av antal boende	Placering i fel byggnad	Stor i det enskilda fallet men osäkert vid storskalig tillämpning

6 Ingångsdata

6.1 Kartunderlag/terrängmodeller/byggnader

Grundkravet för lite noggrannare beräkningar är att kartunderlaget ska kunna användas för att definiera en terrängmodell med en höjdprecision på 0,5 m eller bättre. Även hushöjder bör finnas med i underlaget. Ör storskaliga kartläggningar kan något sämre precision accepteras.

6.1.1 Byggnader

För byggnadshöjder används något av nedanstående tillvägagångssätt. Alternativen är rangordnade efter precision med högst noggrannhet först.

Klass A:

- I första hand ska byggnadshöjder som bestämts från byggnadsritning, geodetisk markmätning, fotogrammetrisk mätning från lågflygning eller laserskanning användas.

- Om takfotshöjden angetts bör denna ökas för att ta hänsyn till takkonstruktionens skärmverkan, typiskt värde 2 m.

Klass B:

- Där hushöjder saknas kan dessa skattas utifrån antalet våningsplan som 2,8 m gånger antalet våningar plus 2 m för takkonstruktionen.
- Om inte heller uppgifter om antalet våningar finns, kan dessa tas fram med okulärbesiktning, exempelvis genom skattning per kvarter eller liknande.

Klass C:

- Hushöjder kan också sättas till den lägsta av högsta tillåten hushöjd, om en sådan finns, och följande:
Tätort:
- Enfamiljshus: 6 m
- Flerbostadshus: 15 m
- Byggnader med byggnadsyta < 50 m²: 3 m
- Övriga byggnader: 8 m
Glesbygd:
- Samtliga byggnader: 6 m

Saknas annan information sätts absorptionen hos byggnadens fasader till $\alpha = 0,2$, vilket motsvarar 1 dB reflektionsförlust.

6.1.2 Terrängmodell

Bäst noggrannhet, dvs. klass A, hos terrängmodellen fås då underlaget utgörs av laserskannade punkthöjder, noggrannheten är då ca en decimeter i höjdlängd och det horisontella avståndet mellan punkterna 1-2 m. Grundkravet för klass B anses vara uppfyllt om underlaget utgörs av höjdkurvor med 0,5 m ekvidistans, eller annat underlag med motsvarande höjddefinition av terrängen.

För närvarande finns inte alltid noggranna höjddata för alla aktuella områden. Därför kan det tills vidare bli nödvändigt att acceptera underlag med sämre precision, dvs av typen klass C. Terrängmodellen kan då komma att behöva bearbetas manuellt och utförarens avvägningar kan därvid komma att påverka det slutliga beräkningsresultatet. Viktigast är att se till att precisionen är god då terrängen har skärmande verkan. Särskilt gäller detta skärmande terräng i nära anslutning till väg/järnväg – höjder hos sådana terrängpartier, såsom exempelvis skärningar, bör om möjligt bestämmas inom 0,25 m. Kompletterande information baseras på visuell inspektion, skattningar av höjder hos vallar/skärningar, vissa kompletterande inmätningar samt annat material (exempelvis har Trafikverket en hel del information om järnvägsskärningar i form av markeringar i kartunderlag).

6.1.3 Väg/banvallshöjd

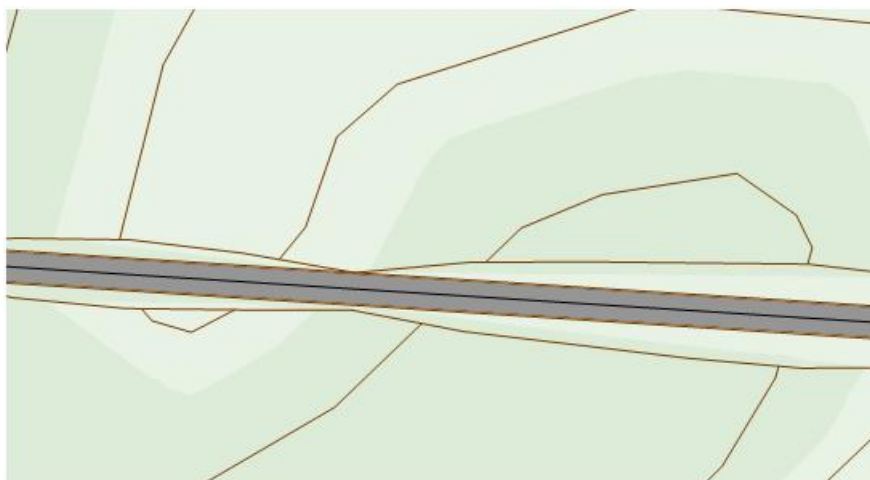
När det gäller järnvägsspår och större vägar finns i regel höjdkoordinater med god noggrannhet. Där sådana höjddata saknas kan höjder hämtas från terrängmodellen, dock försämras då noggrannheten.

Då vägar och järnvägar integreras i terrängmodellen ska följande tillvägagångssätt eller likvärdig metod¹ användas:

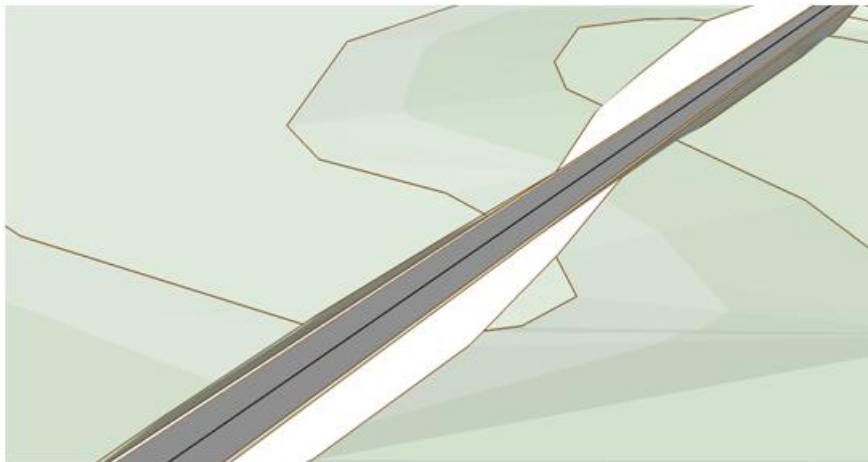
Järnvägsspår och vägar representeras i modellen av en linje som markerar spårmitt respektive vägmitt. Skapa höjdlinjer vid vägytans kant (inklusive vägren/trottoar), respektive motsvarande kant vid järnväg. De nya höjdlinjerna löper parallellt med mittlinjen och har samma höjdkoordinater. Från kantlinjerna modelleras sidan av vägbanken/banvallen, alternativt skärningen, med lutningen 1:2 ifall bättre uppgifter saknas. Sidorna förutsätts fortsätta tills de i höjded led möter omgivande terräng, där nya höjdlinjer skapas som markerar var sidan ansluter till omgivningen. Området mellan dessa yttre höjdlinjer rensas från annan höjdinformation (höjdlinjer, punkthöjder, etc.), så att terrängen här enbart definieras av vägmitt/spårmitt, samt de fyra nya höjdlinjerna.

I stadsmiljö kan behandlingen förenklas för vägar som ligger i plan med omgivningen (saknar bank/skärning): Skapa höjdlinjer vid vägkant enligt ovan. Rensa området under vägytan och strax utanför denna (typiskt 0,5 m) från annan höjdinformation så att terrängen här enbart definieras av vägmitt och de båda nya höjdlinjerna.

Om höjduppgift för väg/järnväg saknas modifieras förfaringssättet genom att mittlinjen först höjdsätts från terrängmodellen. Detta förfaringssätt ger lätt upphov till orealistiska höjdgradienter hos vägen. Använd därför någon form av utjämning för att erhålla en för vägen/järnvägen rimlig höjdprofil. Därefter följs metoden ovan på samma sätt som för från början höjdsatta vägar/järnvägar.



¹ T ex SoundPLANs funktion ”Create embankments” eller algoritmen beskriven i [14]



Figur 1 Exempel på integrering av väg alternativt järnväg i omgivande terrängmodell (definierad med ekvidistanter) enligt beskrivning ovan. Vy från ovan (övre bild) respektive tredimensionell vy (undre bild).

För klass C kan vid behov följande schablonhöjder användas:

Vägar: Bankhöjd vid innerstadsbebyggelse 0,0 eller 0,2 m och bankhöjd för landsvägar 0,2 eller 0,6 m.

Tåg: Banvallshöjd 1,0 m

Flyg: Banhöjd 0,0 m (används då flygplanet är på marken).

6.2 Val av marktyp

6.2.1 Markabsorption/markimpedans

Beräkningsmetoderna arbetar antingen med mjuk och hård mark eller med akustisk impedans. GIS-data som traditionellt används saknar information om marktyp varför användaren måste göra ett manuellt val. Direkt uppmätta data eller data uppskattade från satellitkartor ger den högsta noggrannhetsklassen A. Visuellt besiktning ger klass B medan nedan beskrivna tillvägagångssätt ger klass C. Används enkla beräkningsmodeller som bara använder sig av två marktyper: hård resp. mjuk lönar det sig knappast att eftersträva högre noggrannhetsklass än C.

Generellt räknas vägytor och vattenytor som hård mark medan banvallar räknas som mjuk mark.

Vid storskalig bullerkartläggning förutsätts att hela stadskärnan (svarar ungefär mot exploateringsgrad >1) utom dedicerade parkområden har hård mark. Parkområden har mjuk mark. För övriga tätortsområden förutsätts, om inte annan information föreligger, 2 m på ömse sidor om vägen vara hård för att ta hänsyn till vägren/trottoar. Resterande mark sätts till mjuk.

För beräkningsmetoder som arbetar direkt med markimpedans anses mjuk mark svara mot strömningsmotståndet 200 kPa/m^2 medan hård mark anses motsvara 20000 kPa/m^2 .

För noggrannare bullerkartläggningar kan krävas manuell bestämning av marktypen i varje enskilt fall. För beräkningsmetoder som använder sig av impedansdata kan

landanvändningskartor som bygger på satellitdata användas och konverteras till markimpedans, se [12]. Dessa data kan också användas för uppdelning mellan hård och mjuk mark. Impedansklasserna F och G räknas då som hård mark och övriga som mjuk.

6.2.2 Markens ojämnhet

Endast för Nord2000

Vid storskaliga bullerkartläggningar som utförs med Nord2000 rekommenderas att markens ojämnhet² σ_r sätts till 0 (ojämnhetsklass N).

6.3 Väderlek

För beräkningsmetoder som inte tillåter väderlekskorrektioner avser beräknade ljudtrycksmetoder det väder på vilket använda ljudutbredningsalgoritmer har baserats. För de olika metoderna innebär detta förenklat ungefär följande (Se t.ex. [3] och [15]):

1996 års nordiska vägtrafikmodell ger värden svarande mot ca 1,5 m/s medvind på 10 m. Jämfört med korrekt årsmedelvärde innebär detta i medeltal en underskattning av beräknad ekvivalentnivå av storleksordningen 0 – 3 dB. Underskattningen, liksom standardavvikelsen, ökar med avstånd och skärmning. Den är sannolikt liten vid tät bebyggelse där väderleksberoendet anses vara mindre. Vill man göra en försiktig korrigering av beräknade värden för att komma närmare årsmedelvärdet rekommenderas att korrigera beräknade värden med +1 dB.

1996 års nordiska tågtrafikmodell ger värden som svarar mot ca 3 m/s medvind på 10 m. Jämfört med korrekt årsmedelvärde innebär detta en överskattning av beräknad ekvivalentnivå som i medeltal är ca 1 dB. Vill man göra en försiktig korrigering av beräknade värden för att komma närmare årsmedelvärdet rekommenderas att korrigera beräknade värden med -1 dB.

INM:s flygtrafikmodell förutsätter att temperatur och relativ fuktighet är 15°C resp. 70%. Jämfört med årsmedelvärde innebär detta en liten överskattning av luftdämpningen, dvs. ljudtrycksnivån underskattas, med ca 0,5 dB på avståndet 1500 m. Underskattningen av ljudtrycksnivån minskar med avståndet.

Tillägg vid tillämpning av Nord2000 eller motsvarande metod.

För beräkningsmetoder av typen Nord2000 Road och Imagine definieras 25 olika meteorologiska klasser av vilka man normalt bara använder 4 vid storskaliga bullerkartläggningar, se tabell 2 och annex B. (D = avstånd, R = krökningsradie). Hur krökningsradien R beräknas framgår av annex A. Om inte annat avtalats används i normalfallet schablonfördelning enligt annex B. Denna är hämtad från de danska anvisningarna 2007, men det har visat sig att väderleksstatistiken är likartad för kustnära områden i Sverige. För orter med extremt inlandsklimat som i Norrlands inland kan det dock vara rekommendabelt att använda lokala väderleksdata. Den meteorologiska statistiken bör i sådana fall avse medelvärde för de senaste 10 åren [9].

² ground roughness, ej att förväxla med parametern roughness length som används för att beräkna vindprofil

Vid beräkning av vägtrafikbuller i tät stadsbebyggelse är det vid storskalig bullerkartläggning tillåtet att förenkla genom att låta enbart en meteorologisk klass, klass M18, gälla för all ljudutbredning. I detta fall används riktningsoberoende värden för temperatur och luftfuktighet enligt tabell B5 i annex B. Med tät stadsbebyggelse avses här höga, tätt placerade byggnader som står där marken till största delen är akustiskt hård. Ett villkor är att bullret vid fasad primärt bestäms av trafiken på gatan närmast utanför bostaden. Om ljudnivån bestäms av trafik som ligger längre bort bör fyra meteorologiska klasser användas till beräkningen. Vid avgränsning av områden med tät stadsbebyggelse kan följande kriterier användas: byggnader med mer än två våningar, minst 80% av markytan är akustiskt hård och exploateringsgrad över 1,0.

Anm. Förenklingen ovan för områden med tät stadsbebyggelse har införts för att spara beräkningstid och för att kunskapsläget om väderlekens påverkan på ljudutbredning i tät bebyggelse knappast motiverar noggrannare beräkningar.

Tabell 2 Meteorologiska klasser

	D/R Range	D/R Typiskt värde	Verbal beskrivning
M8 ¹⁾	< - 0.04	-0.08	Ogynnsam
M13 ²⁾	-0.04 ... 0.04	0.00	Neutral
M18 ³⁾	0.04...0.12	0.08	Gynnsam
M24 ⁴⁾	> 0.12	0.16	Mycket gynnsam

¹⁾ Typisk vindhastighetskomponent på 10 m, <1m/s/<-1m/s under dag/natt.

²⁾ Typisk vindhastighetskomponent på 10 m, 1-3m/s.

³⁾ Typisk vindhastighetskomponent på 10 m 3-6m/s.

⁴⁾ Typisk vindhastighetskomponent på 10 m, >6m/s/>-1m/s under dag/natt.

6.4 Hänsyn till skärmar

Skärkning av hus tas alltid med i tätorter men kan i övrigt försummas vid storskalig bullerkartläggning och klass C. Om anlagda trafikbullerskärmar som är 2 m eller lägre saknas i kartmaterialet kan de med undantag för spårnära perronghöga skärmar försummas vid storskalig bullerkartläggning och klass C på beräkningshöjden 4 m. För klass B och åtgärdsplaner ska de dock tas med vid lägre beräkningshöjder. Högre skärmar än 2 m ska alltid tas med. För hushöjder, se 6.1.3.

6.5 Använd trafikmängd, sammansättning, hastighet och tidsfördelning av trafik, schabloner

Kvaliteten på använda trafikdata kan variera kraftigt, speciellt för vägtrafik. Luftfartsverket och Banverket har hög kvalitet på sina data eftersom aktuella, exakta siffror finns tillgängliga. Detta gäller både trafikmängd och dygnsfördelning. Högre noggrannhet är knappast möjlig med de använda beräkningsmodellerna.

För tågtrafik och klass C gäller följande schablonvärde för hastighet: Den lägsta av banans högsta tillåtna hastighet och tågtypens högsta tillåtna hastighet. För tåglängd och klass C kan, om bättre information saknas, följande schablonvärden användas:

650 m för godståg, 49 m för tåg i serierna X10-X20, 160 m för tåg i serierna X30-X60, 160 m för intercitytåg, 160 m för X2000.

För vägtrafik gäller att 1996-års modell har två kategorier fordon: tunga och lätta. I Nord2000 Road och kommande europeiska modeller gäller att de tunga fordonen är indelade i två klasser: Medeltunga och tunga. Vägverket har god kvalitet när det gäller ÅDT och totala antalet tunga fordon på högtrafikerade vägar men variationen är större för mindre vägar. I tätorter saknas ofta aktuella trafiksiffror för mindre gator och olika uppskattningar och interpolationer måste göras. Om det inte är uppenbart att aktuella bullernivåer ligger långt under de nivåer som vi är intresserade av ska alla gator kartläggas. För vägtrafikbuller ska i de fall noggrannare uppgifter eller bättre skattningar inte finns tillgängliga följande schablonvärden användas:

Fordonskategorier: Enligt tabell 3. Om endast två kategorier tunga fordon används läggs kategori 2 och 3 ihop.

Tabell 3 *Fordonskategorier i Nord2000 Road, från [9].*

Kategori	Benämning	Tjänstevikt Kg	Längd m	Övrigt
1	Lätta	3500	< 5,5	Dubbdäck och våt yta inparametrar
2	Medium	3500-12000	5,6 – 12,5	2 axlar, 6 hjul
3	Tunga	> 12000	>12,5	≥ 3 axlar Antal axlar inparameter

Trafiksammansättning: Enligt tabell 4. Om endast två kategorier tunga fordon används läggs kategori 2 och 3 ihop.

Tabell 4 Schablontrafiksammansättning på olika vägar, från [9].

Trafikfall	Beskrivning	Sammanställning %		
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
A	Motorväg 100-130 km/h	85	5	10
B	Stadsmotorväg	85	5	10
C	Riksväg 80-90 km/h	85	10	5
D	Huvudled i tätort 60-70 km/h	90	5	5
E	Gata 50 km/h	95	5	0
F	Gata 30-40 km/h	100	0	0

Hastighet: Se tabell 5.

Tabell 5 Schablonvärden på hastighet på olika vägar, från [9].

Trafikfall	Beskrivning	Hastighet km/h		
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
A	Motorväg 100-130 km/h	120	90	90
B	Stadsmotorväg	90	85	85
C	Riksväg 80-90 km/h	85	75	75
D	Huvudled i tätort 60-70 km/h	70	65	65
E	Gata 50 km/h	50	50	50
F	Gata 30-40 km/h	35	35	35

Dygnsfördelning: Se tabell 6.

Tabell 6 Schablonvärden för dygnsfördelning på olika vägar, från [9].

Trafikfall	Beskrivning	Hastighet km/h								
		Kategori 1			Kategori 2			Kategori 3		
		Dag	Kvä	Natt	Dag	Kvä	Natt	Dag	Kvä	Natt
A	Motorväg 100-130 km/h	80	10	10	75	10	15	70	10	20
B	Stadsmotorväg	80	10	10	75	10	15	70	10	20
C	Riksväg 80-90 km/h	80	10	10	85	5	10	80	5	15
D	Huvudled i tätort 60-70 km/h	80	10	10	85	5	10	75	10	15
E	Gata 50 km/h	80	10	10	85	5	10	75	10	15
F	Gata 30-40 km/h	80	10	10	85	5	10	75	10	15

För samtliga schablonvärden enligt ovan gäller att de kan bytas ut mot andra schabloner om det kan göras sannolikt att dessa nya schabloner bättre svarar mot de aktuella förhållandena.

Nord2000. För övriga parametrar i Nord2000 och Harmonoise/Imaginemodellerna gäller vid storskalig kartläggning följande:

Stigningar försummas om de är kortare än 250 m. Acceleration vid korsningar försummas. Effekten av dubbdäck, våta vägbanor och vägytans ålder försummas. Vägytans temperatur sättes till årsmedelvärdet 7° för dagar och kvällar samt 5° för nätter.

6.6 Vägbanor

För vägbanor gäller som schablon för klass C SMA 0/16. För åtgärder och klass B krävs att hänsyn tas dels till lågbullrande beläggningar och dels till högbullrande sådana av typen gatsten. För riktigt hög noggrannhet enligt klass A ska hänsyn tas till den verkliga beläggningen.

6.7 Befolkningsstatistik

Den tillgängliga statistiken kan variera. Statistiska centralbyrån (SCB) levererar som bäst befolkningsdata baserad på ett rutnät på 100 m x 100 m. Dessa data baserar sig i sin tur på fastighetsregistret. Detta innebär att felkällorna kan bli stora i de fall delar av fastigheten faller utanför aktuell ruta. I dessa fall placeras hela fastighetens befolkning i den ruta inom vilken fastighetens mediankoordinat ligger. För noggrannare data från SCB gäller sekretess varför enda alternativet är att låta SCB utföra arbetet att på basis av framräknade bullerkonturer allokera antal personer till de olika bullerintervallen. Rutnätsdata är ofta de enda lättillgängliga data som finns för trafikmyndigheterna.

Kommuner har ofta tillgång till noggrannare befolkningsdata, oftast endast per fastighet men i vissa fall även per adress. Eftersom rutnätsdata är baserade på fastighetsdata i förenklad form följer att fastighetsdata är noggrannare än rutnätsdata. På samma sätt gäller att adressdata är noggrannare än fastighetsdata.

För befolkningsdata gäller alltså följande rangordning:

1. Boende per adress eller allra helst per lägenhet, klass A
2. Boende per fastighet, vid komplicerad fastighetsbildning kompletterad med okulär besiktningklass B
3. SCB-data per 100 m x 100 m rutnät, generella fastighetsdata, klass C

De boende ska sedan allokeras till beräknade ljudtrycksnivåer på fasaden. Hur detta ska gå till framgår av kapitel 8.

7 Inställning av kartlägningsprogram

Nedanstående inställningar avser storskaliga bullerkartläggningar. Andra inställningar kan behövas vid mer detaljerade/noggranna undersökningar. Avsnitt 7.1-7.3 avser främst beräkning av väg- och tågtrafikbuller. Samtliga inställningar som används vid beräkningarna ska dokumenteras och redovisas.

7.1 Inställningar för avsökning av modell

De olika kartläggningsprogrammen använder sig inte av exakt samma avsökningsmetodik och därför ges här endast rekommendationer för de mest generella parametrarna. Val av värden för andra (programspecifika) parametrar baseras lämpligen på rekommendationer från tillverkaren och/eller egna testberäkningar.

7.1.1 Antal reflektioner

För fasadpunkter enligt klass C bör avsökningsalgoritmens maximala antal reflektioner sättas till tre i stadsbebyggelse [17], och till ett i övriga områden. För beräkning av rutnätspunkter enligt klass C bör maximala antalet reflektioner väljas till två i stadsbebyggelse respektive till ett i övriga områden.

7.1.2 Maximalt avstånd källa-mottagare

Begränsa avsökningens maximala avstånd till ett värde mellan 1500 m och 3000 m (gäller väg- och tågbullerberäkningar). Ett alltför lågt värde medför att ljudnivån i vissa beräkningspunkter blir för låg medan onödigt högt valda värden kan ge onödigt lång beräkningstid. Eventuellt val av kortare avstånd ska stödjas med testberäkningar som visar på försumbar inverkan på beräknade ljudnivåer jämfört med ett idealt val.

7.2 Täthet hos beräkningspunkter i rutnät

Som utgångspunkt för klass C bör beräkningstätheten för rutnätet vara minst 1 punkt per 10 m i tät bebyggelse. För klass B i tät bebyggelse av stadskaraktär bör dock inte avståndet mellan beräkningspunkterna överstiga 5 m. I öppna områden som saknar bebyggelse av tätortskaraktär kan avståndet för klass C ökas till 30 m.

7.3 Täthet hos beräkningspunkter på fasader

För klass B och C gäller att antalet fasadpunkter bör vara minst en per fasad. Är fasadlängden > 5 m bör antalet punkter vara minst en per 5 m. Klass A kräver en punkt per 2,5 m. Det är knappast meningsfullt att öka tätheten ytterligare. För exempel, se [4].

7.4 Beräkningshöjd

Beräkningshöjden ska vara 4,0 m för huvudrapporteringen enligt END-direktivet. Om Integrated Noise Model (INM) används för flygbullerberäkningar gäller beräkningshöjden 1,2 m. Eftersom skillnaden för flygbuller mellan 1,2 m och 4,0 m i regel är mindre än 1 dB anses 1,2 m-värdet vara ekvivalent med 4,0 m-värdet. För handlingsplaner och jämförelser med riktvärden ska även höjden 2 m (för trafikbuller) resp. 1,5 m för industribuller tas med. För flygbuller och INM anses 1,2 m-värdet gälla även på 2,0 m.

8 Beräkningar

8.1 Beräkningsintervall och avrundning

Beräkningsintervall framgår av avsnitt 4. För intervallindelningen ska beräknade värden avrundas till närmaste heltal enligt gällande ISO-regler. Bullerkonturer ska dock beräknas på basis av oavrundade värden.

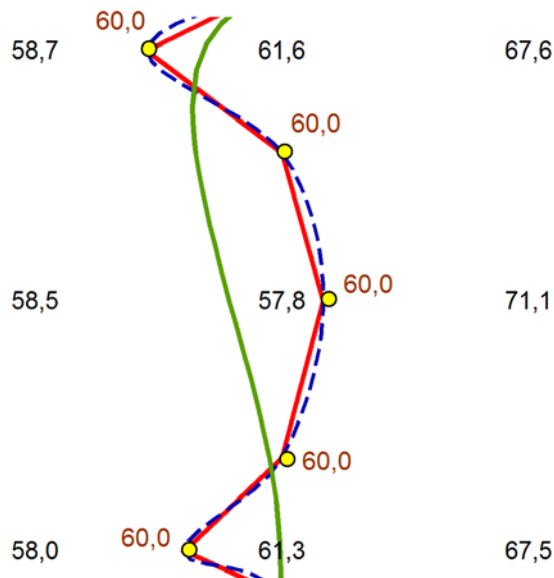
Antalet exponerade personer ska rundas av till närmaste hundratal. 0= ekvivalent med < 50 personer.

8.2 Frifältsnivån i rutnät med bullerkonturer

Rutnätspunkter används för att beräkna bullerkonturer i steg om 5 dB. Konturlinjerna används sedan för att beräkna hur stora arealer som är exponerade för de olika ljudtrycksnivåerna.

Med beräknad ljudtrycksnivå avses frifältsnivån. Man ska alltså exkludera ljudreflexen från bakomvarande byggnad. Detta är lätt att göra för fasadpunkter men betydligt svårare för rutnätspunkter där kartläggningsprogrammen i regel inkluderar denna reflex. På grund av svårigheten att göra denna korrektion på ett enhetligt sätt ska den inte göras alls för rutnätspunkter. Detta kommer att medföra för höga ljudtrycksnivåer närmast byggnaderna. Inverkan på beräknade areor bedöms dock vara så liten att den kan försummas.

Bullerkonturlinjer dras mellan framinterpolerade heltalsvärden i steg om 5 dB. Man kan antingen förbinda punkterna med räta linjer, göra en polynomapproximation som går igenom de framinterpolerade punkterna (exakt Bezier) eller göra en polynomapproximation med stark utjämning där kurvan inte nödvändigtvis går igenom de framinterpolerade punkterna (utjämnad Bezier). För storskalig bullerkartläggning för direktivet ska tekniken med räta linjer tillämpas.



Figur 2 Tre exempel på hur bullerkonturen för 60 dB kan ritas för samma rutnätspunkter. Röd linje: räta linjer genom de framinterpolerade punkterna, blå streckad linje: exakt Bezier, grön linje: utjämnad Bezier.

8.3 Exponerade arealer

Exponerade arealer beräknas med tillgängliga verktyg i det använda bullerkartläggningsprogrammet alternativt i annan programvara på basis av framräknade bullerkonturer.

8.4 Fördelning av boende per byggnad

8.4.1 Ingångsdata är boende per 100 m x 100 m.

Antal boende per byggnad levereras som ett rutnät om 100 m x 100 m, där varje ruta har uppgift om antalet boende, B , inom rutan (delarean S).

Bestäm totala bostadsarean inom den i :te delarean S_i genom att för varje bostadsbyggnad multiplicera bottenarean, A , med antalet våningar. Om antalet våningar, N , inte är känt dividera hushöjden med 2,8 och låt heltalsdelen representera antalet våningar

$$\text{Varje byggnad, } j, \text{ inom delytan } S_i, \text{ får då antalet boende } n_j = \frac{B_i \cdot N_j \cdot A_j}{\sum_{\text{Alla } j \text{ inom } S_i} N_j \cdot A_j} \quad (2)$$

8.4.2 Ingångsdata är boende per fastighet

I de fall fastigheten består av en byggnad får vi direkt antalet boende i denna. I övriga fall måste de boende fördelas på ingående byggnader. Genom att eliminera byggnader som inte innehåller bostäder samt ta hänsyn till antalet våningar kan vi

tillämpa ekv. (2) ovan. Data över vilka byggnader som är bostäder ingår i regel i fastighetsuppgifterna.

8.4.3 Ingångsdata är boende per adress

I de flesta fall är byggnaden och dess ingångar symmetriskt arrangerade varför fördelningen blir trivial. Fasaden delas upp så att lika mycket tillfaller varje ingång. I andra fall kan olika delar av byggnaden ha olika höjd varvid hänsyn måste tas till att antalet våningar kan variera. Ekv. (2) kan då tillämpas.

8.5 Mest exponerad fasad

Varje lägenhet anses exponerad för den högsta ljudtrycksnivå som föreligger på någon av dess fasader. Varje fasad har minst en beräknad punkt, se 7.3. Om lägenheten är identisk med byggnaden, som den t.ex. är för enfamiljshus, används alltså den högsta beräknade ljudtrycksnivån som föreligger någonstans på byggnadens fyra fasader. För större byggnader kan emellertid denna princip ge en stor överskattning av antalet exponerade personer.

Fördelning av boende på fasadnivåer ska därför ske enligt följande principer:

Småhus: Samtliga boende erhåller den högsta fasadnivå som berör byggnaden.

För övriga gäller:

Fastighets- och rutnätsdata: Samtliga boende fördelas lika på de beräknade fasadnivåer som ligger emellan median- och maxnivån. Detta innebär att man för denna beräkning inte får tillgodogöra sig beräknade fasadnivåer lägre än mediannivån, dvs. t.ex. en ev. tyst sida eftersom det förutses att den typiska lägenheten även är exponerad mot en sida som inte är tyst.

Adressdata: Samtliga boende erhåller den högsta fasadnivån som berör adressen. I de fall adresspunkterna är placerade på gårdar eller baksidor måste fasadpunkterna i förekommande fall väljas på mera exponerade sidor. Alternativt kan man lägga ihop samtliga adresser för en byggnad för att få antalet boende i byggnaden och sedan fördela enligt samma principer som för fastighets- och rutnätsdata ovan.

8.6 Antal exponerade för olika nivåer

Dessa beräknas genom att summera resultaten från 8.5.

9 Rapportering

Kommuner och Trafikverket rapporterar till Naturvårdsverket som vidarebefordrar efterfrågad information till EU-kommissionen. För att detta ska kunna ske rationellt bör rapporteringen ske i standardiserat format.

Följande ska rapporteras:

Bullerkartor, separat för varje ljudkälla, för

- L_{den} på 4 m
- L_{night} på 4 m
-

Bullerkartorna ska färgläggas enligt följande vid redovisning i 5 dB-intervall:

Ljudnivåintervall	Intervallfärg
55 – 59 dB	Gul
60 - 64 dB	Orange
65 – 69 dB	Röd
70 – 74 dB	Violett
L_{night} över 70 dB	
75 dB och uppåt	Blå

Vid redovisning i 10 dB-intervall gäller följande:

Ljudnivåintervall	Intervallfärg
55 – 64 dB	Gul
65 - 74 dB	Röd
75 dB och högre	Blå

Antal bostäder och personer samt den samlade arealen hos områden exponerade för ljudnivåer inom de olika nivåintervallerna redovisade separat för

- Vägtrafikbuller
- Tågtrafikbuller
- Flygbuller
- Industribuller

Rapporteringen ska följas av uppgifter om vilka beräkningsnoggrannhetsklasser som i huvudsak använts samt information om vilka avvikelser som gjorts från de angivna huvudklasserna.

Ytterligare detaljer utarbetas i samarbete med Naturvårdsverket.

10 Referenser

- [1] Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2, 13 August 2007, Position paper from European Commission WG Assessment of Exposure to Noise
- [2] Direktiv 2002/49/EG om bedömning och hantering av omgivningsbuller (END)
- [3] Hans Jonasson, Känslighetsanalys av bullerkartläggning, SP Rapport 2009:27
- [4] Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungsärm (VBEB), Bundesanzeiger Nr. 75 vom 20. April 2007
- [5] Støjkortlægning og støjhandlingsplaner, Vejledning 4, 2006, fra Miljøstyrelsen

- [6] Naturvårdsverkets rapport 4563 ”Nordisk beräkningsmodell för vägtrafikbuller, rev 1996
- [7] Naturvårdsverkets rapport 4653 ”Nordisk beräkningsmodell för spårburen linjetrafik, rev 1996
- [8] Integrated Noise Model Version 6.1, Federal Aviation Administration
- [9] User’s Guide Nord2000 Road, Report AV 1171/06, Delta
- [10] Environmental noise from industrial plants – General prediction method, Report 32 from Lydteknisk laboratorium, Lyngby
- [11] ISO 9613-1:93 Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1 Calculation of the absorption of sound by the atmosphere
Part 2: A general method of calculation
- [12] M. Sohlman, H. Jonasson, A. Gustafsson, Using satellite data for the determination of the acoustic impedance of ground, Metria, Sweden, 2004
- [13] BEK647 af 18/06 2007. Bek. om ændring af bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner, Miljøstyrelsen, Danmark
- [14] IMAGINE - WP1, Specifications for GIS-NOISE databases, Deliverable 4 of the IMAGINE project, IMA10-TR250506-CSTB05.doc, 2006
- [15] Birger Plovsing, Forskelle mellem støjniveauer beregnet med de eksisterende metoder for vej- og jernbarestøj og med Nord2000, Rapport AV 1578/03, Delta
- [16] Förordning 2004:675 om omgivningsbuller
- [17] Birger Plovsing, Reduction of Nord2000 calculation time, Rapport nr. 23, Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, DELTA, 2010

Annex A Bestämning av krökningsradie

For flat terrain the radius R approximating the curvature of the sound paths caused by atmospheric refraction can be determined by Equation (A.1).

$$\frac{1}{R_{cur}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \quad (\text{A.1})$$

$$R_A = \frac{A}{|A|} \sqrt{\left(\frac{c_0}{|A|}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (\text{A.2})$$

$$R_B = \frac{B}{|B|} \frac{1}{8} \sqrt{\frac{2\pi c_0}{|B|}} D \quad (\text{A.3})$$

where:

A is the linear sound speed coefficient in 1/s, given by equation (A.4) and (A.5)

B is the logarithmic sound speed coefficient in m/s, given by equation (A.6)

D is the horizontal distance between the source and the receiver in m

c_0 is the reference sound speed = 331.4 m/s,

during day (stability classes S_1 , S_2 and S_3 (see below):

$$A = \frac{u_*}{C_{vk} L} \cos(wd) + \left(\frac{1}{2} \frac{c_0}{T_{ref}}\right) \left(0.74 \frac{T_*}{C_{vk} L} - \frac{g}{c_p}\right) \quad (\text{A.4})$$

during night (stability classes S_4 and S_5 (see below):

$$A = 4.7 \frac{u_*}{C_{vk} L} \cos(wd) + \left(\frac{1}{2} \frac{c_0}{T_{ref}}\right) \left(4.7 \frac{T_*}{C_{vk} L} - \frac{g}{c_p}\right) \quad (\text{A.5})$$

For both day and night B is given by

$$B = \frac{u_*}{C_{vk}} \cos(wd) + \left(\frac{1}{2} \frac{c_0}{T_{ref}}\right) \left(0.74 \frac{T_*}{C_{vk}}\right) \quad (\text{A.6})$$

where:

u_* is the friction velocity in m/s

T_* is the temperature scale in K

L is the Monin-Obukhov length in m,

C_{vk} is the Von Karman constant = 0.4

g is Newton's gravity acceleration = 9.81 m/s²
 c_p is the specific heat capacity of air at constant pressure, 1005 J/kg K
 T_{ref} is the reference temperature = 273 K.
 Wd is the wind direction from source to receiver

The meteorological parameters u^* , T^* and the inverse of the Monin-Obukhov length, $1/L$ can be measured directly or taken from the tables below.

NOTE Positive values of R correspond to downward sound ray curvature (for example downwind or temperature inversion); $1/R = 0$ corresponds to straight-line sound propagation ('no-wind', homogeneous atmosphere); negative values of R correspond to upward sound propagation (for example upwind or on a calm summer day). Temperature inversions occur e.g. at night time when the cloud cover is less than 70%.

Table A.1: Friction velocity, by wind speed

	u^* m/s
W1	0
W2	0.13
W3	0.3
W4	0.53
W5	0.87

Table A.2: Temperature scale, inverse Monin-Obukhov length $1/L$, by wind speed and stability classes (X/8 indicates ratio of cloud cover of the sky)

$1/L$	S1	S2	S3	S4	S5
	Day 0/8-2/8	Day 3/8-5/8	Day 6/8-8/8	Night 5/8-8/8	Night 0/8-4/8
W1: 0-1 m/s	-0.08	-0.05	0	0.04	0.06
W2: 1-3 m/s	-0.05	-0.02	0	0.02	0.04
W3: 3-6 m/s	-0.02	-0.01	0	0.01	0.02
W4: 6-10 m/s	-0.01	0	0	0	0.01
W5: > 10 m/s	0	0	0	0	0

T^*	S1	S2	S3	S4	S5
	Day 0/8-2/8	Day 3/8-5/8	Day 6/8-8/8	Night 5/8-8/8	Night 0/8-4/8
W1: 0-1 m/s	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4
W2: 1-3 m/s	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2
W3: 3-6 m/s	-0.1	-0.05	0	0.05	0.1
W4: 6-10 m/s	-0.05	0	0	0	0.05
W5: > 10 m/s	0	0	0	0	0

S: stability class

W: wind class

T^* Temperature Scale

L : Monin-Obukhov length

u^* : friction

velocity

Annex B Væderstatistik

Dansk kungörelse BEK Nr. 647 af 18. juni 2007
Miljøministeriet

Meteorologiske og andre parametre ved beregning med Nord 2000

Ved støjkortlægning af veje og jernbaner benyttes beregningsmetoden Nord 2000 med de parametre, der fremgår af dette afsnit. Årsmiddelværdien af støjniveaulet fastlægges på grundlag af beregning for fire vejrklasser, benævnt M8, M13, M18 og M24.

Ved støjkortlægning af veje og jernbaner i tætte byområder kan årsmiddelværdien dog bestemmes ud fra beregning af én vejrklasse, M13.

Tætte byområder er karakteriseret ved høje, tæt beliggende bygninger og en stor andel af reflekterende terræn. Følgende kriterier kan benyttes til afgrænsning af tætte byområder: Bygninger i mere end to etager, andel af befæstet (reflekterende) areal over 80 %, og bebyggelsesprocent over 80 %.

Denne forenkling kan ikke benyttes ved støjkortlægning af arealer udenfor tætte byområder. Det må afgøres ved konkret skøn, om der i et byområde forekommer så store åbne områder med porøst terræn, der har indflydelse på lydudbredelsen mellem væsentlige støjkilder og boliger, at der her skal beregnes med fire vejrklasser.

Tabel B1

Tablet over årsfordeling (i %) af vejrklasser som funktion af lydudbredelsesretningen i dag perioden (kl. 07 - 19)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
M 8	50,4	51,9	52,9	53,9	54,8	55,2	55,0	54,4	53,1
M 13	25,9	26,0	25,3	23,6	21,2	19,1	18,0	17,5	18,3
M 18	17,9	17,0	16,8	17,1	17,8	18,2	18,4	18,4	18,2
M 24	5,8	5,1	4,9	5,3	6,3	7,5	8,7	9,6	10,4

Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
M 8	51,5	49,8	48,0	45,5	42,6	39,3	36,1	32,8	30,1
M 13	18,9	19,6	19,8	20,5	21,7	23,1	24,0	24,6	25,5
M 18	18,3	18,8	20,1	21,7	23,6	25,7	28,1	30,5	31,8
M 24	11,3	11,8	12,1	12,3	12,1	11,9	11,9	12,0	12,7

Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
M 8	27,7	26,3	26,3	27,3	28,7	30,0	31,2	32,0	32,4
M 13	26,4	26,0	24,5	22,1	19,7	17,8	16,8	16,4	17,3
M 18	32,0	32,1	31,6	30,8	29,7	28,7	27,4	26,5	25,7
M 24	14,0	15,6	17,6	19,8	21,9	23,6	24,7	25,0	24,5

Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
M 8	33,3	34,2	35,6	37,3	39,0	41,1	43,4	46,1	48,4
M 13	18,2	19,0	19,6	20,4	21,7	23,0	24,3	25,0	25,5
M 18	25,2	25,1	25,3	25,2	24,1	23,1	21,7	20,3	19,1
M 24	23,4	21,7	19,5	17,2	15,2	12,8	10,6	8,7	6,9

Tabel B2

Tablet over årsfordeling (i %) af vejrklasser som funktion af lydudbredelsesretningen i aften perioden (kl. 19 - 22)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
M 8	39,1	40,7	42,1	43,9	45,1	45,5	45,4	44,9	44,0
M 13	31,5	31,4	30,0	27,3	24,7	23,0	22,3	21,9	22,0
M 18	20,4	19,5	19,4	19,8	20,2	20,1	19,7	19,4	18,9
M 24	9,0	8,4	8,4	8,9	9,9	11,4	12,6	13,9	15,0

Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
M 8	42,7	41,2	39,6	37,3	34,7	31,5	28,4	25,0	22,1
M 13	22,5	22,6	22,9	23,3	24,1	25,3	26,0	26,6	27,5
M 18	19,1	19,9	20,9	22,7	24,6	27,1	29,5	32,3	33,6
M 24	15,8	16,3	16,7	16,6	16,6	16,2	16,1	16,1	16,8

Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
M 8	20,1	19,0	19,4	20,4	21,7	22,7	23,6	24,4	25,1
M 13	28,5	28,0	25,8	23,1	20,9	19,4	18,6	18,1	18,2
M 18	33,3	33,2	33,0	32,1	30,7	29,5	28,5	27,7	27,7
M 24	18,1	19,8	21,8	24,4	26,6	28,4	29,4	29,8	28,9

Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
M 8	25,8	26,7	27,8	29,1	30,4	31,8	33,5	35,7	37,7
M 13	19,1	20,0	20,9	22,0	23,6	25,8	27,9	29,3	30,4
M 18	27,8	28,1	28,6	28,7	28,1	26,7	25,0	23,3	21,8
M 24	27,4	25,3	22,8	20,2	17,9	15,7	13,5	11,7	10,1

Tabel B3

Tabel over årsfordeling (i %) af vejrklasser som funktion af lydudbredelsesretningen i nat perioden (kl. 22 - 07)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
M 8	32,8	34,4	36,1	37,6	38,3	38,4	37,9	37,1	35,6
M 13	33,7	33,5	31,2	28,4	26,5	25,4	25,0	24,7	25,5
M 18	21,0	19,8	20,0	20,6	20,8	20,2	20,0	19,6	19,0
M 24	12,5	12,4	12,7	13,4	14,4	16,0	17,1	18,6	19,9

Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
M 8	33,9	31,7	29,4	27,0	24,1	21,4	18,8	16,2	14,2
M 13	25,9	26,2	26,4	26,4	26,7	26,6	26,7	26,7	26,7
M 18	19,5	20,8	22,8	25,3	28,0	31,1	33,4	35,2	36,0
M 24	20,8	21,2	21,4	21,4	21,2	20,9	21,1	21,9	23,1

Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
M 8	12,8	12,2	12,6	13,7	15,3	16,5	17,5	18,4	19,2
M 13	26,5	25,8	24,1	22,2	20,5	19,4	18,9	18,9	19,8
M 18	36,2	35,3	34,4	33,0	31,6	30,1	29,1	28,4	27,7
M 24	24,6	26,6	28,9	31,1	32,7	34,0	34,5	34,3	33,4

Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
M 8	20,0	21,2	22,6	24,2	25,8	27,3	28,9	30,3	31,7
M 13	21,2	22,6	24,0	25,4	27,0	28,8	30,3	31,8	32,8
M 18	27,2	26,9	26,7	26,3	25,9	25,3	24,5	23,4	22,4
M 24	31,5	29,3	26,7	24,1	21,3	18,6	16,3	14,4	13,1

Øvrige meteorologiske parametre

Tabel B4

Lydudbredelsesparametre i de fire vejrklasser

Klasse	M 8	M 13	M 18	M 24
A (log. led)	-0,4	0	0,4	1,0
B (lin. led)	0	0	0	0,04

Det forudsættes ved beregning af årsmiddelværdier med udbredelsesparametre, at ruhedslængden (parameter, der fastlægger vindprofilen) er 0,025m.

Der regnes med lufttemperatur og relativ fugtighed, som er specifik for de enkelte vejrklasser, idet parametrene også afhænger af udbredelsesretningen. Ved beregning i **tætte byområder**, hvor der alene regnes med én vejrklasse, M13, benyttes dog parametre for lufttemperatur og relativ fugtighed, der er uafhængige af retningen. Disse er:

Temperatur

RH

Dag (kl. 07 – 19)	9,5 °C	80,0 %
Aften (kl. 19 – 22)	8,4 °C	86,5 %
Nat (kl. 22 – 07)	6,6 °C	93,6 %

Tabel B5

Tabel over *lufttemperaturen* (i °C) i hver vejrklasse som funktion af lyddbredelsesretningen i *dag* perioden (kl. 07 - 19)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
M 8	10,2	10,2	10,1	10,1	10,2	10,2	10,3	10,3	10,3
M 13	9,5	9,9	10,2	10,2	10,0	9,4	9,1	8,8	8,8
M 18	8,8	8,4	8,1	8,2	8,5	9,0	9,2	9,4	9,4
M 24	5,2	4,3	3,8	4,0	4,7	5,4	5,9	6,3	6,7

Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
M 8	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,1	9,8	9,6
M 13	8,7	8,6	8,6	8,7	9,0	9,3	9,4	9,6	9,9
M 18	9,4	9,5	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7	9,8	9,9
M 24	7,0	7,3	7,4	7,5	7,4	7,4	7,3	7,4	7,4

Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
M 8	9,3	9,0	9,0	9,1	9,3	9,4	9,5	9,6	9,6
M 13	10,1	10,4	10,3	10,0	9,6	9,1	8,8	8,5	8,4
M 18	9,9	9,9	9,9	10,0	10,0	10,0	10,0	9,9	9,8
M 24	7,7	8,0	8,4	8,7	9,0	9,2	9,4	9,6	9,7

Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
M 8	9,7	9,7	9,8	9,8	9,9	9,9	10,0	10,1	10,1
M 13	8,3	8,3	8,3	8,4	8,6	8,9	9,1	9,2	9,4
M 18	9,8	9,9	10,0	10,0	9,9	9,9	9,7	9,5	9,2
M 24	9,7	9,6	9,5	9,3	9,1	8,7	8,2	7,3	6,3

Tabel B6

Tabel over *lufttemperaturen* (i °C) i hver vejrklasse som funktion af lyddbredelsesretningen i *aften* perioden (kl. 19 - 22)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
M 8	9,6	9,6	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,0	10,1
M 13	9,4	9,5	9,6	9,5	9,3	9,0	8,7	8,5	8,3
M 18	7,9	7,6	7,5	7,6	7,9	8,1	8,2	8,2	8,2
M 24	3,6	3,2	3,0	3,2	3,8	4,4	4,8	5,2	5,6

Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
M 8	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4	10,3
M 13	8,3	8,2	8,1	8,2	8,5	8,9	9,1	9,4	9,6
M 18	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1	8,1	8,3	8,3	8,5
M 24	5,8	5,9	6,0	6,0	5,9	5,7	5,5	5,4	5,4

Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
M 8	10,0	9,8	9,6	9,6	9,7	9,8	9,8	9,7	9,7
M 13	9,9	10,1	10,1	9,8	9,3	9,0	8,7	8,7	8,5
M 18	8,4	8,5	8,7	8,9	9,1	9,2	9,0	9,0	8,9
M 24	5,7	6,0	6,2	6,5	6,8	7,0	7,3	7,5	7,6

Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
M 8	9,6	9,6	9,5	9,5	9,5	9,4	9,4	9,5	9,6
M 13	8,4	8,2	8,2	8,3	8,5	8,9	9,0	9,2	9,2
M 18	8,9	9,0	9,1	9,2	9,1	9,0	8,8	8,5	8,3
M 24	7,6	7,5	7,3	7,0	6,7	6,3	5,7	5,1	4,3

Tabel B7

Tabel over *lufttemperaturen* (i °C) i hver vejrklasse som funktion af lyddbredelsesretningen i *nat* perioden (kl. 22 - 07)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
--------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

M 8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,4	7,4	7,3
M 13	7,5	7,4	7,3	7,1	6,9	6,7	6,6	6,6	6,6
M 18	6,1	6,1	6,2	6,4	6,5	6,5	6,4	6,2	6,0
M 24	4,3	4,3	4,4	4,6	4,8	5,0	5,4	5,8	6,0
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
M 8	7,3	7,3	7,3	7,2	7,1	6,9	6,6	6,2	5,8
M 13	6,6	6,6	6,5	6,5	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9
M 18	6,0	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,2	7,2
M 24	6,2	6,2	6,3	6,3	6,1	5,9	5,8	5,8	5,9
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
M 8	5,4	5,1	5,0	5,4	5,8	6,0	6,1	6,1	6,2
M 13	7,0	7,2	7,2	7,0	6,7	6,6	6,7	6,8	6,9
M 18	7,2	7,2	7,1	7,2	7,2	7,2	7,0	6,9	6,7
M 24	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,7
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
M 8	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,8	6,8	6,8
M 13	6,9	7,0	7,0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5
M 18	6,7	6,7	6,8	6,9	6,9	6,8	6,7	6,5	6,3
M 24	6,6	6,5	6,3	6,0	5,7	5,4	5,1	4,8	4,5

Tabel B8

Tabel over den relative **luftfugtighed** (i %) i hver vejrklasse som funktion af lydudbredelsesretningen i **dag** perioden (kl. 07 - 19)

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

Tabel B9

Tabel over den relative **luftfugtighed** (i %) i hver vejrklasse som funktion af lydudbredelsesretningen i **aften** perioden (kl. 19 - 22)

Klasse	0 gr	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr	70 gr	80 gr
M 8	83	84	84	84	83	83	83	82	82
M 13	83	82	81	81	82	83	83	84	84
M 18	81	81	81	81	81	81	82	82	82
M 24	84	84	85	85	84	83	83	83	83
Klasse	90 gr	100 gr	110 gr	120 gr	130 gr	140 gr	150 gr	160 gr	170 gr
M 8	82	81	81	80	79	78	77	76	75
M 13	84	85	85	85	84	84	83	82	82
M 18	83	83	84	84	85	85	85	85	85

M 24	84	84	84	84	85	86	87	88	89
Klasse	180 gr	190 gr	200 gr	210 gr	220 gr	230 gr	240 gr	250 gr	260 gr
M 8	75	75	75	75	75	75	76	76	77
M 13	80	79	79	80	80	81	81	82	83
M 18	86	86	85	85	85	84	84	84	84
M 24	90	90	90	90	89	88	88	87	86
Klasse	270 gr	280 gr	290 gr	300 gr	310 gr	320 gr	330 gr	340 gr	350 gr
M 8	77	78	79	79	80	81	81	82	82
M 13	84	84	84	85	85	85	84	84	84
M 18	84	84	84	83	83	83	83	82	82
M 24	86	86	85	84	84	83	83	83	83

Tabel B10

Tabel over den relative **luftfugtighed** (i %) i hver vejrklasse som funktion af lydudbredelsesretningen i **nat** perioden (kl. 22 - 07)

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

Turbulensstyrke for vind- og temperaturfluktuationer:

turbulensstyrke for vindhastighed

$$C_W^2 = 0,12 \text{ m}^{3/4} \text{ s}^{-2}$$

turbulensstyrke for temperatur $C_t^2 = 0,008 \text{ Ks}^{-2}$

Standardafvigelsen af vindhastigheden i lydudbredelsesretningen, s_w , sættes til 0

Standardafvigelsen af temperaturgradienten, $s_{dt/dz}$, sættes ligeledes til 0

Terrænujævnhedsparameter (roughness class): 0 (Nil)

Terrænoverfladeimpedans:

porøst terræn (**D**): 200 kNsm^{-4} ,

reflekterende terræn (**G**): 20 000 kNsm^{-4}

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är ca 870 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och sex dotterbolag varav CBI, Glafo och JTI ägs till 60 % av SP och 40 % av industrin.