

Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer

Kartläggning av buller- fria områden inom Nynäshamns kommun

Delrapport i ett samarbetsprojekt

RAPPORT 5444 • APRIL 2005



Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer

Kartläggning av bullerfria områden inom Nynäshamns kommun

Delrapport i ett samarbetsprojekt

NATURVÅRDSVERKET

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM-Gruppen, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/bokhandeln

Naturvårdsverket

Tel 08-698 10 00, fax 08-20 29 25

E-post: natur@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 91-620-5444-9.pdf

ISSN 0282-7298

Elektronisk publikation

© Naturvårdsverket 2005

Omslag: Nynäshamns skärgård Foto: Iréne Lundberg

Lilla bilden: Utter, Naturfotograf Kenneth Johansson, Skillingaryd

Förord

Föreliggande rapport har utarbetats av Lars Ekström, Ramböll Sverige AB, på uppdrag av samverkansgruppen¹. Rapporten utgör en delrapportering i ett större projekt inom myndigheternas arbete med att utvärdera och utveckla mått, mätetal och inventeringsmetod för ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer.

Syftet med denna studie är att verifiera realismen i de nya definitionerna och riktlinjerna samt ge samverkansgruppen ett bredare beslutsunderlag avseende ljudkvaliteten i natur- och kulturmiljöer.

Arbetet har utförts i två delar. I den första delen av arbetet har omfattande översiktliga- och detaljberäkningar för samhällsbuller enligt de föreslagna måtten genomförts. För att validera beräknade värden har i den andra delen av arbetet delvis övervakade långtidsmätningar utförts i fem utvalda områden. Beräkningarna och mätningarna har utförts för samma områden inom Nynäshamns kommun.

Samverkansgruppen

Stockholm i januari 2005

¹ I samverkansgruppen för pilotprojektet i Nynäshamns kommun har representanter från Banverket, Försvarmakten, Luftfartsverket, Länsstyrelsen i Stockholms län, Naturvårdsverket, Nynäshamns kommun, Stockholms län Regionplane- och Trafikkontor (RTK), Stockholms stad och Vägverket medverkat.

Innehåll

Förord	3
Innehåll	4
Sammanfattning	6
1 Bakgrund	7
2 Begreppsförklaringar	8
3 Mått och mätetal	10
4 Beräkningar	12
4.1 Begränsningar	12
4.2 Underlag	12
4.3 Trafikmodeller	13
4.3.1 Vägtrafik	13
4.3.2 Tågtrafik	14
4.3.3 Flyg	14
4.3.4 Industrier	15
4.3.5 Sjöfart och annan båttrafik	15
Skjutbanor	17
4.3.6 Motorsportbanor	17
4.3.7 Övrigt	17
4.4 Väderleksmodell	17
4.5 Terrängmodell	24
4.6 Slutsatser beräkningsmodeller	28
5 Använt underlag för beräkningar avseende Nynäshamn	29
5.1 Vägtrafik	29
5.2 Tågtrafik	29
5.3 Sjöfart och fritidsbåtar	29
5.4 Industrier	30
5.5 Skjutbanor	31
5.6 Motorsportbanor	31
5.7 Flygtrafik	32
5.8 Väderleksmodell	33
5.9 Terrängmodell	34
5.10 Beräkningsmodeller	34
6 Mätningar	35
6.1 Mätmetod	35
6.2 Mätpunkter	36
6.3 Instrument	39
7 Resultat	40
7.1 Beräkningar	40
7.2 Mätningar	40
7.3 Jämförelse mellan mätningar och beräkningar	40
8 Osäkerhet i beräkningsresultaten	42
9 Svårigheter	43

10	Utvärdering av metod	44
10.1	Kostnader	45
10.2	Förenklingar	45
10.3	Slutsatser	45
11	Referenser	47
	Bilaga 1 Utgivna rapporter	48
	Bilaga 2 Kartor	49

Sammanfattning

Vägverket och Naturvårdsverket har tillsammans med andra myndigheter utarbetat en metod för att beskriva ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer. Ramböll har fått i uppdrag att i ett pilotprojekt använda valda mått och mätetal för att beskriva bullerfria områden inom Nynäshamns kommun och utvärdera metodens användbarhet.

Metoden är möjlig att använda och det går att få fram entydiga resultat. Det finns emellertid inte något kommersiellt tillgängligt datorprogram för beräkning av måtten, utan redovisade beräkningar har gjorts med Rambölls egenutvecklade program.

Variation av enskilda beräkningsparametrar för renodlade typfall visar att vädret och terrängen har stor inverkan på de bullerfria områdenas utbredning. Denna inverkan är dock inte så stor i resultaten som redovisas för Nynäshamns kommun. Kanske beroende på att kommunen är mycket kuperad, och parameterstudierna är utförda för plan mark, där de har störst inverkan.

Skillnaden mellan beräkningsfallen nordlig och sydlig vind är relativt liten. Det kan vara tillräckligt att utföra beräkningar för enbart en vädersituation.

Det är förknippat med vissa svårigheter att få fram allt erforderligt underlag, både för bullerkällor, terräng- och vädermodell. Särskilt är uppgifter om fritidsbåts- trafik, trafik på småvägar och temperaturgradienten svåra att erhålla. Svårigheterna är dock inte större än vad som krävs för en konventionell kartläggning av bullret inom en kommun.

Mätningarna visar att inslaget av naturliga ljud såsom vindsus i trädens lövkronor, havsbrus, fågelkvitter och liknande utgör en stor del av det ljud som registreras, under långa perioder med relativt höga nivåer. Detta betyder att det är svårt att hitta en bra koppling mellan uppmätta och beräknade värden. Endast de senare redovisar enbart graden av samhällsbuller, vilket är den eftersökta storheten. I de uppmätta ljudnivåerna ingår de naturliga ljuden, vilka ofta är högre än de som människans verksamhet skapar.

Den klassindelning som använts kan behöva ses över, särskilt de som beskriver största graden av bullerfrihet.

1 Bakgrund

Vägverket och Naturvårdsverket har tillsammans med andra myndigheter utarbetat en metod för att beskriva ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer. Arbetet rapporterades i december 2002 /1/. Ramböll har fått i uppdrag att i ett pilotprojekt använda valda mått och mätetal för att beskriva bullerfrihet inom Nynäshamns kommun och utvärdera metodens användbarhet.

Syftet med uppdraget är att:

- Pröva metoden och de föreslagna måtten genom tillämpning i en kommun
- Kartlägga Nynäshamns bullerfria områden, vilka de är och var de finns

Det finns inte någon kommersiellt tillgängligt dataprogram för beräkning av måtten. Därför ingår det i studien att ändra Rambölls dataprogram för beräkning av samhällsbuller så att de nya måtten kan behandlas. Beräkningar har gjorts med beräkningsmodellen Nord2000 /2/. Dessutom har omfattande mätningar i fem områden utförts. Beräkningarna har utförts dels för hela kommunen, dels för de fem områden där mätningar utförts. Denna rapport är delad i tre delar: allmänt om beräkningarna, specifikt om beräkningar inom Nynäshamns kommun och mätningar. Rapporten är mycket tekniskt inriktad. I rapporten redovisas enbart de sökta måtten. Maximal och ekvivalent ljudnivå redovisas inte.

2 Begreppsförklaringar

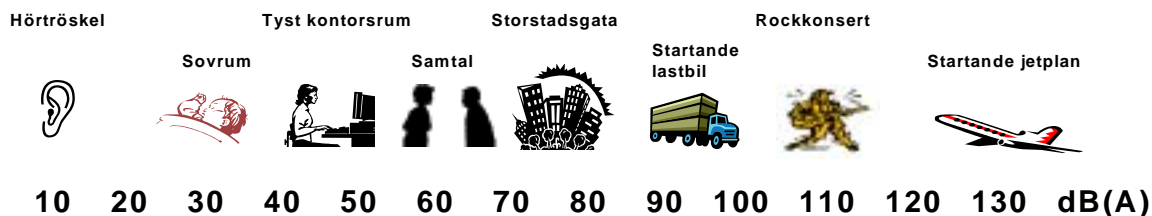
Här följer förklaring till några akustiska begrepp som förekommer i denna rapport:

Frekvens: Ljudets tonhöjd. Ju högre frekvens desto högre ton. Frekvens mäts i svängningar/s med enheten hertz (Hz). För människor är det hörbara frekvensområdet ungefär 20 – 20 000 Hz. Övre gränsen sjunker med stigande ålder.

Frekvensband: Ljudet måste beskrivas vid flera olika frekvenser. För att begränsa antalet har man infört standardiserade frekvensband. Banden blir bredare med stigande frekvens. Området 20-20 000 Hz delas in i 10 oktavband eller 30 tersband.

Ljudnivå: Beskriver hur starkt ett ljud är. Mäts i decibel (dB). Skalan är sådan att hörtröskeln är ca 0 dB och över 120 dB är ljudet obehagligt starkt. En förändring med 8-10 dB upplevs som en halvering eller fördubbling av bullret. Den minsta förändring som normalt uppfattas av människan är 2-3 dB.

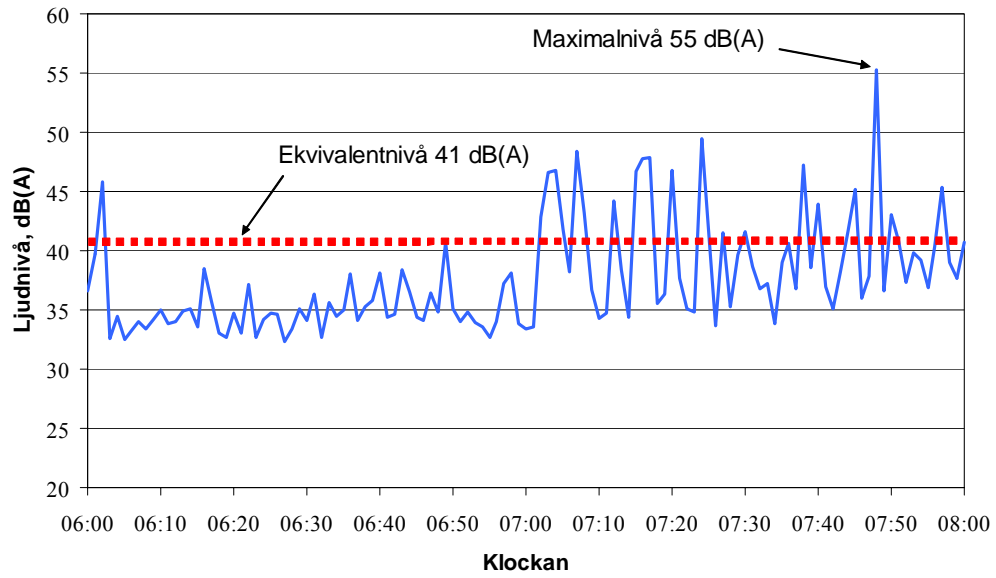
A-vägning: Människor hör ljud vid olika frekvenser olika bra. Därför har ett filter införts som efterliknar människors hörsel. A-vägd ljudnivå mäts i decibel A (dB(A)). På skalan visas några exempel på ljudnivåer.



Figur 1 Exempel på ljudnivåer

Ekvivalent ljudnivå: Ekvivalent ljudnivå är en form av medelvärde av en ljudnivå som varierar i tiden.

Maximal ljudnivå: Den högsta momentana ljudnivån som uppstår under en viss tid kallas för maximalnivå eller maximal ljudnivå. Vid t ex trafikbuller är maximalnivå den högsta momentana ljudnivå som uppstår vid fordonspassage. Figur 2. Exempel på ljudnivåregistrering som visar skillnaden mellan ekvivalent och maximal ljudnivå.



Figur 2. Exempel på ljudnivåregistrering som visar skillnaden mellan ekvivalent och maximal ljudnivå.

3 Mått och mätetal

I (1) ges förslag till mått och mätetal. Detta avsnitt är ett utdrag därifrån.

”I valet av mått för att beskriva ljudnivån under en enskild bullerhändelse har vi bedömt att den A-vägda ekvivalentnivån², mätt under den tid ljudet överskrider ett visst tröskelvärde, tillsammans med bullerhändelsens varaktighet, är det fysikaliska mått som är mest representativt för att beskriva graden av störning av den enskilda bullerhändelsen.

Bullerhändelser som uppträder samtidigt eller efter varandra bildar tillsammans med de önskade ljuden det samlade ljudlandskapet. Detta förändras hela tiden.

Ljudlandskapets föränderlighet beskrivs av hur enskilda bullerhändelser tillkommer eller klingar av. Om ordningsföljden av händelserna inte betyder så mycket för påverkan kan beskrivningen förenklas avsevärt. Man kan då bunta ihop olika typer av händelser istället för att behandla varje händelse för sig. Om varje bullerhändelse är likadan och intervallen mellan dem inte betyder något eller är desamma kan antal bullerhändelser av samma typ vara en tillräcklig beskrivning. Om dessutom ljudet är väntat och mycket utslätat kanske det kan beskrivas som andel tid under en betraktad situation.

Enklast är om en komplex ljudsituation i en punkt kan beskrivas med enbart ett värde. Detta gör det möjligt att rita upp enkla isokurvor. I fråga om ljudmiljön i natur- eller kulturmiljöer och rekreationsområden finns det dock flera kvaliteter som måste beskrivas. En kvalitet är andelen av vistelsetiden som ljudkvalitén är så god att upplevelsen inte störs. En annan kvalitet är hur mycket upplevelsen störs under den tid ljudmiljön är sämre än riktvärdet.

För att beskriva ljudmiljön behöver vi således två mått:

- Andelen tid som bullret överskrider tröskelvärdet (den sammanlagda varaktigheten av alla bullerhändelser)
- Ljudnivån under den tid tröskelvärdet överskrids.

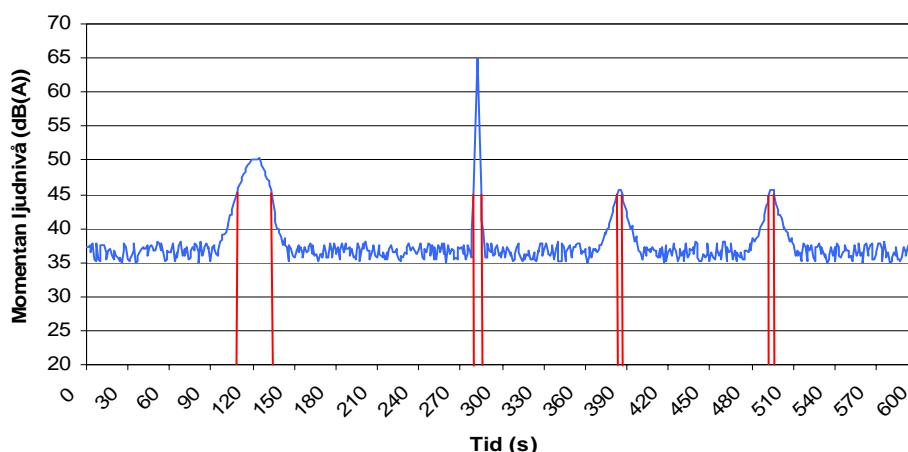
Ljudnivåer för bullerfrihet

För att det ska vara möjligt att uppnå god ljudkvalitet bör följande ljudnivåer inom olika slag av områden ej överskridas. De förslag till mätetal som anges ska enbart ses som underlag i det fortsatta arbetet och utgör exempel på utformning av mått. Fortsatt arbete får utvisa mätetalens lämplighet och behov av justeringar.

² Rambölls anmärkning: Diskussioner inom referensgruppen har medfört att måttet ändrats till den momentana ljudnivån.

- 1. Områden helt utan samhällsbuller:** Värdet 40 dBA bör inte få överskridas mer än 10 min per vecka.
Klass A³: < 50 dBA ljudnivåer i medeltal⁴ under den tid tröskelvärdet överskrids
Klass B: > 50 dBA
- 2. Områden med mycket begränsat samhällsbuller:** Värdet 40 dBA bör inte få överskridas mer än 5 min per dag.
Klass A: < 50 dBA ljudnivåer i medeltal under den tid tröskelvärdet överskrids
Klass B: > 50 dBA
- 3. Friluftsområden i kommunala översiktsplaner:** Värdet 45 dBA bör inte få överskridas mer än 60 min per dag.
Klass A: < 55 dBA ljudnivåer i medeltal under den tid tröskelvärdet överskrids
Klass B: > 55 dBA
- 4. Tätortsnära rekreationsområden:** Värdet 45 dBA bör inte få överskridas mer än 120 min per dag.
Klass A: < 55 dBA ljudnivåer i medeltal under den tid tröskelvärdet överskrids
Klass B: > 55 dBA
- 5. Parker:** Den ekvivalenta ljudnivån under den tid parken besöks bör ligga 20 dBA under nivån för omgivande gator, eller på högst 45 – 50 dBA, vilket dera som ger den högsta ljudnivån.
(Ingen precisering av klasser)''

Exempel på registrerad ljudnivå



Figur 3. Exempel på ljudnivåregistrering. De lodräta strecken markerar tidsintervallen då den momentana ljudnivån överskrider tröskelvärdet 45 dB(A).

³ Rambölls anmärkning: Diskussioner inom referensgruppen har medfört att indelningen i klass A och B inte används i föreliggande utredning.

⁴ Rambölls anmärkning: Efter diskussioner inom referensgruppen ändrades det till ekvivalent ljudnivå under den tid tröskelvärdet överskrids.

4 Beräkningar

De valda måtten ställer helt nya krav på de beräkningsmodeller som används, eftersom måtten bygger på tiden som ett visst värde överskrids. Modellerna har tidigare inte tagit hänsyn till det. Därför måste beräkningsprogrammen ändras så att passagetiden bestäms och tiden som ett tröskelvärde överskrids lagras.

I detta projekt används den nya beräkningsmodellen Nord2000. Fördelen med Nord2000, förutom den noggranna ljudutbredningsmodellen, är att olika vädersituationer, som med- och motvind, kan analyseras. Det ställer också betydligt större krav på indata än vad de tidigare modellerna gjorde.

De flesta parametervariationer som presenteras i detta avsnitt är utförda med demoprogrammet dn2k som tagits fram inom arbetet med Nord2000.

4.1 Begränsningar

För att utredningen inte ska bli allt för omfattande har följande begränsningar införts: Den tidsperiod som betraktas är dag- och kvällstid under juli. I bullersammanhang definieras dag och kväll oftast som perioden mellan kl. 06.00- 22.00. Resultaten avser medelvärdet under denna tidsperiod. Två vädersituationer redovisas: nordlig respektive sydlig vind med vindhastighet 2,8 m/s och vertikal temperaturgradient $-0,1 \text{ }^\circ\text{C/m}$.

Varje bullerkälla behandlas för sig och summeras först på slutet. Det betyder att t ex bil- och tågtrafik behandlas var för sig, och att hänsyn inte tas till att de samverkar och ljudnivåerna adderas. Den totala ljudnivån i en punkt kan alltså överskrida tröskelvärdet, trots att varken bullret orsakat av biltrafiken eller tågtrafiken gör det. Det kommer inte med i beräkningarna. Däremot summeras tiden som respektive bullerkälla överskrider tröskelvärdet. Enligt Mats Nilsson, Psykologiska institutionen vid Stockholms Universitet, är det ett rimligt antagande att behandla varje bullerkälla var för sig, eftersom människor uppfattar händelserna som olika.

4.2 Underlag

Underlaget till beräkningarna är det som normalt används för samhällsbuller, dvs. uppgifter om väg-, tåg- och flygtrafik samt industrier. Lite ovanligare är uppgifter om t.ex. sjöfart, fritidsbåtar, motorsport och skytte.

Vissa uppgifter kan vara svåra att få fram, eftersom det handlar om verksamheter utanför det område som ska undersökas. Det kan t.ex. vara överflygande flygplan och passerande fartyg. Många företeelser har okänd ljudnivå, det finns t ex inte någon beräkningsmodell för sjöfart. Ännu mindre är känt om fritidsbåtar.

Tillfällig verksamhet, typ byggnation, plöjning och skogsavverkning, bör nog lämnas därhän för att arbetet med att bestämma de bullerfria områdena inte ska bli övermäktigt.

4.3 Trafikmodeller

För att kunna använda måtten beskrivna i avsnitt 2 krävs en annorlunda beskrivning av trafiken än vad som normalt sker. SP har i en rapport /3/ analyserat hur vägtrafiken kan modelleras.

4.3.1 Vägtrafik

Trafiken på de större vägarna har kommunen och Vägverket uppgifter om. Det finns uppgifter om antal fordon/dygn och andel tunga fordon. De tunga finns fördelade på kategori 1 och 2. Hastigheten kan fås antingen från Vägverkets databas (nationell Vägdatabas, NVDB), verkets mätningar av verklig hastighet, eller hos kommunen. Ljudnivåns hastighetsberoendet enligt beräkningsmodellen framgår av Tabell 1.

Tabell 1. Ökning av ljudnivå [dB(A)] om fordonens hastighet ökar 10 km/h

	Ändring av hastighet från – till [km/h]					
	70 - 80	80 - 90	90 -100	100 - 110	110 - 120	120 - 130
Ekvivalent	1,6	1,3	1,3	1,1	1,0	1,0
Maximal	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8

Ett problem är att vid sedvanlig beräkning av den ekvivalenta eller maximala ljudnivån under en tidsperiod behövs ingen kunskap om hur fordonen fördelar sig. I detta fall kan däremot en ”hopklumpning” av fordonen medföra att ljudnivån ökar och blir så hög att gränsvärden överskrids. Detta har utretts i SP:s rapport /3/. Vid beräkning måste alltså vägas in hur tätt bilarna ligger.

En analys visar att vid tät trafik (maxtimmen) varierar ljudnivån mest på korta avstånd, dvs den hinner sjunka mellan bilarna. Dock är nivån så hög att ljudnivån sällan sjunker under tröskelvärdet 45 dB(A). På långa avstånd jämnas ljudet från de enskilda fordonen ut. Det medför att ekvivalentnivån under maxtimmarna kan användas för att beskriva ljudnivån. Den längsta tidsperioden som anges i de föreslagna måtten är 2 timmar/ dag. Alltså är det tillräckligt att analysera situationen under maxtimmen på förmiddagen och eftermiddagen. Tunga fordon är mycket bullrigare än personbilar, men också färre. Det påverkar dock inte analysen.

Vägverket har mätningar som visar trafiken timme för timme. En gammal schablonfördelning av trafiken är att 70% av trafiken går dagtid, 20% kvällstid och 10% natttid. Trafiken under maxtimmen utgör 10% av ÅDT (årsmedeldygnstrafik). Det torde ha liten inverkan på beräkningsresultatet om inte dessa procentsatser stämmer exakt.

Enskilda vägar är betydligt svårare att få grepp om. Underlaget är mycket begränsat. Andelen tunga fordon torde vara mycket litet. Det är nog inte fel att sätta andelen till 0, och enbart räkna med personbilstrafik. Trafiken är antagligen så låg att fordonen kan anses köra ett och ett.

En modell har tagits fram för att beskriva vad som händer när fordonen klumpar ihop sig. Det är en enkel modell, giltig ett stycke från vägen där de ihopklumpade fordonen kan antas vara en punktkälla. Ljudstyrkan har ökats motsvarande

antalet fordon, och passagetiden har förkortats i motsvarande grad. På ritning Ihopkl.ty visas hur det bullerfria området ändrar sig vid olika hopklumpningsgrad. I beräkningpunkterna mitt för den vänstra kilometern antas alla fordon (utmed hela vägen) köra ett och ett, vid mittendelen två och två och vid den högra kilometern fem och fem. Längst till vänster på ritningen syns en gradvis ökning av området. Det beror på att vägen inte är oändlig åt vänster. Motsvarande fenomen uppstår i högra delen av bilden. Mitt för övergången från 1 till 2 fordon sker ett litet språng för det oklassade området på 25 m. Detsamma sker vid övergången från 2 till 5 fordon, där språnget är större, ca 70 m. Längst bort från vägen påverkas inte utbredningen. Det beror på att här är det enbart lastbilarna som bidrar till bullret, och enligt modellen kör de alltid ett och ett. Ihopklumpningsfenomenet är alltså av betydelse, och bör tas med i beräkningarna. Ett rimligt antagande är kanske att alla lätta fordon i medeltal kör två och två. Dessa resultat är intressanta, men har framkommit så sent i utredningen att övriga beräkningar i denna rapport inte hunnit korrigeras, utan fordonen behandlas ett och ett. När ekvivalentnivån under de två maxtimmarna är högre än tröskelvärdet används den.

4.3.2 Tågtrafik

Tågtrafikens omfattning och fördelning över dygnet är enkel att bestämma, eftersom den är tidtabellsbunden. Banverket kan ta fram uppgifter om antal tåg, tågtyper och hur många meter tåg som trafikerar sträckan varje dygn. Även hastighetsprofilen och respektive tågtyps maxhastighet kan erhållas från Banverket.

Någon hänsyn till samverkan av flera tåg behöver i allmänhet inte tas.

4.3.3 Flyg

Flygtrafik nära flygplatser med linjetrafik är relativt enkelt att bestämma. Luftfartsverket har uppgifter om antalet flygplan och hur de fördelar sig på olika flygvägar samt start- och landningsbanor. Motsvarande uppgifter om det militära flyget kan erhållas från flygvapnet.

I ett område som Nynäshamn, som enbart flygs över, är det däremot svårare att beskriva distributionen av flygtrafik med ett enkelt mönster. LFV har i och för sig uppgifter om var och vid vilken tidpunkt i stort sett varje flygplan befinner sig, men mönstret varierar dag för dag beroende på bl.a. användning av olika banriktningar på Arlanda och Bromma. Det är svårt att utan ingående och resurskrävande analys beskriva flygverksamheten på ett systematiskt sätt som underlag för kartläggning av buller. I princip måste nog en statistisk fördelning över hela området antas.

Privat flygtrafik är också svårt att erhålla uppgifter om. Från flygklubbar kan statistik erhållas. Var flygplanen flyger är mycket svårbestämt, även här får en statistisk fördelning användas, med störst täthet runt flygplatsen, och minskande med avståndet.

4.3.4 Industrier

Industrianläggningar är komplicerade bullerkällor. De består av många små delkällor. Det är främst fläktar, men även transporter och utomhusaktiviteter bidrar till bullret. Dessa källor har okänd ljudeffekt, och de måste mätas upp en och en på nära håll. Det är en tidskrävande uppgift.

Ett enkelt sätt att uppskatta källstyrkan är att utgå från att Naturvårdsverkets riktvärden /9/ för externt industribuller uppfylls (Tabell 2) och räkna baklänges. Eftersom de dominerande källorna oftast går kontinuerligt, kan drifttiden sättas till minst två timmar (den längsta tid som förekommer i måtten för bullerfrihet). Detta antagande ger troligen en källstyrka som är för låg, eftersom det förekommer att industrier inte innehåller Naturvårdsverkets riktvärden.

Om verksamheten innehåller mycket ljud av impulskaraktär, t ex nitning, gods- hantering etc, bör en mätning göras av dels ljudnivån, dels frekvensen och varak- tigheten för impulsstörningarna.

Tabell 2. Utomhusriktvärden för externt industribuller angivna som ekvivalent ljudnivå i dB(A). Tabellen anger frifältsvärden för befintlig industri.

Områdesanvändning	Ekvivalent ljudnivå i dB(A)			Högsta ljudnivå i dB(A) - läge "Fast"
	Dag kl 07-18	Kväll kl 18-22 samt söndag och helgdag kl 07-18	Natt kl 22-07	Momentana ljud nattetid kl 22-07
Bostäder och rekrea- tionsytor i bostäders grann- skap samt utbildningsloka- ler och vårdbyggnader.	55	50	45	55
Områden för fritids- bebyggelse och rörligt fri- luftsliv där naturupplevel- sen är en viktig faktor.	45	40	40	50

4.3.5 Sjöfart och annan båttrafik

Sjöfarten till och från hamnar är relativt enkel att bestämma. Linjetrafiken går efter tidtabell, och är relativt gles. Fartygen följer farleder tills de är långt ute från land. Hamnarna har uppgifter om antalet anlöp. Antalet fartyg i leder är svårare att bestämma. Sjöfartsverket kan ha uppgifter om antalet. I fallet Nynäshamn ska många fartyg till och från Mälaren, och passerar därmed Södertälje Sluss. Det finns även mål nära Södertälje som ligger på saltvattenssidan så att fartygen inte behöver pas- sera slussen, t.ex. Igelstaverket, Uthamnen och Oljehamnen. Södertälje hamn har uppgifter om antal anlöp.

Ljuddata för fartyg är mycket begränsade. I ett annat uppdrag, ”Säkrare farleder till Göteborg”, gjorde Ramböll mätningar av ett stort antal fartyg i närheten av Älvsborgs fästning. Dessa data ligger till grund för beräkningarna.

Antalet fritidsbåtar är stort, och kunskapen om deras buller är liten. Det finns uppgifter om hur många båtar som får plats i klubb- och gästhamnar, men det är inte känt hur många som ryms i naturhamnarna. Lederna med ev. hastighetsbegränsningar finns utmärkta på sjökort, men kvalificerade gissningar måste göras av båtarnas hastighet och hur de fördelar sig på lederna. Ljuddata på fritidsbåtar är mycket svåra att hitta. Det finns ganska omfattande mätningar från början av 1970-talet redovisade i (4). Troligen har ljudemissionen inte ändrats så mycket sedan dess, men en viss sänkning av ljudnivån kan misstänkas i och med det ökande användandet av fyrtakts utombordsmotorer.

Fartygs- och fritidsbåtstrafiken är så pass gles att det bör vara den maximala ljudnivån från enskilda båtar och inte ekvivalentnivån som är dimensionerande. Se diskussionen i avsnitt 4.3.1 om ”hopklumpningsfenomen”.

I (4) anges även fördelningen mellan olika typer av fritidsbåtar (Tabell 3).

Tabell 3. Antal fritidsbåtar i Sverige 1971.

Båttyp	Antal båtar	Andel i procent
Motorbåtar med motorstyrka under 10 hk	161 400	32
Motorbåtar med motorstyrka över 10 hk (ej avsedda för övernattning)	64 800	13
Ruffade motorbåtar (avsedda för övernattning)	38 800	8
Större segelbåtar (avsedda för övernattning)	17 300	3
Mindre segelbåtar (segelkanoter od)	20 900	4
Roddbåtar, kanoter mm	202 300	40
Totalt	505 500	100

Militär sjöfart är svår att erhålla uppgifter om, men den är inte alls så omfattande som fritidsbåtstrafiken. Därför kan den anses ingå i fritidsbåtstrafiken, trots att den troligen är bullrigare.

Övrig sjöfart är av mer lek- och sportbetonad typ, t ex vattenskidåkning och vattenskoter. Sådan verksamhet utövas oftast inom ett begränsat område, och ger säkert upphov till många överskridanden av tröskelvärdena, men den är nästan omöjlig att kvantifiera. I denna utredning har den inte medtagits alls.

Skjutbanor

Skjutbanor är anmälningspliktiga och kommunen och militären har uppgift om verksamheten. Därifrån kan uppgifter erhållas på vilken verksamhet som bedrivs vid skjutbanan och hur många skott som skjuts med olika vapen. Ljudnivån för olika vapen finns bl.a. i beräkningsmodellen som tagits fram av Naturvårdsverket (5) och ISO-standarderna (6) och (7). För militära skjutfält kan samma statistikuppgifter erhållas, men ljudnivådata på tunga vapen är begränsad. Den nordiska beräkningsmodellen "Skuddlyd" har utvecklats till ett datorberäkningsprogram (Kilde A/S, Norge) som kan används för buller från både fin- och grovkalibriga vapen.

Skottljud är impulser med kort varaktighet. De mäts i enheten dB(A)I (I= impuls). För finkalibriga vapen är dB(A) med tidsvägning impuls ungefär 10 dB högre än dB(A) med tidsvägning fast, vilket används för övriga bullerkällor i denna utredning. Här har antagits att varje skott har en sekunds varaktighet. Tittar man på tryckpulsen nära mynningen så är den betydligt kortare än 1 s, men för utredning av bullerfria områden är det aktuellt med större avstånd från källan, och då har impulsen "smetats ut" och blivit längre.

I de beräkningar som presenteras i denna rapport används alltså dB(A)I i stället för dB(A), trots att det inte stämmer med hur måtten och mätetalen för bullerfria områden definierats.

4.3.6 Motorsportbanor

Även motorsportbanor är anmälningspliktiga och kommunen kan ha uppgifter om verksamheten. Ljuddata för verksamheten finns till viss del i (8).

4.3.7 Övrigt

Som kuriosas kan nämnas att inom Nynäshamns kommun finns ett flygfält för modellflyg vid Eneby där MFK Stratos har sin verksamhet. Omfattningen av verksamheten är inte känd, och akustiska data är obefintliga. Hänsyn har inte tagits till denna verksamhet.

4.4 Väderleksmodell

Vädret har avgörande betydelse för ljudspridningen. De faktorer som har störst betydelse är vindriktning, -styrka och temperaturgradient. Temperaturgradienten är ett mått på hur luftens temperatur ändras sig med höjden över marken. En positiv temperaturgradient innebär att luften blir varmare högre upp, och en negativ att den blir svalare. Olika lufttemperatur medför att ljudets hastighet ändras, och att ljudbanorna därmed kröks. Både medvind och positiv temperaturgradient medför att ljudet böjer av ner mot marken. Det gör att det sprids långt. Motsatsen innebär att ljudbanorna böjs av uppåt, och att ljudet sprids kortare. Inversion innebär att temperaturgradienten är negativ närmast marken, för att på en viss höjd övergå till positiv. Då kan mycket goda ljud-utbredningsförhållanden uppstå. Detta fall hanteras dock inte av Nord2000. Temperaturgradienten mäts genom att temperaturen på 0,5 och 10 m höjd över marken jämförs.

Skillnaden i ljudnivå vid medvind och motvind samt positiv och negativ temperaturgradient är mycket stor. Det rör sig om mer än 20 dB på stora avstånd.

Även temperatur och luftfuktighet spelar roll, mest för den s.k. luftabsorptionen /10/. Den ökar med avståndet och ljudets frekvens. I andra beräkningsmodeller för samhällsbuller anges att beräkningarna utförs för relativ fuktighet 70 % och temperatur 15 °C. Vid dessa förhållanden är luftabsorptionen 4,1 dB/km vid 1 000 Hz. De flesta samhällsbullerkällor har mest energi vid lägre frekvenser än 1 000 Hz, och påverkas inte så mycket av luftabsorptionen.

Skillnaden i absorption vid ”normala” sommartemperaturer och relativa fuktigheter är liten, vilket framgår av Tabell 4. Tabellerade värden är normerade till 70 % relativ fuktighet och 15 °C. Värdena som anges här avser rena toner, för bredare frekvensband är de något lägre. Tabellerade värden avser dämpning. Ljudet dämpas alltså mer vid positiva värden än vid negativa.

Tabell 4. Skillnad i luftabsorption [dB/km] vid 1 kHz för några olika temperaturer och relativa fuktigheter. Normerat till värdet vid RH 70 % och 15 °C.

RH [%]	Temperatur [°C]			
	10	15	20	25
50	0,2	0,0	0,6	1,3
60	-0,3	0,0	0,7	1,6
70	-0,4	0,0	0,9	1,9
80	-0,5	0,1	1,0	2,1

Uppgifter om temperatur och luftfuktighet kan fås från t ex Sveriges Nationalatlas. I /3/ anges värden för Stockholm (temperatur) och Uppsala (fuktighet), se Tabell 5.

Tabell 5. Medeltemperatur och relativ fuktighet 15 juli.

	Temperatur [°C]	Relativ fuktighet [%]
Dag	19	50
Kväll	18	70
Natt	15	80

Från SMHI kan statistiska uppgifter erhållas om hur vindstyrka och vindriktning fördelas över en period (en s.k. vindros), t.ex. de senaste fem, tio eller femton åren. Det går att dela upp statistiken i olika intervall över året också. Tyvärr så finns inte uppgifter för alla orter, utan företrädesvis från civila och militära flygplatser. Det finns t.ex. inga mätningar från Nynäshamn. De närmsta mätstationerna är Hårsfjärden och Tullinge.

Vinddata har inhämtats för Hårsfjärden och Tullinge avseende juli månad under perioden 1998-2003.

Hårsfjärden kan representera kustlandskapet och Tullinge situationen på landbacken.

Tabell 6. Hårsfjärden. Vindhastighet 10 m över mark i juli. Medelvärde för fem år.

Andel av tiden [%]	Vindhastighet [m/s]				
	≤0,4	0,5 – 2,4	2,5 - 5,4	5,5 - 8,4	8,5 -
	6	43	46	5	0

Om vindhastigheten antas vara rektangulärfördelad⁵ inom varje intervall blir medelvindhastigheten 2,85 m/s.

Tabell 7. Hårsfjärden. Vindriktning 10 m över mark i juli. Medelvärde för fem år.

Andel av tiden [%]	Vindriktning								
	Lugnt	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	6	9	6	10	10	26	12	13	8

Andelen inom sektorn sydost till sydväst är 48, W-N 30 och NE-E 15 %.

Tabell 8. Tullinge. Vindhastighet 10 m över mark i juli. Medelvärde för fem år.

Andel av tiden [%]	Vindhastighet [m/s]				
	≤0,4	0,5 – 2,4	2,5 - 5,4	5,5 - 8,4	8,5 -
	12	37	45	6	0

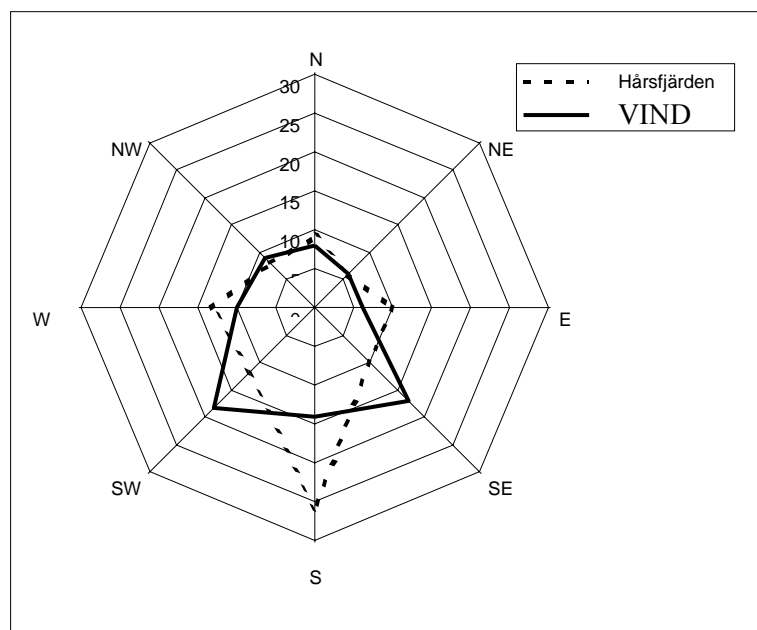
Om vindhastigheten antas vara rektangulärfördelad inom varje intervall blir medelvindhastigheten 2,77 m/s.

Tabell 9. Tullinge. Vindriktning 10 m över mark i juli. Medelvärde för fem år.

Andel av tiden [%]	Vindriktning								
	Lugnt	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	12	8	6	6	17	14	18	10	9

Andelen inom sektorn sydost till sydväst är 49, W-N 27 och NE-E 12%.

⁵ Rektangulärfördelad: alla vindhastigheter är lika sannolika inom intervallet.



Figur 4. Diagram för vindriktningar vid Hårsfjärden och Tullinge i juli.

För att kontrollera vindriktningens och vindstyrkans inverkan har simuleringar gjorts för några fall. Se Tabell 10. Värdena är normerade till förhållandena vid 0 m/s för respektive avstånd.

Tabell 10. Skillnad i maximal ljudnivå (dB) från tunga fordon på olika avstånd vid olika vindhastighet. Ljudutbredning över plan, mjuk mark. Temperaturgradient 0°C/m.

Vindhastighet [m/s]	Avstånd väg- mottagare [m]			
	50	200	500	1000
-7,5	-1,9	-9,0	-16,8	-24,7
-5,0	-1,4	-6,9	-13,6	-21,4
-2,5	-0,8	-4,2	-8,9	-15,9
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,5	1,1	10,1	20,6	20,7
5,0	2,6	17,4	20,6	20,7
7,5	3,9	18,3	20,6	20,8

Som framgår av tabellen är skillnaden mellan med- och motvind mycket stor. På stora avstånd av storleksordningen ± 20 dB(A).

I SP:s rapport (3) diskuteras en metod att hantera vädret. Man utgår från en fransk standard med fem termiska klasser och fem vindklasser som kombineras till fem s.k. meteoklasser:

M1= hög dämpning, ljudvågorna böjer av kraftigt uppåt
M2= dämpning motsvarande ljudvågorna böjer av svagt uppåt
M3= neutrala förhållanden, ljudvågorna går rakt fram
M4= gynnsam utbredning, ljudvågorna böjer av svagt nedåt
M5= mycket gynnsam utbredning, ljudvågorna böjer av kraftigt nedåt

Följande termiska klasser används:

T1= dagtid, stark solstrålning och svag eller ingen vind
T2= dagtid, (svag solstrålning och svag eller ingen vind) eller (stark solstrålning och stark vind)
T3= (soluppgång eller solnedgång) eller (dag med svag solstrålning och stark vind)
T4= natt med moln ($\geq 5/8$ av himlen) eller stark vind
T5= natt utan moln ($< 5/8$ av himlen) och svag eller ingen vind

Stark vind= vindstyrka över 4,3 m/s
Svag vind = vindstyrka mellan 1,4 och 4,3 m/s
Ingen vind= vindstyrka under 1,4 m/s

Stark solstrålning: globalstrålningen är större än $G_{tr}=G_{max}/2$. I Sverige (Stockholmsområdet) är $G_{tr}= 140 \text{ J/cm}^2$. Den varierar över året. I juli är strålningen stark ca 10 h/dygn, och från oktober till mars 0 h/dygn.

Följande vindklasser används:

U1= stark motvind
U2= svag motvind
U3= ingen vind
U4= svag medvind
U5= stark medvind

Vindklasserna kan fås ur vindrosor. Eftersom vindriktningen inte är jämt fördelad över alla väderstreck så blir klasserna olika beroende på t ex var utmed en väg en bil befinner sig, och på vilken sida om vägen beräkningspunkten ligger. Detta går emellertid att lösa programmeringstekniskt. Indata till Nord 2000 är dock temperaturgradient och inte termisk klass. Samtal med Hans Jonasson, SP, och Conny Larsson, Uppsala Universitet, har inte gett några svar på hur termisk klass ska översättas till temperaturgradient.

Ytterligare utredning krävs innan begreppet meteoklasser kan användas.

Det går inte att beställa information om temperaturgradienter lika enkelt som vindrosor från SMHI. Det finns emellertid statistik från 6 års mätningar vid Marsta, utanför Uppsala /11/.

Temperaturgradienten varierar som allt annat både över dygnet och över året. Vintertid är variationen liten över dygnet, och sommartid är den stor.

Tabell 11. Andel av tiden som temperaturgradienten ligger inom ett visst intervall [%]. Mätt i Uppsalatrakten 670831-730731.

Tidpunkt	Temperaturgradient [°C/m]				
	<-0,1	-0,1- 0,0	0,0 - 0,1	0,1 - 0,3	>0,3
Januari					
Kl 06 och 18	0	45	30	15	10
Kl 12	0	55	25	12	8
Juli					
Kl 06 och 18	10	80	9	1	0
Kl 12	50	42	1	1	0

Neutral skiktning kallas det då temperaturgradienten är < 0,01 °C/m. I Tabell 11 motsvarar det värdet 0. Dessa data är de bästa som kunnat uppbringas inom ramen för detta uppdrag. Slätten vid Uppsala torde skilja sig från kustlandskapet i Nynäshamn. Troligen är temperaturgradienten sommartid inte lika negativ som i Uppsala.

I nedanstående tabell framgår temperaturgradientens betydelse för ljudutbredningen. Ljudnivån från tunga fordon har beräknats för 50, 200, 500 och 1000 m avstånd vid olika temperaturgradienter. Vindhastighet 0 m/s. Värdena är normerade till förhållandena vid 0 °C/m för respektive avstånd.

Tabell 12. Skillnad i maximal ljudnivå (dB) från tunga fordon på olika avstånd med olika temperaturgradienter. Ljudutbredning över plan, mjuk mark. Vindhastighet 0 m/s.

Temperaturgradient [°C/m]	Avstånd väg- mottagare [m]			
	50	200	500	1 000
-0,3	-0,3	-2,0	-4,5	-8,7
-0,1	-0,1	-1,1	-2,4	-4,6
0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,1	1,0	7,0	16,3
0,3	0,4	5,7	17,2	20,7

Som synes är skillnaderna stora, och ökande med avståndet.

Resultaten i Tabell 10 och Tabell 12 är visar att en stor mängd kombinationer av vindhastighet och temperaturgradient måste beaktas. Ljudnivån från tunga fordon har beräknats för 1000 m avstånd vid olika kombinationer av vindhastighet

och temperaturgradienter. Värdena är normerade till förhållandena vid 0 m/s och 0 °C/m.

Tabell 13. Skillnad i maximal ljudnivå (dB) från tunga fordon på 1000 m avstånd vid olika vindhastigheter och temperaturgradienter. Ljudutbredning över plan, mjuk mark. Normerat till 0 m/s och 0 °C/m.

Vindhastighet [m/s]	Temperaturgradient [°C/m]				
	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,3
-7,5	-25,6	-25,0	-24,7	-24,4	-23,7
-5,0	-22,7	-21,9	-21,4	-21,0	-19,9
-2,5	-18,3	-16,7	-15,9	-14,9	-12,6
0,0	-8,7	-4,6	0,0	16,3	20,7
2,5	20,8	20,8	20,7	20,7	20,7
5,0	20,8	20,8	20,7	20,7	20,7
7,5	20,8	20,8	20,8	20,8	20,7

Det framgår av tabellen att temperaturgradienten saknar betydelse vid medvind. Även vid motvind är resultaten relativt likartade. Vid vindstilla är skillnaderna störst.

Nedan följer beräkningar för övriga avstånd:

Tabell 14. Skillnad i maximal ljudnivå (dB) från tunga fordon på 500 m avstånd vid olika vindhastigheter och temperaturgradienter. Ljudutbredning över plan, mjuk mark. Normerat till 0 m/s och 0 °C/m.

Vindhastighet [m/s]	Temperaturgradient [°C/m]				
	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,3
-7,5	-17,7	-17,2	-16,8	-16,5	-15,8
-5,0	-14,9	-14,1	-13,6	-13,2	-12,2
-2,5	-10,8	-9,6	-8,9	-8,2	-0,2
0,0	-4,5	-2,4	0,0	7,0	17,2
2,5	20,5	20,6	20,6	20,6	20,6
5,0	20,7	20,6	20,6	20,6	20,6
7,5	20,7	20,7	20,6	20,6	20,6

Tabell 15. Skillnad i maximal ljudnivå (dB) från tunga fordon på 200 m avstånd vid olika vindhastigheter och temperaturgradienter. Ljudutbredning över plan, mjuk mark. Normerat till 0 m/s och 0 °C/m.

Vindhastighet [m/s]	Temperaturgradient [°C/m]				
	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,3
-7,5	-9,6	-9,2	-9,0	-8,8	-8,3
-5,0	-7,7	-7,1	-6,9	-6,6	-6,0
-2,5	-5,2	-4,6	-4,2	-3,9	-3,1
0,0	-2,0	-1,1	0,0	1,2	5,7
2,5	6,7	8,9	10,1	11,3	13,8
5,0	15,7	16,9	17,4	17,7	18,1
7,5	18,3	18,3	18,3	18,3	18,4

Tabell 16. Skillnad i maximal ljudnivå (dB) från tunga fordon på 50 m avstånd vid olika vindhastigheter och temperaturgradienter. Ljudutbredning över plan, mjuk mark. Normerat till 0 m/s och 0 °C/m.

Vindhastighet [m/s]	Temperaturgradient [°C/m]				
	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,3
-7,5	-2,2	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7
-5,0	-1,5	-1,4	-1,4	-1,3	-1,2
-2,5	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5
0,0	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,4
2,5	0,7	1,0	1,1	1,3	1,7
5,0	1,9	2,3	2,6	2,7	3,0
7,5	3,4	3,7	3,9	4,0	4,2

Av ovanstående tabeller framgår att temperaturgradienten trots allt har begränsad inverkan. På långa avstånd, ca 500 m, så spelar inte heller vindhastigheten någon roll, så länge det råder medvind. På korta avstånd är inverkan av vind och temperaturgradient liten. Känsligheten är störst vid avståndet 200 m.

4.5 Terrängmodell

För kartläggning av buller med datoriserade beräkningar krävs en digital terrängmodell. Bullerspridningsberäkningar är en av de få tillämpningar som kräver en korrekt terrängmodell inom ett stort område. Terrängmodellen kan skapas från höjdkurvor och andra höjduppgifter i den kommunala primärkartan.

Primärkartan är dock oftast mest komplett i bebodda områden. De bullerfria områdena ligger utanför tätbebyggelse. Detta medför att kartan ofta måste kompletteras med höjduppgifter från annat håll. Lantmäteriet har en rikstäckande databas (Geografiska Sverigedata = GSD). Den innehåller höjduppgifter i ett rutnät med delningen 50x50 m. Det går även att erhålla data i form av höjdkurvor. (GSD - Höjddata och GSD - Höjddata - kurvor). Som underlag för presentation av resultat kan GSD - Fastighetskartan användas. Fastighetskartan innehåller uppgifter om fastigheter, byggnader, vägar och även markanvändning. Data har emellertid inte några höjduppgifter. Vägverket har höjder för vägmitten i NVDB.

Det är inte helt lätt att kombinera uppgifter från kommunkartor med höjddatabasen, eftersom de oftast kommer från olika källor. Mycket ofta används olika koordinat-system. Det medför att anpassningar måste göras. Det brukar vara bäst att utgå från kommunkartan eftersom höjduppgifter för vägar och järnvägar är inlagda i den med rätt förhållande till omgivande mark.

Diskussionen nedan om olika parametrars inverkan på ljudutbredningen avser renodlade typfall. Det gäller plan mark och relativt låg käll- och mottagarhöjd. Där är inverkan störst. I Nynäshamn, som är en mycket kuperad kommun är påverkan inte lika stor.

Skärmar har normalt störst verkan på korta avstånd, men även på stora avstånd spelar skärmar nära källa eller mottagare roll. I nedanstående Tabell 17 visas inverkan av en 2 m hög skärm 10 m från vägmitt.

**Tabell 17. Inverkan av bullerskärm på olika avstånd källa- mottagare.
Plan mjuk mark, källhöjd 0,5 m, mottagarhöjd 1,5 m.**

Avstånd källa- mottagare [m]	Inverkan av skärm dB(A)
200	5,7
500	4,6
1 000	4,0

Om man utgår från höjddatabasen och fastighetskartan är det svårt, för att inte säga omöjligt, att modellera det viktiga närområdet kring bullerkällan på ett bra sätt. Det går inte att utläsa om vägen går i skärning, på bank eller i backe.

På ritning Skärning ty syns utbredningen av bullerfria områden runt en väg som går 1 km i 3 m djup skärning, 1 km i plan med omgivande mark och 1 km på en 3 m hög bank. Vägen går bildens nederkanten (ett svart streck). Ljudutbredningen är som väntat, minst där vägen går i skärning och störst där den går på bank. Vägens höjdläge i förhållande till omgivande mark är alltså kritiskt för beräkningsresultatet.

För tåg, som har lägre ekvivalent och högre maximal ljudnivå än vägtrafik sprider sig det maximala bullret över större områden. Där sker en viss utjämning och om järnvägen i "medeltal" ligger rätt i förhållande till omgivande terräng är höjdläget inte så kritiskt. Dessa beräkningar redovisas ej.

En terrängmodell från Lantmäteriet har för liten upplösning för att ge tillfredställande noggrannhet för beräkning av vägtrafikbuller. Men många gånger finns inte något bättre att tillgå. För översiktliga beräkningar kan den duga. För att begränsa terrängmodellens storlek kan höjdkurvornas antal begränsas till t ex 5 m ekvidistanser. Nära bullerkällor bör dock större noggrannhet användas.

Av avgörande betydelse är markytans beskaffenhet. I tidigare modeller delades marken in i klasserna mjuk och hård, där hård var t ex vatten, asfalt, betong och berg i dagen. Övrig mark betraktades som mjuk.

I Nord2000 kan marken ges godtycklig hårdhet, uttryckt i markimpedansen. Mjuk mark har låg impedans, och hård mark hög. I /12/ anges sju impedansklasser, men även andra värden kan användas. Impedansklasserna återges i Tabell 18. Beskrivningen är ursprungligen på engelska, och här har ett försök gjorts att översätta dem till svenska. Impedans har enheten Nsm^{-4} . Markytans beskaffenhet kan bestämmas från mätningar eller med bedömningar. SP och Metria har ett gemensamt forskningsprojekt för att se om satellitbilder kan användas för att fastställa markimpedansen.

Tabell 18. Impedansklasser enligt Nordtest.

Klass	Impedans [kNsm^{-4}]	Beskrivning
A	12,5	Mycket mjuk (snö eller mossliknande)
B	31,5	Mjuk skogsmark (kort, tät ljungliknande eller tjock mossa)
C	80	Löst packad mark (torv, gräs, lös jord)
D	200	Normal, opackad mark (skogs- och betesmark)
E	500	Kompakterade fält och grus (packade gräsmattor, parkmark)
F	2 000	Kompakterade tät mark (grusväg, parkeringsplats)
G	20 000	Hård yta (tät asfalt, betong, vatten)

Markbeskrivningen kan ytterligare förfinas genom att även ojämnheten kan specificeras.

På ritning Mark.ty visas skillnaden mellan mjuk och hård mark. Som synes har det mycket stor inverkan på beräkningsresultatet. Marken mitt för vägens mittendel (1 km) är hård (klass G enligt Tabell 18), resten är mjuk (klass D).

Hur noggrant behöver impedansen beskrivas? Ju hårdare marken är, desto högre upp i frekvens fås en kraftig dämpning av ljudet inom ett begränsat frekvensområde. När det gäller bullerfria områden används dB(A). Det är en sammanvägning av alla frekvenser, och värdet vid en enstaka frekvens har inte så stor betydelse. I Tabell 19 visas inverkan av markimpedansen på olika avstånd. Terrängprofilen är vald för att markimpedansen ska ha stor betydelse. Den är en helt plan, med mottagarpunkten 2 m över mark. Värdena för respektive avstånd är normaliserade till impedansklass D.

Tabell 19. Skillnad i maximal ljudnivå från tunga fordon på olika avstånd vid olika mark-impedans. Normerat till klass D. Temperaturgradient 0 °C/m, vindhastighet 0 m/s.

Impedansklass	Avstånd väg- mottagare [m]			
	50	200	500	1000
A	-2,4	-4,6	-0,2	3,9
B	-2,6	-4,7	-1,5	2,1
C	-2,2	-3,3	-1,9	0,2
D	0,0	0,0	0,0	0,0
E	4,2	4,8	4,5	3,5
F	9,5	13,2	13,0	11,5
G	12,4	18,9	21,1	21,1

Markimpedansen påverkar alltså ljudnivån ganska mycket i mottagarpunkten, både inom det mjuka området A-E och inom det hårda området F-G, samt naturligtvis mellan klasserna. Det tycks som att valet av markimpedans är kritiskt. Ett förväntat resultat är att effekten inte alltid är störst vid klass A och B. Det beror bl a på att både bullerkällan och dämpningen är frekvensberoende. Hög dämpning kan alltså erhållas vid frekvenser där källan har relativt litet energiinnehåll.

I Tabell 20 redovisas beräkningar för temperaturgradienten 0,1 °C/m och vindhastighet 5 m/s. Värdena för respektive avstånd är normerade till impedansklass D.

Tabell 20. Skillnad i maximal ljudnivå (dB) från tunga fordon på olika avstånd vid olika markimpedans. Normerat till klass D. Temperaturgradient 0,1 °C/m, vindhastighet 5 m/s.

Impedansklass	Avstånd väg- mottagare [m]			
	50	200	500	1000
A	2,2	2,2	0,1	0,1
B	1,2	1,6	0,1	0,1
C	0,2	0,8	0,0	0,0
D	0,0	0,0	0,0	0,0
E	2,7	0,2	0,1	0,1
F	7,6	2,8	0,4	0,5
G	10,4	4,6	3,0	1,9

Exemplet visar att markens inverkan är betydligt mindre än vid neutral skiktning och vindstilla. På långa avstånd är inverkan försumbar, utom för klass G.

Betydelsen av markens impedans i realiteten har undersökts för ett av delområdena i Nynäshamns kommun. Vid Fjätternsjön har utbredningen av bullerfria områden runt vägen söder om sjön beräknats. Två fall har studerats:

1. All mark, även vatten har klass D.
2. All mark utom vatten har klass D. Vattnet har klass G.

På ritning F3mjuk.ty och F3moh.ty visas de båda fallen. Det är inte någon skillnad utom över vattenytan.

4.6 Slutsatser beräkningsmodeller

Så länge det blåser har temperaturgradient och markimpedans liten betydelse för ljudnivån i mottagarpunkten, särskilt på längre avstånd. Impedansklass D kan användas för all mark som inte är uppenbart hård (t ex sjöar och vägar). För dessa bör klass G användas.

För beräkningar avseende juli i Nynäshamn kan temperatur 18 °C och relativ fuktighet 60% användas. Vindhastighet 2,8 m/s och sydlig riktningen är dominerande.

Den dimensionerande ljudnivån är för större vägar ekvivalentnivån under de två mest trafikerade timmarna, och för mindre vägar maximal ljudnivå från enskilda fordon.

För tåg och fartyg är det den maximala ljudnivån för enskilda passager som är dimensionerande.

5 Använt underlag för beräkningar avseende Nynäshamn

5.1 Vägtrafik

Samtliga vägar utanför tätbebyggt område är statliga eller privata. Några kommunala finns inte, i alla fall har ingen uppgift om sådana erhållits. Trafiken på de statliga vägarna är väldokumenterad, för övriga saknas uppgifter helt. Inom de fem områden som specialstuderats har trafiken på de små vägarna uppskattats. Uppgifter om trafiken på de statliga vägarna, och deras sträckning, har erhållits från Vägverket. Se bilaga 1. De två mest trafikerade timmarna har antagits infalla under den aktuella tidsperioden (06-22) och stå för 20% av trafiken.

5.2 Tågtrafik

Tågtrafiken inom Nynäshamns kommun är också väldokumenterad. Den består enligt Banverket enbart av pendeltåg. I lågtrafik anländer ett tåg i timmen och i högtrafik ett tåg i halvtimmen. Det är samma tåg som vänder, så enbart ett tåg finns på linjen åt gången. Någon hän-syn till samverkan av flera tåg behöver inte tas. Antalet tåg, 42 st, har erhållits genom sommartidtabellen. Banverket har även tillhandahållit ett utdrag ur linjeboken. Där framgår största tillåtna hastighet (STH) på olika delsträckor. Den varierar mellan 70 och 130 km/h. I denna utredning har en förenkling gjorts, och tågens medelhastighet har antagits vara 70 km/h utmed banan. I beräkningarna har ljud-data för X10 använts.

5.3 Sjöfart och fritidsbåtar

Genom Södertälje sluss passerar 1 200 fartyg och 10 000 fritidsbåtar/ år. Till och från Södertälje kommer ytterligare 4 000 fartyg/år. Detta medför 10 fartyg/dag i farleden till Södertälje. Nynäshamn har ca 1 anlop/dag, och linjetrafiken till Visby, Ventspils och Gdansk utgörs av 9 st/ dag. Söder om Torö antas 5 fartyg/dag passera. Fartygens genomsnittliga hastighet har antagits vara 10 knop.



Fritidsbåtarna genom Södertälje sluss antas i huvudsak passera dag och kvällstid under två månader, vilket motsvarar det 167 st/ medeldag. Fritidsbåtarna har fördelats på 19 farleder. Enbart trafik med motorbåtar har beaktats. De har delats upp på två klasser, snabba och långsamma. Långsamma har antagits hålla 12,5 knop (23 km/h) och snabba 25 knop (46 km/h). 2/3 är långsamma och 1/3 snabba. De farleder som antagits vara mest trafikerade har 200 båtar varje medeldag under juli. Stor osäkerhet råder om de gjorda antagandena är rimliga.

5.4 Industrier

Uppgifter på tre industrier utanför tätbebyggt område har erhållits från kommunen. Det är Talloil, Trollsta bergtäkt och Älby Cementindustri. Samtliga har antagits gå kontinuerligt och uppfylla kravet högst 50 dB(A) ekvivalent ljudnivå kvällstid vid närmsta bostad.

De stora industrierna Nynäshamn AB och Nynäs Petroleum ligger inte vid bullerfria områden och därför bortses det från dem i denna utredning.

5.5 Skjutbanor

Inom kommunen har uppgifter erhållits om fyra civila skjutbanor. Det finns fler, men användningen av dem är liten. Antalet skott har fördelats under det antal dagar banorna håller öppet. Har banan öppet under sju månader har alltså antalet skott fördelats på 210 dagar. Varje skott antas ha varaktigheten 1 s. Beräkningarna har förenklats något genom att vapen och ammunition som ger ungefär samma ljudnivå har slagits ihop.

Nynäsgården 1:2. Här finns en pistolskyttebana som är öppen dag och kvällstid 1 3 dagar/vecka under sommarhalvåret. Då skjuts 1 000 skott med kaliber 7,65 och 9 mm, 2 000 skott med kaliber .32 och .38 samt 25 000 skott med kaliber .22. I medeltal innebär det att varje dag skjuts 1/180 av mängderna. Det innebär att med kaliber .22 skjuts 139 skott/medeldag och av övriga kalibrar 17 skott/medeldag. I beräkningarna representeras verksamheten med kaliber .22 och 9.

Tyrved 2:1. Banan är öppen mars-september en- fyra dagar/vecka. Hagelskytte 150 000 skott/ år, kulskytte 50 000 skott/ år. I beräkningarna modelleras verksamheten med 953 hagelskott/ medeldag.

Älby 2:3 och Älby 4:1. Två banor bredvid varandra. Jaktträning med hagel och Jägarexamen. Öppet årligen en till två dagar/vecka. Hagel 55 000 skott/år, kort-hållsgevär 6 000 skott/år, mauser 500 skott/år, pistol klass A 17 000 skott/år, klass B 2 400 och klass C 800, R 3 600 och Magnum 3 800 skott/år. I beräkningarna modelleras verksamheten med 203 hagelskott, 18 mauserskott och 66 pistol-skott/medeldag.

Inom Nynäshamns kommun finns inga militära skjutfält, men däremot förekommer skjutverksamhet vid Berga och på Utö i grannkommunen Haninge. Denna har inte beaktats i föreliggande utredning, eftersom verksamheten ligger på stort avstånd, ca 10 km från kommungränsen. Vid Berga avlossades under 2003 26 500 finkalibriga skott, 25 000 finkalibriga lösa skott, 180 handgranater samt ca 160 sprängningar.

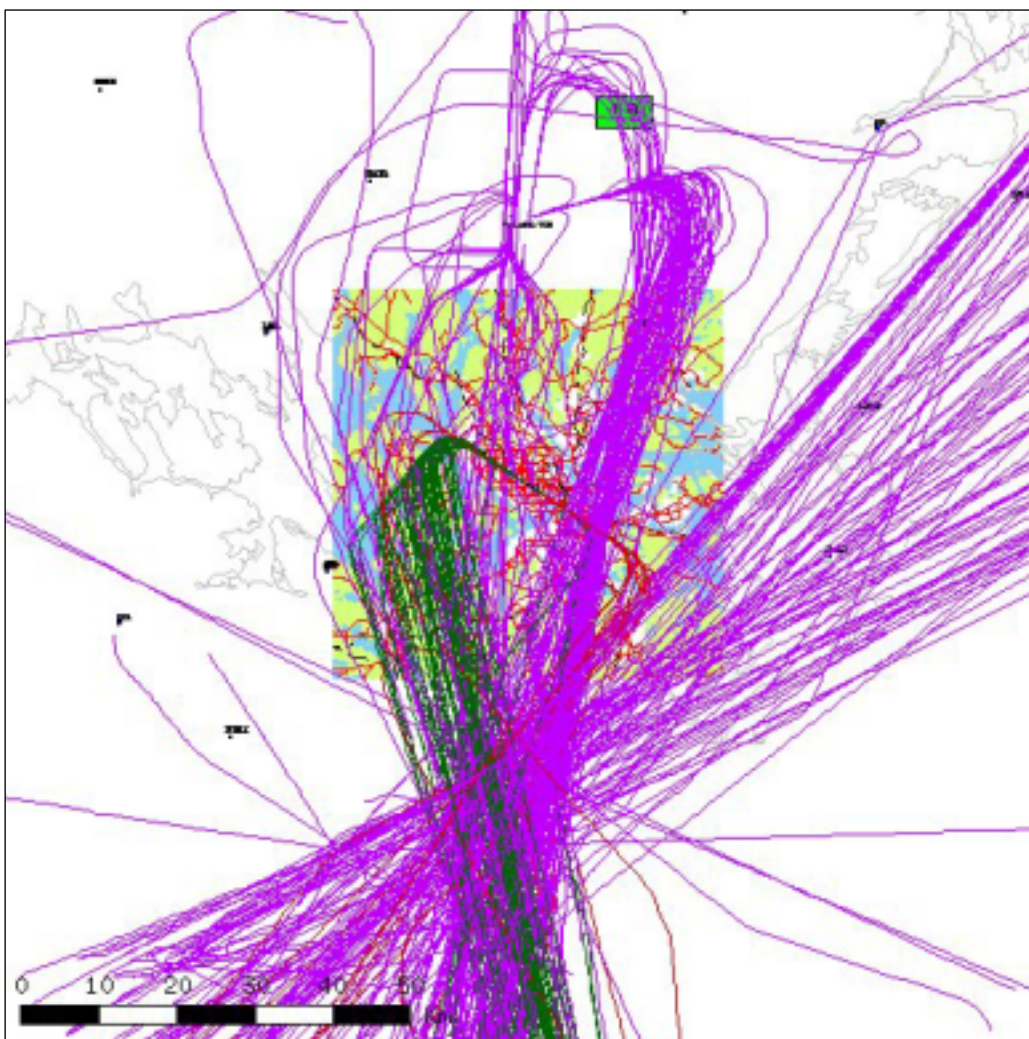
5.6 Motorsportbanor

Eneby motorsportbana ligger strax nordväst om Nynäshamns tätort. Här kör Nynäshamns Motorcykelklubb cross- och enduro och MK Speed kör folkrace. På banorna förekommer 2-3 tävlingar/år och en omfattande träning. Banorna har öppet ca 5 timmar/dag.

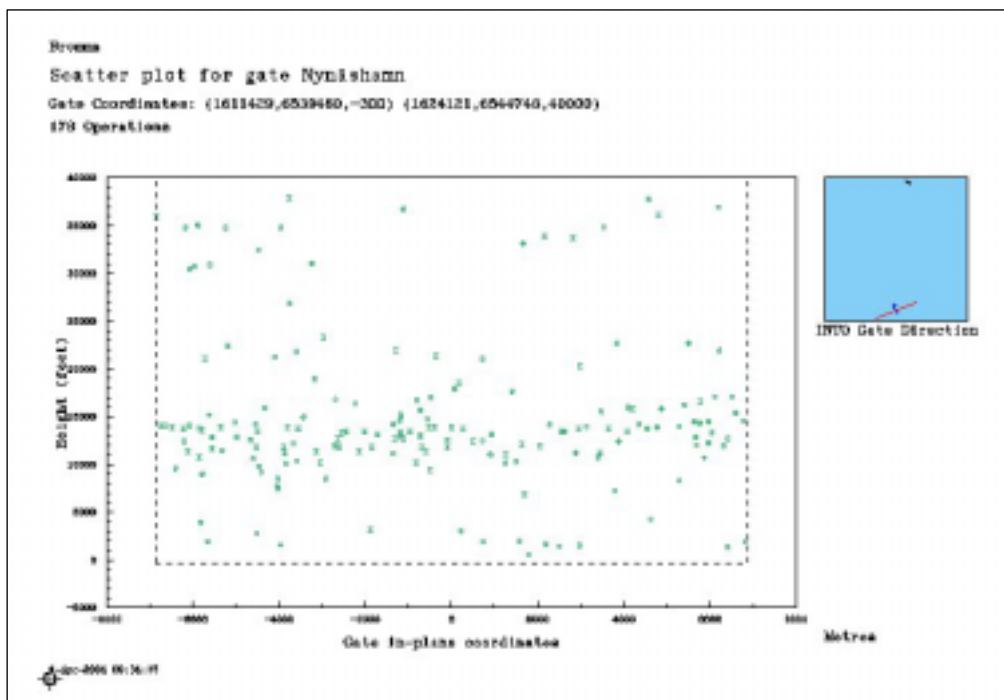
Här har antagits att två förare befinner sig samtidigt på respektive bana. Totalt utnyttjas banan 1 h/ dag. Motocross och enduro representeras av mätdata för en 125 cc motorcykel och folkrace av data för en folkracebil. På varje bana representeras verksamheten av fyra punktkällor.

5.7 Flygtrafik

Inom kommunen finns det inte någon flygplats som ”koncentrerar” flyget. Från Luftfartsverket har information erhållits om linjetrafiken. Den redovisas med sk radarspår. Många flygplan flyger direkt till sin destination, så att flygtiderna, och därmed avgasutsläppen minimeras. Detta betyder dock att spridningen i flygvägar blir ganska stor. I Figur 5 och Figur 6 visas radarplottar för överflygningar i juni 2003. Eftersom Lfv inte har någon villkorsuppföljning som når till Nynäshamn finns inget bra kartunderlag. Lfv har inga uppgifter om överflygningarna till/från Ryssland m.fl. länder i öster (Flyovers nordost- sydväst).



Figur 5. 313 st radarspår från flygningar som passerat Nynäshamn under 10 dagar i juni 2003. 66 st av dessa var starter från Bromma. Dessa är uteslutande SAAB 340 på väg till Gotland.



Figur 6. Höjder för flygplanen i Figur 5.

Från Försvarsmakten har information erhållits om den militära verksamheten vid Berga i Haninge kommunen. Där förekommer omfattande helikopterverksamhet med mellan 4 000 och 5 000 rörelser/ år. I den mån verksamheten berör Nynäshamn sker det över vattnet i de östra delarna från Mälbyfjärden till Landsort.

Ett antagande har gjorts att hela kommunen någon gång under en medeldag utsätts för 1 minuts buller som överstiger 50 dB(A). Beräkningarna visar att detta inte påverkar beräkningsresultaten mer än marginellt. Därför redovisas inte några beräkningar som inkluderar flygbuller.

5.8 Väderleksmodell

Följande väderleksparametrar har använts vid de beräkningar som redovisas här:

Vindriktning: nordlig och sydlig

Vindhastighet 2,8 m/s

Vertikal temperaturgradient: -0,1 °C/m

Temperatur vid markytan⁶: 15 °C

Relativ fuktighet⁶: 70 %

Markens ytråhet: 0,05 m

Luftryck: 1013,25 hPa

Standardavvikelse vindhast: 0,1 m/s

Standardavvikelse tgrad: 0,1 °C/m

⁶ Stämmer ej helt med vad som anges i avsnitt 4.6, avvikelserna torde inte medföra någon nämnvärd förändring.

Turbulensgrad vindhast: 0,1 (m/s)²

Turbulensgrad temperatur: 0,1 (°C)²

5.9 Terrängmodell

Enligt uppgift har inte kommunen mätt in terrängen höjdmässigt i någon större omfattning utanför tätbebyggt område. Därför har till största delen en terrängmodell som erhållits genom Vägverket använts. Det är Lantmäteriets höjddatabank som legat till grund. Höjddatabanken innehåller höjduppgifter i ett rutnät med delningen 50 x 50 m. I detta nät har höjdkurvor med 5 m ekvidistans interpolerats. Vägverkets data är i Rikets koordinatsystem RT90, och Nynäshamns kommun har det som används i Stockholmsregionen, ST74. Data måste alltså transformeras mellan dessa system för att kunna användas samtidigt.

Halva Fjättersjöområdet har täckts av kommunens karta med 1 m ekvidistanser. Den delen har även uppgifter om väghöjder.

All mark har antagits vara mjuk, utom sjöar och hav som antagits vara hårda. Vägar och spår har legat på markytan, eftersom någon uppgift om aktuell höjd inte kunnat erhållas.

5.10 Beräkningsmodeller

Beräkningarna har utförts enligt Nord2000 för vägtrafik, tågbuller och industribuller.

Modellen har förenklats så att källstyrkan anges i oktavband och enbart en källhöjd har använts. Ljudutbredningen har dock enligt modellen beräknats i tersband.

Beräkningar har utförts för mottagarpunkter i ett rutnät med delningen 100 x 100 m för den översiktliga beräkningen av hela kommunen, och 50 x 50 m för delområdena.

6 Mätningar

För att validera beräknade värden har långtidsmätning av ljudnivån utförts samtidigt i två punkter under en vecka i fem utvalda områden i Nynäshamn kommun. I varje mätpunkt övervakades mätningen vid tre korta pass av mättekniker som noterade alla ljudhändelser (typ av källa, nivå, mm.). Dessutom genomfördes två stycken långa övervakningsperioder i en av mätpunkterna i två av de utvalda områdena.

6.1 Mätmetod

I vardera av de två simultana mätpunkterna monterades en utomhusmikrofon ca. 2,5 m över mark på stolpe eller naken trädstam. Mikrofonen var kopplad till långtidsregistrerande ljudnivåmätare. Instrument och ackumulator placerades i verktygslåda av stål som kedjades fast i stolpe/trädstam. För att förhindra vatteninträngning sveptes hela lådan in i plastsäck. Se Figur 7.

I en av mätpunkterna i varje område monterades dessutom meteorologisk mätutrustning som kontinuerligt registrerade och lagrade information om vindriktning och vindhastighet i mätpunkten.

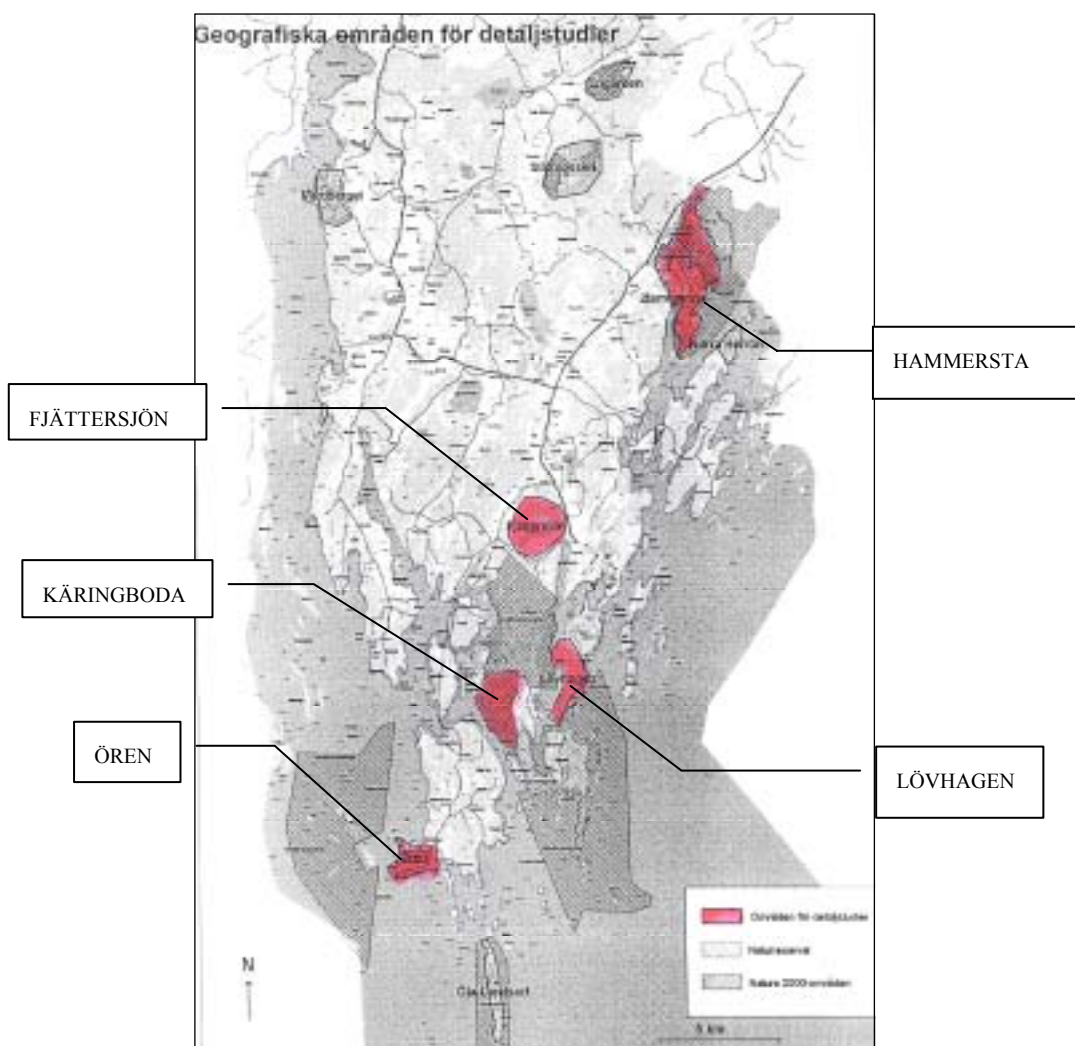


Figur 7. Bilder från mätplats.

Efter en halv veckas registrering besöktes mätplatsen varvid funktionen kontrollerades, ackumulatorn byttes och alla lagrade mätdata överfördes till bärbar dator. Efter en hel veckas mätning avbröts registreringen, mätdata datorlagrades och all utrustning flyttades till ny mätpunkt.

6.2 Mätpunkter

De utvalda mätområdena framgår av Figur 8. Valet är gjort av Nynäshamns kommun, och de är områden med höga natur- och rekreationsvärden.



Figur 8. Utvalda områden för långtidsmätningar.

Inom varje område har två delområden valts i samråd med kommunen. Se Figur 9. I Tabell 21 beskrivs mätpunkterna närmare.



1. Fjättersjön



2. Lövhagen



3. Karingboda



4. Hammersta



5. Ören

Figur 9. Mätområde 1-5, med två mätpunkter vardera.

Tabell 21. Mätpunkter.

Nr	Benämning	Kort beskrivning
1 A	Fjättersjön, väster om sjön	Kalhygge. Asfalterad väg passerar på ca. 300 m avstånd
1 B	Fjättersjön, öster om sjön	Mitt inne i blandskog, 75 m väster om Sörmlandsleden. Trafikerade vägar, järnväg och skjutbana öster om mätpunkten. Motorsportbana i norr.
2 A	Lövhamnen, Österäng	Öppet fält i friluftsområde. Vid farbar gångväg.
2 B	Lövhamnen, Bötet	I talldunge på höjd. Ungefär 50 m till vattenområde (inomskärs).
3 A	Käringboda, bondgård	Ute på åkerö, ca 30 m från lågtrafikerad grusväg.
3 B	Käringboda, Bennbol	I buskage på höjd ovan Bennbolgården. Ungefär 75 m till strandlinje (inomskärs).
4 A	Hammersta, fornborgen	På åker väster om fornborgen, ca. 700 m öster om väg 73.
4 B	Hammersta, Kalkugnen	Gles tallskog, ca 20 m väster om mycket lågtrafikerad grusväg.
5 A	Ören, Reveln	Inne i tät blandskog, ca 150 m från strandlinjen.
5 C	Ören, Örudden	Vid grusväg, tidvis vältrafikerad, ca 250 m från strandlinje.

Ljudnivåmätarna var så inställda att så snart den momentana ljudnivån överskred 40 dB(A) startade en löpande registrering av den maximala och ekvivalenta ljudnivån samt mättiden. Registreringen stannade när den momentana ljudnivån sjönk under 40 dB(A) igen, och mätvärdena lagrades automatiskt i instrumentet. Kontinuerligt loggades samtidigt vindriktning och vindhastighet i en av de två mätpunkterna i delområdet.

Ljudnivåmätarna kalibrerades före och efter mätningen, samt mitt under den veckolånga mätperioden.

6.3 Instrument

Vid mätningarna användes följande utrustning:

Tabell 22. Instrumentförteckning

Instrument	Fabrikat	Typ	Intern- nummer
Ljudnivåmätare + mik.	Larson Davis / B&K	823 / 4176	82 / 36
Ljudnivåmätare + mik.	Larson Davis / B&K	823 / 4188	84 / 77
Akustisk kalibrator	Brüel & Kjaer	4231	62
Mätare för vindhastighet + vindriktning	ST Termo	Opus 2000	147

Instrumenten är kalibrerade med spårbarhet till internationella referenser.

7 Resultat

7.1 Beräkningar

Beräkningsresultaten presenteras dels för hela kommunen, dels för de fem delområdena (se Figur 8). Resultaten avser 1,5 m över marknivå, vilket valts för att ungefär motsvarar öronhöjd på en vuxen människa. För varje område redovisas det sammanlagda bullret från alla bullerkällor, vid sydlig och nordlig vind. För Fjättersjön särredovisas även de fyra för området aktuella källorna vägtrafik, spårtrafik, skytte och motorsport.

7.2 Mätningar

Mätresultaten är sammanställda i bilaga 2-11, tillsammans med observationer och kommentarer.

7.3 Jämförelse mellan mätningar och beräkningar

De fyra (fem) klasser som behandlas i denna utredning innebär:

- Område helt utan samhällsbuller:
Värdet 40 dB(A) momentan ljudnivå överskrids inte mer än 10 min per vecka. Det motsvarar 86 s/dag (0,15 % av tiden).
- Område med mycket begränsat samhällsbuller:
Värdet 40 dB(A) momentan ljudnivå överskrids inte mer än 5 minuter per dag. Det motsvarar 300 s/dag (2,5 % av tiden).
- Friluftsområde i kommunala översiktsplaner:
Värdet 45 dB(A) momentan ljudnivå överskrids inte mer än 60 minuter per dag. Det motsvarar 3 600 s/dag (6,25 % av tiden).
- Tätortsnära rekreativsområden:
Värdet 45 dB(A) momentan ljudnivå överskrids inte mer än 120 minuter per dag. Det motsvarar 7 200 s/dag (12,5 % av tiden).
- Oklassat område:
Den momentana ljudnivån överskrider 45 dB(A) mer än 120 minuter per dag.

Mätvärdena i bilaga 2-11 visar att 40 resp. 45 dB(A) momentan ljudnivå som regel överskrids under så lång tid att kriterierna för alla klasser ofta överskrids med råge. Undan-tagen är få, men det har i några områden under en tid registrerat mycket låga ljudnivåer. Det är:

- Mätpunkt 2A, Österäng i Lövhagen: Fyra dagar av åtta utan att den momentana ljudnivån översteg 40 dB(A). Vindstilla.
- Mätpunkt 4 A, Fornborgen i Hammersta: Två dagar med mycket kort tid som ljudnivån översteg 40 dB(A). Vindstilla eller mycket låg vindhastighet.

Under dessa tider var ljudnivåerna så låga att områdena var att betrakta som helt utan samhällsbuller enligt kriterierna ovan, vilket överensstämmer med beräkningsresultaten. Samma mätpunkter har dock andra dagar med ljudnivåer som momentant överstiger 40 dB(A) större delen av tiden, vilket berodde på en vind som gav upphov till lövprassel.

Av mätningarna kan man vidare konstatera att mätpunkt 5A, Reveln vid Ören, faktiskt i två av sex dagar klarar kriteriet för område helt utan samhällsbuller, trots att det beräknats till en klass sämre område, dvs. ett område med mycket begränsad förekomst av samhällsbuller.

Det enda område som under en länge period (fem av sju dagar) uppfyller ljudkriterierna för friluftsområden i kommunala översiktsplaner är mätpunkt 3 B, Bennbol vid Käringboda. Även mätpunkt 5 A och B, Ören, har under några av mätdagarna uppfyllt denna klass.

Av mätresultaten är det svårt att finna ett starkt samband mellan registrerad ljudnivå, och vindriktning som medför med- eller motvindsförhållanden för ljudutbredning från t.ex. angränsande väg. Ett visst samband finns dock mellan hög vindhastighet och höga ljudnivåer, vilket blir tydligast vid strandnära mätpunkter (havsbrus) och mätpunkter nära skog (vindprassel i lövverk). I många av mätpunkterna kan man notera stundtals kraftigt inslag av ljud från fåglar, jordbruksredskap o.dyl. men ibland även inslag av buller från överflygningar med flygplan och passage av bilar eller fritidsbåtar.

Dessvärre fångar ljudmätarens mikrofon alla typer av ljud, även sådant som inte kan betraktas som buller utan snarare ett naturligt och kanske önskvärt ljud i naturen, exempelvis lövsus, havsbrus och fågelkvitter. Mätningarna visar att dessa ljud under långa perioder kan ge relativt höga ljudnivåer, cirka 40 - 55 dB(A).

En jämförelse mellan mätvärden och beräknade värden är oftast inte meningsfull att göra eftersom mätningar innehåller så mycket ljud som inte kan betraktas som samhällsbuller, vilket är det enda som beräkningarna avser att återspegla.

8 Osäkerhet i beräkningsresultaten

Ett problem vid uppskattning av osäkerheten är hur den ska anges. Ska osäkerheten anges i sekunder, decibel eller områdesklass?

Måttet som används här är formulerat som den tid ett visst gränsvärde överstigs. Det medför att en liten variation i ljudnivån är avgörande för om hänsyn ska tas till värdet eller ej. Överskrids värdet ska varaktigheten, som bestämts med en viss osäkerhet, sparas.

Osäkerheten i resultaten beror dels på hur bra bullerkällan modellerats, dels på hur bra ljudspridningen beräknats. En svårighet med metoden är att varaktigheten måste bestämmas som medelvärde inom en vinkelsektor. Till exempel vid Lövhagen går Sandsborgsvägen bitvis vid vattnet i ett kuperat landskap. Ljudutbredning över vatten är god. På stort avstånd från vägen kan en sektor ge ett (orealistiskt) stort bidrag. En felaktighet får inte så stort genomslag på ljudnivån, eftersom den är ett logaritmiskt mått, men en felaktighet kan påverka det linjära måttet varaktighet stort.

Osäkerheten i beräknad ljudnivå är på 200-300 m normalt 3-5 dB(A), och på längre avstånd något större. Osäkerheten i beräknad tid är kanske -50 % - +100 %. Hur detta samspelar för att ändra ett områdes klassning är osäkert. Det är nära klassgränserna som känsligheten är störst.

9 Svårigheter

En rad svårigheter har uppstått under uppdragets gång. Dessa är dock inte mycket större än de som är förknippade med en normal bullerkartläggning av en kommun. Förenklingar måste göras av terrängmodell och bullerkällor så att arbetet inte blir alltför omfattande. Ett generellt problem är att data kommer från olika system som ska kunna ”prata” med varandra. Det kräver en hel del datorvana för att få ihop allt till en modell som beräkningsprogrammet kan tolka. Dessutom har naturligtvis många problem uppstått vid programmeringen av modellen.

Det har varit svårt att få grepp om de olika bullerkällorna. Tågtrafiken och vägtrafiken på det statliga nätet är väldokumenterad. Vägtrafiken är dock angiven som årsmedeldygnstrafik. Hur trafiken ser ut i verkligheten under dag och kvällstid i juli är inte känt. Trots att antalet vägavsnitt inom Nynäshamns kommun i Vägverkets databas är stort, ca 250 st, gick det relativt enkelt att med datatekniken föra över dem till beräkningsprogrammet. Fritidsbåtstrafiken har enbart kunnat uppskattas. Hur många motorbåtar är samt hur och var de far fram är enbart antaganden.

Terrängmodellen är ganska grov, och innehåller enbart 5 m- ekvidistanser. Det gör att mindre hinder missas. Detta är av störst betydelse i området närmast bullerkällan. Vägarnas höjder är okända. Därför har vägarna modellerats som om de ligger på markytan. Förutom att skärningar och bankar inte modelleras på rätt sätt så innebär det att vägens stigning följer höjdkurvorna. Vägtrafikbullrets ekvivalentnivå är beroende av stigningen. I något fall där ekvivalentnivån inom en vinkelsektor varit orimligt hög visade det sig att stigningen var 44%, dvs alldeles för hög. För att få rimligare värden har stigningen begränsats till 10% i beräkningarna.

Uppgifter om vädret är nästan omöjliga att få tag på. För Hårsfjärden och Tullinge finns sk vindrosor att köpa från SMHI, men båda stationerna ligger utanför Nynäshamns kommun. Temperaturgradienter finns inte att få tag på.

Slutligen är ett problem att metoden är helt ny, med ett svårtytt samspel mellan ljudnivå och tid, så det är mycket svårt att bedöma rimligheten i resultaten.

10 Utvärdering av metod

I/1/ ges förslag till ett tillvägagångssätt, en metod, för kartläggning av bullerfria områden. Följande steg föreslås:

1. Kriterier för val av områden
2. Identifiering av områden som ska beskrivas
3. Diskussion om vilka ljud som hör hemma i området
4. Diskussion om vilka mått och mätetal som hör hemma i området
5. Välj ut de bullerkällor som förväntas ha störst utbredning i området
6. Beräkna bullerutbredningen för dessa bullerkällor översiktligt
7. Komplettera med övriga relevanta bullerkällor
8. Komplettera med mer detaljerade beräkningar och mätningar där så krävs
9. Redovisa resultaten med lämplig detaljeringsgrad

Steg 1-4 är givna i förutsättningarna för detta uppdrag. Steg 5-9 har utförts, dock utan att källstyrka mätts.

I detta uppdrag har följande erfarenheter nåtts:

Steg 3 är viktigt. I denna utredning kartläggs ”maskinbuller”. Övriga ljud, ”naturljud”, hör hemma i miljön. Det är enkelt att välja vilka ljud som ska tas med i beräkningar, vid mätningar är det i stort sett omöjligt att skilja ljuden. Det kan även finnas visst maskinbuller som hör hemma i området, t ex fiskebåtar eller jordbruksredskap.

Steg 5 och 6. Skillnaden mellan en översiktlig och en noggrann beräkning är inte så stor när arbetet görs med dator. Det handlar om att välja upplösning (t ex antal vinkelsteg och avstånd mellan beräkningspunkter) för att erhålla rimliga beräkningstider. Indataarbetet är ungefär detsamma.

Steg 7. När den översiktliga kartläggningen är gjord kan kompletteringar göras med mindre bullerkällor, där dessa inte överröstas av de stora. Det kan vara enskilda vägar på större avstånd från allmänna vägar. Generellt kan sägas att ju mindre bullerkällan är, desto svårare är det att erhålla underlag, både i form av verksamhetens omfattning och relevanta ljuddata.

Steg 8. Mätningar bör enbart göras av källstyrka. Som framgår av denna rapport är det mycket svårt att mäta ett områdes grad av bullerfrihet, eftersom alla typer av buller registreras av mikrofonen. Om mätningar ska göras måste dessa vara bemannade, så att det hela tiden är känt vad som orsaker mätvärdena. En viss undertryckning av naturljuden kan göras genom listiga val av mikrofonpositioner. Naturljuden varierar mycket med årstid, vindriktning och vindstyrka.

Steg 9. Redovisning med papperskartor av en hel kommun är fysiskt omfattande. Delområden bör redovisas i skala från 1:5 000 till 1:20 000. Om en hel kommun av Nynäshamns storlek (20 x 40 km) redovisas i skala 1:10 000 åtgår ca 75 kartblad i A3-format. Ska dessutom varje bullerkälla redovisas för sig blir omfattningen mycket stor. Det bästa är att föra över resultaten till ett GIS-system så att kartor över aktuella områden kan tas fram efter behov.

10.1 Kostnader

I uppdraget har ingått att uppskatta kostnaderna för att kartlägga en ”normalkommun” på det sätt som redovisas i denna rapport (exklusive mätningar). Det är svårt att ange, och beror på storleken av området som ska kartläggas, hur många bullerkällor som ingår, i vilket skick underlaget finns, hur omfattande redovisningen ska vara etc. Som påpekats på annat ställe i denna rapport är dock inte arbetet mer omfattande än om kartläggningen skulle göras med andra mått. Arbetet torde dock uppgå till mellan 100 och 250 timmar.

10.2 Förenklingar

Den arbetsvinst som kan göras genom förenkling av t ex terrängmodell och trafikmodell är relativt liten, eftersom det mesta arbetet utförs av datorn. Ska större besparingar uppnås krävs begränsning av det betraktade området.

Ett sätt att minska kostnaden är att göra på ett helt annat sätt och inte använda datoriserade beräkningar. Det är dock bara påverkan av vägtrafiken från de större vägarna som är enkel att schablonisera, eftersom den bestäms av den ekvivalenta ljudnivån under maxtimmarna. Övriga bullerkällors påverkan beror på produkten av tid och nivå.

10.3 Slutsatser

Metoden är möjlig att använda och det går att få fram entydiga resultat. Det är dock svårt att få fram allt erforderligt underlag, både för bullerkällor, terrängmodell och vädermodell.

Parameterstudier visar att vädret har stor inverkan på de bullerfria områdenas utbredning. Denna inverkan är dock inte så stor i resultaten som redovisas för Nynäshamns kommun. Kanske beroende på att kommunen är mycket kuperad, och parameterstudierna är utförda för plan mark.

Skillnaden mellan beräkningsfallen nordlig och sydlig vind är relativt liten. Det kan vara tillräckligt att utföra beräkningar för enbart en vädersituation.

Beräkningar med Nord2000 ger mindre spridning av vägtrafikbullret på stora avstånd jämfört med den nordiska beräkningsmodellen (ej redovisade beräkningar). Detta beror troligen på att den nordiska beräkningsmodellen inte är giltig på större avstånd än 300 m, och inte beskriver ljudutbredningen tillräckligt bra på större avstånd.

Mätningarna visar att det är mycket svårt att mäta enbart det buller som används för att klassificera bullerfria områden. Mätningarna störs av det naturliga ljudet från lövprassel, fåglar, vildsvin, havsbrus, regn och liknade ljud som inte uppfattas som buller men inte desto mindre ger upphov till tidvis höga ljudnivåer.

En klass för bullerfrihet förekommer i mycket liten utsträckning. Det är ”området med mycket begränsat samhällsbuller”. Där klassen förekommer, är den nästan aldrig orsakad av trafik. Det beror på att gränsen går vid 300 s/dag. Skillnaden mot vad som tillåts för ”område helt utan samhällsbuller”, 86 s/dag är för liten. Tiden är så kort att den med lätthet överskrids vid en liten väg. Tidsförloppet för en passage

är inte en spetsig kurva, utan den är avrundad, och den högsta nivån är närmast en plåtå med några sekunders utbredning.

Följande räkneexempel belyser situationen: Antag att 5 bilar/timme passerar och att varje passage tar 5 s. Då blir den sammanlagda passagetiden under 16 timmar 400 s.

Metoden är känslig för antalet bullrande händelser. Det gör att osäkerheten är stor kring mindre vägar och farleder. Det finns inte några lättillgängliga uppgifter om fordonstrafiken på småvägar, utan den måste uppskattas. Troligen har i denna rapport antalet fordon överskattats på småvägarna.

Som framgår av beräkningarna för t ex Ören medför en liten trafikmängd (50 fordon/ dygn) att ett områdes klassning blir ”Friluftsområde i kommunal översiktsplan”, dvs näst sämsta klassen.

Vattensport, vattenskidor- och skotrar, har troligen inte någon inverkan i de områden som behandlas här, eftersom påverkan från den övriga båttrafiken är så stor.

11 Referenser

- (1) ”Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer – Förslag till mått, mätetal och inventeringsmetod”, 2002-12-18, Vägverket, Naturvårdsverket m.fl.
- (2) “Nordic Environmental Noise Prediction Methods, Nord2000. Summary Report. General Nordic Sound Propagation Model and Applications in Source-Related Prediction Methods”, J. Kragh, B. Plovsing, S.Å. Storeheier, Gunnar Taraldsen, H.G. Jonasson, DELTA Acoustics & Vibration Report AV 1719/01, Lyngby 2002
- (3) ”Bullerinventering med Nord 2000 – Utveckling av bullernivåer i nuvarande och kommande mått i Sverige och EU.”, 2004-02-27, SP rapport ETa6155
- (4) ”Trafikbuller Del II Buller från fritidsbåtar”, SOU 1976:21
- (5) ”Buller från finkalibriga vapen - beräkningsmodell”, Naturvårdsverket, Meddelande 7/1984
- (6) ”Acoustics – Sound source energy determination of muzzle blast.” ISO 17201-1
- (7) ”Acoustics – Noise from shooting ranges – part 2: Estimation of source data-muzzle blast and projectile noise.” ISO 17201-2
- (8) ”Reviderade nivåer avseende Rallycross och Folkrace”, K-Konsult 1988
- (9) ”Externt industribuller - allmänna råd”, 1978, Statens Naturvårdsverk, RR 1978:5
- (10) ”Akustik – Dämpning av ljud under utbredning utomhus – Del 1: Beräkning av atmosfärens ljudabsorption”, Svensk standard SS-ISO 9613-1
- (11) ”Beskrivning av meteorologiska parametrar vid ljudnivåmätningar.”, 1980, Naturvårdsverket 1388
- (12) ”Ground surfaces: Determination of the acoustic impedance”, 1999, Nordtest NT ACOU 104A

Bilaga 1 Utgivna rapporter

Gemensamma satsningar

Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer

Delrapport - **Förslag till mått, mätetal och inventeringsmetod**

I Naturvårdsverkets rapportserie nr 5439-2 Stockholm december 2002, i Vägverkets publikation 2003:170.

Ljudkvaliteter i natur- och kulturmiljöer

Slutrapport – **Utvärdering och utveckling av mått, mätetal och inventeringsmetod**

I Naturvårdsverkets rapportserie nr 5440-6, Stockholm januari 2005

Ljudkvaliteter i natur- och kulturmiljöer

Delrapport – **Upplevd ljudmiljö i stadsnära grönområden och stadspark**

I Naturvårdsverkets rapportserie nr 5442-2, Stockholm december 2004

Ljudkvaliteter i natur- och kulturmiljöer

Delrapport – **Djupintervjuer om ljudmiljöer i tätortsnära naturområden**

I Naturvårdsverkets rapportserie nr 5443-0, Stockholm december 2004

Ljudkvaliteter i natur- och kulturmiljöer

Delrapport – **Kartläggning av bullerfria områden inom Nynäshamns kommun**

I Naturvårdsverkets rapportserie nr 5444-9, Stockholm december 2004

Särskilda insatser

Ljudkvaliteter i natur- och kulturmiljöer

Delrapport – **Stockholms tysta, gröna områden – ljudnivåer och inventering**

Miljöförvaltningen Stockholms stad

I Naturvårdsverkets rapportserie nr 5441-4, Stockholm december 2004

Kartläggning av buller- fria områden inom Nynäshamns kommun

Delrapport i ett samarbetsprojekt

I ett samverkansprojekt om bullerfria områden i Nynäshamns kommun har Naturvårdsverket, Vägverket m.fl. utvärderat föreslagna mått och mätetal samt kartläggningsmetodens användbarhet.

I denna rapport redovisas både beräkningar och mätningar samt jämförelser dem emellan. Beräkningarna har utförts för alla trafikslag och industribuller för fem utpekade områden och för hela kommunen. Mätningar har genomförts i samma områden. Ljudutbredningen har beräknats med den nya modellen Nord2000.

Utvärderingen visade att metoden är användbar och det går att få fram entydiga resultat men det kan finnas vissa svårigheter med att få fram erforderligt underlag för bullerkällor, terräng- och vädermodell.

Banverket, Försvarsmakten, Luftfartsverket, Länsstyrelsen i Stockholms län,
Naturvårdsverket, Nynäshamns kommun, Stockholms län Regionplane- och Trafik-
kontor (RTK), Stockholms stad och Vägverket.