

Seminarieuppsatser nr 125

Tågbuller i Skåne – befolkningens exponering

Klara Liljewalch-Fogelmark

2006
Centrum för Geobiosfärvetenskap
Naturgeografi och Ekosystemanalys
Lunds Universitet
Sölvegatan 12
223 62 Lund



TÅGBULLER I SKÅNE - BEFOLKNINGENS EXPONERING

**KLARA LILJEWALCH-FOGELMARK
2006**

**KANDIDATUPPSATS, 10P, VID INSTITUTIONEN FÖR NATURGEOGRAFI OCH
EKOSYSTEMANALYS, LUNDS UNIVERSITET,**

**HANDLEDARE:
FORSKARASSISTENT JONAS ARDÖ,
INSTITUTIONEN FÖR NATURGEOGRAFI OCH EKOSYSTEMANALYS,
LUNDS UNIVERSITET**

FÖRORD

Detta examensarbete är i form av en kandidatuppsats (10 poäng) och avslutar min naturvetenskapliga utbildning med inriktning mot Geografiska Informations System (GIS) vid institutionen för Naturgeografi och ekosystemanalys, Lunds universitet.

Examensarbetet har genomförts som en delstudie i ett samarbetsprojekt mellan GIS-centrum samt Yrkes och miljömedicin vid universitetssjukhuset i Lund. Projektet syftar till att ta reda på hur bland annat luftföroreningar samt buller från väg-, tåg- och flygtrafik påverkar hälsan hos boende i Skåne. Jag har med detta arbete beräknat andelen berörda av tågbuller samt vilka ungefärliga bullernivåer de utsätts för.

Jag vill även framföra ett stort TACK till alla som förmedlat kontakter, engagerat sig och kommit med råd och tips. Ett speciellt tack vill jag rikta till min handledare, Jonas Ardö, som givit mig möjlighet att skriva uppsatsen. Tack för alla små knuffar i rätt riktning. Det har varit en rolig och givande tågresor! Tack till alla jag varit i kontakt med på Banverket, framförallt Gunilla Sköld, miljö och bullerhandläggare på Södra banregionen, för att du tog dig tid att uppdatera nödvändiga tågdata. Slutligen vill jag tacka Erik Fogelmark för korrekturläsning samt granskning av språk och formalia samt Petra Thorvaldsson för korrekturläsning och trevliga luncher. Din skarpa blick har varit ovärderlig!

ABSTRACT

Roughly 2 million Swedish citizens are exposed to traffic noise from roads, railways and aircrafts at levels higher than those approved by the government. As many as 500 000 of these are subject to railway noise. Exposure to traffic noise can have negative effects and cause irritation and disturbance of daily activities and also create general health problems such as lack of sleep, stress, concentration difficulties and hypertension.

The present study investigates public exposure to noise from railway traffic in southern Sweden. Based on a simplified version of *Den Nordiska beräkningsmodellen för buller från spårburen trafik, NMT* (*The Nordic prediction model for train noise, NMT*) and railway data collected from Södra banregionen (*The Southern Railway Region*) a program has been developed that calculates noise buffer zones along the railways in Skåne (Scania).

Results

Current estimates of exposure to railway noise show that approximately 12 % of the population of Skåne are exposed to higher *equivalent noise levels* than those approved by the Swedish government. Municipals with the highest number of exposed residents are Malmö, Helsingborg, Hässleholm and Lund.

When counter measures against railway noise are taken it's only the *dB*-value of the noise that is considered and not the actual duration of the diurnal disturbance. With traffic twice as heavy, the noise level only increases by 3 *dB(A)*. In default of combined relevant data, duration of exposure and noise level has been calculated in terms of minutes per 24 hours for each railway section in Skåne. The estimates show that residents living close to the railway *Lund-Arlöv-Malmö* are exposed to approximately 30-46 minutes of equivalent noise levels higher than 55 *dB(A)* per 24 hours. Today, this section already carries one of the heaviest traffic loads in Sweden. In addition, commuting is steadily increasing in the region and so are noise exposures. Further industrial and domestic development of the area will considerably increase public exposure to traffic noise.

Due to the fact that calculations of noise levels are based on a simplified version of *NMT*, corrections for different counter effects such as screens and noise-fences etc. have not been made. Furthermore, the landscape of Skåne is simulated as topographically flat. For this reason, residents affected by railway noise are probably fewer than the numbers calculated.

The methods will potentially improve if more varied speed limits are considered, and if data concerning the number of trains that stop at the stations and those that don't, become available. Different speed limits entail different noise levels.

SAMMANFATTNING

Översiktliga beräkningar visar att ca 2 miljoner människor utsätts för trafikbullernivåer överstigande de riktvärden som riksdagen ställt sig bakom. Ungefär 500 000 av dessa utsätts för buller från tågtrafiken. Trafikbuller har betydelse för vår hälsa och de negativa effekterna kan vara störning av dagliga aktiviteter, stress sömnsvårigheter, koncentrationsproblem och högt blodtryck.

Detta arbete beskriver skattningar av buller från tågtrafik i Skåne samt skåningarnas exponering för tågbuller. Arbetet bygger på ett framtaget program som beräknar bullerzoner kring järnvägssträckor, vilka approximerats som linjekällor. Baserat på tågtrafikinformation för 2006 från Södra banregionen har bullervärden för tågtrafik i Skåne skattats med hjälp av en förenklad version av den *nordiska beräkningsmodellen för buller från spårbunden trafik, NMT*. För exponeringsberäkningar har befolkningsdata från 2003 använts.

Resultat

Resultat av exponeringsberäkningarna visar att ca 12 % av Skånes befolkning utsätts för dygnsekvivalent buller från tågtrafiken överstigande gällande riktvärden. De kommuner som har flest antal bullerexponerade är Malmö, Helsingborg, Hässleholm och Lund.

Då skyddsåtgärder mot buller görs beaktas endast ljudnivåmättet i decibel, vilket inte säger något om vad trafikbelastningen innebär i tid. Generellt gäller att vid en fördubbling av trafikmängden ökar endast ljudnivån med 3 dB(A). Med anledning av detta har trafikbelastningen för Skånes järnvägssträckor beräknats som antal minuter per dygn och sträcka. Resultat från denna beräkning visar att boende i järnvägens närhet mellan *Lund-Arlöv-Malmö* utsätts för tågbuller mellan 30-46 minuter per dygn vid dagens trafiksituation. Sträckan räknas idag som en av Sveriges högst belastade sträckor.

Eftersom bullerberäkningarna bygger på en förenklad version av *NMT* har inte korrektioner för t ex olika skyddsåtgärder som skärmar, bullervallar och plank mm beaktats, vilket medför att antalet exponerade bör vara något lägre i realiteten. Likaså görs ett antagande om topografiskt platt mark vilket medför att ljudet kan utbreda sig fritt.

Potentiella förbättringar kan göras genom att använda hastighetsbegränsningar mellan stationerna för en sträcka, och att ta reda på hur många tåg som stannar respektive kör förbi en station utan att stanna, vilket genererar olika hastigheter och därmed olika ljudnivåer.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	III
Abstract	V
Sammanfattning	VII
Innehållsförteckning	1
1. Introduktion	3
1.1 Inledning	3
1.2 Syfte	4
1.3 Förkortningar och terminologi	4
1.3.1 Frekvensvägning.....	5
1.3.2 Tidsvägning.....	5
1.3.3 Ekvivalent ljudnivå, L_{eq}	6
1.3.4 A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,T}$	6
1.3.5 A-vägd maximal ljudnivå, L_{Amax}	6
1.3.6 Sound Exposure Level, <i>SEL</i>	7
1.3.7 Viktad dygnsekvivalentnivå (dag-kväll-natt), L_{den}	7
1.3.8 Viktad dygnsekvivalentnivå (dag-natt), L_{dn}	7
1.4 Ljud	8
1.4.1 Fysikalisk beskrivning av ljudvågen	8
1.4.2 Tonhöjden / frekvensen	8
1.4.3 Ljudstyrkan / intensiteten.....	8
1.4.4 Ljudutbredning och väderleksförhållanden.....	9
2. Bakgrundsfakta	11
2.1 Historiska bullerproblem	11
2.2 Bullerexponering i dagens samhälle	11
2.2.1 Forskning idag.....	12
2.2.2. Exponeringstid, Fallstudie: sträckan Malmö-Lund.....	12
2.3 Bulleralstring från tåg	13
2.4 Effekter av buller	13
2.4.1 Effekter av buller – Sömnstörning	14
2.4.2 Effekter av buller - Taluppfattbarhet.....	14
2.5 Riktvärden och mål	15
2.5.1 Allmänt om riktvärden och mål	15
2.5.2 Propositioner och riktvärden antagna av riksdagen	16
2.5.3 Socialstyrelsens riktvärden.....	17
2.5.4 WHO, World Health Organization.....	17
2.5.5 Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49EG om bedömning och hantering av omgivningsbuller.....	18
2.5.6 Banverket	19
2.5.7 Åtgärder.....	20
3. Material	23
3.1 Tågdata.....	23
3.2 Kartdata.....	23
3.3 Befolkningsdata	23
3.4 Programvara.....	23

4. Metoder	25
4.1 Databearbetning	25
4.2 Programutveckling	25
4.3 Beräkningar i programmet	26
4.3.1 Den kontinuerliga 24-timmars ekvivalentnivån (L_{Aeq24})	27
4.3.2 Referensnivå med tågtypskorrektion noll, L_{ref0}	27
4.3.3 Ljudnivåminskning, ΔL , för mjuk och hård mark	28
4.3.4 Maximal bullernivå, L_{max} , för olika marktyper samt el- och diseldrivna tåg.....	28
4.3.5 Referensnivå för maximalnivå vid tågtypskorrekturen noll, L_{Mref0}	29
4.3.6 Beräkning av Sound Exposure Level, SEL.....	30
4.3.7 Beräkning av andel störda.....	30
4.3.8 Meteorologiska förhållanden för modellen	30
4.3.9 Beräkningarnas noggrannhet nära spåret.....	30
4.4 Beräkning av bullerexponering för befolkning i Skåne.....	31
4.5 Beräkning av tågbelastning.....	32
4.6 Felsökning i Avenue skript.....	32
4.7 Felkälla - Kontroll av tågdata	32
4.8 Felkälla – Hastighetsberäkningar och marktyp.....	32
4.9 Felanalys / Framtidsscenario.....	32
5 Resultat & Diskussion	35
5.1 Befolkningens exponering för tågbuller i Skåne län.....	35
5.2 Resultat av tågbelastning	45
5.3 Resultat av felsökning i skriptet.....	46
5.4 Resultat av kontrollräkning.....	47
5.5 Resultat av hastighetsberäkningar samt marktyp.....	48
5.6 Resultat av felanalys / framtidsscenario	50
6. Slutsatser	51
7. Framtiden och fortsatt arbete	53
8. Referenser	55

Bilagor		sid.
Bilaga 1	Rådata erhållen från Banverket	59
Bilaga 2	Karta över järnvägsnätet i Skåne	61
Bilaga 3	Indata till skript för beräkning av buller	63
Bilaga 4	Programkod i framtaget AVENUESkript	65
Bilaga 5	Karta över spår område i norra Lund	71
Bilaga 6	Diagram för ljudnivåminskning	73
Bilaga 7	Tabellerad statistik, antal exponerade för $L_{Aeq,24}$ mellan 45-60dB(A)	75
Bilaga 8	Tabellerad statistik, antal exponerade för L_{AFmax} mellan 70-95 dB(A)	77
Bilaga 9	Exponerad befolkning per kommun i Skåne	79
Bilaga 10	Exponeringstid samt $L_{Aeq,24}$ för samtliga tågsträckor i Skåne	81
Bilaga 11	Tabell över skillnaden mellan oviktade- och viktade hastigheter	83

1. INTRODUKTION

1.1 Inledning

Buller och vibrationer från trafiksektorn orsakar omfattande störningar för Sveriges befolkning (Banverket, 2005a). Översiktliga beräkningar visar att ca 2 miljoner människor utsätts för trafikbullernivåer överstigande de riktvärden som riksdagen ställt sig bakom (prop. 2000/01:130). Ungefär 500 000 av dessa utsätts för buller från tågtrafiken (Banverket, 2005a).

Mätningar av buller från källor utomhus, t ex tåg är mycket svårt, vilket bl a beror på att ljudutbredningen är kraftigt väderberoende. Ljudets hastighet varierar både med temperatur och vindförhållanden. Svårigheter med att få korrekta mätvärden gör att man idag förlitar sig nästan helt på beräkningsmetoder för att erhålla bullernivåer. Bullerberäkningar från tågtrafik görs enligt *den nordiska beräkningsmodellen för spårburen trafik* (NMT), som utkom 1999. Denna är en revidering av den ursprungliga tågbullermodellen vilken utarbetades i Norge 1984 (NMT, 1999). Metoden har utvecklats gemensamt för Sverige, Danmark, Norge och Finland.

Sveriges riksdag antog 1997 propositionen 1996/97:53 ”*Infrastrukturinriktning för framtida transporter*”. I denna anges riktvärden för trafikbuller vilka normalt inte bör överskridas vid nybyggnation av bostadsbebyggelse samt vid nybyggnation eller väsentlig ombyggnad av trafikinfrastrukturen. Europaparlamentet införde den 25 juni 2002 ett nytt direktiv (EU, 2002) gällande bedömning och hantering av omgivningsbuller. Avsikten var att skapa en gemensam metodik och gemensamma bedömningsmått för buller så att medlemsstaterna på likartat sätt skulle kunna sammanställa bullerkartor och information till allmänheten.

De största källorna till omgivningsbuller är olika trafikslag som väg, tåg, flyg men även industriverksamhet, skjutbanor, sjötrafik med flera kan utgöra hälsorisker för befolkningen (Jönsson *et al.*, 2003). Vedertagna samband mellan buller och hälsa finns publicerade, bland annat i (Albin *et al.*, 2003) där en undre bullernivå för störd talkommunikation och störd nattsömn ligger på ca 45 dB(A). Vanlig samtalston ligger normalt runt 60 dB(A) medan ett tåg på 100 m avstånd med en hastighet av 100 km/h genererar ca 85 dB(A).

Buller påverkar oss på olika sätt och har stor betydelse för vår hälsa och för möjligheten till en god livskvalitet. De negativa effekterna vid förhöjda bullernivåer kan vara svårighet att uppfatta tal samt störningar av vila och sömn, vilket i sin tur kan leda till trötthet och nedstämdhet (Albin *et al.*, 2003). Vidare kan de negativa effekterna vara stress, minskad koncentrationsförmåga och försämrad inlärningsförmåga. Faktorer som påverkar i vilken omfattning människor rapporterar störning av buller beror bl a på ljudets intensitet, frekvens, profil över tid samt tid på dygnet, men till stor del även på mottagarens känslighet (Albin *et al.*, 2003).

Skånes folkmängd uppgick 2003 till drygt 1.1 miljoner människor, vilket utgjorde ca 12 % av Sveriges 9 miljoner invånare (Statistiska centralbyrån, 2005). Befolkningen är ojämnt fördelad över länet. Majoriteten är lokaliserad till västkusten, där även infrastrukturen är väl utbyggd. Befolkningstrycket samt kravet på närhet till goda kommunikationer har medfört att buller blivit allt vanligare i regionen.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att ta reda på i vilken omfattning Skånes befolkning exponeras för tågbuller.

1.3 Förkortningar och terminologi

$L_{eq,T}$	Generell beteckning för ekvivalent (kontinuerlig) ljudtrycksnivå under ett tidsintervall, T, d v s medelljudet över en viss angiven tid
$L_{Aeq,24}$	A-vägd ekvivalent (kontinuerlig) ljudtrycksnivå under 24 timmar, d v s genomsnittsljudnivån. Ofta används det kortare uttrycket ekvivalentnivån. (NMT, 1999)
L_{max}	Generell beteckning för maximal ljudtrycksnivå
L_{Amax}	Maximal A-vägd ljudtrycksnivå, tidsvägning ej specificerad
L_{AFmax}	Maximal A-vägd ljudtrycksnivå med tidsvägning <i>Fast</i> , F
L_{AmaxM}	Maximal A-vägd ljudtrycksnivå för en tågpassage, mätt över tåglängden
L_{den}	Dygnsekvivalentmått för bullerkällor inom EU, dag-kväll-nattnivån (<i>day-evening-night</i>)
L_{dn}	Bullermått som används inom EU för bedömning av sömnstörning på natten, dag-nattnivån (<i>day -night</i>), ibland används även L_{night}
L_{night}	Bullermått som används inom EU för bedömning av sömnstörning på natten
A-filter	Filter som används för att efterlikna det mänskliga örats känslighet för olika frekvenser
Amplitud	Svängningsvidd för en ljudvåg
A-vägd	Frekvensvägning med ett sk A-filter, tar hänsyn till örats känslighet
Aritmetiska medelvärden	I dagligt tal <i>medelvärde</i> eller <i>medeltal</i> , av ett antal tal är summan av talen delad med deras antal (NE, 2006)
dB	Decibel, mått för att mäta ljudtrycksnivån, mäts på en logaritmisk skala
dB(A)	Avser A-vägd ljudtrycksnivå. Frekvensvägd ljudtrycksnivå med ett sk A-filter. I vardagstal används även <i>A-vägd ljudnivå</i>
<i>Fast</i> , F	Reaktionssnabbhet hos ljudnivåmätare vid mätning av maximal ljudnivå. Integrationstiden 125 ms

Frekvens	Antal svängningar per sekund, mäts i Hertz, Hz
GIS	Geografiska informationssystem, datorbaserad programvara för bearbetning och visualisering av lägesbunden geografisk data
Intermittent	Oregelbundet, av och till, då och då, stötvis
Kvantifiering	statistik
Ljudnivå	se <i>ljudtrycksnivå</i>
Ljudtrycksnivå	En allmän beteckning för L_{eq24} , L_{max} och varianter. Även uttryck som ljudnivå och den mer subjektiva formen bullernivå är vanligt (NMT, 1999)
NMT	Nordisk beräkningsmodell för buller från spårburen trafik
PBL	Plan och bygglagen
SEL	<i>Sound Exposure Level</i> , A-vägda ljudexponeringsnivå, används för att beskriva den ljuddos man får under ett aktuellt händelseförlopp
<i>Slow</i> , S	Reaktionssnabbhet hos ljudnivåmätare, integrationstiden 1 000 ms,
Talinterferens	Samtalskommunikation mellan en eller flera personer
Tidsvägning	Inställning av ljudnivåmätare vid mätning av maximala ljudnivån. I Sverige används <i>Slow</i> , S, eller <i>Fast</i> , F, som inställning
WHO	<i>World Health Organization</i> , Världshälsoorganisationen

1.3.1 Frekvensvägning

Örat har olika känslighet för olika frekvenser. För att ta hänsyn till detta *frekvensvägs* ofta ljudet för att få ett värde som svarar mot örats upplevelse av ljudet (Göransson & Jonasson, 1995). Den vanligaste vägningen görs med ett så kallat *A-filter* och benämns *A-vägning*. Mätresultatet benämns *A-vägd ljudtrycksnivå* (L_A , dB). A-vägning innebär att frekvenser som inte hörs inte tas med samt att låga frekvenser dämpas kraftigt. Ofta används begreppet ljudnivå istället för A-vägd ljudtrycksnivå. Med dB(A) avses A-vägd ljudtrycksnivå (Göransson & Jonasson, 1995). Enligt Berglund, Lindvall och Nilsson (2002) bör det noteras att användningen av A-vägning innebär att ljudkällor med lågfrekvensinnehåll, t ex godståg, gynnas eftersom A-vägningen kraftigt nedviktat energi i låga frekvenser.

1.3.2 Tidsvägning

Vid mätning av den maximala ljudnivån ställs ljudnivåmätaren in på olika tidsvägningar. Inställningen avgör hur snabbt ljudnivåmätaren hinner registrera ett ljudförlopp. Det finns tre olika tidsvägningar, *I*, *F* och *S* (Impulse, Fast samt Slow).

Tidskonstanterna för dessa är 35 ms, 125 ms respektive 1 000 ms. De tidsvägningar som normalt är aktuella för tågbuller är F och S (Göransson & Jonasson, 1995). På korta avstånd (20-30 m) är skillnaden mellan maximalnivån med tidsvägning F och med tidsvägning S cirka 2 dB. För längre avstånd (100-250 m) är skillnaden ofta mindre än 1 dB. Orsaken till detta är att ett tågset är relativt långt och att det finns ett stort antal ljudkällor som passerar efter varandra. Ljudet från tåg alstras primärt från kontakten mellan hjul och räls samt bromsarna. Beroende på tågsets hastighet och på avståndet till mottagaren kommer olika antal hjul att bidra till maximalnivån (Göransson & Jonasson, 1995). Om ett hjul är skadat kan detta ensamt bestämma maximalnivån på korta avstånd. För persontåg i hastigheter runt 150 km/h förekommer skillnader på 2-3 dB vid 25 m avstånd. Vid långa avstånd (>100 m) har väderleksförhållandena stor betydelse (Göransson & Jonasson, 1995).

1.3.3 Ekvivalent ljudnivå, L_{eq}

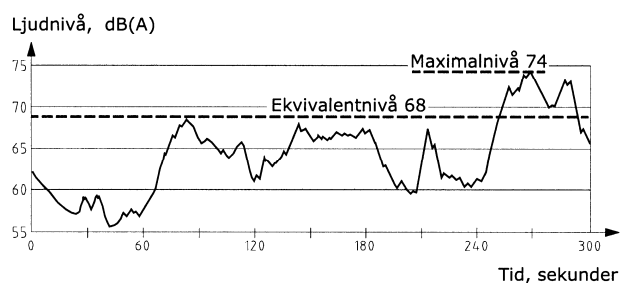
Vid beskrivning av ljudtrycksnivåer som varierar i tiden används speciella mätetal. Det vanligaste är *ekvivalentnivå* (L_{eq} , dB) som ett slags medelvärde över tiden som till skillnad från vanliga aritmetiska medelvärden tar betydligt större hänsyn till inslag av höga ljudtrycksnivåer. (Göransson & Jonasson, 1995)

1.3.4 A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,T}$

Avser en medelljudnivå uttryckt i dB(A), under ett givet tidsintervall (T), se *figur 1* (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). Mätperioden är oftast 24 timmar och syftar då vanligen på ett årsmedeldygn. Ekvivalentnivån över ett dygn betecknas $L_{Aeq,24}$, detta mått används i Sverige för karaktärisering av vägtrafik- samt tågbuller (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). En fördubbling eller halvering av trafikmängden ändrar den ekvivalenta ljudnivån med 3 dB(A) (Ingemansson, 2003).

1.3.5 A-vägd maximal ljudnivå, L_{Amax}

Vid korta ljudförlopp mäts ofta *maximalnivån* som den högsta ljudtrycksnivån under ett givet tidsintervall, se *figur 1*. Till skillnad från ekvivalentnivån påverkas maximalnivån av vilken tidsvägning som ljudnivåmätaren är inställd på (Göransson & Jonasson, 1995). Den maximala ljudnivån berörs ej av mängden trafik, det är endast det bullrigaste fordonet som bestämmer maximalnivån, se *figur 1* (Ingemansson, 2003).



Figur 1. Maximal- samt ekvivalentljudnivå, (Ingemansson, 2003).

Den maximala ljudnivån beräknas med integrationstiden 125 ms *Fast*, F eller 1 000 ms *Slow* S (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). I svensk praxis har maximalljudnivåer för väg- samt tågtrafik mätts eller beräknats för F, (L_{AFmax}). Generellt sett har måttet endast betydelse nattetid mellan klockan 22-06 då det föreligger störst risk att vakna av störande ljud (Ingemansson, 2003). Ett problem med användandet av maximal ljudnivå är att det inte finns någon internationell standard för L_{Amax} (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002).

1.3.6 Sound Exposure Level, SEL

Även kallad *A-vägd normaliserad ljudexponeringsnivå*, L_{AE} , används för att beskriva den ljuddos som erhålls under ett aktuellt händelseförlopp, t ex passagen av ett tåg (Göransson & Jonasson, 1995). SEL motsvarar nivån på den totala ljudenergin jämt fördelad över en sekund. Till skillnad från den maximala ljudnivån tar SEL hänsyn till hela ljudförloppet (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). En ljudhändelse med hög maximal ljudnivå men kort varaktighet kan alltså ha ett lägre SEL-värde än en ljudhändelse med lägre maximal ljudnivå men längre varaktighet (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). En ljudhändelses SEL-värde och dess ljudenergimedlevärde, $L_{Aeq,T}$, ges av förhållandet

$$SEL = L_{Aeq} + 10 * \log(T) \quad (1)$$

där

T = händelsens varaktighet i sekunder (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002).

1.3.7 Viktad dygnsekvivalentnivå (dag-kväll-natt), L_{den}

Många länder arbetar inte med dygnsekvivalentnivåer utan betraktar dag, kväll samt natt på olika sätt. L_{den} är ett allmänt bullermått för dag-kväll-nattnivån (*day-evening-night*) som används för att bedöma hur störande bullerexponeringen är (EU, 2004). Vid vägning av dygnsekvivalentnivån, $L_{Aeq,24}$, räknas bullerhändelser på kvällar och nätter upp, t ex genom att multiplicera kvällsfordon med 3 och antalet nattfordon med 10. Detta har samma effekt som en ”bestraffning” av kvällstrafik med 5 dB och nattrafiken med 10 dB (Göransson & Jonasson, 1995). Kvällstid avser normalt tiden mellan ca 18-23, och natt mellan ca 23-06. Inom EU föreslås L_{den} som dygnsekvivalentmått för samtliga bullerkällor (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). I EU:s bullerdirektiv (EU, 2002) ges dock varken riktvärden eller mått som kan användas för att definiera riktvärdena.

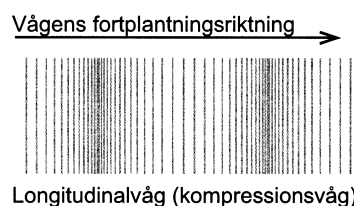
1.3.8 Viktad dygnsekvivalentnivå (dag-natt), L_{dn}

L_{dn} är ett bullermått för dag-nattnivån (*day-night*), som används inom EU för att bedöma sömnstörning på natten (EU, 2004). Måttet utgår från dygnsekvivalentnivån, $L_{Aeq,24}$, men lägger till 10 dB för buller nattetid (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). Ibland används även benämningen L_{night} .

1.4 Ljud

1.4.1 Fysikalisk beskrivning av ljudvågen

Ljud innebär mekaniska svängningar i ett elastiskt medium, som kan vara i form av gas, vätska eller fast fas (Specialpedagogiska institutet, 2005). Svängningarna leder till förtätningar och förtunningar av mediets partiklar, se *figur 2*. En ljudvåg eller tryckvåg, är en *longitudinalvåg* där partiklarna svänger kring viloläget i samma riktning som ljudvågen, se *figur 2* (Ingemansson, 2003). Våglängden, d v s avståndet mellan två på varandra följande förtätningar och förtunningar mäts i meter.



Figur 2. Illustration av förtätningar och förtunningar i en ljudvåg (Ingemansson, 2003).

1.4.2 Tonhöjden / frekvensen

Ljudvågornas tonhöjd bestäms av antalet svängningar per sekund, *frekvens*, och mäts i enheten Hertz (Hz), där en Hz motsvarar en svängning kring ett jämviktsläge varje sekund (FriText Fysik, 2005). Få svängningar per sekund ger ett mörkt lågfrekvent basljud, medan många svängningar ger ett ljust och högfrekvent diskantljud, (Specialpedagogiska institutet, 2005). Ljud brukar delas in i, infraljud med frekvenser under 20 Hz, hörbart ljud samt ultraljud med frekvenser över 20 000 Hz. Hörbart ljud hittas i intervallet mellan infraljud och ultraljud vilket motsvarar våglängder från 17 m till 17 mm (Ingemansson, 2003). Hörtröskeln är den nedre gränsen för ljudstyrkan som vi kan uppfatta som hörbart ljud, se *tabell 1* (Specialpedagogiska institutet, 2005).

Tabell 1. Ungefärliga ljudnivåer (dB) för olika ljudkällor (Specialpedagogiska institutet, 2005).

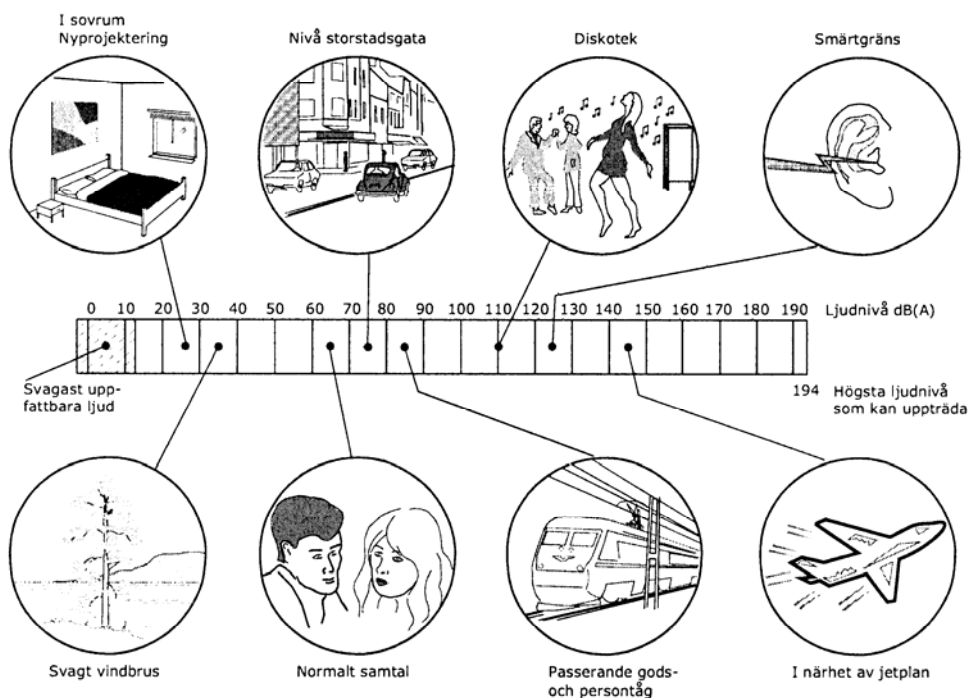
Ljudkälla	Ljudnivå i dB(A)
HÖRTRÖSKEL	0
Prassel av löv	10
Viskning	20
Innemiljö	30
Dämpad radio	40
Lågmält samtal	50
Vanligt samtal	60
Personbil	70
Starkt trafikerad väg	80
Tung lastbil	90
Motorsåg	100
Bergborr	110
Propellerplan	120
SMÄRTGRÄNS	----
Nithammare	130
Jetmotor	140

1.4.3 Ljudstyrkan / intensiteten

Ljudstyrkan eller intensiteten, beror på hur stora ljudvågorna är. Starka ljud bildas av ljudvågor med stor amplitud medan svaga ljud alstras av ljudvågor med liten amplitud (Specialpedagogiska institutet, 2005). Ljudstyrkan mäts i decibel (dB) vilket är ett logaritmiskt begrepp. Enligt Ingemansson (2003) medför detta att upplevelsen av skillnader i ljudhändelser kan sammanfattas som att:

- 3 dB(A) förnimmas som en knapp hörbar förändring
- 8-10 dB(A) upplevs som en fördubbling/halvering av ljudet

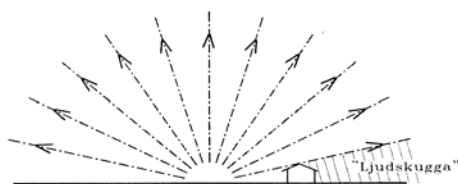
Några ungefärliga ljudnivåer för olika ljudkällor finns angivna i *tabell 1* (Specialpedagogiska institutet, 2005). Ingemansson (2003) har gjort en illustrativ skala över ljudnivåer i vardagen, se *figur 3*.



Figur 3. Exempel på ljudnivåer i vardagen. En tågpassage ger ca 85 dB(A) och smärtsamma ljud hittas över 120 dB(A). (Ingemansson, 2003).

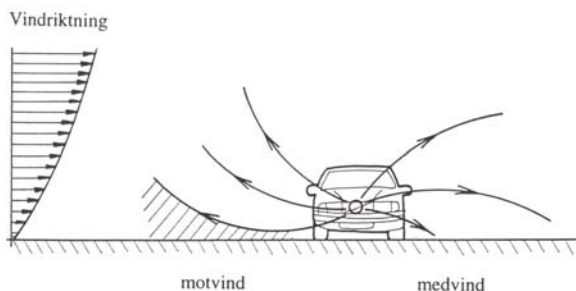
1.4.4 Ljudutbredning och väderleksförhållanden

Ljudets våglängd avgör hur ljudvågen påverkas då den träffar ett hinder. Ju större våglängden är i förhållande till hindret desto mindre påverkas vågen. Vid fri luftutbredning förekommer inga hinder (Göransson & Jonasson, 1995). Ljudets fria utbredning kan ha olika karaktär. Sker utbredningen i endast en riktning erhålls en plan våg. Utbreder ljudet sig likformigt i alla riktningar erhålls en sfärisk våg. Sfäriska vågor alstras av en punktkälla, en ljudkälla vars dimensioner är mycket mindre än ljudets våglängd. På mycket stort avstånd från en punktkälla får vågen karaktären av en plan våg. I praktiken approximeras ofta mindre ljudkällor, t ex tåg, med punktkällor (Göransson & Jonasson, 1995). Om luftmassan ovanför en ljudkälla är helt ostörd kommer ljudet att utbreda sig sfäriskt, som ett expanderande halvklot, se *figur 4* (Ingemansson, 2003).



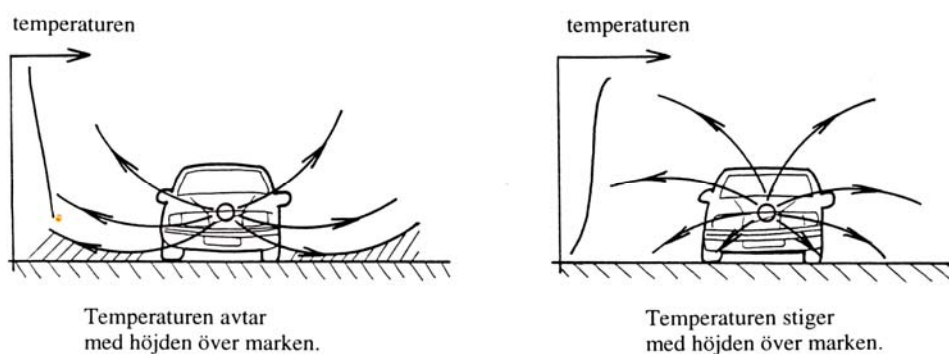
Figur 4. Sfärisk utbredning av en ljudvåg vid ostörd luftmassa (Ingemansson, 2003).

Väderleksförhållandena påverkar utbredningsförhållandena kraftigt, vilket beror på att ljudhastigheten ökar med temperaturen och i vindkomponentens riktning. Ljud dämpas även på grund av luftfuktighet och temperatur, 15°C och 70 % luftfuktighet används internationellt som standardvärden vid modellering av ljud. Eftersom både temperatur och vindhastighet varierar med höjden över marken kommer även ljudhastigheten att göra det. Vindhastigheten ökar alltid med höjden på grund av minskad markfriktion, se *figur 5*. Då ljudstrålarna bryts i riktning mot lägre ljudhastighet innebär det att ljudet böjer av nedåt i medvind och uppåt i motvind, se *figur 5*. (Göransson & Jonasson, 1995)



Figur 5. Exempel på ljudutbredningsmönster vid olika vindförhållanden. I motvind böjer vinden ljudet uppåt och i medvind böjs ljudet ned mot marken. (Göransson & Jonasson, 1995)

Ljud förstärks i lä om ljudkällan och dämpas på vindsidan. Liknande effekter kan uppstå om ljudhastigheten ändrar sig med höjden över marken (Ingemansson, 2003). Om det är varmast vid marken och temperaturen avtar med höjden, normalfallet dagtid, kommer ljudhastigheten också avta med höjden och ljudet böjs bort från marken så att det blir tystare i omgivningen, se *figur 6*. Om det motsatta inträffar och det uppstår en temperaturinversion, vilket är vanligt under nätter med molnfri himmel, böjs ljudet mot marken vilket gör att det hörs på stort avstånd, även bakom skärmande föremål se *figur 6* (Ingemansson, 2003).



Figur 6. Temperaturförändring i höjdlid påverkar ljudutbredningen. I figuren till vänster avtar temperaturen med höjden och ljudutbredningen får samma akustiska effekt som motvind. Denna situation med varm mark och kall luft karakteriserar normalfallet dagtid. I den högra figuren stiger temperaturen med höjden. Denna situation med kall mark och varm luft, normalfallet nattetid, får samma akustiska effekt som medvindsförhållanden. (Göransson & Jonasson, 1995)

2. BAKGRUNDSFAKTA

Ljud, oljud och buller har länge varit ett stort miljöproblem för människan.

2.1 Historiska bullerproblem

”Om natten skakar strömmen av vagnar hyreshusen med sina rullande hjul i de vindlande gatorna, skränet från bärare och dragare reflekterades av Tibern... denna nattliga aldrig upphörande trafik och sorlet av röster, som aldrig tystnade, dömde romarna till evig sömnlöshet.” ”I vilken hyrd lägenhet är sömn möjlig?” (Juvenalis i Carcopino, 1961 s.59).

Invånarna i antikens Rom klagade på det ständiga oväsendet, dag som natt, vilket medförde att makthavarna försökte få bukt med bullret nattetid och instiftade lagar som förbjöd vagnar med järnhjul att rulla på stenlagda gator och gränder efter mörkrets inbrott, en lag som fick ringa effekt på grund av kejsar Caesars lag om transportförbud dagtid (Ollfors, 2005), vilken förkunnade att:

”... Från soluppgång intill skymningen skulle inga fordon för transporter tillåtas i de inre delarna av staden... De som förts dit in under natten och överraskats av gryningen före sin avfärd fick stanna kvar där tomma” (Carcopino, 1961 s.58).

Caesar hade förstått att på gator som var så kuperade, trånga och trafikerade som i Rom skulle fordonstrafiken, som dock var nödvändig för hundratusentals personers behov, omedelbart ha medfört tillkorkning av transportvägarna och utgjort en ständig fara om den tilläts dagtid. Sömnproblemen kvarstod sekler efter Caesars död (Carcopino, 1961).

2.2 Bullerexponering i dagens samhälle

Antikens ljudproblem kan tyckas ringa i dagens samhälle som har ett utbrett bullerproblem. Enligt WHO (2000) beräknas att inom EU är ca 40 % av befolkningen exponerad för vägtrafikbuller med en ekvivalent ljudtrycksnivå över 55 dB(A) dagtid, vidare exponeras ca 20 % för mer än 65 dB(A) dagtid. Nattetid exponeras mer än 30 % för ekvivalenta ljudtrycksnivåer som överskrider 55 dB(A) vilket bland annat orsakar störd nattsömn (WHO, 2000). Läger man ihop allt buller från alla trafikslag, beräknas befolkningen i hälften av alla städer inom EU leva i en miljö som ej är akustiskt komfortabel.

Besvär till följd av samhällsbuller är den miljöstörning som berör flest antal människor i Sverige enligt Naturvårdsverket (2000 s.203). För 1998 beräknades att ca 2 miljoner människor i Sverige (22 %) var exponerade för ekvivalent ljudnivå vid fasad överstigande 55 dB(A), av dessa var ca 1,4 miljoner exponerade av vägtrafik (16 % av befolkningen), en halv miljon från tågtrafik (6 %) och ca 100 000 från flygtrafik (Naturvårdsverket, 2000 s.203). Enligt Berglund, Lindvall och Nilsson (2000) besväras ca 9 % av befolkningen i åldrarna 19-81 år av ljud från grannar och trafikbuller minst en gång per vecka, i eller i närheten av sin bostad. Tidigare Malmöhus läns landsting beräknade med utgångspunkt i data från 1993-1995 att ca 20 % av Skånes befolkning var exponerad för över 55 dB(A) ekvivalent ljudnivå utomhus vid fasad, varav buller från vägtrafiken dominerade (Albin *et al.*, 2003). Vidare beräknades att ca 5 % var boende i områden med risk för störning från järnvägsbuller (inom 100 m från järnväg i tätort, inom 300 m på landsbygd).

Högst andel bullerutsatta fanns i Staffanstorp (13 %), Svalöv (12 %), Bjuv (11 %), Kävlinge och Burlöv (båda 9 %) (Albin *et al.*, 2003).

Ökande befolkning och krav på goda kommunikationer (högre hastighet, tätare avgångar, längre tågset mm) medför ökad trafikintensitet vilket bland annat ökar bullret. Åtgärder görs i form av olika typer av bullerskydd samt införandet av olika riktvärden.

2.2.1 Forskning idag

I ett projekt, *Trafik, människor och miljö i Skåne*, har en kartläggning av exponering för omgivningsbuller i Skåne genomförts för i huvudsak vägtrafikbuller (Ardö, 2005). En miljömedicinsk bedömning av omgivningsbullret och dess effekter har Albin *et al.* (2003) publicerat. Beräkningarna har genomförts med GIS-metodik och uppgifter om störning och hälsotillstånd har hämtats från *Folkhälsoenkät Skåne 2000*.

Kartläggning visar att en majoritet av befolkningen (3 av 4) bor i områden som inte är tysta (ekvivalentnivå över 40 dB(A)). Enligt Ardö *et al.* (2006) beräknas att var 3e person bosatt i Skåne är utsatt för omgivningsbuller från vägtrafik överskridande ekvivalentnivån 55 dB(A) över dygnet. Bland dessa personer fanns en tendens att oftare rapportera koncentrationsstörning om man tillhörde gruppen hemarbetande, pensionärer, studenter och arbetslösa, vilka i större utsträckning vistas hemma jämfört med förvärvsarbetande (Albin *et al.*, 2003). För motsvarande beräkningar för tåg- och flygtrafik saknades underlag. Resultat av undersökningen visade att 73 % av befolkningen i Skåne var bosatta i bullerzoner med en ekvivalent ljudnivå överstigande 40 dB(A), 7 % av de tillfrågade i *Folkhälsoenkät Skåne 2000* angav att de var ganska eller mycket besvärade av trafikbuller (väg-, tåg- och flygbuller). För tågbuller uppskattades att 46 % var utsatta för ekvivalenta ljudnivåer över 40 dB(A) utanför bostaden. När det gällde ekvivalentnivåer över 55 dB(A) medgav ej tillgängligt underlag att sådana beräkningar utfördes.

Bland de i enkäten som angav att de upplevde störning av tågbuller angav var fjärde person att de ofta hade svårt att höra radio/TV och var sjätte angav att vila/avkoppling stördes. En tiondel uppgav sömnpåverkan.

2.2.2. Exponeringstid, Fallstudie: sträckan Malmö-Lund

Skärbäck (2005) tar upp att bullerexponeringstiden bör beaktas oavsett ekvivalent- eller maxnivåer i samband med bandimensionering och bulleråtgärder. Han menar att det svenska riktvärdet för ekvivalentbuller för tåg på 60 dB(A) för 24h, är orimligt högt och blir sällan dimensionerande. Det har visat sig att maxbullervärdet och inte ekvivalentbullervärdet i praktiken blir avpassande för bullerskyddsåtgärder. Detta belyser Skärbäck (2005) med exemplet sträckan Malmö-Lund, som har dubbelt så mycket tid per dygn med ekvivalentbuller jämfört med de övriga mest belastade tågsträckorna i landet (Göteborg-Stockholm samt sträckan Frövi-Hallsberg). Vidare har orterna mellan Malmö-Lund Sveriges högsta totala exponeringstid per dygn då man utsätts för buller från tåg som ej stannar, s k högbuller. Trots detta är det maximalbullernivån och inte ekvivalentbullernivån som blir dimensionerande för bullerskyddsåtgärder. Skärbäck (2005) konstaterar att detta innebär att beräknat behov

av bullerskärmar alltid blir detsamma i hela Sverige oavsett om det endast går ett tåg som ger maxbullret X eller om 600 tåg når upp till maxbullret X.

Skärbäck (2005) tar även upp konsekvenserna av en fördubblad tågmängd för sträckan, vilket endast ökar ekvivalentbullret med 3 dB(A), och säger ingenting om den ökade exponeringstiden för bullret. Med anledning av den planerade utbyggnaden till fyra spår som Järnvägsutredningen förbereder kan detta ge en kapacitet som vid fullt utnyttjande orsakar ekvivalentbuller under sammanlagt fyra timmar per dygn. 3 dB(A) kan enligt Ingemansson (2003 s.11) ”*förnimmats som en knapp hörbar förändring*”, något som Skärbäck (2005) opponerar sig starkt emot, han menar att de boende längs med Sveriges mest trafikerade järnvägssträcka (gods- såväl som persontåg) säkert anser att en fördubbling av tågtrafiken är en synnerligen hörbar förändring!

2.3 Bulleralstring från tåg

I Sverige finns inga gränsvärden för hur mycket buller som får komma från tåg, annat än de som järnvägsoperatören själv ställer upp vid upphandling av fordonen. Vid upphandling av X2000 krävde SJ att detta tåg vid 200 km/h inte fick bullra mer än de normala Intercitytågen i den då största tillåtna hastigheten, 130 km/h (Göransson & Jonasson, 1995).

Ljudalstringen från en tågtyp varierar från plats till plats, även vid samma tåghastighet och tåglängd. Skillnader på minst ± 5 dB i normaliserad ljudexponeringsnivå, *SEL*, från en tågpassage har noterats för ett flertal tågtyper. Det mesta av spridningen orsakas troligen av skillnader i ytans grovhet på räls och hjul (NMT, 1999). I de flesta hastigheter dominerar hjul och räls som bullerkälla. Undantag är vid låga hastigheter då motor-, fläkt- samt transmissionsljud kan dominera. Hjul-/rälsbullret strålar dels ut från rälsen och dels från hjulet. Rälsen är ofta viktigast vid låga hastigheter medan hjulets betydelse ökar med hastigheten (Göransson & Jonasson, 1995). Dåligt underhåll av räls och hjul kan öka bulleremissionen med upp till 10 dB (Banverket, 2005b). Blockbromsar som används på de flesta tåg, speciellt godståg, bidrar till att rugga upp hjulets rullyta och därigenom höja bullernivån. Skivbromsar som bl a används på snabbtåget X2000, verkar inte på hjulens rullyta och medför därför lägre ljudalstrat buller (NMT, 1999).

Vid en viss hastighet bullrar i regel godståg mer än passagerartåg. I praktiken har detta mindre betydelse då passagerartågen i regel framförs i högre hastigheter än vad godstågen gör. Bromsande tåg, exempelvis då det närmar sig en station, kan ge ca 2-4 dB högre bullernivå än ett tåg i konstant hastighet (Göransson & Jonasson, 1995).

2.4 Effekter av buller

Ett ljud som ökar mycket hastigt i styrka upplevs som mer alarmerande än när ökningen sker långsamt, lågfrekvent ljud upplevs som mer störande än ljud med hög frekvens, kombineras ljudet samtidigt med vibrationer ökar störningsgraden (Albin *et al.*, 2003). Ofta gäller att reaktioner på buller ökar med antalet bullerhändelser (Göransson & Jonasson, 1995).

Enligt Socialstyrelsen (2001) kan samhällsbuller innebära störning av sömn och vila, stress, svårigheter att höra vad andra säger och lyssna på radio/TV samt i telefon. Vidare kan det leda till försämrad uppmärksamhet genom att buller maskerar varningssignaler, koncentrationssvårigheter och försämrad inläring samt blodtrycksstegring. I *tabell 2* finns en sammanställning av rapporterad störning från folkhälsoenkät 2000 (Socialstyrelsen, 2001).

Tabell 2. Andel personer (%) som i folkhälsoenkät 2000¹ rapporterat aktivitetsstörningar av trafikbuller (väg-, tåg- eller flygtrafik) (Socialstyrelsen, 2001).

Typ av störning	Nedsatt hörsel			Ej nedsatt hörsel			Alla Totalt
	Totalt	Män	Kvinnor	Totalt	Män	kvinnor	
Svårt att höra radio/TV	3	4	3	2	2	2	3
Telefonsamtal hindras	1	1	2	1	1	1	1
Vanligt samtal hindras	2	1	2	1	1	1	1
Vila/avkoppling störs	6	5	7	4	3	4	4
Svårt att somna	5	3	7	3	2	3	3
Blir väckt	5	4	6	3	3	3	3
Minst en av ovanstående aktivitetsstörningar	11	10	12	7	6	7	7

1) enkäten skickades ut till 15 750 personer i Sverige, 254 personer fick aldrig formuläret. Totalt svarade 11 233 personer, d v s svarsfrekvensen var 72,5 %

2.4.1 Effekter av buller – Sömnstörning

Sömnstörning räknas som den allvarligaste etablerade effekten till följd av samhällsbuller, där bullertoppar är särskilt allvarliga (Albin *et al.*, 2003). Den mest känsliga perioden för störning är vid insomnandet och före normalt uppvaknande (Berglund, Lindvall & Nilsson, 2002). Enligt WHO (2000) kan ekvivalenta bakgrunds nivåer på 30 dB(A) ge mätbara effekter på sömnen. Vidare har väckningsreaktioner observerats vid intermittenta buller med maxnivåer på 45 dB(A) och lägre. Subjektiva störningar inkluderar svårigheter att somna, försämrad sömnkvalitet med effekter som huvudvärk och trötthet följande dag (WHO, 2000).

2.4.2 Effekter av buller - Taluppfattbarhet

Utomhus är ofta samtalsstörning det mest besvärande med väg- och tågbuller. En faktor som även bör tas hänsyn till är bullrets varaktighet (Göransson & Jonasson, 1995). Tågbuller har en längre varaktighet än vägbuller och bör därför störa mer med avseende på talinterferens. Det mest störande momentet anser Göransson och Jonasson (1995) kommer från passagen av ett godståg. Dessa bullrar i regel mycket samtidigt som de är långa (400-600 m) och störningen pågår relativt länge (30-40 sekunder) eftersom de kör ganska långsamt (ca 100 km/h).

För att kunna föra ett samtal med normal samtalston, 50-60 dB(A), på 1 m avstånd, bör bakgrunds nivån ligga 15 dB(A) lägre (Albin *et al.*, 2003). Av *tabell 3* framgår att ett godståg på 25 m avstånd ger en maximal ljudtrycksnivå på 87 dB, detta medför att man på 0,5 m avstånd från samtalspartnern måste skrika för full hals för att göra sig förstådd (Göransson & Jonasson, 1995).

Tabell 3. Maximal ljudtrycksnivå från svenska tåg i 80 km/h, omräknat till 200 m tåglängd (Göransson & Jonasson, 1995).

Tågtyp	Maximal ljudtrycksnivå med tidsavvägning S , $L_{AmaxS,25 m}$, dB(A)
X2000	79
IC (Inter-City tåg)	81
X10 (pågatåg)	81
Godståg	87

Vid mätningar eller beräkningar av taluppfattbarheten antas att lyssnaren är en ung person med normal hörsel och att kommunikationen sker på både lyssnarens och talarens modersmål (Göransson & Jonasson, 1995). Statens offentliga utredningar har i sin *Handlingsplan mot buller* (SOU 1993:65) angett att för trafikbullernivåer på 55 dB(A) får man en taluppfattbarhet på ca 95 % för normalt sammanhängande tal, vilket anses acceptabelt för fungerande talkommunikation under följande betingelser:

- avstånd talare-lyssnare är 1 m
- lyssnaren befinner sig framför talaren
- lyssnaren har normal hörsel
- lyssnaren är i åldersintervallet 15-55 år
- samtalet sker på ett språk som är bådas modersmål

när dessa betingelser inte är uppfyllda gäller:

- hörselskadade behöver upp till 10 dB lägre bullernivå, d v s skillnad mellan bakgrundsbullret och samtalstonen kan vara upp till 25 dB(A)
- äldre och yngre lyssnare behöver upp till 5 dB lägre bullernivå
- annat språk som modersmål innebär behov av upp till 5 dB lägre bullernivå

I princip kan faktorerna hörsel, ålder och språk betraktas som oberoende, vilket innebär att t ex ett hörselskadat barn med svenska som andraspråk kan behöva upp till 20 dB lägre bullernivå för att förstå samtalets innehåll. Ca 25 % av befolkningen berörs av en eller flera av de begränsande faktorerna.

2.5 Riktvärden och mål

2.5.1 Allmänt om riktvärden och mål

- Riksdagen har fattat beslut om riktvärden för trafikbuller
- Socialstyrelsen har utfärdat riktvärden för bedömning av buller inomhus
- WHO har utfärdat riktvärden för bedömning av samhällsbuller, vilka många myndigheter utgått från
- EU har antagit ett direktiv för att minska och åtgärda samhällsbullret
- Bullerdämpning från fasaden brukar beräknas till 25 dB(A) med stängt fönster och 15 dB(A) med fönster på glänt (WHO, 2000)
- Riktvärden tar endast hänsyn till en storkälla i taget och beaktar ej effekten av flera olika källor, t ex tåg + vägbuller
- Riktvärden för bullerutsläpp är endast vägledande och ej bindande

- För tågtrafiken finns inga bindande föreskrifter för högsta tillåtna tågtrafikbullernivåer (Göransson & Jonasson, 1995)
- Det finns inga formella krav på fasaders ljudisolering. Boverket och Naturvårdsverket ger dock rekommendationer för nivå inomhus (Göransson & Jonasson, 1995)

2.5.2 Propositioner och riktvärden antagna av riksdagen

Riksdagen har i samband med propositionen (1996/97:53) *Infrastrukturriktning för framtida transporter*, fastställt riktvärden för främst statliga verksamheter, t ex statligt ägda järnvägar, se *tabell 4*. Riktvärdena bör normalt inte överskridas vid nybyggnation av bostadsbebyggelse eller vid nybyggnation samt väsentlig ombyggnad av trafikinfrastrukturen. För att successivt nå fastställda riktvärden har regeringen formulerat ett etappmål gällande bostäders inomhusmiljö, vilket lyder: ”inga boende skall behöva utsättas för fler än fem sömnstörningstillfällen med en maximal ljudnivå överskridande 55 dB(A) i sovrum under natt (22.00-06.00)”.

Då riktvärdena tillämpas vid åtgärder i trafikinfrastrukturen bör hänsyn tas till vad som är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. I de fall utomhusnivån inte kan reduceras till nivåer enligt riktvärdena, bör inriktningen vara att inomhusvärdena inte överskrids.

Tabell 4. Riktvärden antagna av riksdagen i samband med propositionen (1996/97:53) *Infrastrukturriktning för framtida transporter*. Värdena bör inte överskridas vid nybyggnation av bostadsbebyggelse eller vid nybyggnation eller väsentlig ombyggnad av trafikinfrastrukturen, d v s då järnvägen byggs ut, eller byggs till skall dessa värden beaktas.

Utrymme	Ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq} , i dB(A)	Maximal ljudnivå, L_{Amax} (dB) med tidsavvägning ”fast”
<i>Utomhus</i>		
på uteplats	55	70 ¹
vid fasad	60 (55) ²	
bostadsområdet i övrigt	60 (55) ²	
<i>Inomhus</i>		
inomhus	30	45 ³⁾

1) I anslutning till bostaden

2) Gäller vid nybyggnation av bostäder

3) I sovrum nattetid, max fem bullerhändelser per natt

I proposition (1997/98:145) *Svenska miljömål*, finns punkten *god bebyggd miljö* upptagen bland de 15 nationella miljömål som beskrivs i det nationella miljö kvalitetsmålet. Det står bl a att ”*Städer, tätorter och annan bebyggd miljö skall utgöra en god och hälsosam livsmiljö*” (s.134), vilket även innefattar att människor inte skall utsättas för skadliga bullerstörningar. Ett av delmålen är att trafikbullret skall minska i tätorterna så att det på lång sikt underskrider gällande riktvärde.

Riksdagen har fattat beslut om delmål för bl a buller i proposition (2000/01:130) *Svenska miljömål – delmål och åtgärdsprogram*. I regeringens förslag vad avser buller heter det att ”*antalet människor som utsätts för trafikbullerstörningar*

överstigande de riktvärden som riksdagen ställt sig bakom för buller i bostäder skall ha minskat med 5 % till år 2010 jämfört med år 1998” (s.171).

I miljökommitténs förslag till delmål för år 2010 var en minskning av trafikbullerstörningar med 10 % jämfört med år 1998. Detta förslag ansåg regeringen var för optimistiskt i nuläget, d v s när beslutet togs (prop. 2000/01:130).

2.5.3 Socialstyrelsens riktvärden

Socialstyrelsen (SOSFS 1996:7), anger 30 dB(A) som riktvärde för ekvivalent ljudnivå vid bedömning av sanitär olägenhet av buller i bostadsrum, skolor och vårdlokaler. När det gäller den maximala ljudnivån, anges 45 dB(A) som riktvärde om ljudet endast förekommer sporadiskt för samma bedömning. Förekommer ljudet ofta anges 35 dB(A) som riktvärde vid bedömning av sanitär olägenhet av buller i bostadsrum, skolor och vårdlokaler. Natttid räcker det med enstaka händelser över denna nivå (35-45 dB(A)) för att klassa miljön som en sanitär olägenhet, se *tabell 5*.

Tabell 5. Socialstyrelsens riktvärde vid bedömning av den sanitära olägenheten av buller i bostadsrum, skolor och vårdlokaler, (SOSFS 1996:7)

Utrymme	Ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq} , i dB(A)	Maximal ljudnivå, L_{Amax} (dB) med tidsavvägning ”fast”
<i>Inomhus</i>		
dagtid	30	35 ¹ , 45 ²
natttid		(35-45) ²

1) Ofta förekommande ljudhändelse

2) Endast enstaka ljudhändelser vid dessa nivåer är acceptabla

2.5.4 WHO, World Health Organization

WHO (2000) rekommenderar att ljudtrycksnivån utomhus för kontinuerligt buller inte överskrider 55 dB L_{Aeq} , dagtid (på balkonger, terrasser samt bostadens närmiljö) för att skydda flertalet människor från att bli allvarligt störda av buller under dagtid. För att skydda flertalet från att bli måttligt störda rekommenderas att ljudnivån utomhus inte överskrider 50 dB L_{Aeq} . Natttid rekommenderas att buller vid utsidan av bostadsfasaden inte överstiger 45 dB L_{Aeq} för att man skall kunna sova med fönster på glänt, fasaden beräknas ge 15 dB(A) dämpning (WHO, 2000). Lägre ljudnivåer än dessa kan vara störande beroende på ljudets karaktär (t ex lågfrekvent ljud). För intermittenta ljud måste man även ta hänsyn till den maximala ljudnivån och antal bullerhändelser över tid. För att det skall vara möjligt att föra ett vanligt samtal inomhus under dagtid bör buller från andra källor inte överstiga 35 dB L_{Aeq} (WHO, 2000). I *tabell 6* listas riktvärdena enligt WHO (2000).

Tabell 6. WHO (2000) rekommenderar att nedanstående värden inte överskrids för olika utrymmen. När det gäller intermittenta ljud tas hänsyn till den maximala ljudnivån samt antal bullerhändelser över tiden. Dessa värden har legat till grund för övriga myndigheters fastställande av riktvärden.

Utrymme	Ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq, i}$ dB(A)	Maximal ljudnivå, L_{AFmax} med tidsvägning ”fast”, dB(A)
<i>Utomhus</i>		
på balkong/terrass/bostadens närhet vid fasad	55 ¹ , 50 ² 45 ³	60
<i>Inomhus</i>		
inomhus sovrum	35 ⁴ 30	45 ⁵⁾

- 1) Bör ej överskridas för att skydda flertalet från att bli *allvarligt* störda, dagtid
- 2) Bör ej överskridas för att skydda flertalet från att bli *måttligt* störda, dagtid
- 3) Bör ej överskridas vid fasad för att kunna sova med fönster på glänt, nattetid. (Fasad ger ca 15 dB(A) dämpning)
- 4) Buller från andra källor bör ej överstiga detta värde för att man skall kunna föra samtal inomhus, dagtid
- 5) Får ej överskridas mer än 10-15 ggr/natt

2.5.5 Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49EG om bedömning och hantering av omgivningsbuller

Europeiska unionen har i sin kamp mot bullerstörningar fastställt en gemensam strategi som i första hand syftar till att undvika, förebygga eller minska de skadliga effekterna av buller (EU, 2004). Strategin bygger på:

- att man framställer bullerexponeringen med hjälp av kartor som upprättas enligt gemensamma metoder
- information till allmänheten
- genomförande av lokala handlingsplaner

Direktivet skall även tjäna som bas för att utveckla gemenskapens åtgärder när det gäller bullerkällor (EU, 2004). Vidare tar direktivet upp bullermått och metoder för bedömning av dessa. Bullermåtten L_{den} och L_{night} (L_{dn}) används för utarbetande av strategiska bullerkartor (EU, 2004). Med hjälp av dessa kartor skall man kunna göra en övergripande bedömning av bullerexponeringen i ett område som är utsatt för olika bullerkällor samt utarbeta prognoser för sådana områden.

I direktivet står det även att efter den 30 juni 2005, och därefter vart femte år, skall medlemsstaterna informera kommissionen om bl a större järnvägslinjer med över 60 000 tågpassager per år samt tätbebyggelse med över 250 000 invånare. Senast den sista juni 2007 skall man ha upprättat och godkänt strategiska bullerkartor som visar situationen under det föregående året för områden i närheten av sådan infrastruktur och större tätbebyggelse. I bilaga fem till direktivet tas minimikrav för handlingsplaner upp. Bland de fastställda punkterna ingår bland annat att uppskatta antal personer som beräknas vara utsatta för bullret.

2.5.6 Banverket

Buller och vibrationsstörningar från järnvägen berör många och är ett av järnvägens allvarligaste miljöproblem (Banverket, 2004). Banverket har ansvaret för buller från järnvägstrafiken. Till skillnad mot övriga trafikslag saknas lagstadgade bullerkrav för järnvägsfordon (Nilsson, 2005). Vidare har Banverket ett sektoransvar för järnvägstransportsystemet samt ansvar som myndighet, spårhållare och producent av åtgärder på järnvägstransportsystemet (Nilsson, 2005). I sektoransvaret kan t ex ingå att ställa krav på trafikföretagen att dessa använder så lite störande fordon som möjligt. Banverket har även ansvar för att minska infrastrukturens, d v s spårets bullerbidrag från källan, som i detta fall är hjul och räls. Liksom för vägtransportssystemet har även andra myndigheter ansvar för buller från järnvägar, bl a Naturvårdsverket, länsstyrelserna och kommunerna (Nilsson, 2005).

I en miljörapport från Banverket (2005a) finns mål uppsatta som anger att det år 2004 inte skall finnas några bostadslägenheter som utsätts för buller, orsakat av järnvägstrafik, överstigande 55 dB(A), mätt som maxvärde i sovrum nattetid, vid fler än fem tillfällen per natt, enligt de riktvärden riksdagen fastslagit.

Banverket har i samverkan med Naturvårdsverket och efter samråd med Boverket, utarbetat en skrift, *Buller och vibrationer från spårburen linjetrafik – riktlinjer och tillämpningar* (2002), vilken redovisar verkens långsiktiga mål vad avser buller- och vibrationsstörningar kring järnvägen, samt ett åtgärdsprogram (Banverket & Naturvårdsverket, 2002). Skriften är alltid vägledande i samband med planarbete i järnvägens närhet. Vad som avses med ”riktvärden för miljö kvalitet” är de nivåer, se *tabell 7*, som inte bör överskridas för att upprätthålla en god miljö (Banverket & Naturvårdsverket, 2002).

Tabell 7. Framtagna riktvärden som ej bör överskridas för att upprätthålla en god miljö (Banverket & Naturvårdsverket, 2002).

Utrymme	Ekvivalent ljudnivå i dB(A) för vardagsmedeldygn	Maximal ljudnivå, L_{AFmax} med tidsvägning ”fast”, dB(A)
<i>Permanentbostäder, fritidsbostäder och vårdlokaler</i>		
Utomhus	60 ¹⁾ , 55 ²⁾	70 ²⁾
Inomhus	30 ⁶⁾	45 ³⁾
<i>Undervisningslokaler</i>		
Inomhus		45 ⁷⁾
<i>Arbetslokaler</i>		
Inomhus		60 ⁵⁾
<i>Områden med låg bakgrundsnivå</i>		
Rekreatiomsområden i tätort	55 ^{1) 4)}	-
Friluftsområden	40 ^{1) 4)}	

- 1) Riktvärdena avser frifältsvärden eller till frifältsvärden korrigerade värden
- 2) Avser uteplats, särskilt avgränsat område
- 3) Avser utrymme för sömn och vila (sovrum) under tidsperioden 22.00-06.00 samt övriga bostadsrum (ej hall, förråd, WC, etc.)
- 4) Avser område med låg bakgrundsnivå
- 5) Avser arbetslokal för tyst verksamhet
- 6) Avser boningsrum (ej hall, förråd, WC)
- 7) Avser nivå under lektionstid

Värdena baserades på 2002 års kunskap om buller från spårbunden trafik och dess negativa inverkan på de människor som utsätts för detta (Banverket & Naturvårdsverket, 2002). Riktvärdena är endast vägledande och därmed inte bindande men avser de värden som bör eftersträvas för att klara en god miljö kvalitet (Nilsson, 2005). De avspeglar således inte tekniska och ekonomiska hänsynstaganden. Oavsett planeringssituation ska riktvärden för miljö kvalitet eftersträvas, utifrån vad som är tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt motiverat (Banverket & Naturvårdsverket, 2002). De målnivåer som anges innebär, om värdena uppnås, i princip en ”nollstörning” om man ser till *andelen mycket störda* i bullerundersökningar. I bebyggelseområden med befintlig järnväg tvingas man ofta att acceptera högre ljud- och vibrationsnivåer (Banverket & Naturvårdsverket, 2002).

Banverket och Naturvårdsverket (1997) har även publicerat en policy *Buller och vibrationer från spårbunden linjetrafik – policy och tillämpningar*, vilken grundar sig på proposition 1996/97:53, *Infrastrukturriktning för framtida transporter*.

Policyn behandlar de tre planeringsfallen:

- nybyggnation av bana
- väsentlig ombyggnad av bana
- befintlig bananläggning

För samtliga planeringssituationer är intentionen att nå riktvärden för god miljö kvalitet.

2.5.7 Åtgärder

Förutom omfattande bulleråtgärder vid ny- och ombyggnation av järnvägen vidtar Banverket skyddsåtgärder för att minska de värsta störningarna i befintlig miljö (Banverket, 2005a). Under 2004 har banregionerna åtgärdat ca 6 000 bostäder för att mildra störningar för boende utsatta för bullernivåer högre än 55 dB(A) inomhus fler än fem tillfällen per natt. Vid årsskiftet 2004/2005 återstod åtgärdsbehov för ca 180 bostäder. Ökad trafikering eller ändrade bostadsförhållanden medför att åtgärder krävs fortlöpande för bostäder i järnvägens närhet (Banverket, 2005a). För att minska bullerutsläppen är Banverkets övergripande strategi att minska bullret vid källan, d v s kontakten mellan hjul och räls, vilket kan leda till en minskad bullernivå med 5-10 dB(A) (Banverket, 2005b). Bullerstörning från järnvägen är dock så omfattande att trots systematiska åtgärder för att minska källbullret kommer fortsatta åtgärder i form av bullerskydd på eller intill bostäder att krävas för att uppnå riksdagens miljömål (Banverket, 2005a).

Det har emellertid visat sig att trots att man vidtar omfattande åtgärder är det svårt att lösa buller och vibrationsproblemen inom ett område på ca 30 m från järnvägen (Banverket, 2004). Området mellan 30-50 m omfattas i stort sett av samma problem som området närmre än 30 m. Skillnaden är att direkta skyddsåtgärder avtar successivt, och möjligheten att lösa problemen planmässigt ökar, bl a genom placering av; sovrum, luftintag, ventilation samt uteplats mm. Bullerproblemen kvarstår dock även utanför de angivna intervallen (Banverket, 2004).

För bebyggelseplanering runt vägar har sedan lång tid tillbaka gällt att bebyggelsen inte tillåts närmare än 12 meter normalt sett räknat från dikeskanten. Därmed har en bebyggelsefri zon skapats kring vägarna (Banverket, 2004). För järnväg har det inte funnits några motsvarande bestämmelser. Då plan och bygglagen, *PBL*, trädde i kraft första juli 1987, skedde en lagändring som innebar att landets byggnadsnämnder fick beslutanderätt över bebyggelseplanering invid vägar. Frågan om bebyggelse invid vägar och järnvägar förändrades från att i första hand gällt trafiksäkerhet till att även omfatta ”*lämplig boendemiljö*”. Det nya synsättet medförde att järnvägsplaneringen integrerades i samhällsplaneringen från och med 1990-talet (Banverket, 2004).

Trafikökning och hastighetshöjning kombinerat med en snabbt framväxande fokusering på miljöfrågor har gjort att den störning som sker med exempelvis buller runt kommunikationsanläggningar inte längre accepteras på samma sätt som tidigare (Banverket, 2004). Det förekommer dock regionala och lokala skillnader i synen på järnvägsnära exploatering. Södra Sverige och storstadsområdena har väsentligt annorlunda förutsättningar än mindre exploaterade delar av landet. Det finns en ekonomi i exploateringen som gör det möjligt att vidta diverse skyddsåtgärder mot t ex buller och vibrationer. Detta i kombination med brist på mark gör att en tätbefolkad kommun med ett hårt exploateringstryck i allmänhet har en mindre restriktiv linje när det gäller nyexploatering invid järnväg än en kommun med gott om mark och lågt exploateringsstryck (Banverket, 2004).

3. MATERIAL

3.1 Tågdata

Tågtrafikdata var svårt att få tag på, men en kontakt på Södra banregionens miljöenhet tillhandahöll nödvändig data avseende 2006, enligt Banverkets fastslagna tågplan ”T05.2” (Sköld, 2005). Dessa trafikdata har legat till grund för de bullerberäkningar som utförts. Data innehöll bl a 25 tågsträckor, total tåglängd i meter per dygn, hastigheter samt antal tåg per dygn, separat för varje järnvägssträcka, se *bilaga 1*. Två sträckor saknar trafikdata vilket beror på att inga tåg trafikerar dessa i nuläget.

3.2 Kartdata

Järnvägslänkar i Skåne utgör geografisk basdata för studien då dessa visualiserar de olika järnvägssträckornas geografiska läge, se *bilaga 2*. Från ”Skånekartan”, en vägdatabas med alla vägar och järnvägar i Skåne, kommer ett befintligt kartskikt *järnvägslänkar* (i shape-format). Skiktet innehåller ingen trafikinformation. Skånekartan har producerats av Kommunförbundet Skåne och Lantmäteriet (LMV). Då Kustpilen som bl a trafikerade sträckan Kristianstad-Karlskrona, tagits ur bruk på grund av elektrifiering av sträckan, finns denna sträcka för närvarande inte med i kartskiktet.

Övrig geografisk data som använts kommer från Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys databas. Denna geografiska data består av kartskikt med Skånes gränser, kommuner samt tätorter, vilka kommer från GSD Röda kartan i skala 1:250 000. Medgivande från Lantmäteriet införskaffades för att kunna nyttja landskapsinformationen vid publicering av kartor i arbetet.

3.3 Befolkningsdata

Koordinatsatt befolkningsdata över Skåne från 2003 användes vid extrahering av bullerexponering från spårbunden trafik. Region Skåne förvaltar dessa data och tillstånd krävs för att nyttja den. Handledaren, Jonas Ardö, hade ett sådant tillstånd.

3.4 Programvara

All programmering genomfördes i programvaruföretaget *ESRI*s mjukvara *ArcView3.3*:s programmeringsspråk *AVENUE*. Datahantering, analys och kartor gjordes i *ArcView*, övriga analyser med Microsoft Excel. *MatLab* användes av Jonas Ardö för att skapa kumulativa fördelningskurvor.

4. METODER

Nedanstående punkter visar delmål som satts upp för att kunna uppfylla syftet.

- Inhämtning av nödvändig data från Banverket samt bearbetning av denna
- Programutveckling av *AVENUE*skript för beräkning av buller med hjälp av NMT och uppdaterad data
- Beräkning av bullerzoner längs järnvägarna i Skåne
- Extrahering av andel utsatt befolkning för tågbuller i bullerzoner
- Felanalys samt utvärdering av osäkerheter i bullerberäkningarna
- Framtidsscenario, t ex ökad tågtrafik i regionen

4.1 Databearbetning

Tågtrafikdata, se *bilaga 1*, bearbetades för att få fram hastigheten för en järnvägslink för att kunna beräkna konstanter (L_{ref0} och L_{Mref0}) som används av skriptet. Data innehöll antal tåg uppdelat på tågtyperna gods- snabb- och persontåg samt de olika tågtypernas hastigheter för olika järnvägslinkar. Tågmedellängd per dygn fanns även redovisad. För att kunna utföra beräkningar i skriptet behövdes en medelhastighet för varje länk. Denna erhöles genom två olika sätt att beräkna medelhastigheten för de olika järnvägslinkarna.

- Hastigheterna för olika typer av persontåg fanns redovisad men inte hur många av de olika typerna (*öresundståg*, *pågatåg*, *Rc+vagn*) som trafikerade varje sträcka. Därför beräknades ett hastighetsmedelvärde för persontågen för de olika länkarna. Därefter räknades ett medelvärde ut genom att summera hastigheterna rakt av för de tre olika huvudtågtyperna (gods-, snabb- och persontåg) för varje länk. Denna hastighet kallades för *oviktad hastighet* då ingen hänsyn tagits till om det t ex endast kör 1 godståg i 100 km/h och 99 snabbtåg i 200 km/h på en sträcka. Den oviktade hastigheten blir då 150 km/h.
- Det andra sättet att räkna ut medelhastigheten kallades för *viktad hastighet* p g a att medelhastigheten för varje järnvägslink beräknades genom att först räkna ut hur många procent av varje tågtyp som trafikerar en viss sträcka, t ex 1% gods- och 99% snabbtåg. Därefter multiplicerades denna andel med respektive tågtyps redovisade hastighet för sträckan. Slutligen summerades de olika tågtypernas hastighetsbidrag för länken. Ex. $(0,01 * 100 \text{ km/h}) + (0,99 * 200 \text{ km/h}) = 199 \text{ km/h}$.

Indata till skriptet hittas i sin helhet i *bilaga 3*.

4.2 Programutveckling

En förenklad version av *den nordiska beräkningsmodellen för buller från spårbunden trafik* har legat till grund för vidareutveckling av skriptets programkod. Programmet är anpassat till att användas på geografiska data i form av linjekällor, t ex järnvägslinkar. Då programmet används genereras bullerzoner om 25 m runt varje linjekälla för avståndsintervallet 0-500 m på var sida räknat från spårets mittlinje.

I varje zon anges värden för A-vägd dygnsekvivalentnivå ($L_{Aeq,24}$), maximal A-vägd ljudnivå som medelvärde över tåglängden (L_{AmaxM}) samt maximal A-vägd ljudnivå med tidsvägning F , (L_{AFmax}).

Värden för dessa mått beräknas för varje järnvägslänk med hjälp av hastighetsdata samt ett medelvärde för tåglängd/dygn enligt *bilaga 3*. De data programmet använder hämtas från det aktiva kartsiktets attributtabell.

Slutligen skapar programmet ett nytt kartsikt i vars attributtabell bl a följande data hittas:

- den A-vägda dygnsekvivalentnivån, $L_{Aeq,24}$, för mjuk respektive hård mark
- maximal A-vägd ljudnivå för hård respektive mjuk mark som medelvärde över tåglängden, L_{AmaxM}
- maximal A-vägd ljudnivå med tidsavvägning F för hård och mjuk mark samt för el – och diseldrivna tåg, L_{AFmax}
- vilken järnvägslänk bufferten skapats kring
- antal minuter per dygn som länken belastas av trafik

Skriptets programkod hittas i sin helhet i *bilaga 4*.

I *bilaga 5* visas ett exempel på hur de genererade buffertzonerna kan se ut vid olika bullerbelastningar med avseende på dygnsekvivalentnivån för hård mark. Vid plankorsningar, broar, tunnlar mm delas en järnvägslänk upp i mindre enheter varpå bullerzonerna bildar halvcirklar runt länkens ändar. Då ett glapp mellan två dellänkar är litet bildas ett cirkelrunt mönster då de två ändarnas bullerzoner överlappar varandra. Vid stationsområden med många spår och växlar kan genererade bullerzoner ge ett kaotiskt intryck.

4.3 Beräkningar i programmet

Tågbullermodellen i NMT (1999) kan användas för all spårbunden trafik där resultatet erhålls som A-vägda nivåer. Spåret och tåget delas upp i mindre delar vilka behandlas som punktljudkällor.

Rekommendationer i NMT (1999) föreskriver att maxavståndet 300 m från spårets mitt till mottagarpositionen bör användas då beräkningarnas giltighet minskar utanför detta avstånd. I skriptet används dock avståndet 500 m för att få en extra marginal då överlagring med befolkningsdataskiktet görs eftersom det kan vara av intresse att undersöka hur många som bor i intervallet 300-500 m från spårets mitt. Buller från tågtrafiken kan förekomma mer än 300 m från järnvägen.

Då avståndet till spåret för respektive buller utgör ett attribut, kan ett godtyckligt avstånd användas vid exponeringsberäkningen.

I NMT (1999) modelleras markens akustiska egenskaper endast med markförhållandena ”mjuk-” respektive ”hårdmark”. Hård mark innebär asfalterad yta alternativt tät/hårdpackat grus, betong, vatten, berg och liknande ytor som kan anses som akustiskt hårda. Akustiskt mjuk mark innebär enligt NMT (1999) alla ytor lämpliga för växt av vegetation, t ex gräsmattor, jordbruksmark med eller utan

vegetation, skog, hedar samt trädgårdar. För beräkningar i det framtagna programmet används marktyperna mjuk- och hård mark.

4.3.1 Den kontinuerliga 24-timmars ekvivalentnivån (L_{Aeq24})

Vid beräkning av A-vägd dygnsekvivalentnivå ($L_{Aeq,24}$) innebär användandet av den förenklade bullermodellen i NMT (1999) att endast korrektion för ljudnivåminskning mellan referensposition och mottagarposition (ΔL) används. Marktypen simuleras med antingen topografiskt platt hård mark eller platt mjuk mark. I och med förenklingen utesluts korrektioner för tågtyp (ΔL_{ref}), spårunderhåll (ΔL_c), ändlig spårlängd (ΔL_a) och fasadkorrektion (ΔL_r), även olika typer av banvalls- och spårhöjder samt ballastmaterial utesluts. *Formel 2* visar beräkning av A-vägd dygnsekvivalentnivå enligt NMT och *formel 3* visar den förenklade formeln som använts vid beräkningarna i detta arbete.

$$L_{Aeq,24} = \Delta L_{ref} + \Delta L_c + \Delta L_a + \Delta L_r + \Delta L \quad (2)$$

Den totala tåglängden i meter per 24 timmar och tågens medelhastighet måste bestämmas ur känd trafikdata, separat för varje järnvägslink. Om den verkliga tåghastigheten inte kan uppskattas, används hastighetsbegränsningen som gäller för den sträckan, förutsatt att sådana data finns att tillgå. Beräkningen utgår från 10 m avstånd till spårets mittlinje och görs enligt *formel 3*, resultatet erhålls i dB(A):

$$L_{Aeq24_marktyp} = L_{ref0} + \Delta L_marktyp, \quad (3)$$

där

marktyp = mjuk eller hård mark

L_{ref0} = beräknas med *formel 4*

ΔL = se *avsnitt 4.3.3*

4.3.2 Referensnivå med tågtypskorrektion noll, L_{ref0}

L_{ref0} är den A-vägda kontinuerliga ekvivalenta ljudnivån i referenspositionen 10 m från spårets mittlinje, 2 m över rälsens överkant. När tåghastighet och trafikvolym är känd kan *formel 4* användas vid tågtypskorrektionen noll (0) dB för att räkna ut L_{ref0} (NMT, 1999 s.33):

$$L_{ref0} = 23,5 \log (v/100) + 10 \log (I_{24}/1000) + 61 \quad (4)$$

där

v = tågets hastighet i km/h

I_{24} = totala tåglängden som passerar under ett dygn

Spåret antas bestå av helsvetsad räls på betongslipers lagda på konventionellt underlag av ballast och underballast. Banvallens överyta antas ligga i nivå med den omgivande mjuka marken. Trafikvolymen beskrivs som den totala tåglängden som passerar under 24 timmar.

4.3.3 Ljudnivåminskning, ΔL , för mjuk och hård mark

Korrekturen för ljudnivåminskningen (ΔL) mellan referenspositionen och mottagarpunkten innefattar effekten av avstånd, luftabsorption, mark och skärmar. För akustisk mjuk mark samt eldrivna tåg har ljudnivåminskningen beräknats enligt en förenkling av diagram "Mjuk 1" (NMT, 1999 s.48) se figur A, bilaga 6, vilket beskriver ett normalt ballastspår med banvall i nivå med mjuk markyta. För akustiskt hård mark samt eldrivna tåg har ljudnivåminskningen beräknats enligt en förenkling av diagram "Hård 1" (NMT, 1999 s.55) se figur B, bilaga 6, vilket beskriver ett normalt ballastspår med banvallen i nivå med hård markyta. Mottagarhöjden är 2 m för båda beräkningarna. Ljudnivåminskningen anges för avstånd upp till 100 m för mjuk respektive hård mark. Baserat på respektive diagram beräknas avståndsdämpningen (ΔL) för intervallet 0-100 m från spårmittpunkt enligt *formel 5* alternativt *formel 6*:

$$\Delta L_{0-100m_mjuk} = -5,6087 * \ln(a) + 13,246 \quad (R^2 = 0,996) \quad (5)$$

$$\Delta L_{0-100m_hard} = -5,3585 * \ln(a) + 14,426 \quad (R^2=0,9953) \quad (6)$$

där

a = avstånd i meter från mottagare till spårmittpunkt.

För avstånd längre än 100 m skall man normalt inte använda den förenklade bullermetoden enligt NMT (1999), men om det är nödvändigt kan en skattning av ljudnivåminskningen både för L_{eq} och L_{max} vid avstånd mellan 100-300 m för mjuk respektive hård mark, erhållas med följande uttryck (NMT, 1999 s.47):

$$\Delta L_{100-300m} = \Delta L_{100m} - 10 \log (a/100), \text{ dB(A)} \quad (7)$$

där

a = avstånd i meter från mottagare till spårmittpunkt

ΔL_{100m} = värdet av ΔL vid 100 m för mjuk eller hård mark, erhålls från *formel 5* alternativt *formel 6* beroende av marktypen. Denna formel används av programmet för avstånd i intervallet 100-500 m från spårets mitt.

4.3.4 Maximal bullernivå, L_{max} , för olika marktyper samt el- och diseldrivna tåg

Kombinationen av tågtyp, hastighet och tåglängd som ger den högsta bullernivån vid passagen avgör den maximala ljudnivån, L_{max} , i en given mottagarposition. Maximalnivån kan uttryckas som energimedelvärde över tågets längd, L_{maxM} , eller som den högsta nivån med tidsvägning F , L_{Fmax} . Skillnaden mellan L_{maxM} och L_{Fmax} beror i huvudsak på två faktorer;

- avståndet till tåget
- om tåget är diesel- eller eldrivet

Den A-vägda maximalnivån som energimedelvärde över tågets längd, L_{AmaxM} , (dB) för viss marktyp räknas ut enligt *formel 8* nedan:

$$L_{AmaxM_marktyp} = L_{Mref0} + \Delta L_marktyp \quad (8)$$

där

marktyp = mjuk eller hård mark

L_{Mref0} = fås från *formel 13*

ΔL = se *avsnitt 4.3.3*

Den A-vägda maximalnivån med tidsavvägning F (fast), L_{AFmax} , för viss marktyp samt eldrivna tåg räknas ut för avstånd mindre än 100 m m h a *formel 9*:

$$L_{AFmax_marktyp_E} = ((L_{AmaxM_marktyp} + 3) - ((3*dc)/100)) \quad (9)$$

där

marktyp = mjuk eller hård mark

E = eldrivet tåg

L_{AmaxM} = fås från *formel 8*

dc = avståndet i meter mellan mottagare och ljudkälla

För eldrivna tåg och avstånd större än 100 m gäller *formel 10*.

$$L_{AFmax_marktyp_E} = L_{AmaxM_marktyp} \quad (10)$$

Den A-vägda maximalnivån med tidsavvägning F (fast), för viss marktyp samt disel drivna tåg räknas ut för avstånd mindre än 200 m m h a *formel 11*:

$$L_{AFmax_marktyp_D} = ((L_{AmaxM_marktyp} + 3) - ((3*dc)/100)) \quad (11)$$

där

marktyp = mjuk eller hård mark

L_{AmaxM} = fås från *formel 8*

D = disel drivet tåg

dc = avståndet i meter mellan mottagare och ljudkälla

För disel drivna tåg och avstånd större än 200 m gäller *formel 12*.

$$L_{AFmax_marktyp_D} = L_{AmaxM_marktyp} \quad (12)$$

4.3.5 Referensnivån för maximalnivån vid tågtypskorrekturen noll, L_{Mref0}

L_{Mref0} är den maximala A-vägda ekvivalenta ljudtrycksnivån i referenspositionen vid tågtypskorrekturen noll (0) dB(A). När hastigheten är känd kan *formel 13* användas för att räkna ut L_{Mref0} , (NMT, 1999 s.34):

$$L_{Mref0} = 33,5 \log (v) + 27,5 \quad (13)$$

där

v = tågets hastighet i km/h

L_{Mref0} gäller för en position 10 m från spårets mittlinje, 2 m över plan, mjuk mark. Marken antas vara i nivå med banvallens övre yta.

4.3.6 Beräkning av Sound Exposure Level, SEL

Detta mått lades in som ett test för att det, enligt en rapport från Sveriges Provnings och Forskningsinstitut (Göransson & Jonasson, 1995), är enkelt att jobba med och man får reda på den ljuddos som aktuellt händelseförlopp ger upphov till. I skriptet beräknas SEL (dB) för ett dygn för mjuk respektive hård mark enligt *formel 14*:

$$SEL_{\text{marktyp}} = L_{Aeq24_{\text{marktyp}}} + 10 \log(T) \quad (14)$$

där

T = tid i sekunder

Inga exponeringsberäkningar inom ramen för det här arbetet har baserats på detta mått.

4.3.7 Beräkning av andel störda

Detta mått är ett *s k dos-responsmått* som lades in som ett test efter att Göransson & Jonasson (1995) påtalat att många undersökningar kommit fram till följande generella samband mellan reaktioner på buller och antal bullerhändelser:

$$\% \text{ störda} = L_{A_{\text{max}}} + k \log(n) \quad (15)$$

där

n = antalet bullerhändelser

k = en konstant som normalt ligger mellan 5-15, med k = 10 erhålls ekvivalentnivån.

Inga resultat inom ramen för detta arbete har baserats på detta mått.

4.3.8 Meteorologiska förhållanden för modellen

NMT (1999) gäller för sommarförhållanden på marken och för en meteorologisk situation med inversion eller medvind. Då avståndet mellan spår och mottagare är större än 50 m, representerar de beräknade värdena ett slags *värsta fall* som bara inträffar tidvis, t ex vid temperaturinversion eller medvind från källa till mottagare. Inversion inträffar ofta under natten och är mindre platsberoende än medvindssituationen.

4.3.9 Beräkningarnas noggrannhet nära spåret

Ljudutstrålningen från individuella tåg beror i stor utsträckning på hur hjul och räls underhålls vilket ofta är svårt att kvantifiera. Noggrannheten hos den beräknade A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudnivån är enligt NMT (1999) vanligtvis inom ± 2 dB och är nästan alltid inom ± 3 dB för mottagarpositioner närmare än 30 m från spårets mitt.

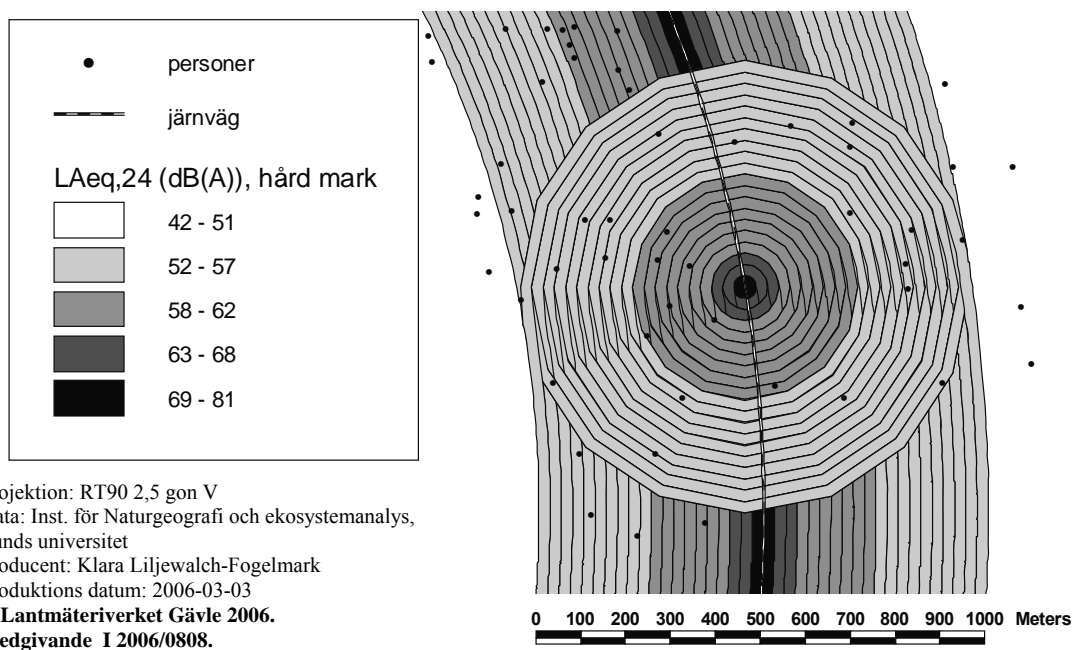
Vid beräkningar av den A-vägda maximalnivån är den uppskattade noggrannheten ± 3 dB för L_{maxM} och aningen mer för L_{Fmax} .

Den förenklade metoden ger ett resultat som normalt ligger inom $\pm 1,5$ dB(A) från beräkningar med NMT (1999).

4.4 Beräkning av bullerexponering för befolkning i Skåne

Resultatfilen från utförda bullerberäkningar överlagras med det koordinatsatta befolkningsdataskiktet över Skåne för att ta reda på hur många skåningar som exponeras för tågbuller. Befolkningsdataskiktet fick endast handhas av personer med tillstånd från Region Skåne, varpå handledaren Jonas Ardö genomförde detta steg. Den erhållna tabellen bearbetas vidare i ArcView för att kunna göra klassindelningar med avseende på ålder, kön och störningsmått.

Då en person kan förekomma i mer än en bullerzon, extraherades de högsta värdena, med avseende på L_{Aeq24} och L_{AFmax} , för varje person, se *figur 7*. Dessa data användes därefter för fortsatt analys.



Figur 7. Beräknat $L_{Aeq,24}$ i 25 m intervall för en järnvägslänk med överlappande bullerzoner samt koordinatsatt befolkningsdata. En person kan förekomma i flera olika bullerzoner då dessa överlappar varandra.

Bullerexponeringen för Skånes befolkning uppdelat på kvinnor och män samt olika åldersklasser kvantifierades för olika decibeltal för L_{Aeq24} , vid mjuka respektive hårda markförhållanden, samt för L_{AFmax} överstigande 70 dB(A). Extraheringen genomfördes för ett bullerintervall om 0-500 m samt för 0-300 m, det senare rekommenderas i NMT (1999). Då beräkningarnas noggrannhet ligger på upp till ± 3 dB för korta avstånd till spåret, görs även en extrahering med avseende på denna felmarginal. *För resultat se avsnitt 5.1*

Kumulativa fördelningskurvor skapades i MatLab för att på ett överskådligt sätt kunna utläsa hur stort antal av befolkningen som exponeras vid olika ekvivalenta ljudnivåer vid hårda respektive mjuka markförhållanden, och för att se hur ett fel på ± 3 dB påverkar antalet bullerexponerade. Dessa gjordes för intervallet 0-500 m då felet antas bli större vid fler exponerade samt för att lättare studera skillnaderna. För intervallet 0-300 m redovisas antalet exponerade i tabellform samt stapeldiagram. *För resultat se avsnitt 5.1*

4.5 Beräkning av tågbelastning

För att få en helhetsbild över trafiksituationen för en viss sträcka är det intressant att veta vad en trafikökning innebär i tid, vilket Skärbäck (2005) belyst i ett exempel. För att ta reda på hur många minuter per dygn en viss sträcka belastas av trafik beräknades tiden för den totala tåglängden per dygn. Fyra olika tider beräknades för fyra olika tåglängder, hastigheten för sträckan behölls enligt aktuell indata, se bilaga 3. För resultat se avsnitt 5.2

Med anledning av EU:s direktiv om hantering och bedömning av omgivningsbuller, se avsnitt 2.5.5, beräknades även vilka sträckor som trafikeras av fler än 60 000 tågpassager årligen. För resultat se avsnitt 5.2

4.6 Felsökning i Avenue skript

Efter genomförd programmering utfördes en felsökning mot en ”excelräknare”. Ett flertal fel upptäcktes, varav ett allvarligt från ursprungsskriptet detekterades och rättades till med hjälp av programvaruföretaget *ESRIs* forum på nätet (Huber, 2005). För resultat se avsnitt 5.3

4.7 Felkälla - Kontroll av tågdata

För att få en uppfattning om erhållna data från Banverket stämde, kontrollräknades antal tåg för några olika sträckor. Detta gjordes bl a för Ystadbanan på grund av att denna banan har få godståg, vilka ej går att kontrollera mot tidtabell, samt inte alltför många tåg, vilket underlättar räknandet. Sträckan Ängelholm-Helsingborg kontrollräknades också på grund av att den enbart trafikeras av persontrafik. Endast ordinarie tåg mellan måndag och fredag räknades då trafiktätheten är större på vardagar än under helger. För resultat se avsnitt 5.4

4.8 Felkälla – Hastighetsberäkningar och marktyp

För att ta reda på hur resultatet påverkas av de två sätten att räkna ut hastigheten för en järnvägslink då denna trafikeras av mer än en av tågtyperna gods- snabb- och persontåg, kvantifierades data för Ystadbanan på grund av att denna sträcka hade en av de största skillnaderna mellan *oviktad* och *viktad hastighet*. För resultat se avsnitt 5.5

En annan felkälla är vilken marktyp, mjuk eller hård mark, som skall användas vid beräkningarna. Detta illustreras också med ett exempel för Ystadbanan. För resultat se avsnitt 5.5

4.9 Felanalys / Framtidsscenario

För sträckan Arlöv-Malmö har diagram skapats som visualiserar effekterna av:

- förändrad hastighet
- förändrad tåglängd

Detta kan ses som en kombination av felanalys och framtidsscenario. Felanalys, eftersom indata består av medelhastighet och medeltåglängder, vilket kan innebära att dessa kan vara både högre och lägre än de värden som används av skriptet. Framtidsscenario, för att tågtrafiken ständigt förändras, t ex längre tågset, tätare avgångar vilket innebär fler tåg och därmed ökar den totala tåglängden per dygn och sträcka. *För resultat se avsnitt 5.6*

Det bör dock poängteras att utvärderingarna gäller för de utvalda sträckorna och bör inte generaliseras till vedertagen fakta för alla järnvägssträckor i Skåne.

5 RESULTAT & DISKUSSION

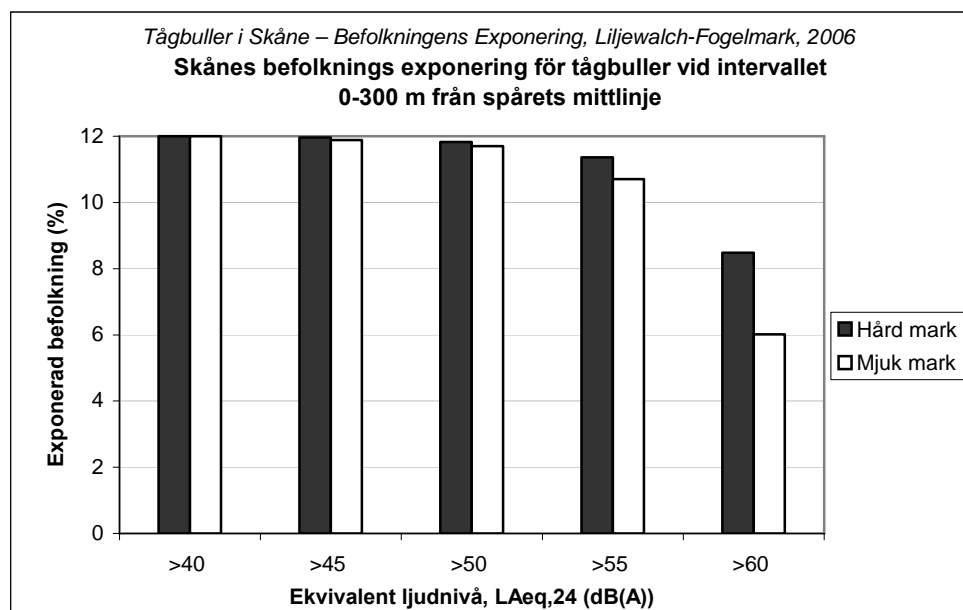
5.1 Befolkningens exponering för tågbuller i Skåne län

För att räkna ut andelen bullerexponerade av Skånes befolkning har befolkningsantalet för år 2003 (1 152 679 människor) använts på grund av att befolkningsdata som använts vid extraheringen senast uppdaterades 2003.

I tabell 8a noteras att samma antal, 138 359 personer, selekteras för $L_{Aeq24} > 40$ dB(A) vid mjuk och hård mark. Detta beror på att lägsta L_{Aeq24} i exponeringstabellen är 42 dB(A) för mjuk mark och 44 dB(A) för hård mark. Ur tabellen framgår att oavsett marktyp exponeras 12 % av Skånes befolkning för ekvivalentbuller överstigandes 40 dB(A), vilket kan jämföras med de i *Folkhälsoenkät Skåne 2000* uppskattade 46 %, se avsnitt 2.2.1 (dess riktighet bör dock ifrågasättas). I figur 8a visas resultatet från tabell 8a i form av ett stapeldiagram. I tabell 8b samt figur 8b visas antalet exponerade i olika intervall för att få en bild om hur bullerexponeringen är fördelad. I figur 8b noteras att beroende av marktyp exponeras mellan ca 70 000-100 000 personer för ekvivalent ljudtrycksnivå överstigande 60 dB(A).

Tabell 8a. Resultat av Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq24} , redovisat dels som totalt antal för hård respektive mjuk mark dels som % för varje markklass. Bullerzoner om 300m på var sida om spårets mittlinje har använts vid beräkningen. (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

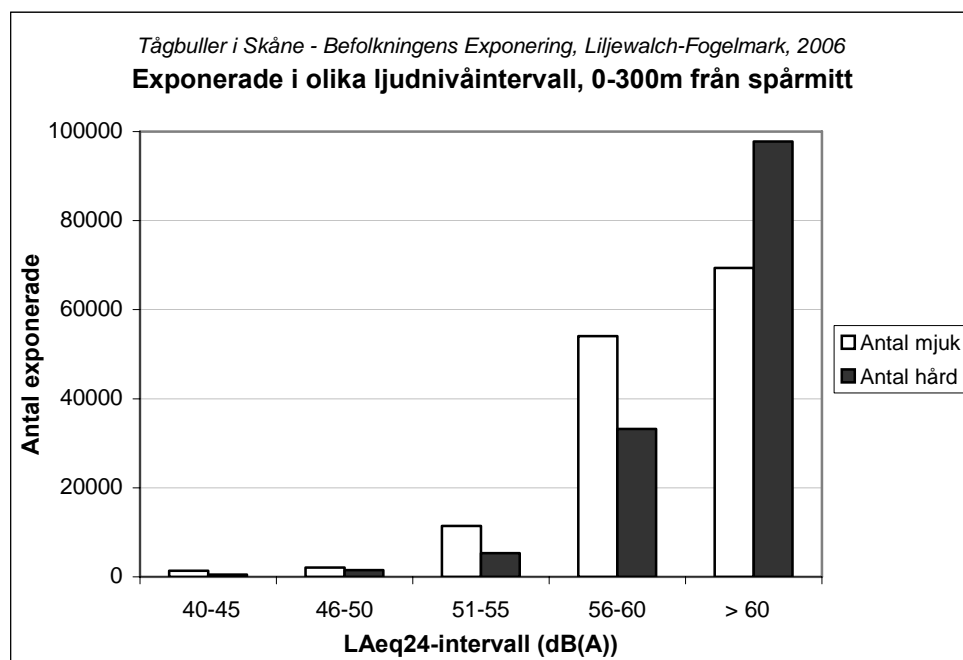
Ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq24} , dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
> 40	138 359	138 359	12.0	12.0
> 45	137 850	136 989	12.0	11.9
> 50	136 305	134 882	11.8	11.7
> 55	130 999	123 418	11.4	10.7
> 60	97 756	69 379	8.5	6.0



Figur 8a. Andel exponerad befolkning för avståndsintervallet 0-300 m från spårets mittlinje beräknat från viss ljudnivå och uppåt, d v s staplarna visar totala andelen bullerutsatta från och med gränsvärdet.

Tabell 8b Exponerade i olika bullerintervall för mjuk respektive hård mark för avståndet 0-300m från spårmit. (Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

$L_{Aeq,24}$, dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
40-45	509	1 370	0.0	0.1
46-50	1 545	2 107	0.1	0.2
51-55	5 306	11 464	0.5	1.0
56-60	33 243	54 039	2.9	4.7
> 60	97 756	69 379	8.5	6.0



Figur 8b. Stapeldiagram över antal exponerade i olika intervall med avseende på ekvivalent ljudtrycksnivå för att få en bild om hur bullerexponeringen är fördelad.

I tabell 9a visas hur många personer i Skåne som totalt berörs av buller, oavsett kön eller ålder för en bullerzon om 500 m från spårets mittlinje.

Tabell 9a. Resultat av Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24}$, redovisat dels som totalt antal för hård respektive mjuk mark dels som % för varje mark-klass. Bullerzoner om 500 m på var sida om spårets mittlinje har använts vid beräkningen.

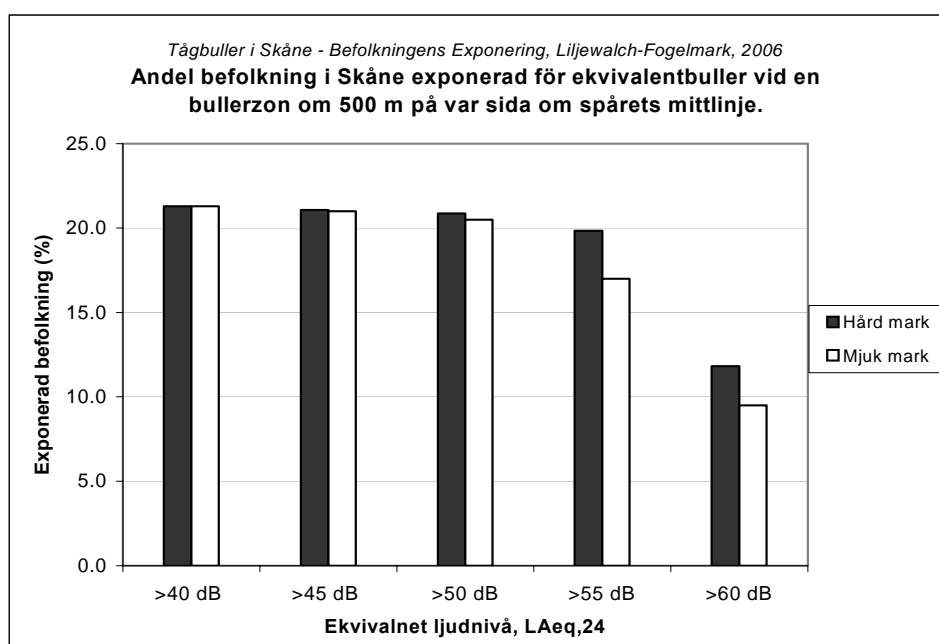
(Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

Ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24}$, dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
> 40	245 364	245 364	21.3	21.3
> 45	242 949	242 098	21.1	21.0
> 50	240 353	236 129	20.9	20.5
> 55	228 749	195 851	19.8	17.0
> 60	136 318	109 570	11.8	9.5

Då en 200 m bredare bullerzon används, se tabell 9a, selekteras samma antal personer, 245 364, för $L_{Aeq,24} > 40$ dB(A) vid mjuk och hård mark. Detta beror på att

lägsta L_{Aeq24} i exponeringstabellen för avståndsintervallet 0-500 m, är 40 dB(A) för mjuk mark och 42 dB(A) för hård mark. Vid jämförelse med resultaten i *tabell 8a*, konstateras att ca 107 000 människor bor i intervallet 300-500 m från spårets mittlinje. Vidare ökar andelen bullerexponerade med nära 10 % för $L_{Aeq24} > 40$ dB(A), jämfört med om en bullerzon på 300 m används, dvs ca 21 % av befolkningen exponeras oavsett marktyp för den bredare zonen.

I *figur 9a* visas resultatet från *tabell 9a* i form av ett stapeldiagram. Som tidigare nämnts, *avsnitt 4.3.3*, bör det noteras att för avstånd längre än 100 m från spårmiten skall man normalt inte använda den förenklade bullermetoden, görs detta ändå kan de erhållna värdena representera ett slags *värsta-fall-scenario*, därför bör resultaten i *tabell 9a* främst användas för att jämföra antalet selekterade ur befolkningen, vilket ger en fingervisning om hur många som bor relativt nära järnvägen.



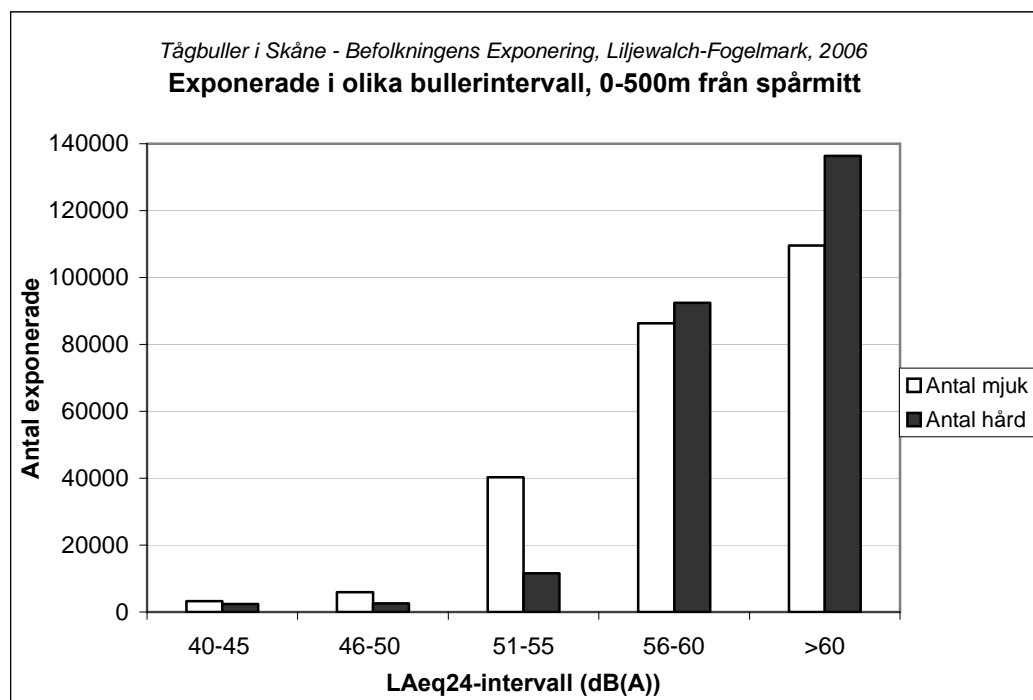
Figur 9a. Andel exponerad befolkning för avståndsintervallet 0-500 m från spårets mittlinje.

I *tabell 9b* och i *figur 9b* visas antalet exponerade fördelat i olika ljudnivåintervall för avståndet 0-500m från spårets mittlinje. För ljudnivåer högre än 60 dB(A) noteras att mellan ca 109 000-140 000 är exponerade, beroende av marktyp.

Tabell 9b. Exponering för ekvivalent ljudtrycksnivå, L_{Aeq24} , redovisat för olika intervall. Bullerzoner om 500 m på var sida om spårets mittlinje har använts vid beräkningen.

(*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

$L_{Aeq,24}$, dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
40-45	2 415	3 266	0.2	0.3
46-50	2 596	5 969	0.2	0.5
51-55	11 604	40 278	1.0	3.5
56-60	92 431	86 281	8.0	7.5
> 60	136 318	109 570	11.8	9.5



Figur 9b. Exponerade för ekvivalent ljudnivå fördelade i olika ljudnivåintervall, beräknat för avståndet 0-500 m från spårmit.

I tabell 10 och 11 redovisas resultaten från beräkningar utförda med ett fel på +3 respektive -3 dB(A) för bullerzoner om 300 m från spårets mittlinje.

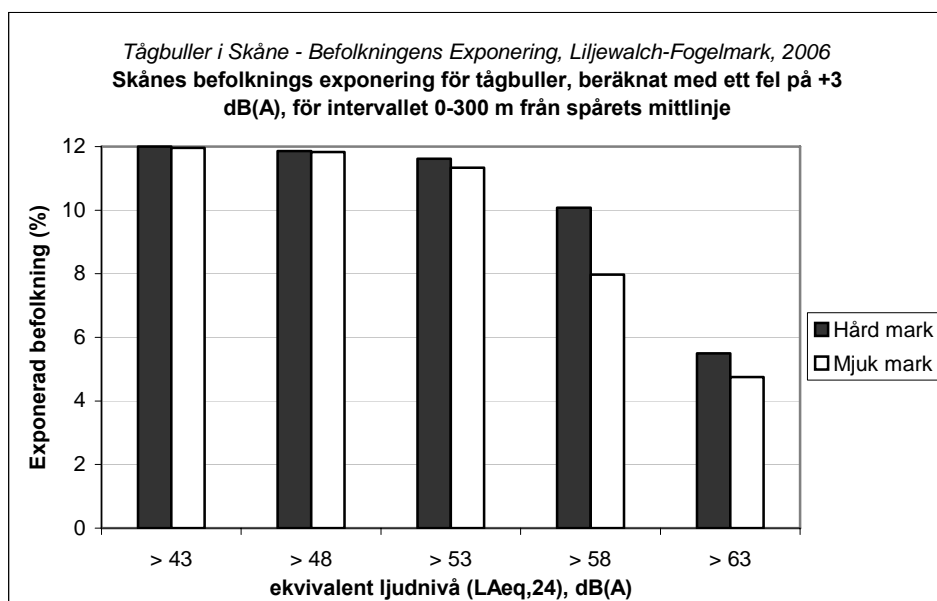
Tabell 10. Resultat av Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24}$, redovisat dels som totalt antal för hård respektive mjuk mark dels som % för varje markklass. Bullerzoner om 300 m på var sida om spårets mittlinje har använts vid beräkningen samt ett fel på +3 dB(A). (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24}$, dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
> 43	138 359	137 850	12.0	12.0
> 48	136 745	136 305	11.9	11.8
> 53	133 960	130 672	11.6	11.3
> 58	119 211	91 916	10.3	8.0
> 63	63 389	54 769	5.5	4.8

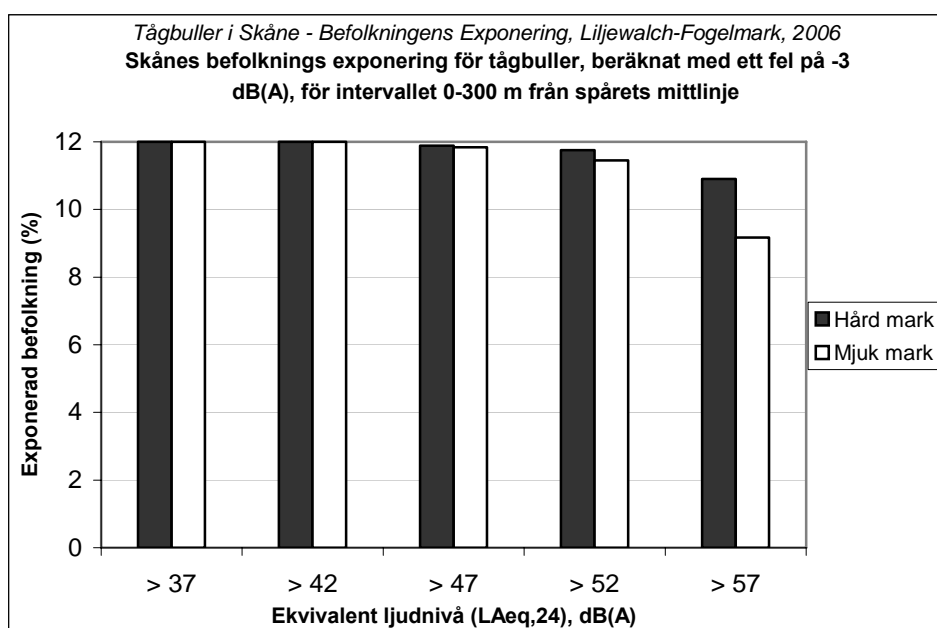
Tabell 11. Resultat av Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24}$, redovisat dels som totalt antal för hård respektive mjuk mark dels som % för varje markklass. Bullerzoner om 300 m på var sida om spårets mittlinje har använts vid beräkningen samt ett fel på -3 dB(A). (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24}$, dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
> 37	138 359	138 359	12.0	12.0
> 42	138 359	138 359	12.0	12.0
> 47	136 989	136 482	11.9	11.8
> 52	135 479	132 029	11.8	11.5
> 57	125 670	105 669	10.9	9.2

Från *tabell 10* och *11*, framgår att trots att en felmarginal använts är ca 12 % av befolkningen bosatt i Skåne exponerad för en ekvivalent ljudnivå överstigande 43 respektive 37 dB(A), d v s $40 \text{ dB(A)} \pm 3 \text{ dB(A)}$. I *figur 10* och *11* visas resultaten från *tabell 10* och *11* som stapeldiagram.



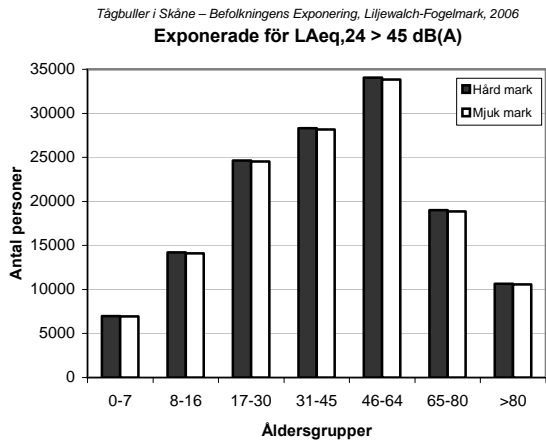
Figur 10. Andel exponerad befolkning för avståndintervallet 0-300 m från spårets mittlinje samt ett fel på + 3 dB(A).



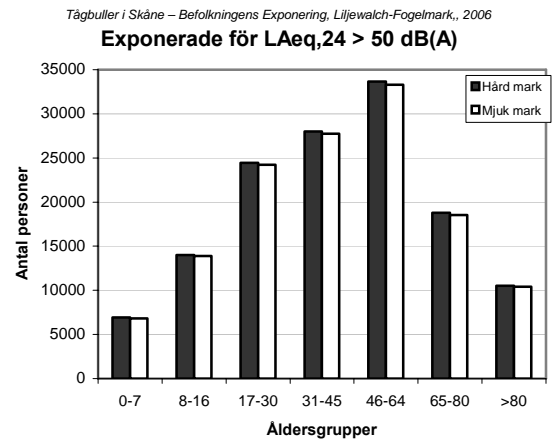
Figur 11. Andel exponerad befolkning för avståndintervallet 0-300 m från spårets mittlinje samt ett fel på - 3 dB(A).

Generellt konstateras att med ökande värde på bullermåttet desto större blir skillnaden mellan resultatet för hård respektive mjuk mark. Erhållna resultat säger dock ingenting om hur lång tid de exponerade utsätts för buller eller vilken tid på dygnet bullret ifråga förekommer.

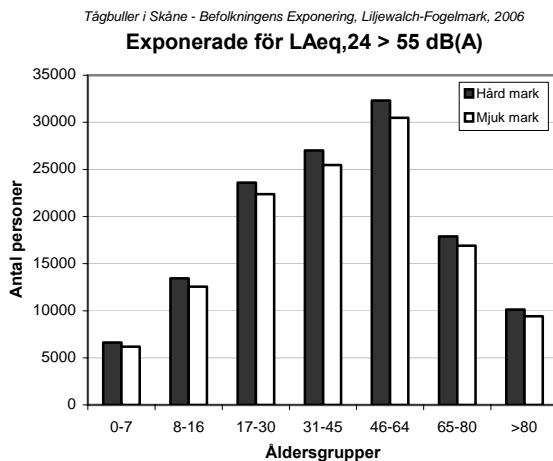
Statistik över Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå överstigande riktvärden mellan 45-60 dB(A) uppdelat på kön, olika åldersgrupper samt mjuk och hård mark redovisas i *tabell A-D* i *bilaga 7*. Marktypens inverkan på resultatet för de olika åldersgrupperna redovisade i *bilaga 7*, åskådliggörs i form av stapeldiagram i *figur 12-15*¹. Av stapeldiagrammen framgår att skillnaden mellan hård och mjuk mark ökar med ökande värde på $L_{Aeq,24}$. Vidare konstateras att antalet exponerade för $L_{Aeq} > 50$ dB(A) endast är något lägre än för $L_{Aeq,24} > 45$ dB(A), först vid $L_{Aeq,24} > 55$ dB(A), *figur 14*, syns en minskning av antalet exponerade jämfört med $L_{Aeq,24} > 45$ dB(A), *figur 15*.



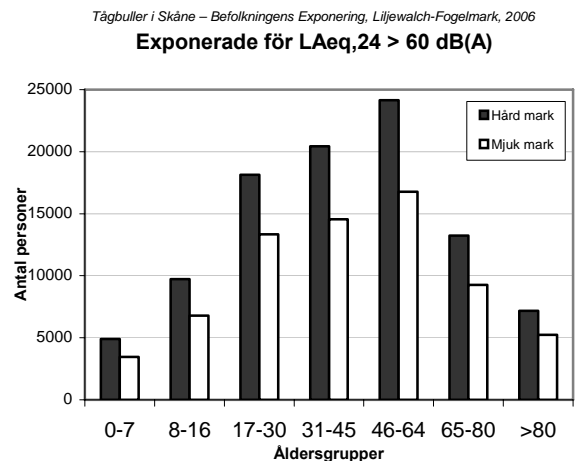
Figur 12. Antal exponerade uppdelade i åldersintervall och hård eller mjuk mark.



Figur 13. Antal exponerade uppdelade i åldersintervall och hård eller mjuk mark.



Figur 14. Antal exponerade uppdelade i åldersintervall och hård eller mjuk mark.



Figur 15. Antal exponerade uppdelade i åldersintervall och hård eller mjuk mark.

¹Observera att diagrammen har konstruerats för nivåer över ett visst värde och inte för ett intervall eller specifikt decibeltal, vilket medför att alla exponerade från detta värde och uppåt tagits med i redovisat resultat. För att erhålla exponerade för visst intervall kan de tabellerade värdena i *bilaga 7* användas för att subtrahera det högre gränsvärdet från det lägre och därefter konstruera diagram pss som *figur 8b* och *9b*.

Resultaten i *figur 12-15* kan jämföras med *figur 8b*, vilken visar antalet exponerade i olika ljudnivåintervall mellan 40-50 dB(A).

I *tabell 12a* har en sammanställning gjorts för befolkningens utsatthet för olika maximala bullernivåer. Resultatet redovisas både som antal samt andel utsatta vid hårda samt mjuka markförhållanden oavsett kön eller ålder. Av tabellen framgår att skillnaden mellan hård och mjuk mark ökar vid ökande bullernivåer. Totalt berörs ca 11-12 % av maximala ljudnivåer överstigande 70 dB(A), vilket kan jämföras med resultaten för ekvivalenta bullernivåer mellan 40-50 dB(A), *tabell 8a*.

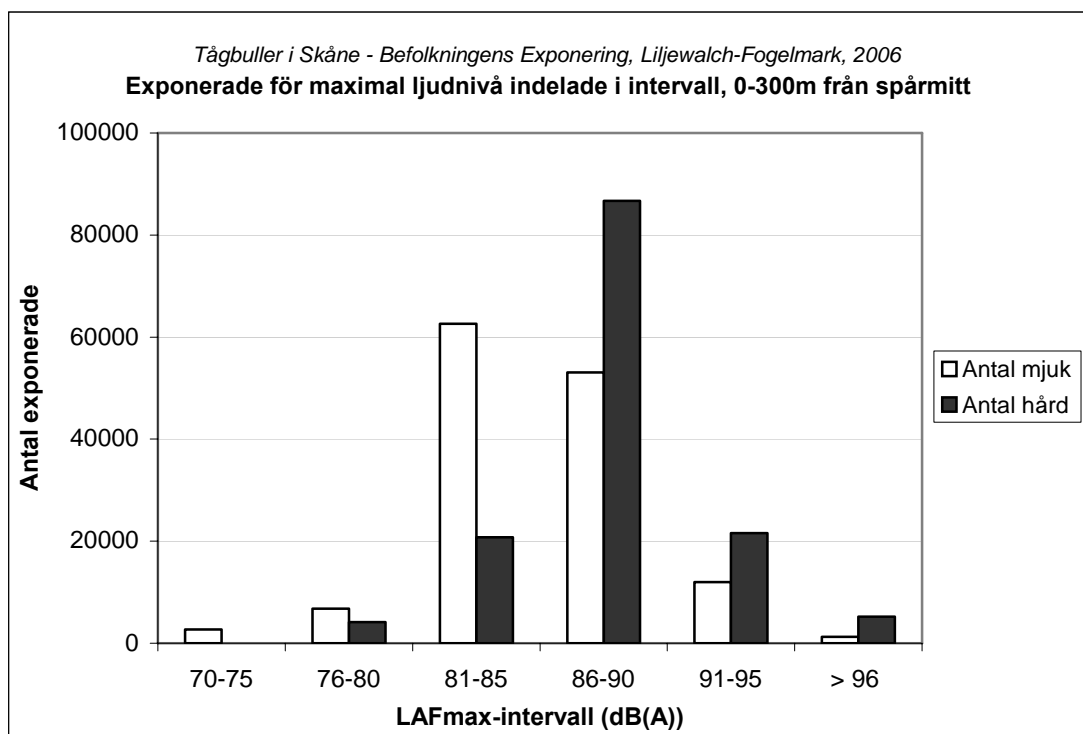
Hur antalet exponerade fördelas mellan olika intervall redovisas i *tabell 12b* samt grafiskt i *figur 16*. Det konstateras att flest utsatta hittas i intervallet mellan 81-91 dB(A) men även för intervallet 91-95 dB(A) är antalet exponerade relativt många.

Tabell 12a. Resultat av Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå, L_{AFmax} , redovisat dels som totalt antal för hård respektive mjuk mark och dels som % befolkning för varje markklass. Resultatet baseras på beräkningar för avståndsintervallet 0-300 m från spårets mittlinje. (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Maximalbuller, L_{AFmax} dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
> 70	138 359	138 359	12.0	12.0
> 75	138 359	135 687	12.0	11.8
> 80	134 198	128 929	11.6	11.2
> 85	113 444	66 340	9.8	5.8
> 90	26 752	13 257	2.3	1.2
> 95	5 193	1 253	0.5	0.1

Tabell 12b. Exponering för maximal ljudnivå, L_{AFmax} , redovisat för sex olika intervall, dels som antal för hård respektive mjuk mark och dels som % av befolkningen för varje markklass. Resultatet baseras på beräkningar för avståndsintervallet 0-300 m från spårets mittlinje. (*Tågbuller i Skåne – befolkningens exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

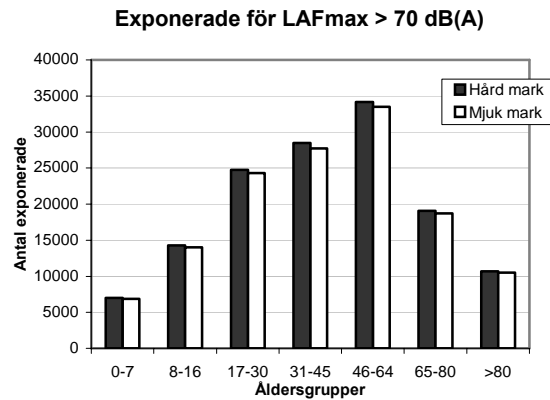
L_{AFmax} dB(A)	Antal hård	Antal mjuk	% hård	% mjuk
70-75	0	2 672	0.0	0.2
76-80	4 161	6 758	0.4	0.6
81-85	20 754	62 589	1.8	5.4
86-90	86 692	53 083	7.5	4.6
91-95	21 559	12 004	1.9	1.0
> 95	5 193	1 253	0.5	0.1



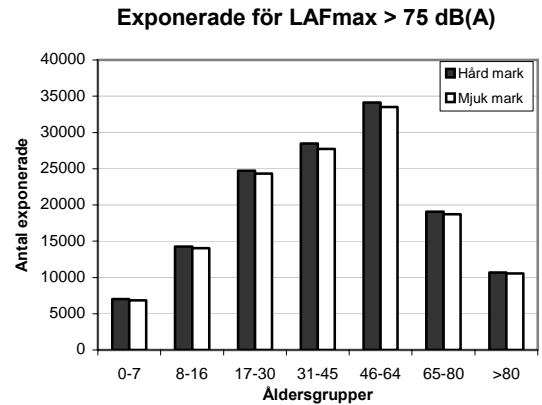
Figur 16. Exponering för maximal ljudnivå, för olika bullervärden, redovisat för hårda respektive mjuka markförhållanden för avståndintervall 0-300 m från spårets mittlinje. Av figuren framgår att flest antal exponerade hittas mellan 85-90 dB(A).

Statistik över Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå med tidsvägning F överstigandes olika värden mellan 70-90 dB(A) uppdelat på kön, olika åldersgrupper samt mjuk och hård mark redovisas i tabell A-F i bilaga 8. Marktypens inverkan på resultatet för de olika åldersgrupperna redovisade i bilaga 8 åskådliggörs i form av stapeldiagram i figur 17-22¹. Av dessa stapeldiagrammen framgår att skillnaden mellan hård och mjuk mark ökar med ökande värde på L_{AFmax} . Det konstateras att antalet exponerade tydligt minskar först vid $L_{AFmax} > 81-85$ dB(A), figur 19-20, jämfört med $L_{AFmax} > 70-75$ dB(A) i figur 17-18. Vid $L_{AFmax} > 91-95$ dB(A), figur 21-22, märks en klar minskning av antalet exponerade för maximala bullernivåer. Även dessa resultat kan jämföras med figur 16 vilken visar antalet exponerade fördelat i olika ljudnivåintervall.

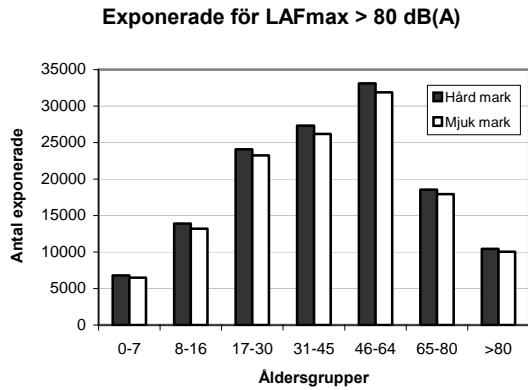
¹Observera att diagrammen har konstruerats för nivåer över ett visst värde och inte för ett intervall eller specifikt decibeltal, vilket medför att alla exponerade från detta värde och uppåt tagits med i redovisat resultat. För att erhålla exponerade för visst intervall kan de tabellerade värdena i bilaga 8 användas för att subtrahera det högre gränsvärdet från det lägre och därefter konstruera diagram pss som figur 8b, 9b samt figur 16.



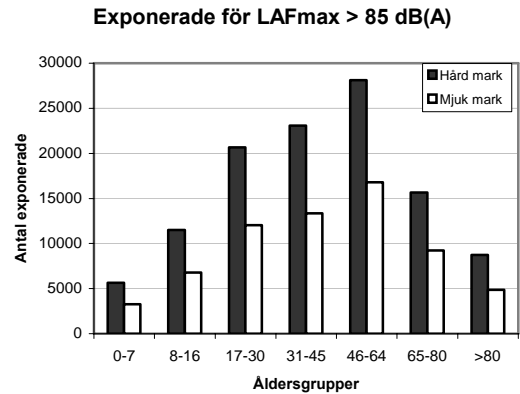
Figur 17. Antal exponerade för maximal bullernivå > 70 dB(A), uppdelat i åldersintervall och hård eller mjuk mark.



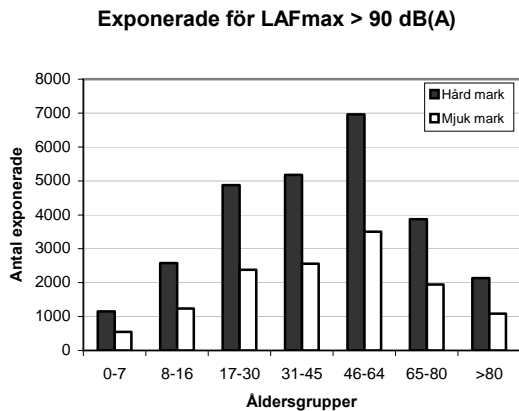
Figur 18. Antal exponerade för maximal bullernivå > 75 dB(A), uppdelat i åldersintervall och hård eller mjuk mark.



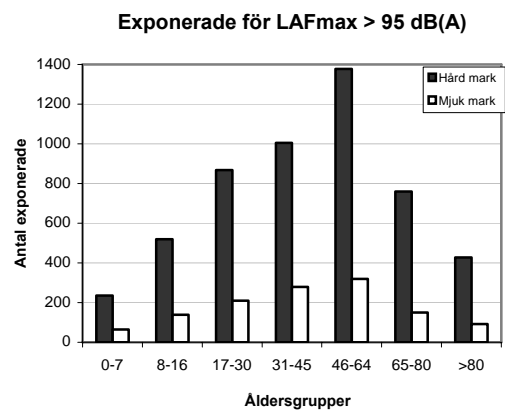
Figur 19. Antal exponerade för maximal bullernivå > 80 dB(A), uppdelat i åldersintervall och hård eller mjuk mark.



Figur 20. Antal exponerade för maximal bullernivå > 85 dB(A), uppdelat i åldersintervall och hård eller mjuk mark.



Figur 21. Antal exponerade för maximal bullernivå > 90 dB(A), uppdelat i åldersintervall och hård eller mjuk mark.

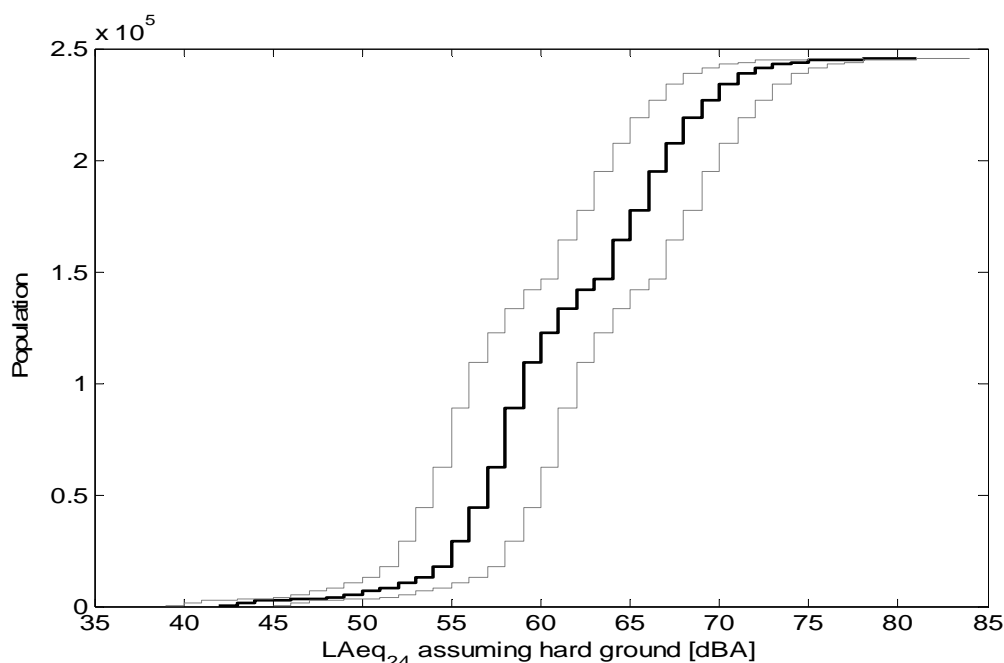


Figur 22. Antal exponerade för maximal bullernivå > 95 dB(A), uppdelat i åldersintervall och hård eller mjuk mark.

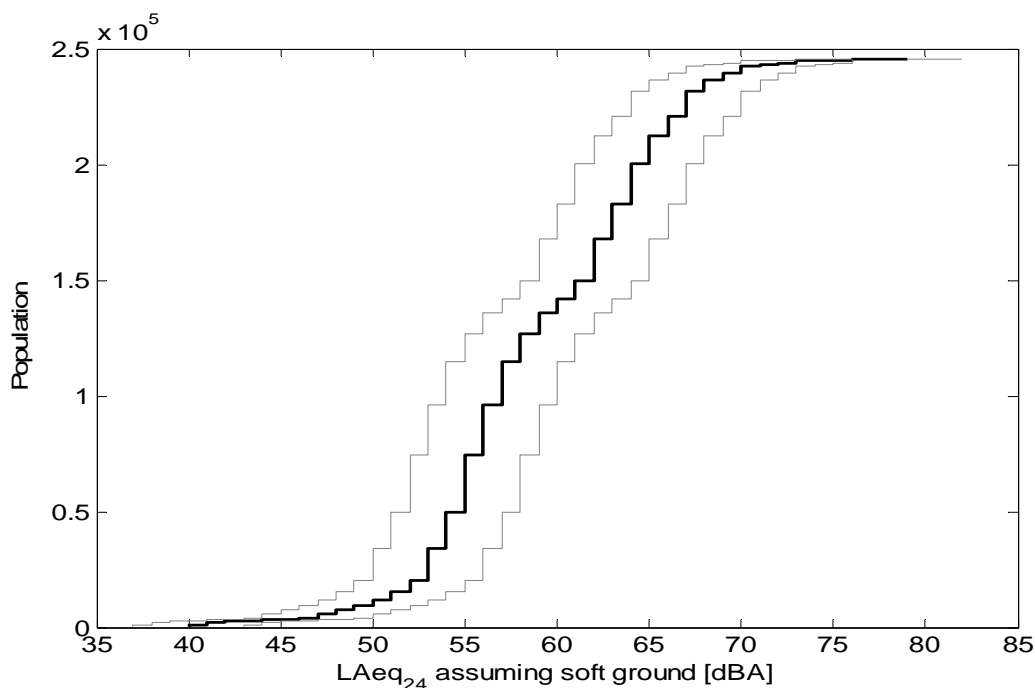
Med anledning av att Albin *et al.* (2003) inte kunnat ta reda på hur många som utsattes för tågbuller överstigande 55 dB(A) gjordes det i detta arbete. I *bilaga 9* visas uppskattat antal och andel av befolkning per kommun i Skåne år 2003 som exponeras för över 55 dB(A) ekvivalentnivå från tågtrafik, beräknat för avståndsintervallet 0-300 m från spårets mittlinje. Av kolumnen för hård mark framgår att i Burlövs kommun är ca 24 % exponerade för buller överstigande riktvärdet 55 dB(A) ekvivalent ljudnivå på uteplats som riksdagen ställt sig bakom, se *tabell 4*. Perstorps kommun har högst andel bullerexponerade, nära 29 %, tätt följd av Hässleholms kommun med nära 28 % exponerade. I Ystad kommun är ca en fjärdedel exponerade för tågbuller över angivet riktvärde. För mjuka markförhållanden skiljer sig värdena som mest med 1,9 dB(A) jämfört med hårda markförhållanden för de nämnda kommunerna.

De fyra kommuner som har flest antal personer som exponeras för bullernivåer överstigande riksdagens riktvärden är; Malmö kommun med 25 526 personer vilket motsvarar ca 10 % av kommuninnevånarna, Helsingborgs kommun med 20 131 personer motsvarande ca 17 %, Hässleholms kommun med 13 562 personer motsvarande ca 26-28 % beroende av marktypen samt Lunds kommun med 11 586 personer vilket motsvarar ca 12 % av innevånarna.

Kumulativa fördelningskurvor skapades för hård respektive mjuk mark för avståndsintervallet 0-500m från spårmit, se *figur 23* och *24*. Figurerna visar hur stor del av befolkningen som exponeras vid normala värden ± 3 dB, svarta samt övre och undre ljusgrå kurvorna. Då beräkningarna nära spåren kan generera ett fel på ± 3 dB(A), se *avsnitt 4.3.9*, förändras antal exponerade markant på grund av kurvans branta lutning. Exakt antal och andel exponerade för visst värde på $L_{Aeq,24}$, hård eller mjuk mark, kan utläsas i *tabell 9* för normala värden, d v s svarta kurvan i *figur 23* eller *figur 24*.



Figur 23. Kumulativ fördelningskurva för hårda markförhållanden och $L_{Aeq,24}$ 40 dB(A) ± 3 dB(A). Kurvan ritad med fet linje motsvarar $L_{Aeq,24}$ 40 dB(A), den övre kurvan motsvarar $L_{Aeq,24}$ 37 dB(A), och den undre kurvan motsvarar $L_{Aeq,24}$ 43 dB(A).



Figur 24. Kumulativ fördelningskurva för mjuka markförhållanden och $L_{Aeq,24}$ 40 dB(A) \pm 3 dB(A). Kurvan ritad med fet linje motsvarar $L_{Aeq,24}$ 40 dB(A), den övre kurvan motsvarar $L_{Aeq,24}$ 37 dB(A), och den undre kurvan motsvarar $L_{Aeq,24}$ 43 dB(A).

För avståndet 0-300m från spårmittpunkt kan exakt antal och andel exponerad befolkning vid ett fel på ± 3 dB(A) utläsas i *tabell 10* och *11*, vilka kan jämföras med tabellerade värden utan felmarginal i *tabell 8a*. Vid t ex 40 dB(A) \pm 3 dB(A), är skillnaden mellan antalet exponerade liten. Jämförs istället antalet exponerade för 60 dB(A) \pm 3 dB(A) är skillnaden betydligt större. För hård mark och 60 dB(A), *tabell 8a*, exponeras drygt 97 000 personer medan det för hård mark och 63 dB(A), *tabell 10*, exponeras ca 63 000 personer. Motsvarande antal för hård mark och 57 dB(A), *tabell 11*, är ca 125 000 personer, dvs nästan dubbelt så många som vid ett fel på +3 dB(A).

5.2 Resultat av tågbelastning

För avståndet 25 m från spårmittpunkt beräknades fyra olika exponeringstider för fyra olika tåglängder, se *bilaga 10*. Av tabellen framgår det att en fördubblad tåglängd per dygn medför att den ekvivalenta ljudtrycksnivån ökar med 3 dB(A), vilket stämmer väl överens med uppgifter i litteraturen, se bl a *avsnitt 1.4.3* och *1.3.4*. Ingen av tågsträckorna har ekvivalentbullernivåer under riksdagens riktvärden på 55 dB(A), inte ens för tågsituationen som den ser ut idag! Enligt Banverket, se *avsnitt 2.5.7*, är det dock svårt att lösa bullerproblem inom ett område på ca 30 m från spåret, vilket kan konstateras även för sträckor med relativt låg trafikbelastning. Lågst $L_{Aeq,24}$ har sträckan *Åstorp-Teckomatorp* med 56,1 dB(A) och högst $L_{Aeq,24}$ har sträckan *Lund-Arlöv* med 80,5 dB(A), vilket kan jämföras med värden ur *tabell 1* för lågmålt samtal samt en starkt trafikerad väg.

Då tåglängden fördubblas, fördubblas även tiden som sträckan är belastad med trafik. För sträckor med i sammanhanget relativt lite trafik, t ex *Österlenbanan* vilken trafikeras av mindre än 2 km tåg/dygn, leder denna ökning inte till några exceptionellt långa exponeringstider, från 1 min/dygn till 2 min/dygn. Granskar man istället sträckor med redan hög belastning, t ex *Arlöv-Malmö*, vilken idag trafikeras av nära 94 km tåg varje dygn, ökar tiden från 46 min/dygn till 93 min/dygn. Sträckan mellan *Lund-Malmö* har redan idag Sveriges högsta exponeringstid för tågbuller, se *avsnitt 2.2.2*, alltså innebär denna fördubbling en enorm belastning för boende i järnvägens närhet.

Man bör ha i åtanke att värdena är framtagna med en förenklad beräkningsmetod vilken ej tar hänsyn till skärmar mm enligt *avsnitt 4.3.1*. Vidare påverkar den framtagna medelhastigheten samt medellängden resultatet för exponeringstiden, samt att beräkningarnas noggrannhet nära spåret nästan alltid är inom ± 3 dB(A) för avstånd närmare än 30 m, enligt *avsnitt 4.3.9*. Notera även att en ökning med 3 dB(A) är en effekt av att ljud mäts på en logaritmisk skala där en fördubbling alltid ger en ökning med 3 dB(A). Rimligen borde passagen av ett tåg generera samma ljudnivå, oavsett om trafikmängden fördubblas eller halveras, förutsatt att det rör sig om samma tågtyp, hastighet och tåglängd vid varje passage. Vad gäller själva störsekvensen då ett tåg passerar ökar denna troligen om tåget passerar oftare. Vidare beaktar inte den beräknade exponeringstiden signaler från t ex bommar vid bevakade järnvägs korsningar, vilka signalerar både före och efter en tågpassage. Dessa ”bonusljud” borde troligen bidra till störningseffekten.

Resultat av sträckor som belastas av fler än 60 000 tågpassager per år enligt EU:s direktiv om bedömning och hantering av omgivningsbuller visas i *tabell 13*.

Tabell 13. Järnvägssträckor med fler än 60 000 passager per år. (Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

Sträcka	Antal passager / år
Höör-Eslöv	73 000
Eslöv-Lund	74 460
Lund-Arlöv	123 735
Arlöv-Malmö	138 700
Kontinentalbanan, delen M-Fsb	81 395

5.3 Resultat av felsökning i skriptet

Småfel i form av fel decimaler i konstanter uppdagades och rättades till på enklaste sätt. Däremot konsulterades ESRI:s, dvs programvaruföretagets, användarforum på nätet för att få bukt med ett allvarligt formelfel, vilket gav aldeles för höga värden på de olika ljudnivåmått i oförändrad formel.

I ursprungsskriptet fanns följande formel för beräkning av avståndsdämpningen, ΔL :


```
'----Beräkning av avståndsdämpning-----
DL100 = -12.58
if(a>100)then

DL = DL100 - 10(a/100).log(10)
else
DL = -5.6087 * a.ln + 13.246
end
-----
```

Då programmet testades mot excelräknaren visade det sig att DL, dvs ΔL , fick samma värde oavsett avstånd. Formeln för DL skrevs om på en mängd olika vis och slutligen erhöles rätt lösning nedan från Huber (2005):

$$DL = DL100 - (10 * ((a/100).log(10)))$$

Det visade sig alltså att vid programmering i *AVENUE* måste man vara mycket noggrann med att ta med alla matematiska operatorer samt sätta parenteser om ”formler i formeln”, vilket inte Excel är lika känslig för.

Efter felsökningen och rättningen av ovanstående problem, erhöles exakt samma värden för de olika störningsmått i skriptet som i excelräknaren, därmed konstaterades att skriptet räknade rätt och var klart för användning.

5.4 Resultat av kontrollräkning

Kontrollräkningen mot tågtidtabellen *ResPlus* visade att erhållen data från Banverket verkar stämma, se *tabell 14*. Ystadbanan trafikeras av tåglinje 107 mellan Malmö-Ystad-Simrishamn, samt linje 103 mellan Köpenhamn-Ystad. För linje 103 fanns det enligt *ResPlus* fyra ordinarie avgångar tur och retur. För linje 107 gick 23 + 27 tåg måndag-fredag samt 1+1 avgångar måndag-torsdag tur och retur. Mellan Malmö-Ystad fanns det även en avgång mellan tisdag-fredag. Detta summerades se *tabell 14*. Anledningen till varför Ystadbanan enligt tidtabellen har två tåg mindre än indata kan bero på att jag inte räknat in den 1+1 avgång tur och retur som endast går på fredagar. Sträckan Ängelholm-Helsingborg trafikeras av linje 100 mellan Göteborg-Malmö-Köpenhamn och av linje 108 mellan Ängelholm-Malmö-Köpenhamn. Linje 100 har 17+18 avgångar och linje 108 har 41+41 avgångar tur och retur. Summeras avgångarna för linje 108 mellan Ängelholm-Helsingborg räknas även tåg från/till Göteborg/Köpenhamn in, se *tabell 14*.

Tabell 14. Kontrollräkning av antal tåg på två utvalda sträckor. Kontrollen utförd mot tågtidtabellen ”*ResPlus2006*”, endast ordinarie avgångar mellan måndag till fredag har räknats då trafiktätheten är större än under helger. (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Sträcka	Antal enligt indata (godståg ej inräknade)	Antal enligt Tåg Plus
Ystadbanan (Malmö-Ystad)	55	53
Ängelholm-Helsingborg	82	82

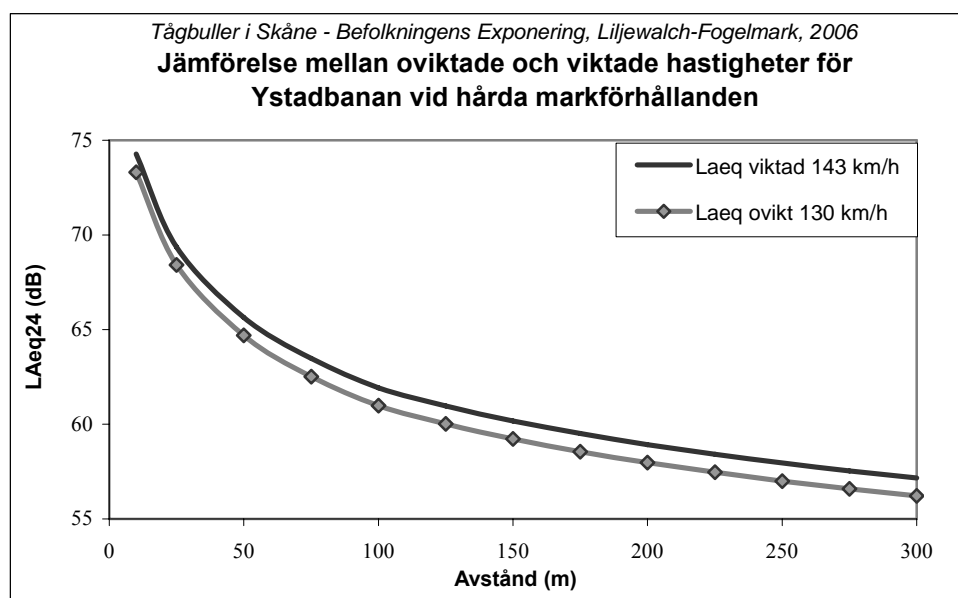
5.5 Resultat av hastighetsberäkningar samt marktyp

I tabellen i *bilaga 11* visas differensen mellan viktad- och oviktad hastighet för samtliga tågsträckor i Skåne. Från tabellen framgår att;

- 8 av 25 sträckor fick lägre viktad hastighet jämfört med den oviktade hastigheten, indikeras med negativa tal mellan -1 km/h till -9 km/h
- För 10 av 25 sträckor blev det ingen skillnad mellan oviktad och viktad hastighet
- För 7 sträckor blev den viktade hastigheten högre (1-17 km/h) än för den oviktade, indikeras med positiva tal

Trots att den viktade hastigheten kunde bli så mycket som 17 km/h högre än för den oviktade valdes viktad hastighet som indata till skriptet. Jämför man de olika sträckorna i *bilaga 11* med *bilaga 1* (rådata från Banverket) kan tågtyperna för de olika sträckorna utläsas. I *bilaga 1* utläses att för sträckan *Eldsberga-Ängelholm* utgörs 11 av 39 tåg av godståg d v s 28 %, vilket kan förklara varför sträckan i *bilaga 11* uppvisar den största skillnaden mellan oviktad och viktad hastighet (17 km/h).

För *Ystadbanan*, som uppvisade näst störst skillnad mellan viktad och oviktad hastighet (13 km/h), har ett diagram skapats för att illustrera hastighetens effekt på den ekvivalenta ljudnivån, se *figur 25*. Vid valet av den oviktade hastigheten, d v s medelvärdet av hastigheten för godståg (100 km/h) samt medlet för öresundstågen och pågatågen (145 km/h) påverkar godstågens lägre hastighet resultatet, vilket får till följd att ljudnivåberäkningarna blir lägre än vid användandet av den viktade hastigheten som tar hänsyn till att sträckan endast trafikeras av 3 godståg per dygn vilket motsvarar 5 % av trafiken.

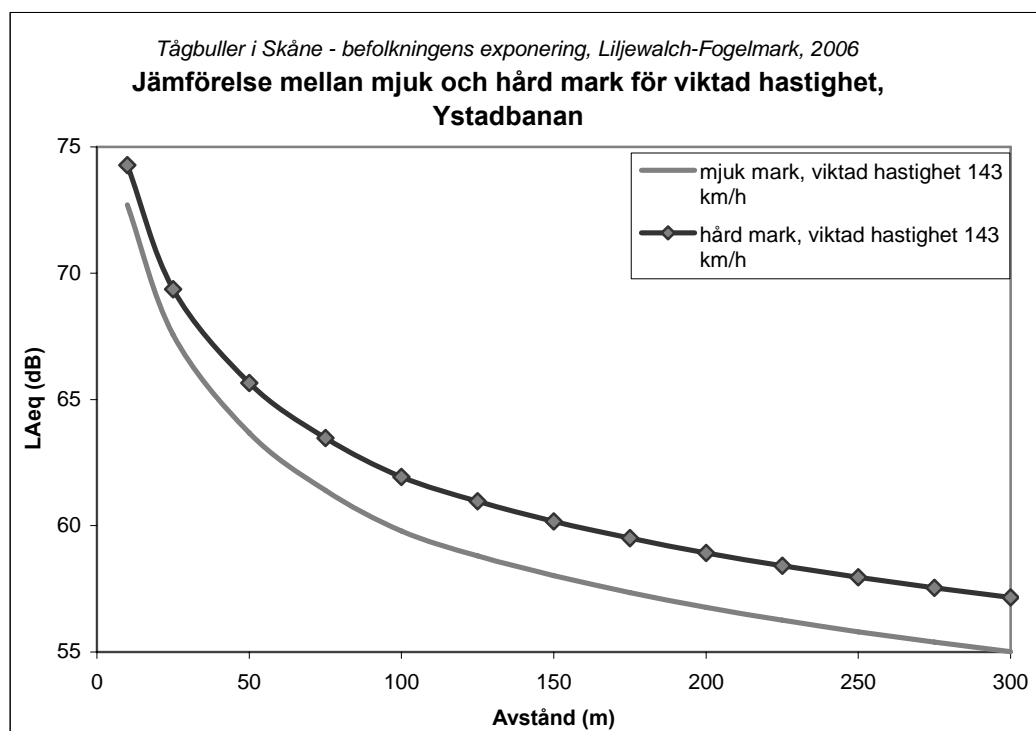


Figur 25. Jämförelse mellan oviktad (130 km/h) och viktad hastighet (143 km/h) för Ystadbanan vid hårda markförhållanden. Vid användandet av viktad hastighet hamnar L_{Aeq24} en decibel högre än för L_{Aeq24} baserad på oviktad hastighet.

Den maximala ljudtrycksnivån med och utan tidsvägning F , påverkas även av de oviktade och viktade hastigheterna i överrensstämmelse med *avsnitt 1.3.2* är skillnaden 2 dB(A) för avstånd närmre än 100 m. Efter avståndet 100 m sammanfaller L_{Amax} med L_{AFmax} vilket beror på att tidsvägning med F får mindre betydelse för avstånd större än 100 m.

Att räkna ut medelhastigheten genom att vikta hastigheterna, se *avsnitt 4.8*, avspeglar trafiksituationen på ett bättre sett än vad oviktade hastigheter gör. Viktade hastigheter har därför använts som indata till kartskiktet med järnvägslänkarna efter utvärdering i Excel, se *avsnitt 5.3*.

Marktypens (mjuk eller hård mark) inverkan på resultatet illustreras för *Ystadbanan* i *figur 26*. Skillnaden mellan mjuk och hård mark blir för denna sträcka ca 2 dB(A) vilket kan tyckas lite, men som tidigare nämnts mäts decibel på en logaritmisk skala, se *avsnitt 1.4.3*. Hård mark innebär i princip en asfalterad yta i en zon om 300 m på varje sida om spåret, vilket man med säkerhet kan konstatera att så är inte fallet, men detta kan ses som ett *värsta-fall-scenario* och kan vara mer giltigt ju närmare spåret man befinner sig, t ex på en asfalterad perrong.



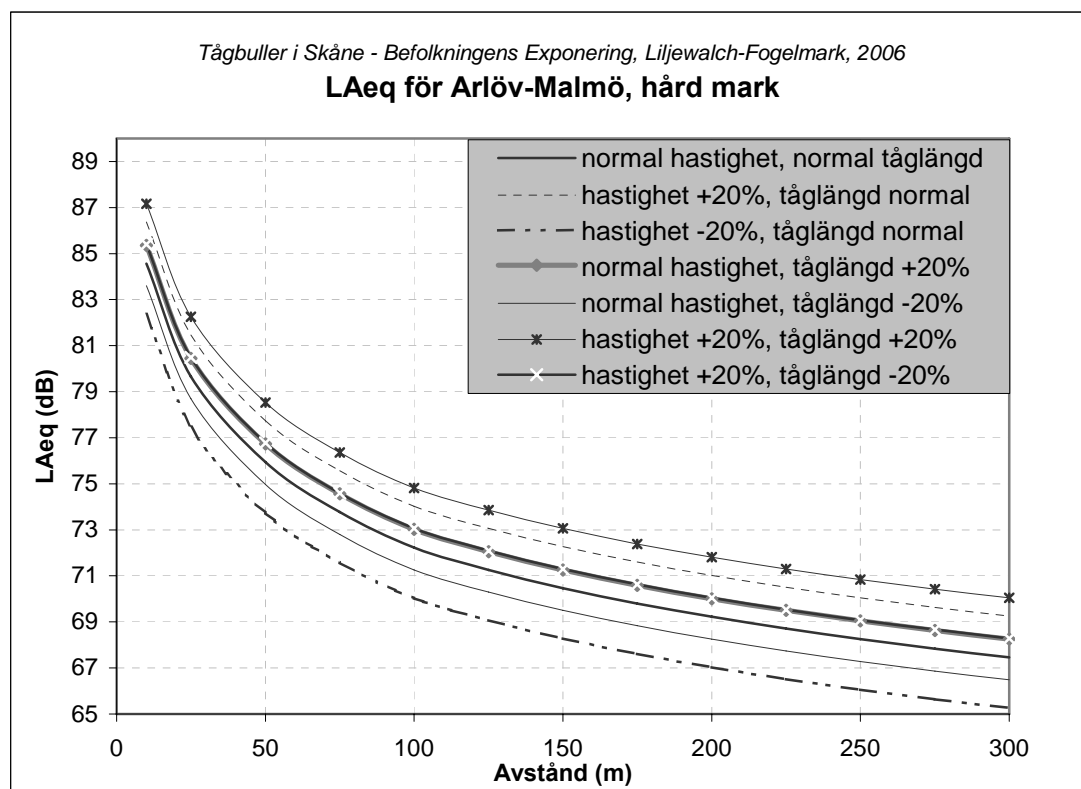
Figur 26. Illustration över markegenskapens betydelse för den ekvivalenta A-vägd ljudtrycksnivån vid viktad hastighet.

5.6 Resultat av felanalys / framtidsscenario

Vid kvantifiering av olika kombinationer av tåglängder samt tåg hastigheter för sträckan Arlöv-Malmö noterades att en ökad hastighet med minskad tåglängd ger samma dB-värde som oförändrad normal hastighet med tåglängdsökning, se *figur 27*. Hård mark valdes på grund av att denna genererar något högre decibel än mjuk. I *tabell 15* är ökningen/minskningen representerad i siffror. *Figur 27* visar effekten av ett fel på $\pm 20\%$ både för tåglängden och för hastigheten, då dessa värden är generaliseringar. I ett framtidsscenario kan man förvänta sig längre tåg och snabbare tåg, vilket man för en 20 % ökning kan utläsa i *figur 27*.

Tabell 15. Siffervärden som använts vid kvantifiering av förändrad trafiksituation för sträckan Arlöv-Malmö i figur 27. (Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

	Normal	20 % ökning	20 % minskning
HASTIGHET (km/h)	122	146	98
TÅGLÄNGD / DYGN (km)	94	113	75



Figur 27. Visualisering av hur förändrad hastighet och tåglängd påverkar den A-vägda ekvivalenta ljudtrycksnivån. Det förefaller som att en ökad hastighet med minskad tåglängd ger samma dB-värde som oförändrad normal hastighet med tåglängdsökning. Hård mark valdes på grund av att denna genererar något högre decibel än mjuk.

6. SLUTSATSER

- Generellt bör den verkliga ljudnivån vara lägre än de erhållna resultaten då programmet ej räknar med någon korrektion för skärmar, vallar m fl bulleråtgärder utefter järnvägen. Antagandet om antingen hård eller mjuk mark medför även att ljudnivån bör ligga lägre, åtminstone med avseende på hård mark vilken i princip förutsätter att marken mellan källa och mottagare är asfalterad. Detta är sällan eller aldrig fallet. Vidare antas topografisk platt mark, d v s ljudet kan utbreda sig fritt. Så är heller sällan fallet.
- Befolkningens exponering för tågbuller överstigande 40 dB(A) ekvivalent ljudnivå beräknas till ca 12 % vilket kan jämföras med den alarmerande höga siffran (46 %) som angetts av Albin *et al* (2003) i en projektrapport till Naturvårdsverket.
- Beroende av marktyp, mjuk eller hård, exponeras totalt ca 11 % av befolkningen för buller från tågtrafik *överstigande* 55 dB(A) och ca 12 % exponeras för maximala bullernivåer *överstigande* 70 dB(A).
- Mellan ca 60 000-80 000 beräknas vara exponerade för maximala bullernivåer i intervallet 86-90 dB(A), där det lägre antalet gäller för mjuka markförhållanden och det högre för hårda.
- Kommuner med högst *antal* exponerade för ekvivalent ljudtrycksnivå överstigande 55 dB(A) är Malmö (ca 25 500), Helsingborg (ca 20 100), Hässleholm (ca 13 500) samt Lund (ca 11 500).
- Kommuner med högst *andel* bullerexponerade är Perstorp (29 %), Hässleholm (28 %), Burlöv (24 %), Ystad (24%) och Höör (23 %).
- Sträckor med högst trafikintensitet, fler än 60 000 tågpassager per år, är: *Lund-Arlöv-Malmö, Hässleholm-Höör-Eslöv-Lund* samt *Kontinentalbanan delen Malmö-Fosieindustriby*.

7. FRAMTIDEN OCH FORTSATT ARBETE

- Fortsatt arbete bör inkludera data för hastighetsbegränsningar för tåglänkar. Tåg som stannar respektive ej stannar vid stationerna bör beaktas då de genererar olika bullervärden på olika hastigheter.
- Vid beräkning av exponeringstider för boende i närheten av bevakade järnvägs korsningar kan det vara av intresse att även ta med ”bonusljud” t ex signaler från bommar i samband med tågpassagerna, då dessa ljud kan bidra till störningen.
- Beräkning av L_{den} och L_{dn} (L_{night}) enligt EU:s direktiv om hantering och bedömning av omgivningsbuller (EU, 2002) kan läggas in i programmet för att ta fram bullerbelastningen för olika tider på dygnet. Önskvärt vore om uppgifter om när på dygnet godstrafiken belastar bannätet då dessa anses mer störande än persontågtrafiken.
- Eftersom buller inverkar på barns inlärningsförmåga kan man ta reda på om skolor ligger i de framtagna bullerzonerna samt ta reda på hur stora ljuddoser i minuter per dygn och olika bullermått (dB(A)) som skolbarnen exponeras för.
- Marktäckedata kan eventuellt användas för att förfina modellen med avseende på hård respektive mjuk mark.
- De inlagda testmåten, SEL och andel störda, bör utvärderas.

8. REFERENSER

Albin *et al.*, 2003. *Exponering för omgivningsbuller i Skåne: Omfattning och miljömedicinsk bedömning*. Underlagsrapport till länsstyrelsen i Skåne län, Dnr 721-2728-02Mn, Yrkes- och miljömedicinska kliniken, Universitetssjukhuset i Lund.

Ardö J, 2005. *Trafik, människor och miljö i Skåne – projektrapport till Naturvårdsverket*, kontrakt nr: 215 0413, GIS-CENTRUM, Lunds Universitet.

Ardö *et al.* 2006. *Traffic noise exposure estimation using GIS*. Abstract accepted for the *Spatial Epidemiology Conference*, London, UK 23-25 May 2006

Berglund B, Lindvall T, Nilsson M, 2002. *Inventering av kunskapsläget för störningsstudier av trafikbuller*. Rapport till naturvårdsverket 2002-04-26. (2005-11-15) <http://www.naturvardsverket.se/>

Banverket, 2005. *Banverkets miljörapport 2004 - järnväg och samhälle*, Miljösektionen rapport 2005:10, (daterad 2005-09-07).

Banverket, 2005b. *Fakta järnväg och miljö*. (2006-01-03) <http://www.banverket.se/>

Banverket, 2004. *Markanvändning i järnvägens närhet, version 2004-10-12*. (2006-01-03) <http://www.banverket.se/>

Banverket & Naturvårdsverket, 1997. *Buller och vibrationer från spårbunden linjetrafik. Policy och tillämpningar*. BVPO 724.001.

Banverket & Naturvårdsverket, 2002. *Buller och vibrationer från spårbunden linjetrafik. Riktlinjer och tillämpning*. Dnr.S02-4235/SA60

Carcopino J. 1961, *Dagligt liv I antikens Rom*, s. 56-59, Bokförlaget Prisma, Stockholm.

EU, 2004. *sammanfattning av Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EG, bedömning och hantering av buller*, senast ändrad 2004-07-07, (2006-02-07) <http://europa.eu.int/scadplus/leg/sv/lvb/l21180.htm>,

EU, 2002. *Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EG av den 25 juni 2002 om bedömning och hantering av omgivningsbuller*. Europeiska gemenskapens tidning 2002-07-18. (2005-11-14) <http://europa.eu.int/eur-lex/pri/sv/>

FriText Fysik, 2005. *Akustik*, (2005-12-23) <http://www.fritext.se/fysik/>

Göransson C., Jonasson J. 1995. *Väg och tågtrafikbuller- En översikt över olika fenomen*, Sveriges provnings och forskningsinstitut, Akustik. SP Rapport 1995:33.

Huber W., 2005. *ESRIs användarforum*, mailkontakt, (05-12-22). <http://forums.esri.com/Thread.asp?c=3&f=39&t=177528#523088>

Ingemansson Technology AB, 2003, *Bullerkartläggning i Lerums kommun*, Rapport 10-00398-r-A. Uppdragsrapport för Miljö- och hälsoskyddskontoret i Lerum. (2005-12-06) <http://www.lerum.se/>

Jönsson *et al.*, 2003. *Hälsorelaterad miljöövervakning - monitorering av befolkningens exponering, en metodutveckling för länsstyrelsen i Skåne*, Dnr.721-2728-02Mn, delrapport till Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket, 2000. *Naturmiljön i siffror*, Sveriges officiella statistik, ISBN: 91-618-1062-2, Statistiska centralbyrån publikationer, Örebro 2000.

NE, 2006. *aritmetiska medelvärden* (2006-02-02) <http://www.ne.se/>

Nilsson A., 2005. *Banverket information, uppdaterad 2005-03-02*, (2006-01-03) <http://www.banverket.se/>

NMT, 1999. *Buller från spårburen trafik, Nordisk beräkningsmodell (NMT)*. Naturvårdsverket och Banverket 1999/01, Rapport 4935. Stockholm. ISBN 91-620-4935-6.

Ollfors A., 2005. fil dr i latin och antikens kultur och samhällsliv, muntl. Telefonsamtal 2005-12-29.

Prop. 2000/01:130, *Svenska miljömål – delmål och åtgärdsprogram*, Regerings proposition (2005-11-15) <http://rixlex.riksdagen.se/>

Prop. 1997/98:145, *Svenska miljömål*, Riksdagens proposition, (2005-11-14) <http://rixlex.riksdagen.se/>

Prop. 1996/97:53, *Infrastrukturinriktning för framtida transporter*, Riksdagens proposition, (2005-11-14) <http://rixlex.riksdagen.se/>

ResPlus 2006, *Tågtider 8 januari – 17 juni 2006*, Förlags AB Sveriges kommunikationer, Stockholm.

Skärbäck E., 2005. Ekvivalentriktvärde och hälsoaspekten, PM daterat 2005-09-16.

Sköld G., 2005. muntlig samt mailkontakt. Sammanställt tågtrafikdata från Banverkets *fastslagna tågplan T05.2*, vilken hittas på: http://www.banverket.se/templates/StandardTtH____10867.asp

Socialstyrelsen, 2001, *Miljöhälsorapport 2001*, – Institutet för miljömedicin, Miljömedicin Stockholms läns landsting. ISBN-91-7201-4954, Modin Tryck, Stockholm 2001.

SOSFS 1996:7, *Socialstyrelsens allmänna råd om buller inomhus och höga ljudnivåer*, Socialstyrelsens författningssamling.

SOU 1993:65, *Handlingsplan mot buller*, Statens offentliga utredningar, (2005-12-09) <http://www.sou.gov.se/>

Specialpedagogiska institutet, 2005. *Hörselboken*, (2005-12-23) <http://www2.sit.se/>

Statistiska centralbyrån, 2005. *Sveriges officiella statistik*, (2005-11-14)
<http://www.scb.se/>

WHO, 2000, World Health Organization. *Guidelines for Community Noise*. Berglund B, Lindvall T, Schwela DH, Goh KT (redaktörer) Geneve 2000, (2005-11-17)
www.who.int

Kontakter

Eriksson Ingela, LMV, ingela.eriksson@lmv.se

Håkansson Kenneth, Södra banregionen, trafikdivisionen, tel. 040-20 20 60,
kenneth.hakansson@banverket.se

Nilsson Mats <mats.nilsson@psychology.su.se> mnn@psychology.su.se ,

Peterson Håkan, Södra banregionen, tel. 040-202934 (070-2923131)
hakan.petersson@banverket.se

Stenbacka Hans, marknad@banverket.se, inledande mailkontakt, förmedlade kontakt till Gunilla Sköld och Kenneth Håkansson.

Skärbäck Erik, Professor, Översiktlig planering, Department of Landscape Planning Alnarp. Tel. 046-40 415442, Erik.Skarback@lpal.slu.se (förmedlade kontakt till Håkan Petersson på banverket)

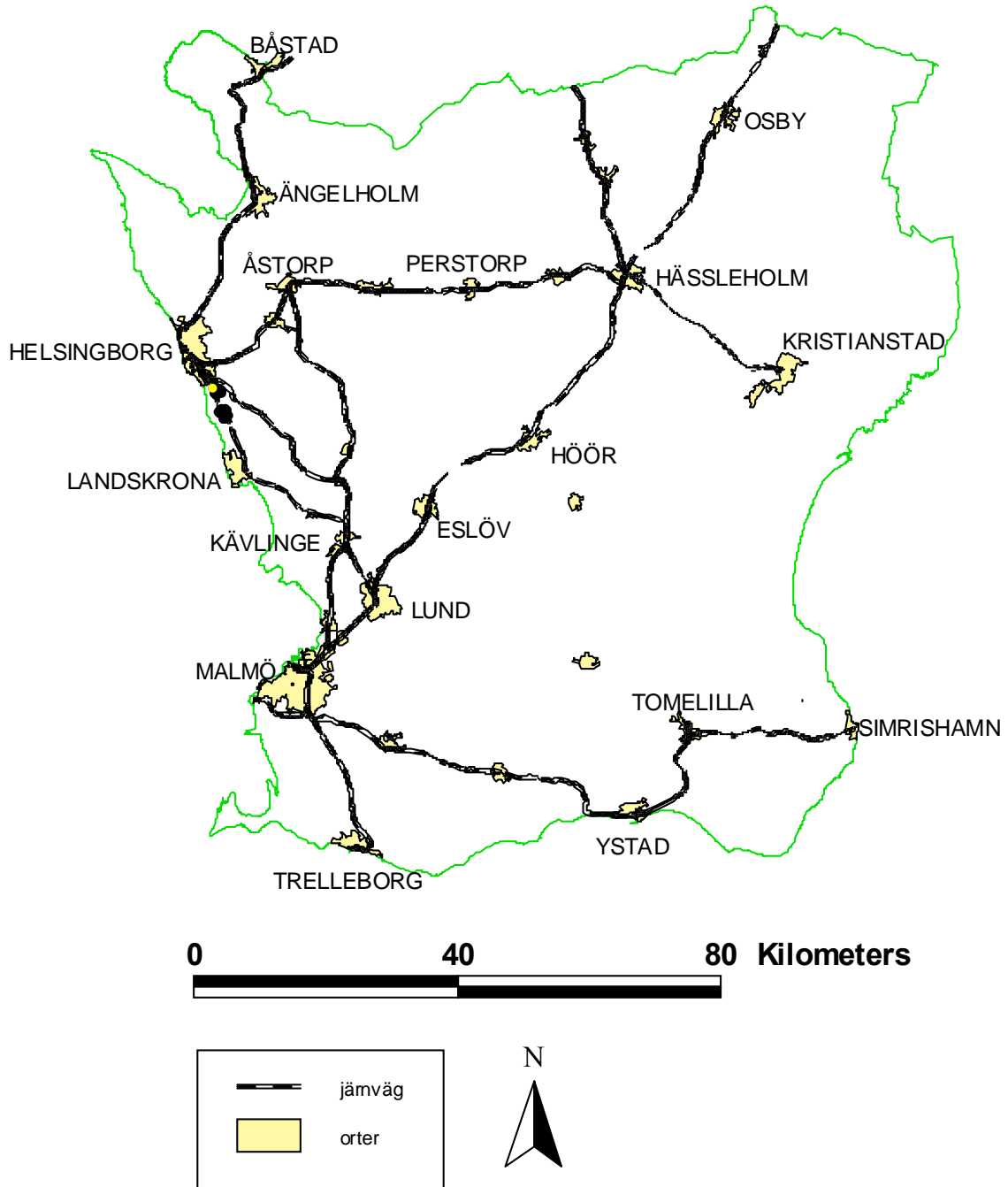
Sköld Gunilla, Södra banregionen, miljö och buller handläggare, tel. 040-202136,
gunilla.skold@banverket.se (erhöll data 2005-12-29)

Rådata från Banverket, 2005-12-29. (Tåguller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

59

STRÄCKA	ANTAL TÅG / 24h				MAXANTAL / h	HASTIGHET				TÅGLÄNGD / 24h	
	Gods-	Snabb-	Person-	Σ		Gods-	S-	Ø-	Rc+vagn	Påga-	Medelvärde
Hässleholm-Höör	59	32	56	147	1,8/1,5/3,5	100	200	160			41400
Höör-Eslöv	59	32	109	200	1,8/1,5/8	100	200	175		130	45475
Eslöv-Lund	63	32	109	204	2,7/1,5/8	100	200	175		130	47475
Lund-Arlöv	65	32	242	339	3,7/1,5/16,5	100	200	175		130	73375
Eldsberga-Ängelholm	11	0	28	39	0.1/0/2	100		180			8860
Ängelholm-Helsingborg	0	0	82	82	0/0/6			180		130	7725
Helsingborg-Kävlinge	0	0	54	54	0/0/4			180		130	4365
Kävlinge-Lund	0	0	84	84	0/0/5,5			175		130	7875
Ramlösa-Åstorp	14	0	52	66	0,6/0/4,5	100		130	130	130	11000
Åstorp-Kattarp	0	0	0	0	0/0/0						
Hässleholm-Åstorp	11	0	26	37	3/0/2	100		130	130	130	7550
Hässleholm-Kristianstad	5	0	55	60	0,5/0/4,5	100		160	140	130	8650
Arlöv-Malmö	106	32	242	380	3,7/1/17	100	130	130		130	93875
Malmö C (M)	0	32	356	388			70	70		70	53295
Kontinentalbanan, delen M-Fsb	46	4	173	223	3,1/0/10	100	200	175		130	42440
Fosieby-Peberholm	23	4	126	153	1,8/0/6,5	100	200	180			27280
Fosieby (Fsb)-Trelleborg	18	0	0	18	1,8/0/0	100					9000
Åstorp-Teckomatorp	3	0	0	3		70					1500
Kävlinge-Arlöv	12	0	0	12	0,1/0/0	100					6000
Teckomatorp-Kävlinge	9	0	30	39		100		140		130	7000
Helsingborg-Teckomatorp	6	0	30	36	0,5/0/2	100		140		130	5500
Teckomatorp-Eslöv	0	0	0	0	0						
Eldsberga-Hässleholm	12	6	2	20	0/0,5/0	100	130	130			7500
Ystadbanan	3	0	55	58	0/0/4,5	100		160		130	6085
Österlenbanan	0	0	24	24						130	1800

Skånes järnvägsnät



Projektion: RT90 2,5 gon V

Data: Inst. För Naturgeografi och Ekosystemanalys, Lunds universitet

Producent: Klara Liljewalch-Fogelmark

Produktions datum: 2006-03-03

© Lantmäteriverket Gävle 2006. Medgivande I 2006/0808.

Indata till skript för beräkning av buller från spårbunden trafik i Skåne. (Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

jvlänk	Stråk	Stracka	Antal/dygn	Hastighet(viktad)	Total length	Lref0	LMref0
5	2	Hässleholm-Höör	147	145	41400	80.9358	100.1682
6	2	Höör-Eslöv	200	145	45475	81.3426	100.1669
7	2	Eslöv-Lund	204	144	47475	81.4676	100.0786
8	2	Lund-Arlöv	339	147	73375	83.5817	100.3970
16	3	Eldsberga-Ängelholm	39	157	8860	75.1063	101.4030
17	3	Ängelholm-Helsingborg	82	155	7725	74.3518	101.1761
18	3	Helsingborg-Kävlinge	54	155	4365	71.8726	101.1761
22	3	Kävlinge-Lund	84	153	7875	74.2693	100.9395
4	13	Ramlösa-Åstorp	66	124	11000	73.5794	97.8869
3	13	Åstorp-Kattarp	0	0	0	0	0
2	13	Hässleholm-Åstorp	37	121	7550	71.7318	97.5831
1	13	Hässleholm-Kristianstad	60	140	8650	73.7839	99.6664
9	24	Arlöv-Malmö	380	122	93875	82.7241	97.6491
10	24	Malmö C (M)	388	70	53295	74.6267	89.6108
11	24	Kontinentalbanan, delen M-Fsb	223	143	42440	80.8940	99.9551
14	24	Fosieby-Peberholm	153	168	27280	80.6833	102.3908
12	26	Fosieby (Fsb)-Trelleborg	18	100	9000	70.5424	94.8000
23	26	Åstorp-Teckomatorp	3	70	1500	59.1207	89.6108
24	26	Kävlinge-Arlöv	12	100	6000	68.7815	94.8000
21	26	Teckomatorp-Kävlinge	39	127	7000	71.8842	98.2686
19	32	Helsingborg-Teckomatorp	36	129	5500	71.0157	98.5235
20	32	Teckomatorp-Eslöv	0	0	0	0	0
15	33	Eldsberga-Hässleholm	20	112	7500	70.9072	96.4488
13	90	Ystadbanan	58	143	6085	72.4696	99.9704
130	90	Österlenbanan	24	130	1800	66.2304	98.6171

Bilaga 4

AVENUE SKRIPT, PROGRAMKOD FÖR BERÄKNING AV TÅGBULLER I BULLERZONER KRING JÄRNVÄGEN

'Namn:Tag_buff.ave

'Skriptursprung: Magnus Svensson, Länsstyrelsen i Malmö

'Modifierat av Jonas Ardö, mars 2005, samt

'Klara Liljewalch-Fogelmark, examensarbetare november 2005- mars 2006 vid Institutionen för

'Naturgeografi och Ekosystemanalys, Lunds universitet

'Förklaring: Beräknar ekvivalent ljudnivå (LAeq), maximal ljudnivå med tidsvägning F (LAFmax),

'maximal ljudnivå som medelvärde över tåglängden (LAmxM), beräkningarna sker för både mjuk och

'hård mark samt för vissa bullermått även för el- respektive diseldrivna tåg. Enligt NMT (1999, rapport

'4935, Naturvårdsverket) förenklad handräkningsmetod.

'Syntax:

'Returnerar: Shapefil med bullervärde i buffrade intervall från spårmit i steg om 25 'meter.

'Testat mot motsvarande beräkningar i excel

'''bullerberäkningar_tåg_FORMLER.xls''

'Anropar: Skriptet kräver att tågtheme är aktiverat

'-----

' Denna del hämtar data från aktivt tema

theView=av.GetActiveDoc 'av=the ArcView application

theTheme=theView.GetActiveThemes.Get(0) '<object>.<request>

theVTab=theTheme.GetFTab 'Ftab=enVtab

ShapeField=theVTab.FindField("Shape")

HastighetField=theVTab.FindField("Hastighet")

JvlinkField=theVTab.FindField("Jvlink")

LREF0Field=theVTab.FindField("Lref0")

mref0Field=theVTab.FindField("Lmref0")

'TidField=theVTab.FindField("Tids") 'Tids=tid i sekunder per dygn

TagLField=theVTab.FindField("tåglängd per dygn")

nField=theVTab.FindField("Antal/dygn")

'skapar ett nytt shape-skikt

def=av.getProject.MakeFileName("jv_viktad","shp") 'döper ut-filen

tbl=FTab.MakeNew(def,Polygon)

if(tbl.HasError)then

if(tbl.HasLockError)then

MsgBox.Error("Unable to acquire Write Lock for file"+def.GetBaseName,"")

else

MsgBox.Error("Unable to create"+def.GetBaseName,"")

end 'avslutar inre if-satsen

return nil

end 'avslutar yttre if-satsen

buff=10

```
'skapar attributtavell med nya fält till "jv_viktad.shp"
fld=Field.Make("Id",#FIELD_DECIMAL,16,0) fld2=Field.Make("jvlink",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld3=Field.Make("buff",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld4=Field.Make("LAeq24_hard",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld5=Field.Make("LAeq24_mjuk",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld6=Field.Make("LAmxM_hard",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld7=Field.Make("LAmxM_mjuk",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld8=Field.Make("LAFmax_hard_E",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld9=Field.Make("LAFmax_hard_D",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld10=Field.Make("LAFmax_mjuk_E",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld11=Field.Make("LAFmax_mjuk_D",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld12=Field.Make("Minut_per_dygn",#FIELD_DECIMAL,16,0)
fld13=Field.Make("SEL(H)_per_dygn",#FIELD_DECIMAL,16,0) ' test
fld14=Field.Make("SEL(M)_per_dygn",#FIELD_DECIMAL,16,0) ' test
fld15=Field.Make("%Störda_H",#FIELD_DECIMAL,16,0) ' test
fld16=Field.Make("%Störda_M",#FIELD_DECIMAL,16,0) ' test
```

```
fld.SetVisible(FALSE)
```

```
'lägger till de skapade fälten till attributtavellen och skapar tabellen
tbl.AddFields({fld,fld2,fld3,fld4,fld5,fld6,fld7,fld8,fld9,fld10,fld11,fld12,fld13,fld14,fld15,fld16})
tbl.SetEditable(False)
OutTheme=FTheme.Make(tbl)
theView.AddTheme(OutTheme)
av.GetProject.SetModified(true)
```

```
OutVTab=OutTheme.GetFTab
OutVTab.SetEditable(true)
OutShapeField=OutVTab.FindField("Shape")
```

```
for each a in 0..500 by 25 'stegar med 25m inom intervallet
    a=avstånd
    for each rec in theVTab
        jvlink=theVTab.ReturnValue(Jvlinkfield,rec) 'visa järnvägsId för varje
        'avståndssegment och buffert
```

'---BERÄKNING och INHÄMTNING av utgångsvärde-----

```
n = theVTab.ReturnValue(nField,rec) 'hämtar antal tåg per dygn och sträcka
s = theVtab.ReturnValue(TagLField,rec) 'hämtar tåglängd(m)per dygn och sträcka
v = theVTab.ReturnValue(HastighetField,rec) 'hämtar hastighet km/h per sträcka
v_ms = ((v*1000)/3600) 'räkna om hastigheten km/h till m/s
Minut_per_dygn = ((s/v_ms)/60) 'räknar ut passagetid i min per dygn
Tid_sek = ((s/v_ms)/3600) 'används för beräkning av SEL, nedan
```

```
LREF0=theVTab.ReturnValue(LREF0field,rec) 'NMT s.33, formel 32
```

```
if (a = 0) then
    a = 1 'vilket innebär att buffert"1" är själva spåret
end 'avslutar if-satsen
```

'---BERÄKNING av avståndsdämpning (ljudnivåminskning) för mjuk mark----

' se NMT sid 47, formel 41....." $DL(100-300) = DL100 - 10\log(a/100)$ "

'OBS OBS OBS! Denna formel skrivs in med parenteser och multiplikationstecknet "*" enligt följande:

'...FORMELN: $DL100-(10*((a/100).\log(10)))$

DL100_mjuk = -12.5830 'excelark, fliken "spårbunden2"

DL_0_100_mjuk = (-5.6087 * (a.ln)) + 13.246 'excelark, fliken "spårbunden2"

DL_100_300_mjuk = DL100_mjuk - (10*((a/100).log(10))) 'NMT s.47, formel 41

if(a<99.9)then

DL_mjuk = ((-5.6087) * (a.ln)) + 13.246 'aNumber.LN

else

DL_mjuk = DL100_mjuk - (10*((a/100).log(10))) 'aNumber.LOG(aBase)

end 'avslutar if-satsen

'---BERÄKNING av ekvivalent A-vägd ljudnivå 24h, mjuk mark-----

LAeq24_mjuk = LREF0 + DL_mjuk 'NMT s.36, formel 36

'---BERÄKNING av markdämpning för hård mark, från fig HÅRD 1, s. 55 i 'NMT

DL100_hard = -10.2508 ' avståndsdämpning för hård mark
'då a=100m

DL_0_100_hard = ((-5.3585) * (a.ln)) + 14.426 'excelark, "spårbunden2"

DL_100_300_hard = DL100_hard - (10*((a/100).log(10))) 'NMT s.47, formel41

if(a<99.9)then

DL_hard = (-5.3585 * (a.ln)) + 14.426

else

DL_hard = DL100_hard - (10*((a/100).log(10))) 'NMT s.47, formel 41

end 'avslutar if-satsen

'---BERÄKNING av ekvivalent A-vägd ljudnivå 24h, LAeq24, hård mark -----

LAeq24_hard = LREF0 + DL_hard 'NMT s.36, formel 36

**'---BERÄKNING av Lmref0, = maximala A-vägda ekvivalenta ljudtrycksnivån
' i referens positionen -----**

Lmref0=theVTab.ReturnValue(Lmref0field,rec)

'...men går lika bra att skriva formeln direkt i skriptet, nedan

'Lmref0 = (33.5*((v).log(10))) + 27.8 'NMT s.34, formel 35

**'---BERÄKNING av LAmxM_mjuk, =högsta avvägda medelljudtrycksnivån för en tågpassage vid
mottagarpositionen vid mjuka markförhållanden-----**

LAmxM_mjuk = Lmref0 + DL_mjuk 'NMT s.44, formel 39

'---BERÄKNING av L_{AmaxM_hard},=högsta avvägda medelljudtrycksnivån för en tågpassage vid mottagarpositionen vid hårda markförhållanden -----

$$L_{AmaxM_hard} = L_{mref0} + DL_{hard}$$

'NMT s.44, formel 39

'---BERÄKNING av L_{AFmax_hard}, EL & DISELDRIVNA,

' A-vägda maximala ljudtrycksnivå med tidsavvägning F (fast) vid HÅRD

'MARK

dc=a ' dc motsvarar avståndet a

'ELDRIVNA.....NMT s. 44, formel 40

```
if(dc<99.9)then
  LAFmax_hard_E = ((LAmaxM_hard + 3) -((3*dc)/100))
else
  LAFmax_hard_E = LAmaxM_hard
end
```

'DISELDRIVNA.....NMT sid 44, formel 41

```
if(dc<199.9)then
  LAFmax_hard_D = ((LAmaxM_hard + 6) -((3*dc)/100))
else
  LAFmax_hard_D = LAmaxM_hard
end
```

'---BERÄKNING av L_{AFmax_mjuk}, EL & DISELDRIVNA,

' maximal ljudtrycksnivå med tidsavvägning F (fast) vid MJUK MARK--

'ELDRIVNA.....NMT sid 44, formel 40

```
if(dc<99.9)then
  LAFmax_mjuk_E = ((LAmaxM_mjuk + 3) -((3*dc)/100))
else
  LAFmax_mjuk_E = LAmaxM_mjuk
end
```

'DISELDRIVNA.....NMT sid 44, formel 41

```
if(dc<199.9)then
  LAFmax_mjuk_D = ((LAmaxM_mjuk + 6) -((3*dc)/100))
else
  LAFmax_mjuk_D = LAmaxM_mjuk
end
```

'---BERÄKNING av SEL (sound exposure level)-----TEST-----

'SEL = LA_{eq} + 10 log(Tid i sekunder), dB

SEL(H)_per_dygn = LA_{eq24_hard} + (10*((Tid_ sek).log(10))) 'hård mark

SEL(M)_per_dygn = LA_{eq24_mjuk} + (10*((Tid_ sek).log(10))) 'mjuk mark

'---BERÄKNING av %störda-----TEST-----'

k = 10 'konstant för ekvivalentnivån
%Störda_H = LAmaxM_hard + (k * ((n).log(10))) 'enl. SP RAPPORT 1995:33, s.62
%Störda_M = LAmaxM_mjuk + (k * ((n).log(10))) 'enl. SP RAPPORT 1995:33, s.62

'---BERÄKNING AV gränsvärde för ljudnivå i buffert-----'

'välj ett gränsvärde för LAeq24 som skall finnas i buffert

if((LAeq24_hard>=0)and(LAeq24_hard<250)and(a>1))then
buff=a
thisPoly=TheVTab.ReturnValue(ShapeField,rec)

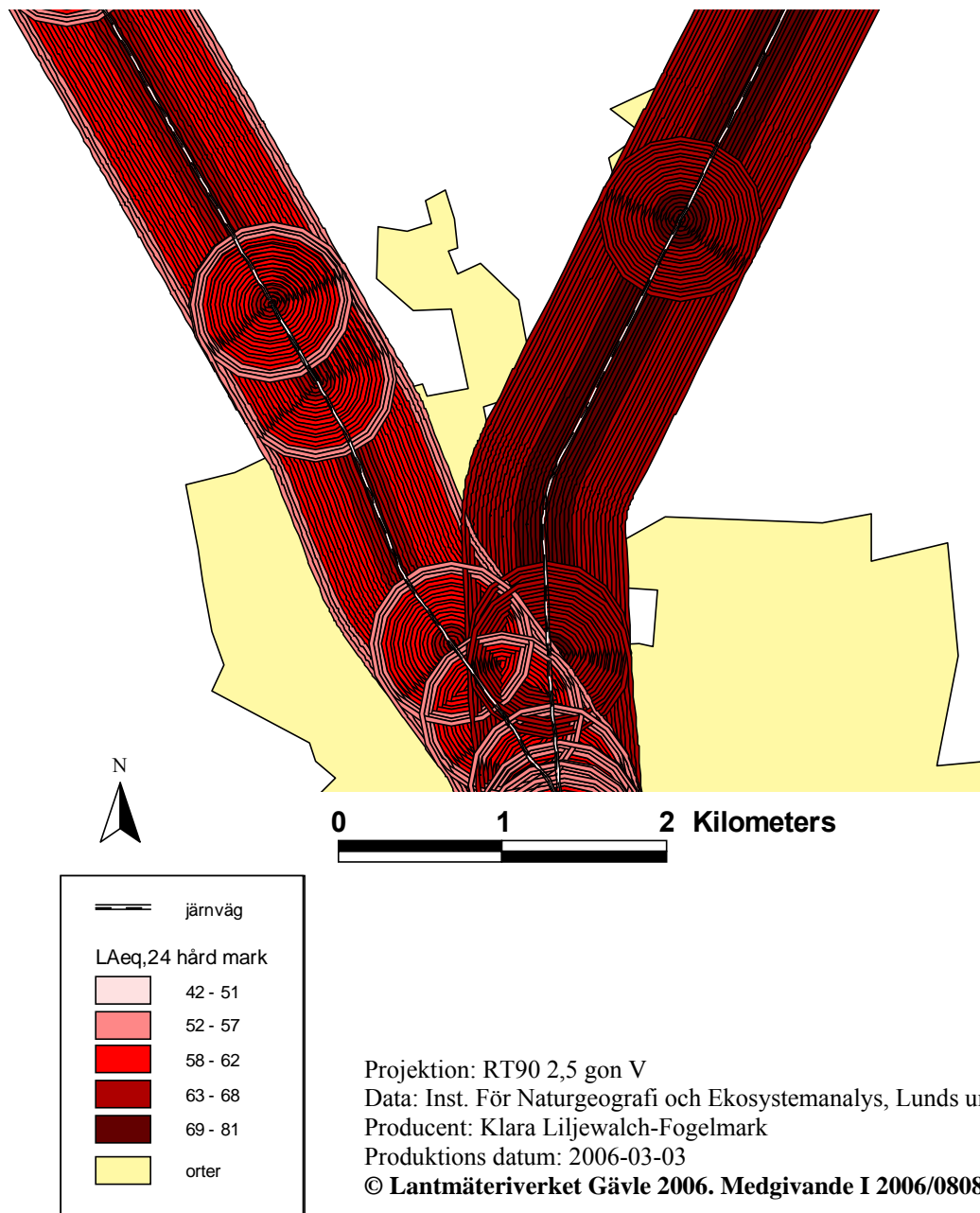
If(thisPoly.Is(Line))then
if(buff<50)then
NewPoly=PolyLine.Make({thisPoly}).ReturnBuffered(buff)
else
FullPoly=PolyLine.Make({thisPoly}).ReturnBuffered(buff)
SubPoly=PolyLine.Make({thisPoly}).ReturnBuffered(buff-25)
NewPoly=FullPoly.ReturnDifference(SubPoly)
end
else
if(buff<50)then
NewPoly=thisPoly.ReturnBuffered(buff)
else
FullPoly=thisPoly.ReturnBuffered(buff)
SubPoly=thisPoly.ReturnBuffered(buff-25)
NewPoly=FullPoly.ReturnDifference(SubPoly)
end
end

NewPolyRec=OutVTab.AddRecord
OutVTab.SetValue(OutShapeField,NewPolyRec,NewPoly)
OutVTab.SetValue(fld2,NewPolyRec,jvlink)
OutVTab.SetValue(fld3,NewPolyRec,buff)
OutVTab.SetValue(fld4,NewPolyRec,LAeq24_hard)
OutVTab.SetValue(fld5,NewPolyRec,LAeq24_mjuk)
OutVTab.SetValue(fld6,NewPolyRec,LAmaxM_hard)
OutVTab.SetValue(fld7,NewPolyRec,LAmaxM_mjuk)
OutVTab.SetValue(fld8,NewPolyRec,LAFmax_hard_E)
OutVTab.SetValue(fld9,NewPolyRec,LAFmax_hard_D)
OutVTab.SetValue(fld10,NewPolyRec,LAFmax_mjuk_E)
OutVTab.SetValue(fld11,NewPolyRec,LAFmax_mjuk_D)
OutVTab.SetValue(fld12,NewPolyRec,Minuter_per_dygn)
OutVTab.SetValue(fld13,NewPolyRec,SEL(H)_per_dygn)
OutVTab.SetValue(fld14,NewPolyRec,SEL(M)_per_dygn)
OutVTab.SetValue(fld15,NewPolyRec,%Störda_H)
OutVTab.SetValue(fld16,NewPolyRec,%Störda_M)

end
end

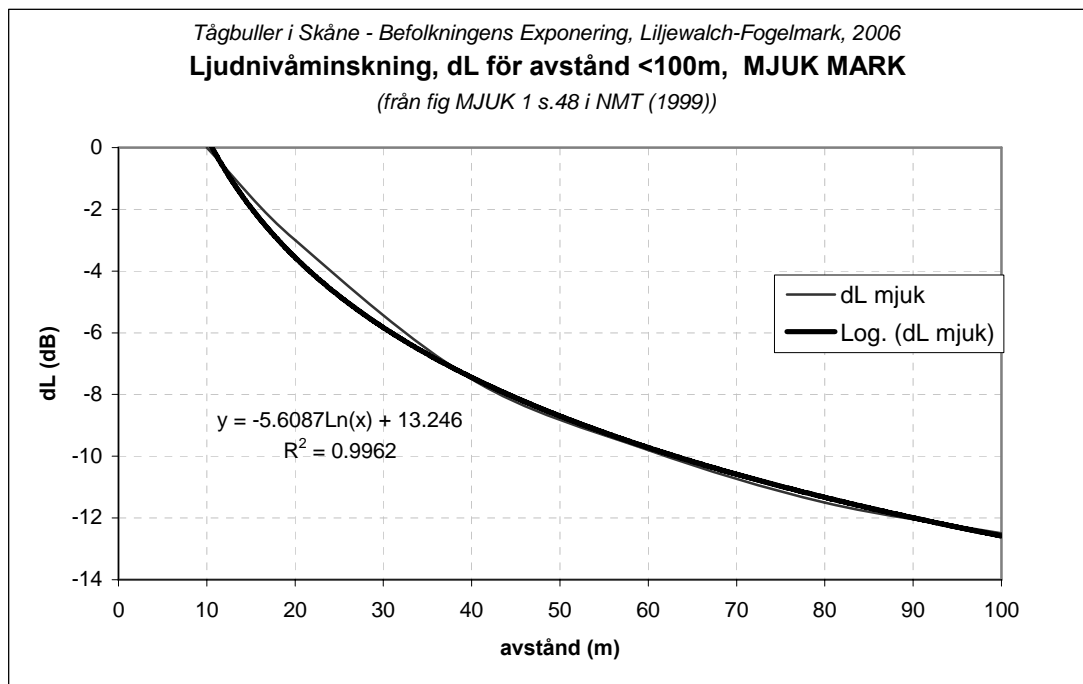
end 'avslutar loopen

Spår område, N Lund

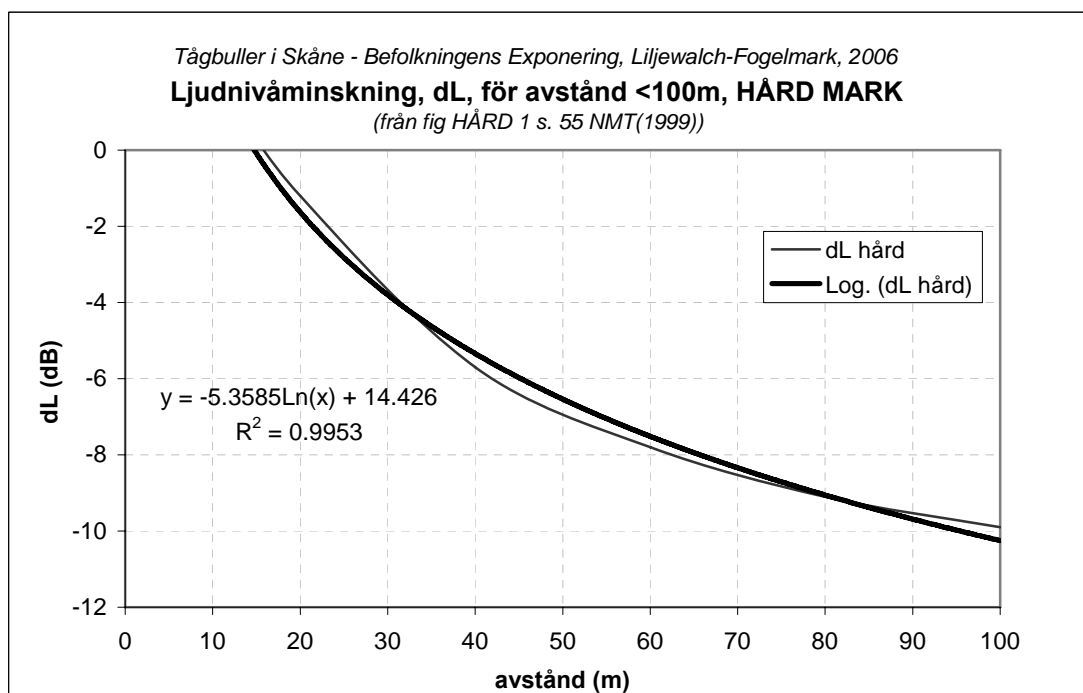


Vid plankorsningar, broar, tunnlar mm delas en järnvägslänk upp i mindre enheter varpå bullerzonerna bildar halvcirklar runt länkens ändrar. Då ett glapp mellan två dellänkar är litet bildas ett cirkelrunt mönster då de två ändarnas bullerzoner överlappar varandra. På bilden syns två järnvägslänkar med olika bullerbelastningar, det vänstra spåret går mellan Lund-Kävlinge och det högra mellan Lund-Eslöv.

Diagram för ljudnivåminskning



Figur A. Ljudnivåminskning (dL) för eldrivna tåg och beräkning vid mjuk mark. Trendlinjens ekvation visas på diagramytan.



Figur B. Ljudnivåminskning (dL) för eldrivna tåg och beräkning vid hård mark. Trendlinjens ekvation visas på diagramytan.

Tabell A-D. Statistik över hur många kvinnor och män i Skåne som exponeras för ekvivalent ljudtrycksnivå överstigande olika riktvärden. Observera att åldersklasserna ej är lika stora.

Tabell A. Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq24} , överstigande 45 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h). (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Total (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Total (h)
0-7	3 425	3 517	6 942	3 440	3 542	6 982
8-16	6 786	7 298	14 084	6 846	7 354	14 200
17-30	12 207	12 318	24 525	12 275	12 379	24 654
31-45	13 708	14 448	28 156	13 797	14 529	28 326
46-64	16 730	17 090	33 820	16 827	17 213	34 040
65-80	10 226	8 653	18 879	10 296	8 714	19 010
>80	6 883	3 700	10 583	6 912	3 726	10 638
Summa	69 965	67 024	136 989	70 393	67 457	137 850

Tabell B. Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq24} , överstigande 50 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h). (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Total (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Total (h)
0-7	3 359	3 477	6 836	3 411	3 499	6 910
8-16	6 682	7 195	13 877	6 750	7 259	14 009
17-30	12 046	12 166	24 212	12 166	12 267	24 433
31-45	13 517	14 224	27 741	13 644	14 372	28 016
46-64	16 464	16 821	33 285	16 642	16 998	33 640
65-80	10 031	8 489	18 520	10 174	8 599	18 773
>80	6 779	3 632	10 411	6 847	3 677	10 524
Summa	68 878	66 004	134 882	69 634	66 671	136 305

Tabell C. Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq24} , överstigande 55 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h). (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Total (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Total (h)
0-7	3 039	3 161	6 200	3 261	3 378	6 639
8-16	6 051	6 510	12 561	6 463	6 959	13 422
17-30	11 131	11 242	22 373	11 729	11 869	23 598
31-45	12 375	13 087	25 462	13 150	13 872	27 022
46-64	15 101	15 389	30 490	15 979	16 327	32 306
65-80	9 172	7 741	16 913	9 698	8 192	17 890
>80	6 124	3 295	9 419	6 590	3 532	10 122
Summa	62 993	60 425	123 418	66 870	64 129	130 999

Tabell D. Skånes befolknings exponering för ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq24} , överstigande 60 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h). (*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Total (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Total (h)
0-7	1 707	1 739	3 446	2 415	2 486	4 901
8-16	3 261	3 517	6 778	4 678	5 037	9 715
17-30	6 692	6 634	13 326	9 083	9 067	18 150
31-45	7 044	7 511	14 555	9 885	10 550	20 435
46-64	8 263	8 515	16 778	11 915	12 228	24 143
65-80	5 048	4 220	9 268	7 176	6 054	13 230
>80	3 407	1 821	5 228	4 686	2 496	7 182
Summa	35 422	33 957	69 379	49 838	47 918	97 756

Tabell A-F. Statistik över hur många män och kvinnor i Skåne som exponeras för maximala ljudtrycksnivå överstigande olika riktvärden. Observera att åldersklasserna ej är lika stora.

Tabell A. Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå med tidsvågning F, L_{AFmax} , överstigande 75 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h).
(*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Totalt (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Totalt (h)
0-7	3 452	3 558	7 010	3 452	3 558	7 010
8-16	6 887	7 393	14 280	6 887	7 393	14 280
17-30	12 306	12 417	24 723	12 306	12 417	24 723
31-45	13 858	14 599	28 457	13 858	14 599	28 457
46-64	16 875	17 269	34 144	16 875	17 269	34 144
65-80	10 333	8 741	19 074	10 333	8 741	19 074
>80	6 929	3 742	10 671	6 929	3 742	10 671
Summa	70 640	67 719	138 359	70 640	67 719	138 359

Tabell B. Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå med tidsvågning F, L_{AFmax} , överstigande 75 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h).
(*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Totalt (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Totalt (h)
0-7	3 385	3 477	6 862	3 452	3 558	7 010
8-16	6 756	7 276	14 032	6 887	7 393	14 280
17-30	12 091	12 221	24 312	12 306	12 417	24 723
31-45	13 520	14 205	27 725	13 858	14 599	28 457
46-64	16 557	16 934	33 491	16 875	17 269	34 144
65-80	10 153	8 581	18 734	10 333	8 741	19 074
>80	6 845	3 686	10 531	6 929	3 742	10 671
Summa	69 307	66 380	135 687	70 640	67 719	138 359

Tabell C. Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå med tidsvågning F, L_{AFmax} , överstigande 80 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h).
(*Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006*)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Totalt (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Totalt (h)
0-7	3 197	3 291	6 488	3 346	3 438	6 784
8-16	6 362	6 836	13 198	6 689	7 201	13 890
17-30	11 533	11 698	23 231	11 965	12 113	24 078
31-45	12 759	13 406	26 165	13 341	13 980	27 321
46-64	15 765	16 116	31 881	16 376	16 748	33 124
65-80	9 727	8 195	17 922	10 062	8 490	18 552
>80	6 522	3 522	10 044	6 792	3 657	10 449
Summa	65 865	63 064	128 929	68 571	65 627	134 198

Tabell D. Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå med tidsvägning F, L_{AFmax} , överstigande 85 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h).
(Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Totalt (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Totalt (h)
0-7	1 610	1 659	3 269	2 781	2 880	5 661
8-16	3 256	3 530	6 786	5 518	5 978	11 496
17-30	5 994	6 041	12 035	10 282	10 384	20 666
31-45	6 484	6 881	13 365	11 253	11 841	23 094
46-64	8 278	8 528	16 806	13 898	14 236	28 134
65-80	4 960	4 268	9 228	8 497	7 153	15 650
>80	3 096	1 755	4 851	5 682	3 061	8 743
Summa	33 678	32 662	66 340	57 911	55 533	113 444

Tabell E. Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå med tidsvägning F, L_{AFmax} , överstigande 90 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h).
(Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Totalt (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Totalt (h)
0-7	283	269	552	591	565	1 156
8-16	604	634	1 238	1 240	1 341	2 581
17-30	1 196	1 180	2 376	2 412	2 460	4 872
31-45	1 232	1 329	2 561	2 488	2 684	5 172
46-64	1 729	1 771	3 500	3 460	3 501	6 961
65-80	1 035	910	1 945	2 092	1 780	3 872
>80	689	396	1 085	1 347	791	2 138
Summa	6 768	6 489	13 257	13 630	13 122	26 752

Tabell F. Skånes befolknings exponering för maximal ljudnivå med tidsvägning F, L_{AFmax} , överstigande 95 dB(A) uppdelat på män och kvinnor för de olika marktyperna mjuk mark (m) och hård mark (h).
(Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

Åldersgrupp	Kvinnor (m)	Män (m)	Totalt (m)	Kvinnor (h)	Män (h)	Totalt (h)
0-7	34	30	64	134	101	235
8-16	77	62	139	250	270	520
17-30	104	106	210	442	425	867
31-45	126	153	279	468	537	1 005
46-64	143	176	319	667	711	1 378
65-80	69	81	150	391	369	760
>80	58	34	92	262	166	428
Summa	611	642	1 253	2 614	2 579	5 193

Beräknat antal och andel av befolkning per kommun i Skåne år 2003 som exponeras för ekvivalentnivå L_{Aeq24} över 55 dB(A) från tågtrafik. Beräkningen är genomförd för avståndintervallet 0-300 m från spårets mittlinje. (Tågbuller i Skåne - Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

Kommun	FOLKMÄNGD		EXPONERADE		
	2003	Antal hård mark	% hård mark	Antal mjuk mark	% mjuk mark
Svalöv	12 813	1 847	14.4	1 624	12.7
Staffanstorps	20 227	1 645	8.1	1 645	8.1
Burlöv	15 254	3 638	23.8	3 374	22.1
Vellinge	31 396	1 050	3.3	635	2.0
Bjuv	13 789	2 419	17.5	2 392	17.3
Kävlinge	25 529	4 390	17.2	3 578	14.0
Lomma	18 295	2 612	14.3	1 515	8.3
Svedala	18 244	1 464	8.0	1 464	8.0
Skurup	14 061	2 433	17.3	2 433	17.3
Höör	14 265	3 303	23.2	3 303	23.2
Tomelilla	12 516	1 622	13.0	674	5.4
Osby	12 677	2 464	19.4	2 464	19.4
Perstorp	6 800	1 957	28.8	1 876	27.6
Klippan	15 984	2 385	14.9	2 222	13.9
Åstorp	13 287	2 914	21.9	2 674	20.1
Båstad	14 094	2 445	17.3	2 445	17.3
Malmö	266 714	25 526	9.6	25 511	9.6
Lund	101 016	11 586	11.5	11 586	11.5
Landskrona	38 627	1 046	2.7	1 045	2.7
Helsingborg	120 108	20 131	16.8	19 880	16.6
Eslöv	29 332	4 965	16.9	4 965	16.9
Ystad	26 663	6 563	24.6	6 421	24.1
Trelleborg	39 081	4 053	10.4	2 708	6.9
Kristianstad	75 229	637	0.8	637	0.8
Simrishamn	19 483	942	4.8	328	1.7
Ängelholm	37 831	3 400	9.0	3 400	9.0
Hässleholm	48 747	13 562	27.8	12 619	25.9
Totalt	1152 679	130 999	11.4	123 418	10.7

Förhållandet mellan tåglängd, L_{Aeq24} samt tid i minuter per dygn och sträcka. Tiden redovisas för fyra olika trafiksituationer. Tiden avser hur många minuter per dygn som sträckan belastas av trafik, tiden förändras med den förändrade tåglängden. L_{Aeq24} ökar maximalt med 3 dB(A). Tåglängden avser dagens trafiksituation, 2006. Beräkningarna är gjorda för avståndet 25 m, hård mark samt viktade hastigheter enligt indata (bilaga 2). (Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)

Stracka	NORMAL			20% LÄNGRE TÅG		50% LÄNGRE TÅG		100% LÄNGRE TÅG	
	Tåglängd (km/24h)	Tid (min/24h)	L_{Aeq24} (dB)	Tid (min/24h)	L_{Aeq24} (dB)	Tid (min/24h)	L_{Aeq24} (dB)	Tid (min/24h)	L_{Aeq24} (dB)
Hässleholm-Höör	41.4	17	77.8	21	78.6	26	79.6	34	80.8
Höör-Eslöv	45.5	19	78.2	23	79	28	80	38	81.3
Eslöv-Lund	47.5	20	78.4	24	79.1	30	80.1	40	81.4
Lund-Arlöv	73.4	30	80.5	36	81.2	45	82.2	60	83.5
Eldsberga-Ängelholm	8.9	3	71.9	4	72.7	5	73.7	7	74.9
Ängelholm-Helsingborg	7.7	3	71.2	4	72	4	73	6	74.2
Helsingborg-Kävlinge	4.4	2	68.7	2	69.5	3	70.5	3	71.7
Kävlinge-Lund	7.9	3	71.2	4	72	5	72.9	6	74.2
Ramlösa-Åstorp	11.0	5	70.5	6	71.3	8	72.3	11	73.5
Åstorp-Kattarp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hässleholm-Åstorp	7.6	4	68.6	4	69.4	6	70.4	7	71.6
Hässleholm-Kristianstad	8.7	4	70.7	4	71.5	6	72.4	7	73.7
Arlöv-Malmö	93.9	46	79.7	56	80.5	69	81.4	93	82.7
Malmö C (M)	53.3	46	71.6	55	72.4	69	73.4	91	74.6
Kontinentalbanan, delen M-Fsb	42.4	18	77.8	21	78.6	27	79.6	36	80.8
Fosieby-Peberholm	27.3	10	77.5	12	78.3	15	79.3	19	80.5
Fosieby (Fsb)-Trelleborg	9.0	5	67.5	6	68.3	8	69.2	11	70.5
Åstorp-Teckomatorp	1.5	1	56.1	2	56.9	2	57.9	3	59.1
Kävlinge-Arlöv	6.0	4	65.7	4	66.5	5	67.5	7	68.7
Teckomatorp-Kävlinge	7.0	3	68.8	4	69.6	5	70.5	7	71.8
Helsingborg-Teckomatorp	5.5	3	67.9	3	65	4	69.7	5	70.9
Teckomatorp-Eslöv	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eldsberga-Hässleholm	7.5	4	67.8	5	68.6	6	69.6	8	70.8
Ystadbanan	6.1	3	69.4	3	70.2	4	71.1	5	72.4
Österlenbanan	1.8	1	63.1	1	63.9	1	64.9	2	66.1

Tabell över skillnaderna i oviktade- samt viktade hastigheter för samtliga sträckor. Antal tåg per dygn visar trafikbelastningen för respektive sträcka. De kursiverade sträckorna har använts för vidare utvärdering av bl a ekvivalent- samt maximal ljudnivå för olika trafiksituationer. Differenskolonnen visar skillnaden mellan den viktade hastigheten minus den oviktade. *(Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering, Liljewalch-Fogelmark, 2006)*

Sträcka	Antal/dygn	Hastighet (oviktad)	Hastighet (viktad)	Differens (viktad-oviktad)
Hässleholm-Höör	147	153	145	-9
Höör-Eslöv	200	151	145	-7
Eslöv-Lund	204	151	144	-8
Lund-Arlöv	339	151	147	-4
Eldsberga-Ängelholm	39	140	157	17
Ängelholm-Helsingborg	82	155	155	0
Helsingborg-Kävlinge	54	155	155	0
Kävlinge-Lund	84	153	153	0
Ramlösa-Åstorp	66	123	124	1
Åstorp-Kattarp	0	0	0	0
Hässleholm-Åstorp	37	123	121	-1
Hässleholm-Kristianstad	60	133	140	7
Arlöv-Malmö	380	123	122	-1
Malmö C (M)	388	70	70	0
Kontinentalbanan, delen M-Fsb	223	151	143	-9
Fosieby-Peberholm	153	160	168	8
Fosieby (Fsb)-Trelleborg	18	100	100	0
Åstorp-Teckomatorp	3	70	70	0
Kävlinge-Arlöv	12	100	100	0
Teckomatorp-Kävlinge	39	123	127	4
Helsingborg-Teckomatorp	36	123	129	6
Teckomatorp-Eslöv	0	0	0	0
Eldsberga-Hässleholm	20	120	112	-8
Ystadbanan	58	130	143	13
Österlenbanan	24	130	130	0

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serie startade 1985.

The reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden.
Report series started 1985.

79. Ullman, M., (2001): El Niño Southern Oscillation och dess atmosfäriska fjärrpåverkan.
80. Andersson, A., (2001): The wind climate of northwestern Europe in SWECLIM regional climate scenarios.
81. Laloo, D., (2001): Geografiska informationssystem för studier av polyaromatiska kolväten (PAH) – Undersökning av djupvariation i BO01-området, Västra hamnen, Malmö, samt utveckling av en matematisk formel för beräkning av PAH-koncentrationer från ett kontinuerligt utsläpp.
82. Almqvist, J., Fergéus, J., (2001): GIS-implementation in Sri Lanka. Part 1: GIS-applications in Hambantota district Sri Lanka : a case study. Part 2: GIS in socio-economic planning : a case study.
83. Berntsson, A., (2001): Modellering av reflektans från ett sockerbetsbestånd med hjälp av en strålningsmodell.
84. Umegård, J., (2001): Arctic aerosol and long-range transport.
85. Rosenberg, R., (2002): Tetratermmodellering och regressionsanalyser mellan topografi, tetraterm och tillväxt hos sitkagran och lärk – en studie i norra Island.
86. Håkansson, J., Kjörling, A., (2002): Uppskattning av mängden kol i trädform – en metodstudie.
87. Arvidsson, H., (2002): Coastal parallel sediment transport on the SE Australian inner shelf – A study of barrier morphodynamics.
88. Bemark, M., (2002): Köphultssjöns tillstånd och omgivningens påverkan.
89. Dahlberg, I., (2002): Rödlistade kärllväxter i Göteborgs innerstad – temporal och rumslig analys av rödlistade kärllväxter i Göteborgs artdataarkiv, ADA.
90. Poussart, J-N., (2002): Verification of Soil Carbon Sequestration - Uncertainties of Assessment Methods.
91. Jakubaschk, C., (2002): Acacia senegal, Soil Organic Carbon and Nitrogen Contents: A Study in North Kordofan, Sudan.
92. Lindqvist, S., (2002): Skattning av kväve i gran med hjälp av fjärranalys.
93. Göthe, A., (2002): Översvämningskartering av Vombs ängar.
94. Lööv, A., (2002): Igenväxning av Köphultsjö – bakomliggande orsaker och processer.
95. Axelsson, H., (2003): Sårbarhetskartering av bekämpningsmedels läckage till grundvattnet – Tillämpat på vattenskyddsområdet Ignaberga-Hässleholm.
96. Hedberg, M., Jönsson, L., (2003): Geografiska Informationssystem på Internet – En webbaserad GIS-applikation med kalknings- och försurningsinformation för Kronobergs län.
97. Svensson, J., (2003): Wind Throw Damages on Forests – Frequency and Associated Pressure Patterns 1961-1990 and in a Future Climate Scenario.

98. Stroh, E., (2003): Analys av fiskrättsförhållandena i Stockholms skärgård i relation till känsliga områden samt fysisk störning.
99. Bäckstrand, K., (2004): The dynamics of non-methane hydrocarbons and other trace gas fluxes on a subarctic mire in northern Sweden.
100. Hahn, K., (2004): Termohalin cirkulation i Nordatlanten.
101. Lina Möllerström (2004): Modelling soil temperature & soil water availability in semi-arid Sudan: validation and testing.
102. Setterby, Y., (2004): Igenväxande hagmarkers förekomst och tillstånd i Västra Götaland.
103. Edlundh, L., (2004): Utveckling av en metodik för att med hjälp av lagerföljdsdata och geografiska informationssystem (GIS) modellera och rekonstruera våtmarker i Skåne.
104. Schubert, P., (2004): Cultivation potential in Hambantota district, Sri Lanka
105. Brage, T., (2004): Kvalitetskontroll av servicedatabasen Sisyla
106. Sjöström, M., (2004): Investigating Vegetation Changes in the African Sahel 1982-2002: A Comparative Analysis Using Landsat, MODIS and AVHRR Remote Sensing Data
107. Danilovic, A., Stenqvist, M., (2004): Naturlig föryngring av skog
108. Materia, S., (2004): Forests acting as a carbon source: analysis of two possible causes for Norunda forest site
109. Hinderson, T., (2004): Analysing environmental change in semi-arid areas in Kordofan, Sudan
110. Andersson, J., (2004): Skånska småvatten nu och då - jämförelse mellan 1940, 1980 och 2000-talet
111. Tränk, L., (2005): Kadmium i skånska vattendrag – en metodstudie i föroreningsmodellering.
112. Nilsson, E., Svensson, A.-K., (2005): Agro-Ecological Assessment of Phonxay District, Luang Phrabang Province, Lao PDR. A Minor Field Study.
113. Svensson, S., (2005): Snowcover dynamics and plant phenology extraction using digital camera images and its relation to CO₂ fluxes at Stordalen mire, Northern Sweden.
114. Barth, P. von., (2005): Småvatten då och nu. En förändringsstudie av småvatten och deras kväveretentionsförmåga.
115. Areskoug, M., (2005): Planering av dagsutflykter på Island med nätverkanalys
116. Lund, M., (2005): Winter dynamics of the greenhouse gas exchange in a natural bog.
117. Persson, E., (2005): Effect of leaf optical properties on remote sensing of leaf area index in deciduous forest.
118. Mjöfors, K., (2005): How does elevated atmospheric CO₂ concentration affect vegetation productivity?
119. Tollebäck, E., (2005): Modellering av kväveavskiljningen under fyra år i en anlagd våtmark på Lilla Böslid, Halland
120. Isacsson, C., (2005): Empiriska samband mellan fältdata och satellitdata – för olika bokskogområden i södra Sverige.
121. Bergström, D., Malmros, C., (2005): Finding potential sites for small-scale Hydro Power in Uganda: a step to assist the rural electrification by the use of GIS

122. Magnusson, A., (2005): Kartering av skogsskador hos bok och ek i södra Sverige med hjälp av satellitdata.
123. Levallius, J., (2005): Green roofs on municipal buildings in Lund – Modeling potential environmental benefits.
124. Florén, K., Ohlsson, M., (2006): Glacifluviala avlagrings- och erosionsformer sydöstra Skåne- en sedimentologisk och geomorfologisk undersökning.
125. Liljewalch-Fogelmark, K., (2006): Tågbuller i Skåne – Befolkningens Exponering