



Svensk Teknikutveckling AB

AKUSTIK

HANDLÄGGARE
Norbert Fichter

DATUM
2016-11-26

REVIDERAD
2017-01-12

RAPPORTNUMMER
AK 16090373-2

Beställare: Sigma Civil AB
Att: Mikael Yngvesson
Rådhusgatan 2 C
903 28 Umeå

Objekt: Boo Gård

BULLERUTREDNING

\\Norb\IT\2016\AK 16090373 Boo Gård\6 Rapport\16090373-2.docx



| | |
|--|-----------|
| 1. SAMMANFATTNING | 3 |
| 2. AKUSTISKA BEGREPP | 3 |
| 2.1 NÅGRA LJUDBEGREPP | 3 |
| 2.2 LJUDTRYCKSNIVÅ | 4 |
| 2.3 FREKVENSNIVÅ | 4 |
| 2.4 ÖRA | 5 |
| 2.5 BULLER | 5 |
| 3. LJUDUTBREDNING | 6 |
| 3.1 METEOROLOGIS INVERKAN PÅ LJUDUTBREDNING | 6 |
| 3.1.1 Regnets inverkan | 7 |
| 3.1.2 Snöns dämningseffekt | 8 |
| 3.1.3 Växternas bullerreducerande förmåga | 8 |
| 3.1.4 Växternas inverkan på vår uppfattning av ljud | 8 |
| 3.2 BULLERREGN | 9 |
| 4. RIKTVÄRDEN, LAGAR OCH FÖRESKRIFTER | 9 |
| 4.1 MILJÖBALKEN MB 1998:808 | 10 |
| 4.2 FÖRORDNING OM OMGIVNINGSBULLER | 10 |
| 4.3 FÖRORDNING OM TRAFIKBULLER VID BOSTADSBYGGNADER” (SFS: 2015:216) | 11 |
| 4.4 NATURVÅRDSVERKETS RIKTVÄRDEN FÖR EXTERN INDUSTRIBULLER | 11 |
| 5. UNDERLAG | 11 |
| 6. BERÄKNINGSMODELL | 12 |
| 6.1 DEN NORDISKA BERÄKNINGSMODELLEN | 12 |
| 7. BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNING | 13 |
| 7.1 BERÄKNINGSMETOD | 13 |
| 7.2 KARTOR | 13 |
| 7.3 MÄTNINGAR | 14 |
| 8. RESULTAT | 14 |
| 8.1 OSÄKERHET | 14 |
| 8.2 BERÄKNINGSRESULTAT | 14 |
| 8.3 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR | 15 |
| 8.3.1 Nybyggd sporthall | 15 |
| 8.3.2 Skärm | 15 |
| 8.4 LJUDUPPLEVELSE | 16 |
| 8.4.1 Bullervallens påverkan | 16 |
| 8.4.2 Psykologiska effekter | 17 |
| 8.5 LJUDUPPFATTBARHET | 17 |
| 9. BAKGRUNDSNIVÅ | 17 |
| 9.1 HUSENS LJUDDÄMPADE SIDA | 18 |
| 10. SLUTSATSER | 18 |
| 11. KOSTNADER | 19 |

1. Sammanfattning

STU AB har på uppdrag av Sigma genomfört en utredning beträffande bullerspridning från Boovallens fotbollsverksamheter till de närläggna bostadsfasaderna. Med underlag av egna bakgrundsmätningar – vi genomförde mätningar på bakgrundbuller – samt underlag av SWECO's bullerberäkning genomfördes egna beräkningar för att få klarhet om bullerspridningens effekter vid fotbollsevenemang.

Resultatet av utredningen har bedömts utifrån Naturvårdsverkets riktlinjer gällande värden för maximalt tillåtet industribuller på kvällar och helger.

Våra beräkningsresultat överskrider i likhet med tidigare beräkningar (se SWECO rapport 2131043000, dat 2014-12-19) de krav som ställs både gällande träning och matcher. Anledningen är att sportfälten ligger i en "gryta" medan de omgivande husen är något upphöjda. Bullret sprider sig förhållandevis ostört till omkringliggande hus. Dessutom ligger samtliga bostäder relativt nära sportfälten.

I sin rapport har SWECO som åtgärd föreslagit bullerskärmar med en höjd mellan 6 till 10 m för att få ekvivalentnivåer under 45 dBA. Vi tycker att en 10 m hög bullerskärm är en för extrem åtgärd inte minst med tanke på de enorma belastningar dessa skärmar utsätts för även vid måttlig vindstyrka. Helst av allt skulle vi slippa ljudskärmar med tanke på omgivningens lantliga karaktär, men med tanke på beräkningsresultaten och samtal med boende i området som tycket att fotbollen på helgerna är störande, så föreslår vi följande: En 2 m hög bullervall av jordmassa med en påbyggd 3 m hög ljudskärm av underhållsfritt plank. Den totala höjden blir således 5 m. Visserligen överskrider man fortfarande riktlinjerna i vissa fall (Kadettvägen 10, Jungmansvägen 3) med några dBA men med tanke på att bullerregnet nästan aldrig kommer under $L_{A\text{ equ}} 48$ dBA borde man kunna göra avsteg från kravnivån. En ytterligare åtgärd ska vara att man bygger en sporthall norr om sportfältet B1 som skärmar av en del av ljudet mot Kadettvägen, varför vi kan räkna med en ekvivalentnivå på $L_{A\text{ equ}} \leq 48$ dBA.

Man bör dock planera matcher och träningstillfällen så att bullerstörning som berör omgivningen begränsas genom att verksamheten så långt som möjligt förläggs till mindre störningskänslig tid. Då verksamhet kvällstid, lördagar, söndagar och helgdagar medför större störning i områden med boende bör förutom att ett lägre riktvärde tillämpas under dessa tider, även en lämplig begränsning av verksamhetstiden gälla.

2. Akustiska begrepp

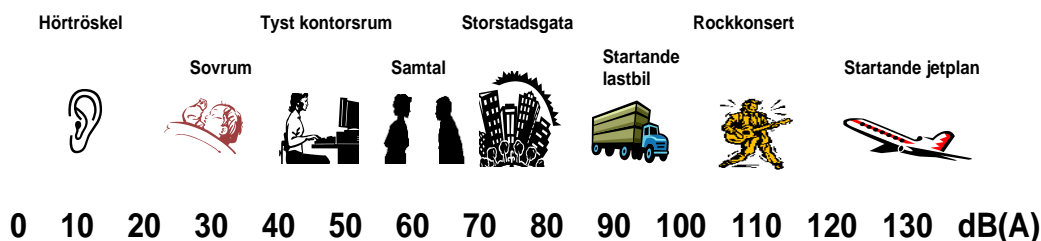
Ljud är mycket små tryckvariationer i luften som kan mätas i enheten Pascal (Pa) eller Newton per kvadratmeter (N/m^2). Tryckvågorna kan skapas av en vibrerande yta, t.ex. ett högtalarmembran, en pulserande luftström, ett avgasrör eller en snabb förbränning som i en explosion. De utbreder sig med en hastighet av ca 340 m/s och blir svagare när de utbreder sig i en större luftvolym.

2.1 Några ljudbegrepp

Buller mäts oftast i decibel A, dB A, där A står för att mätetalet anpassats till hur människor uppfattar ljud med olika frekvens (tonhöjd). Enheten dB A är sådan att en sänkning/ökning

med 8-10 dB A oftast upplevs som en halvering/fördubbling av bullerstyrkan. Den minsta förändring som normalt kan uppfattas är 2-3 dB A.

En viss uppfattning om bullernivåer fås av följande värden:



Figur 1 Exempel på ljudnivåstyrka

2.2 Ljudtrycksnivå

Ljudtrycksnivåns variation i tiden kan generellt beskrivas som stationärt kontinuerligt, intermittert eller impulsljud. Kontinuerligt ljud har små variationer i nivå till skillnad från intermittert ljud som varierar i nivå under tiden. Ljudet upplevs som det är närvarande hela tiden utan tysta pauser. Exempel på ett kontinuerligt ljud är ljudet från en fläkt eller ljud från en avlägsen och kraftigt trafikerad gata. Intermittert ljud uppträder med regelbundna eller oregelbundna tidsintervall, t.ex. ljudet från enstaka fordon på en gata eller en maskin som startar och stoppar. Impulsljud karakteriseras av att det är "plötsligt", dvs. det har en kort stigtid och kort varaktighet, t.ex. skottljud eller ljud från pålning.

2.3 Frekvens

Ett ljuds frekvens är antalet tryckvariationer per sekund och mäts i enheten Hertz (Hz). Hörbara ljud ligger inom frekvensintervallet 20-20 000 Hz. Ljud med högre frekvenser kallas ultraljud och ljud med frekvenser under 16 Hz kallas infraljud. Med lågfrekvent ljud avses ljud med dominerande frekvensspektra mellan 16 och 200 Hz. Ljud som domineras av energistarka frekvenser under 16 Hz upplevs som vibrationer och skakningar och kan också under vissa förhållanden höras. Lågfrekvent ljud kan uppfattas på mycket stora avstånd från källan p.g.a. att bullret inte dämpas av olika hinder på samma sätt som övrigt buller. Av ett ljud som färdats över en lång sträcka återstår därför bara ljudet i de lägsta frekvenserna. Åskan kan t.ex. höras som ett pistolskott på nära håll och ett muller på avstånd.

De flesta ljud i vår omgivning är sammansatta av olika frekvenser med olika ljudnivåer. Ett ljuds spektrum beskriver fördelningen av ljudnivån i olika frekvenser. För att bestämma frekvensspektrum görs en frekvensanalys där ljudtrycksnivån för varje enskild frekvens bestäms. Frekvensspektrum kan bestämmas med en s.k. oktavbandsanalys där varje frekvensband är en oktav bred. För mer detaljerad information kan tersband, 1/3 oktav, eller smalbandsanalys göras.

Det mänskliga hörselsinnet kan uppfatta tryckvariationer från 20 μ Pa till 20 Pa (1 miljon gånger starkare). På grund av denna stora spännvidd är det opraktiskt att mäta ljudtryck i enheten Pa. Man använder istället den logaritmiska enheten decibel (dB) där 0 dB svarar mot hörröskeln, dvs. det svagaste ljud en normal hörande person kan uppfatta vid 1 000 Hz.

2.4 Öra

Örat är mest känsligt vid frekvenserna 2 000-4 000 Hz och mindre känsligt för högre respektive lägre frekvenser. Normal hörtröskelnivå över hela det hörbara frekvensområdet har standardiserats (ISO CD 226-1) och anger de lägsta nivåer en genomsnittlig ung person kan höra. Avvikelser från denna normala hörtröskelnivå kan förekomma beroende på ålder och andra individuella skillnader.

Ljudnivåmätningar görs ofta med standardiserade vägningsfilter för att efterlikna människoörats känslighet. Det mest använda filtret kallas A-filter, vilket ger en kraftig dämpning av lågfrekvent buller. Ljud uppmätt med detta vägningsfilter ges enheten dBA. Ljud mätta utan vägningsfilter ges enheten dB linjär (dBlin). Andra standardiserade filter är B- och C-filtren.

För att avgöra om ett buller är lågfrekvent kan en första översiktlig kontroll vara att jämföra dBC- och dBA-nivån. Är skillnaden större än 15-20 dB kan bullret anses vara lågfrekvent. Detta tillvägagångssätt kan användas när dBA-nivån är högre än ca 30 dBA. Vid lägre nivåer bör man tolka en sådan skillnad med försiktighet.

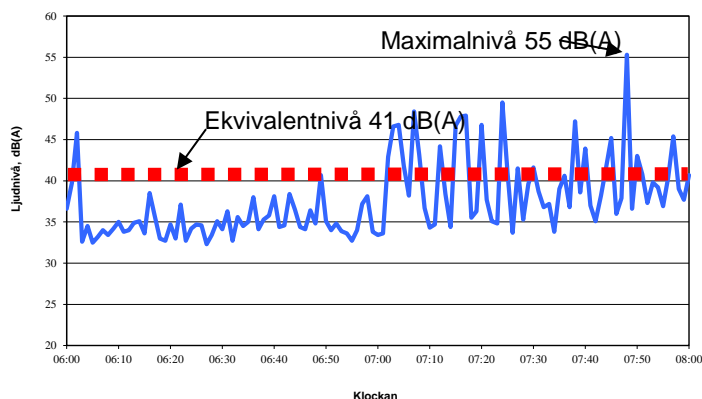
2.5 Buller

Buller i miljön har oftast mycket komplexa förlopp över tiden och kan därför sällan beskrivas med ett enkelt mått eller mätetal. En fysikalisk metod att kvantifiera ett ljud är att bilda logaritmiskt medelvärde av ljudnivån under en viss tid. Detta mått kallas ekvivalent ljudnivå och mäts i regel i enheten dBA under en viss mättid. Ekvivalentnivåvärdet ger ingen information om ljudnivåns variation under mätperioden. Nivåvärdet kan skrivas som $L_{Aeq,T}$ där L_A avser A-vägd ljudtrycksnivå. $L_{Aeq,T}$ avser A-vägd likvärdigt (ekvivalent) ljudtrycksnivå under mätperioden T. Dygnekvivalent ljudnivå skrivs t. ex. som $L_{Aeq,24 h}$.

Därför beskriver man bullret enligt följande formel:

$$L_{A,eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_{A(t)}^2}{p_0^2} dt \quad (1)$$

Ljud kan spridas som luftljud då ljudet fortplantas i luft, men det kan också spridas genom vibrationer i fastigheter, som stomljud, t.ex. genom högtalare som är fast förbundna med byggnadsstommen.



Figur 2 exempel på skillnaden mellan ekvivalentnivå och bullerfluktuationer

I Sverige används den A-vägda ekvivalentnivån beräknat på ett dygn, $L_{Aeq, 24}$ där tiden 24 timmar inte alltid anges och beräknas enligt:

$$L_{Aeq,24} = 10 * \log \left[\frac{1}{24} (t_d * 10^{0,1L_d} + t_k * 10^{0,1L_k} + t_n * 10^{0,1L_n}) \right] \quad (2)$$

där: L_i = ekvivalentnivå för tidsperioden i,
d,k,n= dag, kväll, natt
 t_i = tidsperioden i

I Europa använder man ett bullerdirektiv med måtten L_{DEN} (day-evening-night) I L_{DEN} lägger man till 5 dBA på kvällen och 10 dBA på natten enligt följande:

$$L_{DEN} = 10 * \log \left[\frac{1}{24} (12 * 10^{0,1L_D} + 4 * 10^{0,1(L_E+5)} + 8 * 10^{0,1(L_N+10)}) \right] \quad (3)$$

Där gäller värdena för ett helt års dygnsvariationer. I Sverige har man valt att dela in dygnet mellan kl 06-18, kväll 18-22, natt 22-06.

3. Ljudutbredning

Om luftmassan över ljudkällan är helt ostörd, kommer ljudet att utbreda sig sfäriskt, som ett expanderande halvklot. Om det blåser kommer lufthastigheten att öka med avstånd från marken och ljudet böjs då av mot marken. Ljudet kommer att förstärkas t.ex. i lä om en ljudkälla och dämpas på vindsidan. Om man har stora temperaturskiftningar (om det är varmast vid marken och temperaturen faller med höjden), som under en fin sommardag, kommer ljudet att böjas bort från marken och det blir tystare i omgivningen. Om en s.k. temperaturintervention inträffar (det är kallare mot marken och varmare med höjden, som vid klara nätter), böjs ljudet av mot marken, så att ljudet hörs på stora avstånd, även bakom skärmar.

3.1 Meteorologins inverkan på ljudutbredning

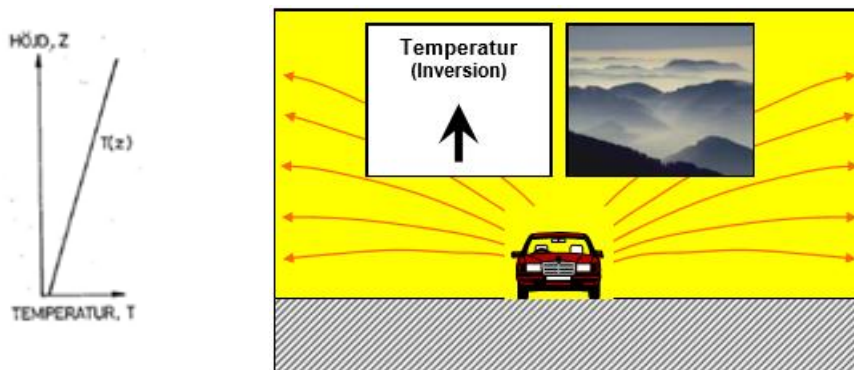
Ljud har möjlighet att fortplanta sig snabbare i högre temperaturer eftersom molekylerna i mediet då har större rörelse och därmed bättre kontakt med varandra. Även vid högre fuktighet transporteras ljudet snabbare. Genom härledning med hjälp av ideala gaslagen fås följande samband för ljudets hastighet i luft:

$$c = \sqrt{k * \frac{R * T}{M}} \text{ m/s} \quad (4)$$

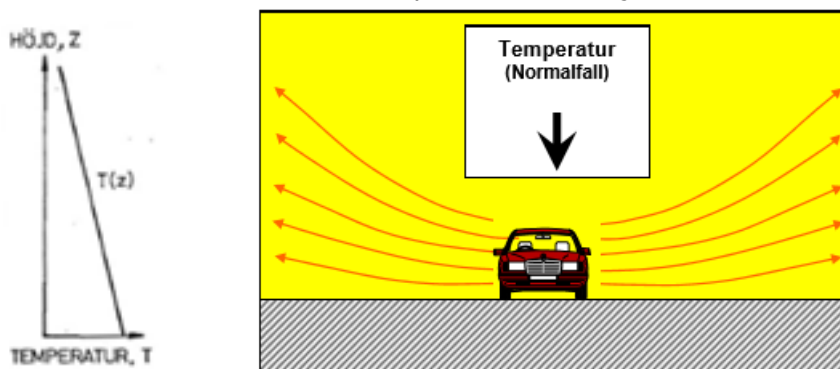
där
k = adiabat exponent $\approx 1,42$ för torr luft
T = Mediets temperatur i K
R = Universell gaskonstant J/mol*K
M = Molmassa i medeltal kg/mol

När en ljudvåg når en förändring i temperatur, fuktighet eller vind sker en så kallad refraktion vilket innebär att ljudstrålen böjs av. Temperaturskillnader har större påverkan på refraktion än vad luftfuktighet har. Om temperaturen ökar med höjden, vilket den ofta gör

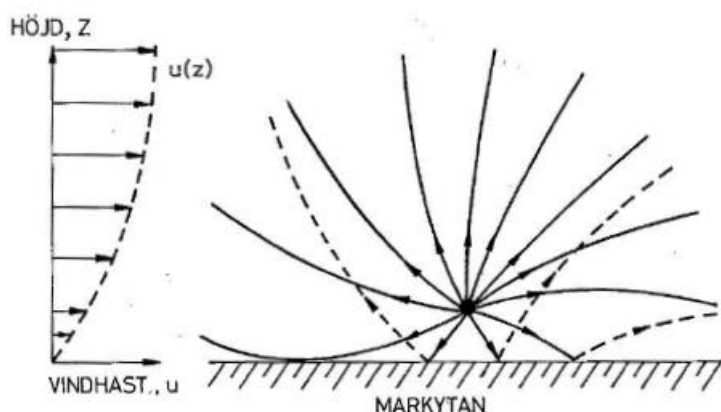
natttid, böjs ljudstrålen av nedåt. Om temperaturen avtar med höjden, vilket den ofta gör under soliga dagar, böjs ljudet av uppåt.



Figur 3. Inversion vid ökande temperatur med höjden



Figur 4. Normalfall. Högre temperatur på marknivå-avtagande i höjdnivå



Figur 5. Vindens inverkan på ljudutbredning. I medvind böjs ljudet av nedåt och i motvind böjs det av uppåt.

3.1.1 Regnets inverkan

Regnvåta vägar leder också till- om än liten- ökning av ljudnivån. Det sker samtidigt under påverkan av bullerspektrum, alltså en förändring av frekvensen. Enligt tidigare

undersökningar har man kunnat konstatera en markant ökning av bulleremission i synnerhet i frekvensområdet ovanför 3000 Hz. Den totala ljudnivån i dB (A) ökar dock endast marginellt.

3.1.2 *Snöns dämpningseffekt*

Snö minskar bullret. Snön absorberar ljudet i framför allt frekvenser ovanför 2000 Hz, samtidigt som snövallar kan fungera som bullerskärmar. Det kalla vädret kan dock ge upphov till inversion som kan öka bullernivåerna med runt 4 dB. Däck med dubb ger 4 dB högre buller.

3.1.3 *Växternas bullerreducerande förmåga*

Det har genom tidigare experiment och studier visats att ljud kan reduceras på tre olika sätt med hjälp av vegetation. Dels kan ljud reflekteras och spridas via växters stammar, grenar och löv, dels kan det absorberas genom att ljudvågor som träffar växterna omvandlas till mekaniska vibrationer vilket ger en omvandling från ljudenergi till värmeenergi. Den tredje mekanismen beror av underlaget som växterna placeras på. Växter så som träd skapar ett akustiskt sett mjukt underlag genom att rötter tränger in i jorden och löv faller till marken, vilket gör underlaget poröst och bättre på att absorbera ljud.

Spridningen av ljud från bladverk och stammar har visat mest effektiv dämpning av högfrekvent ljud. En viktig faktor för effektiv upptagning av ljud är bladens yta och dess vinkel mot ljudkällan. Bladytan har större påverkan på ljudet än växtens art. Till skillnad från bladverk och stammar har det mjuka underlaget bättre effekt för dämpning av låga frekvenser. Oftast kan växternas underlag vara bullerdämpande men inte själva stammarna eller bladverken, med avseende på total ljudtrycksnivå. Om trädstammar växer i bälten om 10-15 m bredd kan dock effekt från dessa fås.

Växter har möjlighet att påverka rådande mikroklimat vilket i sin tur påverkar ljudutbredningen. Bland annat kan växtlighet som träd påverka vindprofiler på olika sätt, exempelvis genom att ge ett vindskydd som minskar bullerutbredningen bakom träden. Dock kan också motsatt effekt uppstå. Mätningar har visat att vindhastigheten ovan träd är märkbart högre jämfört med nere i skogen. Detta kan ha negativ inverkan på ljudet bakom träden då refraction kan göra att ljudet böjs av nedåt i vinden varför ljudtrycksnivån bakom träden ökar. Växter kan även påverka luftfuktighet och temperatur, bland annat genom evaporation/transpiration och skuggning, som i sin tur påverkar ljudutbredningen.

Det har gjorts förhållandevis få studier kring hur buller kan dämpas med hjälp av vegetation och de studier som gjorts visar varierande resultat. Det är svårt att undersöka växternas förmåga att dämpa ljud i städer eftersom faktorer så som rumslig dimension på gaturum samt växtens form och placering i förhållande till ljudkällan får stor betydelse i sammanhanget.

3.1.4 *Växternas inverkan på vår uppfattning av ljud*

Träd, häckar, rabatter och gräsmattor återfinns i dagens läge i alla svenska städer. Det är dock gröna tak, vertikala trädgårdar samt skärmande objekt täckta med växter som har störst potential att verka bullerdämpande i städer. Eftersom de växer i mjuka substrat finns god möjlighet att skapa absorberande ytor och minska reflektioner från stadens hårda ytor. Ur bullersynpunkt är det då fördelaktigt att så mycket som möjligt av en vägg täcks av substrat.

Den allmänna uppfattningen hos landskapsarkitekter är att växter kan bidra med visuell maskering av ljud genom att ta uppmärksamheten från det faktiska ljudet. Genom att införa positivt uppfattade ljud i stadsmiljö, exempelvis vindprassel i trädkronor, kan negativt

uppfattat buller maskeras. Detta styrks av flera studier (i Stockholm med 500 boende där 369 hade tillgång till en tyst sida på bostaden). Studierna visade att flertalet av de boende oberoende av tillgång till tyst sida kände sig mindre störda av buller om de hade nära tillgång till grönområden.

Man har även undersökt hur uppfattningen av ljud förändras när växtlighet osynliggör ljudkällan. Slutsatsen var att lyssnare var mer känsliga för ljud då källan syntes. Detta var oberoende av hur växtligheten såg ut och så länge ljudkällan inte syntes upplevdes ljudet som lägre. Man fann vid en enkätstudie att 90 % av de tillfrågade ansåg att växtlighet kunde bidra till att minska buller och 55 % av de tillfrågade överskattade växternas förmåga att faktiskt minska bullret. De gjorde även känslomässiga tester med ett elektroencefalogram (EEG) och fann att växtlighet kunde ge en psykologisk bullerreducering.

3.2 Bullerregn

En mycket speciell form av ljudutbredning är den som sker på mycket stora avstånd. Detta kallas för bullerregnet. Ljudutbredningen börjar i princip enligt ovan. Bullerskärmar, bebyggelser eller terräng har dock då ingen större inverkan på ljudutbredningen. Beteckningen "bullerregn" förklarar att ljudet faller ner likt ett regn. Ljudnivån blir då lika hög på byggnadernas alla sidor.

Detta fenomen gör att man har i de flesta storstäder inte en möjlighet att utan speciella åtgärder få lägre bullernivåer än $L_{A, equ} 50$ dBA.

Det är dels med denna anledning som vi mäter så nära källan som möjligt.

4. Riktvärden, lagar och föreskrifter

I mars 1997 antog riksdagen propositionen 1996/97:53, "Infrastrukturinriktning för framtida transporter". Propositionen redovisar riktvärden för trafikbuller, som normalt inte bör överskridas vid nybyggnad av bostadsbebyggelse eller vid nybyggnad alternativt väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur. Följande nivåer fastställdes som ekvivalentnivå inom- som utomhus.

- 30 dBA ekvivalentnivå inomhus.
- 45 dBA maximalnivå inomhus nattetid.
- 55 dBA ekvivalentnivå utomhus.
- 70 dBA maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad.

Dessa riktvärden är inte rättsligt bindande, utan är endast vägledande. Vid nybyggnation ska dessa värden följas så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. Om det ej går att uppnå utomhusvärden ska man sträva efter att uppfylla kraven för inomhusmiljön.

Till dessa riktvärden anger Boverket definitionerna i tabell 1 (Boverket, 2008). Det tas stor hänsyn till vad som är tekniskt och ekonomiskt möjligt vid åtgärder av trafikinfrastruktur, vilket gör att riktvärden utomhus inte alltid kan uppfyllas. Två avsteg från riktvärdena kan göras; 45 dBA maximal ljudnivå inomhus får överskridas fem gånger per natt och 70 dBA maximal ljudnivå vid uteplats i anslutning till bostad får överskridas max fem gånger per timme.

Tabell 1

| Riktvärde | Definition |
|---|--|
| 30 dBA ekvivalentnivå inomhus | Avser beräknad dygnsekvivalent ljudtrycksnivå. Gäller för ett trafikårsmedeldygn i alla bostadsrum. Uteluftdonen ska vara öppna och fönster stängda. |
| 45 dBA maximal ljudnivå inomhus nattetid | Värdet får inte överstigas med mer än 10 dBA fler än fem gånger per natt. Instrumentet ska vara inställt på tidsvägning F och med natt avses klockan 22.00–06.00. Nivån avser beräknad ljudtrycksnivå från den fordonstypen som bullrar mest och gäller för en trafikårsmedelnatt. |
| 55 dBA ekvivalentnivå utomhus | Gäller frifältsvärde där ingen hänsyn är tagen till eventuell fasadreflektion. Ekvivalentnivån avser beräknad dygnsekvivalent ljudtrycksnivå för ett trafikårsmedeldygn. |
| 70 dBA maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad | Även detta gäller frifältsvärde utan hänsyn till fasadreflektion. Med värdet avses beräknad nivå från den mest bullrande fordonstypen under ett årsmedeldygn. Instrumentet ska vara inställt på tidsvägning F. |

Av infrastrukturpropositionen 2012/13:25 som kom 2012 framgår att riktvärden som redovisats i 1996/97:53 även i fortsättning bör vara vägledande i planeringssammanhang.

4.1 Miljöbalken MB 1998:808

Bullefrågor behandlas i miljöbalken i följande avsnitt:

2 kap. Allmänna hänsynsregler.

2 § *Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall skaffa sig den kunskap som behövs med hänsyn till verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning för att skydda människors hälsa och miljö mot skada eller olägenhet.*

3 § *Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.*

4.2 Förordning om omgivningsbuller

Direktivet om omgivningsbuller 2002/49/EG har införts i den svenska lagstiftningen genom "Förordningen om omgivningsbuller". Den inledande paragrafen lyder:

1 § *Genom kartläggning av omgivningsbuller samt upprättande och fastställande av åtgärdsprogram skall det eftersträvas att omgivningsbuller inte medför skadliga effekter på människors hälsa.*

Kommuner med fler än 100 000 invånare samt större statliga vägar, järnvägar och flygplatser omfattas av förordningen och ska därmed kartlägga buller, utarbeta åtgärdsprogram samt informera allmänheten om arbetet.

4.3 **Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggnader” (SFS: 2015:216)**

År 2015 antogs nya regler gällande buller vid nybyggnation av bostäder, ”Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggnader” (SFS: 2015:216). Nu gäller att den ekvivalenta ljudnivån vid uteplats anslutande till bostaden inte får överskrida 50 dBA samt att fasadvärdet för bostäder under 35 m² inte får överskrida 60 dBA. De nybyggda bostäderna måste ha minst två rum där maximalnivån 70 dBA aldrig överstigs mellan kl. 22-06 vid fasaden. Om det inte går bör nivån inte överstigas med mer än 10 dBA fem gånger per timme mellan kl. 22-06. Naturvårdsverket har den övergripande samordnande rollen för bullerfrågor i Sverige och ansvarar för vägledning kring omgivningsbuller. Respektive kommun har sedan ansvar för att ta fram bullerkartläggningar för omgivningsbullret i kommunen, vilket ska göras vart femte år för kommuner med över 100 000 invånare. Kommuner med färre invånare än 100 000 innefattas inte i förordningen utan deras bullerreglering utgår från de mindre strikta allmänna hänsynsreglerna som återfinns i Miljöbalken. Trafikverket ansvarar för kartläggning av buller från vägar med över tre miljoner fordon per år samt för järnvägs- och flygbuller.

4.4 **Naturvårdsverkets riktvärden för extern industribuller**

Vid bedömning av buller från idrottsplatser brukar Naturvårdsverkets riktvärden för industribuller tillämpas, se Tabell 2. Om ljudet innehåller ofta återkommande impulser såsom vid nitningsarbete, slag i transportörer, lossning av järnskrot etc. eller innehåller hörbara tonkomponenter eller bådadera ska man använda ett värde som är 5 dBA-enheter lägre än vad som anges i tabellen. I nedanstående bedömning har vi ej tillämpat skärpta krav enligt ovan – trots att det kan anses tillämpligt då toner kan höras från visselpipor samt impulsljud från studsande bollar – då vi anser att dessa ”impulsljud” per automatik kopplas till fotbollsspel och inte upplevs som en fränkopplad ljudstörning. Det är dock upp till beslutande myndighet att besluta om sådana krav skall tillämpas i detta fall.

Följande riktvärden bör enligt NFS 2004:15 tillämpas vid bedömning av bullerbegränsning vid byggplatser. Värdena för ekvivalent ljudnivå (L_{Aeq}) är angivna som frifältsvärden under dag, kväll respektive natt. För permanentbostäder, fritidshus och vårdlokaler anges även ett värde för maximal ljudnivå (tidsvägning; Fast) (L_{AFmax}) nattetid under tiden 22-07.

5. **Underlag**

Följande underlag har använts:

- Underlag 141219-Bilaaga 1, 2 och 3
- Rapport 2131043000 SWECO
- Kartor på området
- propositionen 1996/97:53.
- Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggnader” SFS: 2015:216
- NFS 2004:15

Tabell 2. Naturvårdsverkets riktvärden för industrier.

Tabell 1. Högsta ljudnivå från industri/annan verksamhet. Frifältsvärde utomhus vid bostadsfasad.

| | L_{eq} dag (06–18) | L_{eq} kväll (18–22) | L_{eq} natt (22–06) |
|---|---|---------------------------|--------------------------|
| | Lördagar, söndagar och helgdagar L_{eq} dag + kväll (06–22) | | |
| Zon A* Bostadsbyggnader bör kunna accepteras upp till angivna nivåer. | 50 dBA | 45 dBA | 45 dBA |
| Zon B Bostadsbyggnader bör kunna accepteras förutsatt att tillgång till ljud-dämpad sida finns och att byggnaderna bullerangepassas. | 60 dBA | 55 dBA | 50 dBA |
| Zon C Bostadsbyggnader bör inte accepteras. | >60 dBA | >55 dBA | >50 dBA |

*För buller från värmepumpar, kylaggregat, ventilation och liknande yttre installationer gäller värdena enligt tabell 2.

6. Beräkningsmodell

6.1 Den nordiska beräkningsmodellen

Den nordiska beräkningsmodellen är framtagen av Naturvårdsverket, Trafikverket och Nordiska ministerrådet. Modellen reviderades senast år 1996 men har varit i bruk även 20 år tidigare än så. Modellen kan beräkna vägtrafikbullernivåer uttryckt som ekvivalent kontinuerlig ljudtrycksnivå (L_{Aeq}) och som maximal ljudtrycksnivå (L_{AFmax}), båda mätta i dBA. Den är begränsad till avstånd på 300 m och från ingen till måttlig medvind (0-3 m/s), men fungerar dock bäst vid en vind under 2 m/s (Naturvårdsverket et al., 1996).

I modellen behandlas vägar som linjekällor och modellberäkningarna sker uppdelade i delsträckor. Beräkningarna består av fem steg som i slutändan summeras enligt (Ibid):

$$L_{Aeq} \text{ och } L_{AFmax} = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4 + \Delta L_5 \quad (5)$$

Stegen är lika både för den ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån och för den maximala ljudtrycksnivån.

□ L_1 – Utgångsvärde

I det första steget beräknas ett utgångsvärde vilket är värdet 10 m från mitten av en rak och plan väg. Indata är den verkliga medelhastigheten på vägen alternativt skyltad hastighet samt antalet fordon som delas in i lätta och tunga (över 3,5 ton).

□ ΔL_2 – Korrektion för avståndsdämpning

Det här steget korrigerar för andra avstånd än 10 m från vägens mitt, vilket är nödvändigt eftersom ljudtrycksnivån dämpas med avståndet. Indata är avståndet till vägens mittlinje samt höjdskillnaden mellan mottagarpunkten och vägen. Ljudkällan, i detta fall bilmotorerna, antas ligga på 0,5 m höjd över vägen. Följden av steget blir att det för varje fördubbling av avståndet ges en korrektion på -3 dB.

□ ΔL_3 – Korrektion för mark- och skärmdämpning

Det här steget korrigerar för dämpning från mark och skärmar. Markens hård- eller mjukhet är en av parametrarna. Till hård mark räknas betong, asfalt och övriga ljudreflekterande material. Ytterligare indata är vägbanans höjd, mottagarens höjd i förhållande till vägen och omgivande mark samt skärmars läge och höjd.

□ ΔL_4 – Övriga korrektioner

Här görs korrektioner för ytterligare avvikelser från antagandena i de tre första stegen. Korrektionerna kan vara för bland annat tjocka skärmar, stigning, kort avstånd till vägen, reflektion från enstaka ytor och multipelreflexer.

□ ΔL_5 – Fasadkorrektion

Slutligen kan en korrektion för trafikbuller som faller in mot fasader och påverkar ljudtrycksnivån inomhus göras. Detta steg beror av ett trafikbullerreduktionstal i fält (som uppskattas ur laboratoriemätningar), arean på rummets yttervägg och rummets ljudabsorptionsarea.

Modellen tar dock inte hänsyn till några meteorologiska faktorer förutom vind. Är dock den rådande vindhastigheten inte mellan 0-3 m/s uppstår osäkerheter även med avseende på vinden. I övrigt tar modellen inte hänsyn till vägbeläggningar och dubbdäck och den är även känslig för små variationer i indata vilket kan påverka resultatet.

Det har påvisats problem att med hjälp av modellen beräkna dämpning från växtlighet. Svårigheterna har bestått i att skilja på grästäckt mark och vegetation. På grund den osäkerheten tas vegetationsdämpning inte med i modellen, trots att vegetation kan ha en dämpande effekt. Det finns dock ett dämpningstillskott som kan adderas till den beräknade ljudnivån. Dämpningstillskottet för tät buskvegetation på ett djup av minst 5 m kan bli 2 dB och tillskottet om planteringens djup är minst 50 m kan uppgå till mellan 3-6 dB. För att kunna använda tillskottet krävs det att det är vintergröna växter som planterats (Naturvårdsverket).

7. Beräkningsförutsättning

7.1 Beräkningsmetod

Beräkningar har genomförts OTL-Terrain 2.0 och OTL Barrier. Den nordiska beräkningsmodellen har lagts till grund för beräkningarna. Jämförelse har gjorts med CadnA 2014.

7.2 Kartor

Som kartunderlag till beräkningar har ett utdrag från primärkartan från Nacka kommun erhållits. Kartan innehåller byggnadskonturer och en höjdsatt terrängmodell.

7.3 Mätningar

Mätningar på bakgrundsbuller har genomförts under tiden 2016-09-27 till 2016-11-23.

8. Resultat

Vi har använt oss av samma indatamängd och ljudeffektsvärden som SWECO. Resultatet från dessa beräkningar redovisas i tabellform nedan. Vi har tagit hänsyn till de mest bullerutsatta fastigheter.

8.1 Osäkerhet

Varje mätning, och därmed även beräkning, döljer en viss osäkerhet som består av många tillfälliga systematiska fel. Anledningen varför man måste dras med en viss osäkerhet hittas bl.a. i mätapparater, kalibreringsfel, väderförhållanden, markpåverkan etc. I och med att man före varje mätning kalibrerar mätinstrumentet och kontrollerar efter mätningarna att kalibreringen är kvar, samt genom en autostor-process lagrar mätvärdena, hålls dessa systematiska mätfel på en låg nivå. Mätfelen är i och för sig okända eftersom de ingår i mätresultatet.

För de enskilda mätförfaranden griper man till ett verktyg som kallas "Jämförelsestandardavvikelse" σ_R . Denna standardavvikelse innehåller samtliga icke bestämbara felkällor som vid en normerad reproducerbar (jämförbar) mätning uppträda kan. Med hjälp av detta verktyg kan man således bestämma inom vilka nivå- och frekvensintervaller en bestämd bullerkälla emitterar buller. Då är det således oberoende av vilka personer som genomför mätningarna. Standardavvikelsen kan beräknas enligt:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_k^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2} \quad (6)$$

i = osäkerhet från instrument
k = bidrag från bullervariation
m = bidrag från vädret
r = bidrag från reflexer o dyl.

Den sammanlagda osäkerheten uppskattas till:

$$\delta = 1,65\sigma \quad (7)$$

Detta resulterar i en osäkerhet för mätningen (och eftersom mätningen utgör underlag för indata) och även databeräkningen på $\pm 1,5$ dB. Resultatet kan alltså diffa med 3 dB.

8.2 Beräkningsresultat

Beräkningar genomfördes och visas i tabell 3 och 4 nedan. I dessa tabeller jämförs resultaten från SWECO och STU samt L_{Aequ} med en 5 m hög bullerskärm. Dessa två tabeller visar högsta beräknade värden vilka är mest relevanta.

Tabell 3 Beräknade fasadnivåer vid de mest utsatta bostäder. Scenario: Torsdagsträning enligt SWECO, dvs enbart två fotbollsplan i bruk. Beräknade nivåer är exklusive bakgrundsljud.

| Adress | Sweco L _{Aequ} i dBA | STU L _{Aequ} i dBA | Med skärm L _A equ i dBA |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Boo Kapellväg 1 | 51 | 50 | ≤ 45 |
| Boo Kapellväg 3 | 47 | 46 | ≤ 45 |
| Boovägen 5 | 43 | 41 | ≤ 45 |
| Djurgårdsvägen 71 | 42 | 42 | ≤ 45 |
| Galärvägen 32 | 44 | 43 | ≤ 45 |
| Galärvägen 34 | 45 | 44 | ≤ 45 |
| Jungmansvägen 3 | 47 | 46 | ≤ 45 |
| Jungmansvägen 4 | 51 | 50 | ≤ 45 |
| Jungmansvägen 6 | 48 | 47 | ≤ 45 |
| Kadettvägen 8 | 44 | 43 | ≤ 45 |
| Kadettvägen 10 | 49 | 48 | ≤ 45 |
| Kadettvägen 12 | 46 | 46 | ≤ 45 |

Tabell 4 Beräknade fasadnivåer vid de mest utsatta bostäder. Scenario: Helg matcher enligt SWECO, dvs två fotbollsplan i bruk. Beräknade nivåer är exklusive bakgrundsljud.

| Adress | Sweco L _{Aequ} i dBA | STU L _{Aequ} i dBA | Med skärm L _A equ i dBA |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Boo Kapellväg 1 | 54 | 52 | ≈ 48 |
| Boo Kapellväg 3 | 50 | 49 | ≤ 45 |
| Boovägen 5 | 47 | 45 | ≤ 45 |
| Djurgårdsvägen 71 | 45 | 44 | ≤ 45 |
| Galärvägen 32 | 47 | 45 | ≤ 45 |
| Galärvägen 34 | 48 | 46 | ≤ 45 |
| Jungmansvägen 3 | 50 | 48 | ≤ 45 |
| Jungmansvägen 4 | 54 | 52 | ≈ 47 |
| Jungmansvägen 6 | 51 | 49 | ≤ 45 |
| Kadettvägen 8 | 48 | 46 | ≤ 45 |
| Kadettvägen 10 | 52 | 50 | ≈ 47 |
| Kadettvägen 12 | 49 | 47 | ≤ 45 |

8.3 Beräkningsförutsättningar

8.3.1 Nybyggd sporthall

På norra sidan om spelplanen Boovalla 1 skall man bygga en sporthall. Hallen beräknas ha en höjd av ca 5,5 m och en längd av ca 50 m. Bredden beräknas uppgå till ca 20 m. Se bilaga A.

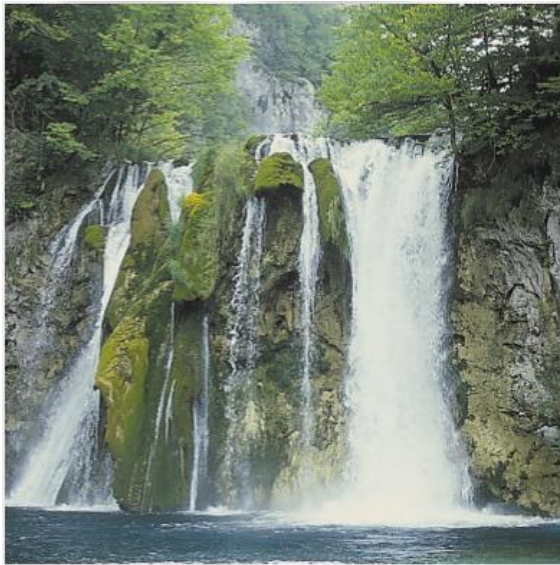
8.3.2 Skärm

Skärmen i tabellerna beräknades enligt följande:

Bullervall av schaktmassor med en höjd av 2 m
Bullerplank ovanpå bullervallen med en höjd av 3 m.
Totala höjden på vallen+plank = 5 m.

8.4 Ljudupplevelse

Ljud är inte enbart ljud och samma ljudtrycksnivå kan ge olika ljudupplevelser. Ett vattenfall där man mäter en ekvivalent ljudnivå på 55 dBA upplevs annorlunda än ett motorvägsbuller med samma ljudtryck på 55 dBA. Likaså skiljer sig ljudet från ett sportevenemang med mänskligt ljud från både vattenfall och motorväg, även om man mäter samma ekvivalens.



8.4.1 Bullervallens påverkan

Detta gäller även att beakta när man bygger en bullervall. Även om man sänker ekvivalentnivån till paritet med gränsvärdet så kommer man att höra att det pågår evenemang bakom bullervallen/bullerskärmen. Ljudet kommer nämligen att förändras med vallens tillkomst. Det mera högfrekventa skärmas effektivt av medan de låga frekvenserna

passerar nästan obehindrat. Detta beror på förhållandet skärnhöjd och våglängd samt sikt höjd.

8.4.2 *Psykologiska effekter*

Buller påverkar alltid. Vad som upplevs som buller är däremot en definitionsfråga för varje enskild individ. Somliga vill se det de hör som t.ex. att en fotbollsmatch pågår så att de kan relatera ljudet ifråga. För dessa är en bullervall kring anläggningen ett ingrepp i miljön. Andra vill ha ett buller- och siktskärm för att slippa se pågående matcher och för att minimera ljudpåverkan. För dessa är en bullerskärm av absolut nödvändighet. Oberoende om vad man tycker om en bullervall så kommer den att påverka människor och man kommer att "ha en uppfattning" om denne.

8.5 **Ljuduppfattbarhet**

Dessutom bör man beakta att en förändring av bullernivån med 2 dBA är en knappt märkbar förändring. Hur uppfattar vi en förändring av ljudtrycksnivåerna?

Dämpning på 7 till 10 dBA uppfattas som en halvering av ljudnivån

Dämpning på 4 till 6 dBA är en hörbar, d.v.s. uppfattbar förändring

Dämpning på 3 dBA är en svår uppfattbar förändring

Dämpning på 2 dBA och lägre kan inte uppfattas som en förändring.

Däremot uppfattas förändring i frekvenserna, som inte nödvändigtvis behöver återspeglas i ett vägt dBA värde. En förändring (med samma ljudstyrka) i de höga frekvenserna upplevs som mera påtaglig än en förändring i de låga frekvenserna.

9. **Bakgrunds nivå**

Väg 222 men en trafikintensitet på 70 000 fordon per dygn ligger ca 850 m längre norrut. På Kadettvägen, mätte vi mellan $L_{A_{equ}}$ 48 dBA och $L_{A_{equ}}$ 51 dBA. Dessa nivåer ska jämföras med kravnivån på $L_{A_{equ}}$ 45 dBA. Enligt vår bedömning kan bullerregnet vid fint väder och/eller gynnsamma vindförhållanden uppgå till $L_{A_{equ}}$ 52 dBA i dessa områden. Hur påverkar en begränsad speltid den ekvivalenta bullernivån $L_{A_{equ 10}}$ på 10 timmar, mellan 07 och 18?

Ett litet räkneexempel:

Vi antar att man spelar 3 timmar effektiv tid på en söndag mellan 10 och 13. Under speltiden beräknas bullernivån uppgå till 50 dBA (t.ex. Jungmansvägen 3). Utanför speltiden, d.v.s. under 7 timmar, ligger bullernivån på 45 dBA. Den beräknade ekvivalenta ljudnivån $L_{A_{equ 10}}$ beräknas då till 47 dBA, d.v.s. under en 10 timmars period. Skulle vi kunna ponera att den verkliga bakgrunds nivån ligger vid $L_{A_{equ}}$ 40 dBA så skulle man med samma beräkning erhålla en ekvivalentnivå på $L_{A_{equ 10}} = 45,5$ dBA alltså ganska nära riktvärdet. Om bakgrunds nivån uppgår till $L_{A_{equ}}$ 47 dBA, vilket är mer sannolikt, kommer den totala ljudnivån beräknad över 10 timmar vara $L_{A_{equ 10}}$ 48 dBA. Vi tror att dessa nivåer är de mest sannolik förekommande, även med en bullervall som avskärmar evenemangsbuller.

I de fall den bullrande verksamheten endast pågår en del av någon tidsperiod enligt tabell 2, eller om ljudnivån från verksamheten varierar mycket, bör den ekvivalenta ljudnivån bestämmas för den tid den bullrande verksamheten pågår. Dock bör ekvivalentnivån bestämmas för minst en timme, även vid korta händelser.

9.1 Husens ljuddämpade sida.

En byggnad exponeras för buller på olika sätt. Ibland har byggnaden samma bullerexponering på samtliga sidor, som det är i förekommande fall då denna "tysta" sida påverkas enbart av bullerregnet, d.v.s. bakgrundsnivån från väg 222. Gällande evenemangbuller från fotbollsträning och match har dock varje hus en "tyst" sida. Evenemangsbuller dämpas med ca 10 dB på denna sida. Enstaka pip från visselblåsa kan dock höras.

Tabell 5 Ljudnivåer på den ljuddämpade sida.

| | L _{eq} dag (06–18) | L _{eq} kväll (18–22) | L _{eq} natt (22–06) |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Ljuddämpad sida | 45 dBA | 45 dBA | 40 dBA |

I tabell 3 redovisade nivåer kommer att innehållas beträffande buller från matcher och träningsevenemang men ej beträffande bullerregnet.

10. Slutsatser

Inte förvånande visar beräkningarna på samma resultat som SWECO's beräkningar. I de flesta fall överskrider man riktvärdet på $L_{A\text{equ}}$ 45 dBA i de närbelägna bostadsfasaderna. Eftersom fotbollsplanen ligger i en gryta och de flesta av bostäderna något högre upp exponeras dessa för buller från både träning och matcher. Vi har föreslagit en åtgärd som är mera moderat än SWECO's förslag. Åtgärden består i att man bygger en sporthall norr om Plan 1 och förlänger denna byggnad med en bullervall med påbyggd bullerskärm. Effektiv höjd minst 5 m. Varför vi har föreslagit en mycket lägre bullerskärm har sin anledning i att dels elimineras en bullerkälla (den mindre planen) och dels skärmas B1 av på ett effektivt sätt mot bostäder norr om anläggningen. Bullerskärmen på 5 m höjd är dock det absolut lägsta för att uppnå någon effekt. Att vi har föreslagit både vall och skärm har att göra dels hållfasthets tekniska aspekter, man får mycket mindre laster på skärmen vid påblåsning och dels en något bullerdämpande effekt eftersom man kan plantera växter, buskage eller dyl. i själva vallen.

En annan åtgärd är att man begränsar speltiden på söndagar och helger till maximala 3 timmar (effektivt tid). På så sätt kan vi uppnå om än inte en tangent så dock en acceptabel bullernivå på $L_{A\text{equ } 10} \leq 46$ dBA. Man får dock ej glömma bort att bakgrundsnivån troligtvis kommer alltid att vara $L_{A\text{equ}} > 45$ dBA.

Det förekommer ofta målformuleringar med innebörden att om riksdagens riktvärden inte kan innehållas, så accepteras inga avsteg. Denna inställning innebär dock ofta stora och kostsamma lösningar. Om avstegen accepteras kan befintlig infrastruktur utnyttjas mer effektivt.

11. Kostnader

Kostnaden för vallen kan uppskattas till 52 kronor per m³ schaktmassa. För bullerskärmen kan vi skatta kostnaden till 3750 Skr/m² (enligt BUSE). Den totala kostnaden för schaktmassan plus bullerplank uppskattas till: 4 500 000:- Skr. Plantering av växtlighet och underhåll tillkommer.

Med vänlig hälsning
STU AB
Akustik & termodynamik

Norbert Fichter

Bilaga A
Bilaga B