

Fasaders ljudisolering vid riktigt låga frekvenser

Illustration: Aaro Designsystem



Figur 1: Visionsbild Södra Värtan.

Områdena intill Värtahamnen och Frihamnen i Stockholms stad är en del av stadsutvecklingsområdet Norra Djurgårdsstaden (se Figur 1) med utpekad profil inom hållbarhet. Närheten till Stockholm Hamnars verksamhet väcker frågor kring hur byggnaderna ska kunna dimensioneras mot lågfrekvent buller under 50 Hz när gängse metoder, krav och praxis begränsas till frekvenser över 50 Hz. Stockholms stad har uppdragit åt Structor Akustik och ACAD (Acoustic Consulting and Design) att studera om bostäder i anslutning till hamnverksamheten som uppfyller Boverkets krav för verksamhetsbuller vid fasad kan förväntas klara Folkhälsomyndighetens och Boverkets riktvärden inomhus. Studien har omfattat utredningar av hur hamnbuller kan karaktäriseras, hur ljudreduktionen hos byggnadselement kan mätas vid låga frekvenser samt hur mätningar av lågfrekvent buller inomhus kan analyseras och relateras till lämpliga komfortkrav inomhus.

Ovanliga bullerkällor

Frågan om fasaders ljudisolering vid låga frekvenser är relevant i många sammanhang inom stadsplanering invid olika bullerkällor. På grund av utvecklingsområdenas närhet till hamnområdena i Värtan

fokuserar denna studie på fartygsbuller. Frihamnen tar bland annat emot besökande kryssningsfartyg. I Värtahamnen dominerar färjetrafiken från Sverige till Finland och Baltikum. Både färjor och kryssningsfartyg varierar i storlek och bullerspek-

trum, men bullret domineras genomgående av fartygets motorer, ventilation och generatorer för att alstra el ombord. De olika fartygstyperna skiljer sig åt så att ordinarie färjor (Tallink Silja Line) som regelbundet angör Värtahamnen kan anslutas till landström. De flesta kryssningsfartyg är inte förberedda för anslutning till landström och det kommer sannolikt att dröja innan alla kryssningsfartyg har den möjligheten. Deras dieselgeneratorer är därför i drift hela tiden de ligger vid kaj. Generatorerna går på ett lågt varvtal och alstrar buller vid låga frekvenser, typiskt vid ett smalt frekvensområde inom spannet 30-100 Hz. Fartygets ventilation bidrar både till låg- och högfrekvent buller genom ett mer bredbandigt bullerspektrum. Vid framdrift alstrar fartygens huvudmotorer ljud. Både motorernas, generatorernas och ventilationens bullerspektrum skiljer sig mellan olika fartygsmodeller, men alla genererar ett tydligt inslag av lågfrekvent buller.

Akustisk projektering av störningar utifrån sker oftast med hänsyn till väg- eller spårtrafikbuller och utgår då från väg- eller spårhållarens (kommunen eller Trafikverket) trafikuppgifter, som via beräkningsstandarder definierar ett spektrum för bullerkällan. Tillsammans med geografiska data möjliggör detta underlag beräkningar av bullernivåer vid närliggande fastigheter. För mer ovanliga bullersituationer saknas väletablerade metoder för standardiserade bullerspektra och det blir nödvändigt för den som alstrar bullret att ta fram en verksamhetsspecifik karaktärisering av bullret. Det har därför varit nödvändigt för denna studie att i samråd med Stockholms Stad genom Stockholms Hamnar och Exploateringskontoret ta fram ett dimensionerande fartygsbullerspektrum. Underlag till detta spektrum har hämtats från Hamnens egna mätningar på plats samt från mätningar utomlands för större fartyg. Målet har varit att inkludera exempel på fartyg som redan idag besöker platsen och samtidigt ta höjd för möjligheten att ännu större kryssningsfartyg i framtiden skall kunna anlöpa hamnarna.



Isak Nilsson
Structor Akustik



Svante Finnveden
ACAD



Lars Ekström
Structor Akustik



Lennart Karlén
ACAD

Outforskad frekvensområde

Buller anses som lågfrekvent när ljudets våglängd är minst i samma storleksordning som det studerade objektet och de energimetoder som normalt används vid projektering fallerar. Vid 125 Hz är ljudets våglängd cirka 3 m, vilket matchar väggavstånd i många sovrum, varpå ljudet kan betraktas som lågfrekvent. Lägre frekvenser ger ännu större våglängder.

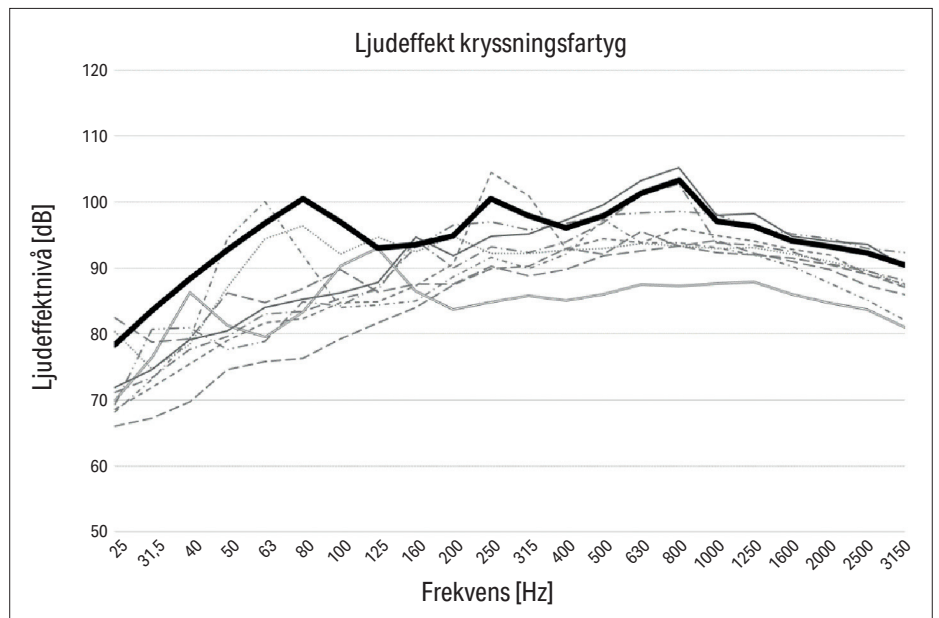
Vanligen är det tillräckligt att beakta utifrån kommande störningar från 50 Hz och uppåt. Det gäller t ex buller från väg- och spårtrafik. Från den frekvensen finns i regel bra information angående ljudreduktion från tillverkare och databaser att tillgå. Byggnadskomponenter som fasadväggar, fönster och ventilationsdon karakteriseras genom mätningar och redovisas på ett vanligtvis tillförlitligt sätt. Under 50 Hz finns mycket lite materialdata att tillgå. Därför har ACAD och Structor Akustik utfört lågfrekventa mätningar av ljudnivåskillnader mellan utsida och insida för ett större antal befintliga bostadshus. Ytterligare underlag har hämtats från Åbo tekniska universitet som utfört ett mycket stort antal mätningar inför planering av nya vindkraftsparker.

Olika regelverk, olika riktvärden

Verksamhetsbuller *utomhus* vid bostäder kravställs endast som A-vägd ljudnivå, det vill säga utan specifika krav vid någon enskild frekvens. Både Boverket och Naturvårdsverket utgår i första hand ifrån att högst 50 dBA ekvivalent ljudnivå kan tillåtas vid bostadsfasad under vardagar, med strängare krav övrig tid. I de aktuella områdena kommer dock bebyggelsen att utformas efter Boverkets avsteg där upp till 55 dBA ekvivalent ljudnivå kan tillåtas dagtid på den bullerutsatta sidan, förutsatt att lägenheten också har en tystare sida. *Inomhus* medger Boverket och Folkhälsomyndigheten en ljudnivå om högst 30 dBA. Folkhälsomyndigheten anger dessutom särskilda riktvärden för lågfrekvent buller inomhus i utrymmen för sömn, vila och daglig samvaro. Vid de lägsta frekvenserna runt 31,5 Hz är riktvärdet nära hörtröskeln och tillåter därmed knappt något hörbart lågfrekvent buller. De varierande kraven är svåra att kombinera till detaljplanebestämmelser och verifieringsmetoder.

Hamnens bullerspektrum

Det är den som alstrar omgivningsbullret som bör ange vilket bullerspektrum som skall användas vid dimensionering av åtgärder för planerade närliggande bostäder och liknande. I detta fall bör således hamnen ta fram ett dimensionerande bullerspektrum som sedan används tillsammans



Figur 2: Hamnens representativa bullerspektrum (tjock svart linje) baseras på mätningar från flera olika fartyg (grå linjer).

med information om bostadsfasaden (se avsnitt om fasadmätningar nedan) för att beräkna förväntad ljudnivå inomhus.

Buller från fartyg sprids ofta från skorstenöppningen och ventilationsgaller som sitter högt över vattenlinjen. Därmed sprids bullret relativt obehindrat. Frihamnen besöks av kryssningsfartyg av olika typer samt fartyg med projektlast, Nato-fartyg och diverse andra fartyg vilket gör att ljudbilden varierar mycket. Det kommer sannolikt att dröja innan alla kryssningsfartyg kan ansluta till landström så lågfrekvent buller kommer alstras inom Frihamnen under överskådlig framtid. Värta hamnens färjetrafik körs med ett fåtal fartyg. Samma fartyg återkommer regelbundet till denna hamn vilket minskar variationen i bulleralstring. Till skillnad från kryssningsfartygen är färjorna i allmänhet redan i dagsläget anslutna till landström.

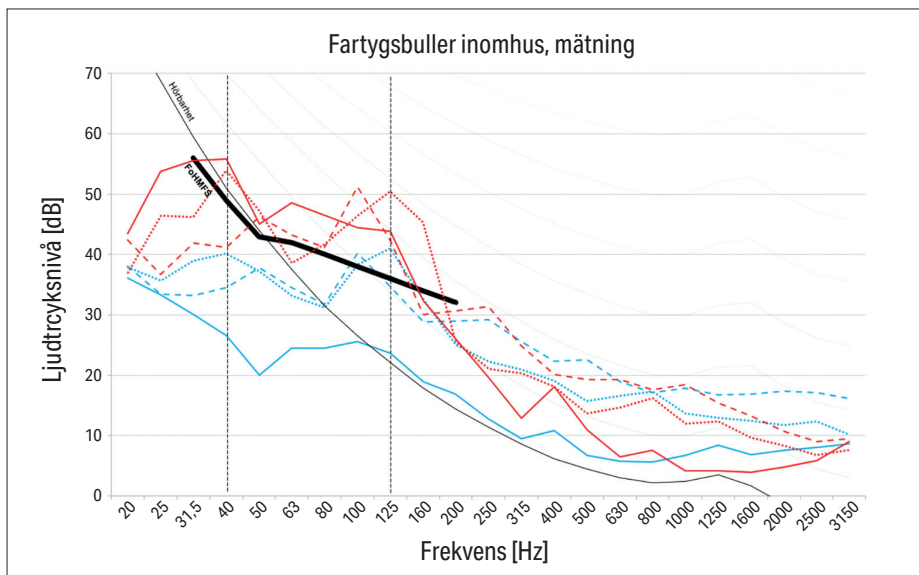
Stockholms Hamnar har under de senaste åren låtit mäta in ett antal fartygs bulleralstring detaljerat, vilket innebär att ljudnivån mäts nära varje enskild bullerkälla varefter ljudnivån räknas om till en ljudeffekt. Hamnen har låtit mäta flera större kryssningsfartyg på detta sätt, bland annat med hjälp av Structor Akustik. Mätningarna har omfattat flera av de ljudkällor som finns ombord, exempelvis ventilationsgaller och skorstenar. Skillnaden mellan färjor och kryssningsfartyg blir huvudsakligen att kryssningsfartygens bullerspektrum i förtöjt läge innehåller en topp som motsvarar generatorns lågfrekventa varvtal.

Ett representativt bullerspektrum (se Figur 2) har arbetats fram så att ljudeffekten i varje tersband motsvarar den 95:e percentilen (för tersbandet) från det stick-

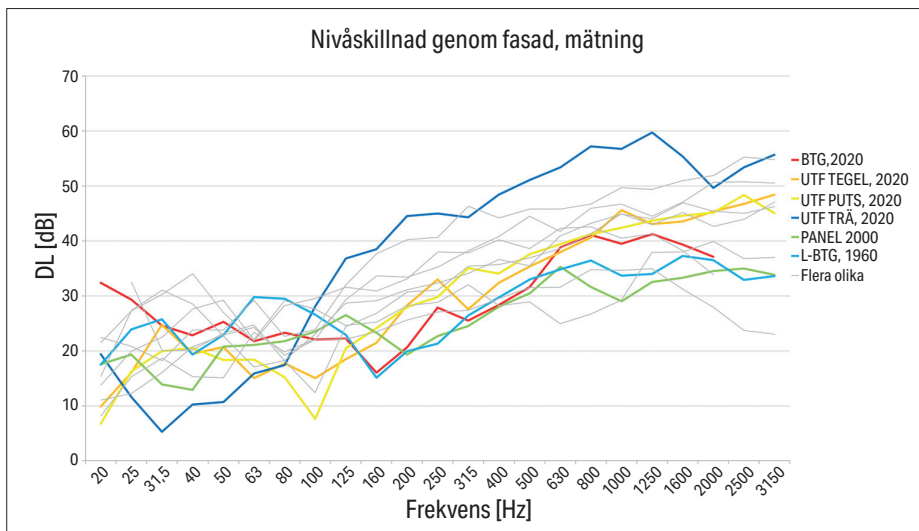
prov som de inmätta fartygen utgör. Fartygen uppvisar dessutom varsin unik topp vid låga frekvenser, vilket förmodas orsakas av varierande generatorvarvtal för fartygen. För att kunna representera fartyg med ytterligare andra varvtal har hamnens representativa spektrum fyllts ut mellan de toppar som observerades under mätningarna (mellan 25 Hz och 100 Hz). Hamnens representativa bullerspektrum har dessutom normaliserats till 110 dBA. Med ett sådant konservativt bullerspektrum borde risken för överskridanden inomhus i bostadshus som byggs nära hamnen kunna minimeras.

Lågfrekvensmätningar av byggnadsfasader

Hamnens bullerspektrum sträcker sig ner mot 20 Hz och lägre. Under 50 Hz saknas som tidigare nämnts både information om enskilda byggelements egenskaper och beräkningsmetoder för sammansatta konstruktioners samverkan. För att direkt samla information om sammansatta konstruktioners lågfrekventa fasadreduktion genomfördes mätningar på befintliga byggnader, både äldre byggnader utan särskilda krav på ljudisolering och nyare betongbyggnader med extra ljudisolerande fönster. Vid mätningarna användes extra kraftiga högtalare för att kunna alstra ljud ner till 20 Hz. Mätningarna avsåg skillnaden mellan ljudnivån utomhus och inomhus. Positioner inomhus valdes där befintlig möblering och arkitektritningar visade att personers huvuden oftast borde finnas. Parallellt med de särskilt utformade lågfrekventa mätningarna utfördes standardenliga mätningar (ned till 50 Hz) och subjektiva lyssningstester (se Figur 3).



Figur 3: Vid mätning låg samtliga subjektivt oacceptabla nivåer (röda linjer) över både hörtröskeln (tunn svart linje) och subjektivt acceptable nivåer för samma rum (blå linjer) i området mellan 40 och 125 Hz. Detta styrker relevansen hos FoHMFS riktvärden vid låga frekvenser (tjock svart linje).



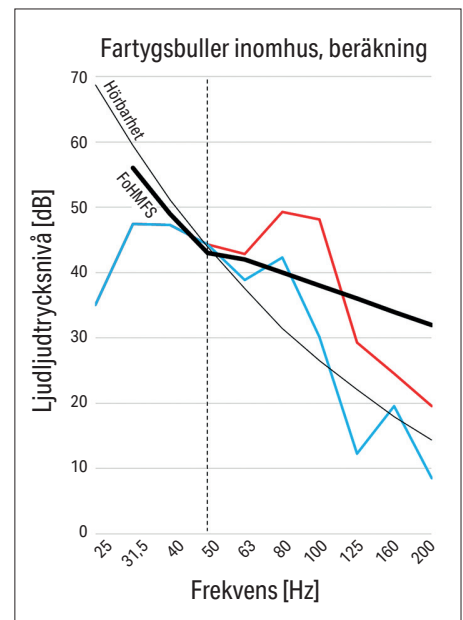
Figur 4: Uppmätt ljudnivåskillnad genom fasader med olika konstruktion och från olika decennium, i urval. Ljudnivåskillnaden beror även av rummets storlek och andel fönster (KL-träfasaden är helt utan fönster). Variationen mellan fasader vid låga frekvenser är jämförbar med variationen vid högre frekvenser.

Resultat och slutsatser

Mätresultaten för nivåskillnad inne-uteligger mellan 15 och 30 dB i tersband under 50 Hz (se Figur 4). Den stora variationen är väntad eftersom lågfrekvent ljud samspelar på svåröversäglbara sätt med rummets geometrier. Generellt blir nivåskillnaden sämre vid lägre frekvenser, som dock är svårare att höra. FoHMFS riktvärden speglar detta genom skarpare krav för högre tersband. Baserat på fasadmätningarna och hamnens bullerspektrum ser vi högst överskridanden inomhus av FoHMFS riktvärden i tersbanden 50- 125 Hz. Mätningarnas subjektiva tester stödjer denna iakttagelse. Detta talar för att akustisk projektering för hamnens buller huvudsakligen kan utföras från gängse standarder och information från tillverkare ned till 50 Hz. Klaras FoHMFS riktvärden ned till 50 Hz

är detta sannolikt tillräckligt även för lägre tersband. Försvagande konstruktioner som fönster får då inte ha resonansfrekvenser eller andra svagheter under 50 Hz. Fönstren bör därför projekteras baserat på egenskaper vid lågfrekventa tersband även under 50 Hz. Med andra bullerspektrum kan problematiken uppstå under 50 Hz vilket i så fall försvårar projekteringen betydligt.

Mätningarna visar även på en betydande nivåskillnad vid låga frekvenser mellan främre och bakre rum, även med innerväggar och dörrar i lätt konstruktion. Lägenheter med vardagsrum och kök mot hamnen och sovrummen mot den borte fasaden får därmed lättare att klara riktvärdena i sovrummen, som bör prioriteras för att förebygga sömnstörningar. I miljöer med risk för lågfrekvent buller inomhus



Figur 5: Fönster håller generellt sämre ljudreduktion än övriga fasadelement. Fasad med icke buller-anpassat fönster (röd linje) visar i beräknings-exempel på större risk för överskridande av FoHMFS riktvärden (tjock svart linje). Fasad med buller-anpassat fönster (blå linje) får här bättre ljudreduktion över 50 Hz. Detaljstudie av fönster blir således viktigt vid projektering nära hamnen. Vid verksamheter med annat bullerspektrum kan andra åtgärder bli viktigare.

bör därför extra vikt läggas vid val av kraftig fasadkonstruktion, analys av lämpliga fönster i lågfrekventa tersband (se Figur 5) samt utformning av lägenheter med tillgång till tystare fasad där sovrummen förläggs.

Mätningarna i denna studie har genomförts med högtalare som går extra lågt i frekvens, men har i övrigt eftersträvat att följa gällande standarder med en naturlig utvidgning för mätning vid låga frekvenser. Även om mätosäkerheten ännu inte är fastslagen bedöms mätningarna som robusta och metodiken med extra stora högtalare föreslås användas vid kontroll av fastigheter i Värtahamnen och Frihamnen.

Förslag till kravställning

Baserat på dessa studier föreslås följande metod för att kravställa enligt BBR med strävan att klara FoHMFS riktvärden utan ytterligare reglering: En skärpt variant av BBR:s krav på buller från "angränsande" ljudkällor används för hamnbullret, trots att hamnverksamheten är en yttre ljudkälla. Krav för A-vägd ljudnivå och ljud med tonala komponenter används utan justering medan krav på C-vägd ljudnivå i sovrum skärps ytterligare i detaljplan eller markanvisningsavtal så att krav gällande C-vägd ljudnivå utökas till att även omfatta vardagsrum, samtidigt som riktvärdet skärps med 3 dB från 50 dBC till 47 dBC i sovrum. ■