

artikel i Bygg& Teknik nov 2000.

**Anders Browall**, Elit Fönster.

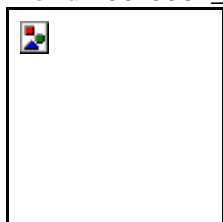
ordförande i Byggstandardiseringens tekniska kommitté Tk10 för dörrar och fönster.

**Christian Simmons**, J&W Akustikbyrå,

medlem i Tk62 för akustik

## **EFFEKTIV SAMMANSTÄLLNING AV LJUDISOLERANDE FÖNSTER GER RÄTT UPPHANDLINGSKRAV**

< bild 100-0062\_IMG.JPG >



<ingress>Den svenska fönsterbranschen har lämnat underlag till en omfattande sammanställning av ljudisolerande fönster, fönsterdörrar, ytterdörrar och uteluftsdon. Sammanställningen görs av J&W inom ett samarbetsprojekt mellan fyra statliga trafikverk. Ljudisoleringsvärdena bearbetas enligt den nya standarden SS-EN 12354 del 3 så att man kan avläsa direkt vilka fönster som klarar ett givet ljudkrav inomhus. Sammanställningen underlättar för projektansvariga att välja rätt produkt med hänsyn till aktuellt trafikslag utan att behöva göra komplicerade beräkningar. Några aspekter på den praktiska ljudisoleringen genom fönster diskuteras också i denna artikel.

<brödtext>

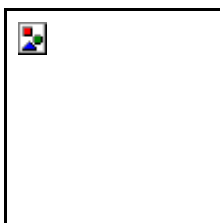
Sammanställningen för de statliga verken är sannolikt den mest omfattande kartläggning av ljudisolerande fönster m.m. som gjorts på senare år. Cirka 35 företag har lämnat in uppgifter för mer än 150 produkter. Många produkter har mycket hög ljudisolering, vilket gör att man kan få ned ljudnivån i byggnader nära exempelvis militära flygfält till acceptabla nivåer med standardprodukter. Ett startande JAS-plan ger på 400 m avstånd cirka 103 dB A-vägd ljudnivå, vilket motsvarar ljudnivån framför scenen på en stor rockkonsert utomhus! Då krävs det bra produkter (och ett noggrant montage) för att klara ljudisoleringskraven.

<mr Automatisk beräkning i databasen>

En stor datamängd är givetvis en tillgång men kan likväl vålla vissa problem med överskådligheten. Det blev ganska uppenbart att någon form av bearbetning måste göras för att möjliggöra ett rationellt urval. Följande procedur valdes. Ljudisoleringsvärden mätta i laboratorium i frekvensområdet 50-3150 Hz för respektive produkt läggs in i en databas. Värdena bearbetas automatiskt så att man kan avläsa trafikbullerreduktionsstal och vilken ljudnivå som erhålls inomhus för respektive produkt och trafikslag. Därmed kan man direkt se vilka produkter som klarar ett givet ljudkrav inomhus. Beräkningen görs enligt den nya svenska och europeiska standarden SS-EN 12354 del 3, med hänsyn till spektrum (i tredjedelsoktavband) för ett antal vanligt förekommande trafikslag.

Med detta verktyg slipper användarna hantera begrepp som reduktionstal, areaandelar, frifältsnivåer, fasadreflexer, efterklangstider m.m. I en tidigare artikel i Bygg&Teknik (3/99) redovisas de begrepp som borde användas vid dimensionering. Ambitionen var att visa att det inte är så svårt att räkna själv, men effekten blev mer av karaktären ”om du tror att du förstått detta, vänta tills jag har förklarat”. Det visar sig i praktiken vara svårt att hantera ljudisoleringsfrågor. Man kan se på förfrågningsunderlag och offerter att det fortfarande råder osäkerhet och ur dem följer kostsamma missuppfattningar och problem. Exempelvis är det vanligt att man inte anger i underlagen huruvida ljudnivåer utomhus refererar till frifältsnivåer eller om de inkluderar inverkan av fasadreflexer. Skillnaden är 3 dB, vilket gör ganska mycket på kostnaderna. Saknas uppgift om dimensionerande fönster- och väggarea kan osäkerheten bli ännu större. Det här skulle nu inte behöva vara något stort problem, med standarder och moderna verktyg kan man få fram de uppgifter som behövs och göra en otvetydig specifikation utan att vara ljudexpert. Något om verktyg finns i artikeln i Bygg&Teknik 3/00 eller på [www.akustikbyran.com](http://www.akustikbyran.com).

<mr Det lönar sig att räkna>



<: bild 100-0067\_IMG.JPG>

I byggprojekten har man som regel tillgång till trafikuppgifter (antal fordon per årsmedeldygn, andel tung trafik, avstånd till byggnader m.m.). Därmed är det ganska lätt att beräkna exponeringen av en fasad, både som ekvivalent (tidsutjämnad) ljudnivå och som maximalnivå (enstaka toppar). Beräkning görs enligt den nordiska beräkningsmodellen (se Naturvårdsverkets hemsida [www.environ.se](http://www.environ.se)). Buller från trafik anges dock endast som A-vägd ljudnivå, oftast som frifältsnivåer (utan inverkan av fasadreflex). Men ljudtrycksnivåerna varierar starkt med frekvensen och typ av fordon. Exempelvis är JAS-bullret starkast vid 300-800 Hz. Fönsterkonstruktioner som optimeras för dessa mellanfrekvenser blir slankare, lättare och billigare än dem som konstrueras för isolering vid låga frekvenser. Skall man isolera mot buller från persontågtrafik i hög hastighet är det skyddet vid höga frekvenser som skall prioriteras. Fönster nära en terminal för tung trafik, t.ex. en busstation, bör isolera effektivt vid låga frekvenser.

Ljudisoleringen i fasad och uteluftdon varierar också med frekvensen. Om man kommer fram till att man behöver fönster med hög ljudisolering skall man alltid kontrollräkna inverkan av don och vägg. Tumregeln att ”fasadens ljudisolering bestäms av fönstren” bör inte tillämpas okritiskt. Ett oavsiktligt ”läckage” (flanktransmission) genom don och vägg drar ned den sammanlagda ljudisoleringen. Ljudisolering kan tankemässigt hanteras som värmeisolering, med köldbryggor och välisolerade delar. Det är klart lämpligt, inte minst ur kostnadssynpunkt, att göra en detaljerad beräkning av ljudtransmissionen i frekvensband genom respektive byggnadsdel för att få fram ljudnivåer inomhus, helst i tredjedelsoktavband (tersband). Från dessa summeras enkelt bidraget till den A-vägd sammanlagda ljudnivån inomhus som oftast används som kravvärde enligt t.ex. BBR 99, SS 02 52 67 eller SS 02 52 68.

<mr Smart genväg>

Det som sagts ovan låter kanske inte så lätt, men i standarden finns det en smart omformulering av reduktionstalet för ett fönster som är till stor hjälp. Man utgår från

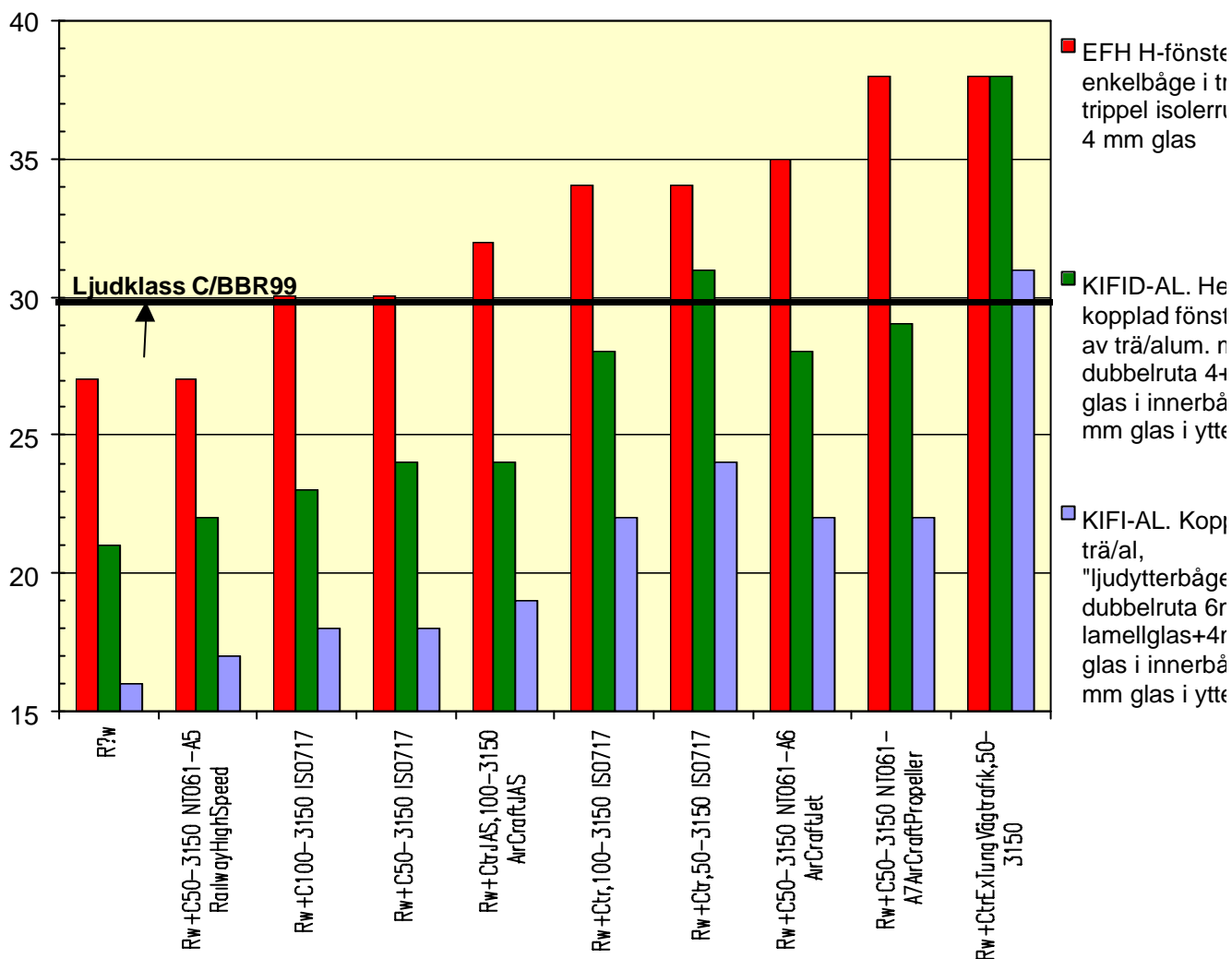
frekvensfördelningen för ljud från olika trafikslag, som kan hämtas från ISO standarder, Nordtestmetoder och egna mätserier. Med dessa uppgifter kan man beräkna *spektrumanpassningstermer*  $C_{tr,trafikslag}$  som adderas som en korrektion till det *vägda reduktionstalet*  $R'_w$  för en viss produkt. På så sätt kan man för varje produkt redovisa ett praktiskt trafikbullerreduktionstal som tar hänsyn till ljudisoleringen för respektive trafikslag. Sedan kan man räkna med den enkla sammanfattningsvärdena (A-vägda ljudnivåer ute och inne, trafikbullerreduktionstal, skiljearea och rumsvolymer). Korrigeringen för aktuellt trafikbullerspektrum ligger med i anpassningstermen. Mer information om beräkningar m.m. finns på [www.akustikbyran.com](http://www.akustikbyran.com) (artiklar, datorprogram Bastian).

<Exempel på inverkan av trafikslag>

I vidstående figur 1 ges några exempel på beräknade ljudnivåer inomhus med hänsyn till ovanstående parametrar. Den visar att den A-vägda ljudnivån inomhus beror mycket på trafikslaget (vilken frekvensfördelning ljudet har). De spektra som visas i figur 1 används bara i detta exempel, i marknadssammanställningen kommer sannolikt andra spektra att användas. Ett enkelt standardfönster (med treglasruta i enkelbåge) har hygglig ljudisolering vid höga frekvenser och klarar fall med ganska hög ljudnivå utomhus om man inte har någon tung trafik. Ju mer inslag av lågfrekventa bullerkällor, desto kraftigare fönster erfordras för att klara kravet. Kopplade fönster bör användas.

<figur 1: Beräknade ljudnivåer inomhus med hänsyn till olika trafikslag. Kravet 30 dB A-vägd ljudnivå inomhus uppfylls för vissa trafikslag>

## Ljudnivåer inomhus (A-vägda, dB). 65 dB utenvå (frifält), 20% fönsterarea, ideal vägg



<mr Praktiskt utförande – tätt är rätt>

Det praktiska utförandet (lufttäteten) påverkar dock den verkliga ljudisoleringen i fasad, det gäller att bygga tätt på rätt sätt. Underhållet påverkar också tätheten på sikt. I SP-rapport 1998:26 ([www.sp.se](http://www.sp.se)) och, Norsk Byggeforskningsinstitut rapport 28 ([www.byggforsk.no](http://www.byggforsk.no)) visas exempel på vilken ljudisolering som erhålls om man inte tätar effektivt. Som exempel kan nämnas, att en 1 x 1000 mm springa in en 1 m<sup>2</sup> vägg begränsar ljudisoleringen till 40 dB, vid höga frekvenser ned mot 30 dB. En 7 mm bred springa ger cirka 12 dB lägre värden. Därav framgår att man bokstavligen slänger pengarna i sjön om man köper dyra fönster (av ljudskäl) och sedan monterar dem otätt. Otätheter kan även medföra fuktskador på fönstren.

<mr>En fönstertillverkares syn på praktiska kunskaper om ljudisolerande fönster

Information och kunskap behövs i alla led ! Från fönstertillverkarsidan är vi glada för J&W's initiativ med sammanställningen av ljudisolerande fönster och ytterdörrar. Vi tycker det har varit svårt att nå viktiga beställare med information om vilka "ljudprodukter" som finns i

sortimentet. Det är väsentligt att kunna presentera ljuddata på ett sådant sätt att det går lätt att avgöra vilket ljudfönster som krävs i ett visst sammanhang. Det har i upphandlingar ofta varit mycket oklara besked och mångtydig information från beställaren om vilka ljudkrav man egentligen vill ha uppfyllda. I förfrågningsunderlag har inte sällan funnits en sammanblandning av olika beteckningar och kravformuleringar. Detta har ibland förorsakat missförstånd och ibland rena beställarmissar. Även från tillverkarna har det inte alltid funnits tillräcklig kunskap för att förstå vad som krävts utan man har aningslöst offererat produkter med otillräckliga data. Självfallet skulle man kunna kräva mera kunskap i båda leden, men buller och ljudisolering är svåra områden för den icke-initierade och kräver teoretiska baskunskaper, ibland till och med på högskolenivå. Den nya svenska och europeiska standarden bör bidra till att minska oklarheter och risk för missförstånd.

<mr Allt är inte ljud>

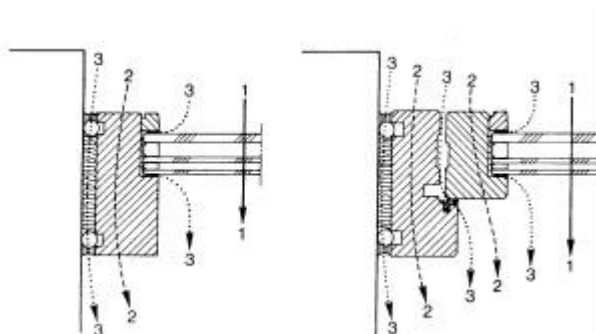
Det finns för tillverkaren av byggprodukter – inte minst fönster – en hel rad andra byggnadsfysiska krav som också måste beaktas och som fordrar kunskap. Värmeisolering, brandskydd, fukt- och vattenskydd och hållfasthet är exempel på sådana krav på fönster, ofta satta parallellt med kraven på ljudisolering. Estetiska krav måste man beakta, dito den praktiska hanteringen, ”känslan” när man skall öppna och stänga. En extra ”ljudruta” är en vanlig lösning. Den kan förvisso dämpa ljudet med 8-10 dB, men man får en opraktisk lösning (svår att öppna, sex sidor glas att putsa) som ibland leder till att de boende tar bort ljudrutan efter en tid. Ljudisoleringen skall höras, inte synas (för att vända på ett känt uttryck).

<mr Praktiska erfarenheter guld värda>

Efter mer än ett par decenniers arbete med ljudisolering av fönster har Elit fönster fått såväl teoretiska kunskaper som en hel del praktiska erfarenheter. Erfarenheterna från hundratals laboriemätningar och fältmätningar är samlade i en intern ”kunskapsbank” som används för konstruktionsarbetet med ljudisolerande fönster och dörrar. Denna bank innehåller dels erfarenheter om utförande och material i produkten och dels erfarenheter från fältet d.v.s. från monteringen av fönster och dörrar i yttervägg. Värdefull kunskap om utformning och hantering av fönster har inhämtas från både arkitekter och entreprenörer. Utan dessa praktiska erfarenheter tror jag inte vi idag skulle ha tillgång till de kommersiellt och ekonomiskt gångbara produkter som kunde införas i J&W’s sammanställning.

<mr Ekonomisk” ljudisolering av fönster>

Om man tittar på de sätt som ljudet kan ta sig igenom ett monterat fönster kan man särskilja några ”huvudvägar”, transmissionsvägarna 1 - 3 i figur 2:



<figur 2> Figur 2 (från Lydteknisk institut, rapport 128). Tvärsektion genom ett fast fönster respektive ett fönster med enkelbåge. Pilarna visar ljudets transmissionsvägar. Väg 1 går genom glaset och luftspalterna mellan glaset, väg 2 går genom karm och båge, väg 3 går genom springor och fogar mellan ovanstående material.

Ljudisoleringen hos transmissionsväg 1 och 2 är beroende dels av materialens densitet och homogenitet, dels tjockleken hos materialet. Antalet skikt och deras tjocklek - framför allt i glaspaketet - påverkar också ljuddämpningen. För väg 3 är det effektiviteten i tätningar som påverkar ljudisoleringen i de högre frekvenserna.

Man kan säga att ljudisoleringen hos ett fönster bestäms eller påverkas av;

- om fönstret är öppningsbart eller fast
- glaspaketet, d.v.s.
  - glasens tjocklek
  - "- variation i tjocklek
  - "- inbördes avstånd
  - "- uppbyggnad (lamellglas etc.)
  - "- montering i bågen
- "ramkonstruktionen" d.v.s. material i båge och karm
  - tjocklek hos -"- (egentl. djupet)
  - utformning av -"-
- tätningar
  - mellan vägg - karm
  - "- karm - båge
  - "- innerbåge - ytterbåge (dammsfilter i kopplade bågar)

Fönstrets storlek och form påverkar den totala ljudisoleringen, detsamma gäller genomföringar i karm eller båge för t. ex. ventiler, persienner m.m. För det färdiga fönstret i väggen är det placeringen i väggen och montagens utförande som i hög grad påverkar den slutgiltiga ljudisoleringen hos fönstret.

Från de praktiska erfarenheter som samlats i kunskapsbanken kan man rangordna de delar i fönstret som har stor påverkan på ljudisoleringen och som borde vara enkla och billiga att genomföra i en "tioitopp"-lista för effektivitet relativt kostnad;

1. tätning mellan karm och båge d.v.s en effektiv tätlist (resp. dammsfilterlist)
2. tjockleken (djupet) hos karm och båge
3. antal glas
4. avstånd mellan glas
5. variation i glastjocklek och uppbyggnad (lamellglas etc.)
6. glasens tjocklek

Beträffande tjockleken hos karm och båge så påverkar en eventuell ökning av karmdjupet möjligheter till ökade glasavstånd och flera glas. Detta får naturligtvis konsekvenser på fönstrets utseende och vikt. Fönstret blir klumpigare med kraftigare ramkonstruktion och blir svårare att hantera på byggsplatsen. Önskemål från arkitekter och entreprenörer gör att vi

också prövar andra vägar till förbättring av ljudisoleringen. Hanteringsproblemet accentueras dessutom idag då man - för att öka ljuset i rummet - ofta väljer stora fönster i nyproduktionen. Ändå måste framhållas, att nackdelarna med ett "kraftigt" fönster skall jämföras med alternativa lösningar när det gäller estetik och praktisk funktion. System med lösa innerbågar (tilläggsfönster), som ibland föreslås i objekt med höga ljudkrav eller där man genomför bullersaneringar, ger rimligen större praktiska olägenheter och osäkrare funktion än ett sammanhållet standardfönster.

Liknande konsekvenser får man om man väljer att öka antalet glas och/eller öka glasens tjocklek. Av hållfasthetsskäl måste ramkonstruktionen i öppningsbara fönster göras kraftigare för att kunna bära de tyngre glasen. Tjockare och fler glas försämrar också ljustransmissionen, vilket, som tidigare sagts, blivit en viktig fråga vid nyproduktion av bostäder. Samtidigt ställs nu krav på förbättrad värmeisolering hos fönster vilket medför att s.k. energisparglas måste användas. Dessa glas ger med sin lågemissionsbeläggning också en något minskad ljustransmission. Det kombinerade kravet på förbättrad ljudisolering och värmeisolering kan alltså ge negativa konsekvenser på kravet på ljusinsläpp.

Att öka avståndet mellan glasen är både en effektiv och billig ljudisoleringsåtgärd. I vissa fall är dämpningen hos ett tvåglasfönster med stort glasavstånd bättre än hos treglasfönster. Men denna möjlighet begränsas av önskemål om smäckra konstruktioner och höga krav på värmeisolering (U-värde).

Lamellglas (sammanfogade planglas) har varit vanliga men är relativt kostsamma. De s.k. gjuthartslamellglasen är effektiva men tyvärr dyra. Det bör också observeras att dessa bör placeras mot rumssidans för att vara verksamma även vid kyla då hartsen annars stelnar och dämpningseffekten minskar.

Ett effektivt och billigt medel att isolera mot mellan- och högfrekvent buller är tätlistor. Under förutsättning att dessa är smidiga och följsamma (tunnväggiga) och att de monteras rätt erhålls förvånansvärt goda resultat. Detta är ett förhållande som tillverkarna utnyttjat länge. Tyvärr har tätningens betydelse inte alltid nog värderats. En extra tätlist i ett vanligt kopplat fönster placerad på rätt sätt ger förvånansvärt goda effekter. Samma sak gäller tätningens utförande mellan de kopplade bågarna.

Sist men inte minst måste utförandet hos tätningen mellan karm och vägg betonas. Utförandet behöver för ljudisolerande fönster inte vara annorlunda än för vanliga fönster. Men det är av största vikt att utförandet blir noggrant och att inga små hål uppkommer mellan fönster och vägg. Vanlig drevning med mineralullsremсор, bottningslist och fogmassa är effektivt ljudisolerande om utförandet är bra. Denna teknik används också vid montage av fönster vid ljudmätning i laboratorium. Användningen av skum kräver stor kunskap och erfarenhet för att resultatet skall bli tillräckligt bra. Den gamla hederliga tekniken med mineralull har visat sig kunna uppfylla kraven väl.

**Det är alltså hos det färdiga och monterade fönstret som ljudisoleringen avgörs**

./.