



Bullerskydd i bostäder och lokaler



Bullerskydd i bostäder och lokaler

Boverket november 2008

Titel: Bullerskydd i bostäder och lokaler

Utgivare: Boverket november 2008

Upplaga: 1:1

Antal ex: 1 000

Tryck: Elanders Sverige AB

Tryck: ISBN 978-91-86045-40-1

PDF: ISBN 978-91-86045-41-8

ISSN: 1400-1012

Sökord: Bullerskydd, buller, bostäder, lokaler, ljudmiljö,
riskanalyser, planering, projektering, produktion,
byggnadsdelar, konstruktioner, produkter, standarder,
ljudklasser, handböcker

Dnr: 100-4247/2007

Omslagsfoto: Peter Fischer, Bildarkivet

Foto: Samtliga foton/illustrationer är författarnas såvida inte
annat anges.

Publikationen kan beställas från:

Boverket, Publikationsservice, Box 534, 371 23 Karlskrona

Telefon: 0455-35 30 50

Fax: 0455-819 27

E-post: publikationsservice@boverket.se

Webbplats: www.boverket.se

Rapporten finns att ladda ner som pdf på www.boverket.se

Rapporten kan på begäran beställas i alternativt format som
Daisy, inläst på kassett m.m.

©Boverket 2008

Förord

De som bor eller arbetar i en byggnad rankar ofta dess ljudmiljö som en av de viktigaste egenskaperna för välbefinnande. Boverkets byggregler BBR (*BFS 1993:57 med ändringar*) ställer ett övergripande funktionskrav på utformning av byggnader när det gäller skydd mot buller. Vid planering och uppförande av bostäder och lokaler måste man säkerställa att ljud från omgivningen, grannar och tekniska installationer inte stör de boende respektive verksamhetsutövarna. Det är som regel effektivast att åtgärda störande ljud (buller) med åtgärder vid själva ljudkällan, men av olika skäl måste man ofta inrikta sig på att hindra ljudspridning genom byggnaden. Boverket hänvisar i ett allmänt råd i BBR avsnitt 7 till några standarder som är avsedda att ge en mer utförlig vägledning för byggnadens bullerskydd.

Det finns många goda exempel som visar att man kan nå de uppsatta ljudmålen med en rimlig säkerhet, om man har tillräckliga kunskaper och arbetar strukturerat. Det är vanligt att man sätter upp mål som går utöver BBR:s föreskrift för såväl bostäder som verksamhetslokaler, t.ex. att klara ljudklass B enligt svensk standard.

Ljudkraven kan dock vara besvärliga att hantera. Orsaken är att de påverkar valet av många byggnadsdelar och konstruktioner, de berör olika aktörer i byggprocessen och de kommer in i flera skeden. Denna handbok är framtagen för att underlätta för byggbranschens aktörer att bryta ned de övergripande föreskriftskraven i BBR och ljudkraven i standarderna till mer hanterliga delmål för respektive aktör. Delmålen kan underlätta en strukturerad och effektiv hantering under planering, projektering och produktion och minska risken för fel, brister och onödiga kostnader.

Handboken kan vara ett hjälpmedel och en inspirationskälla, men kan inte åberopas för någon form av automatiskt godkännande av produkter eller utförande. I händelse det skulle finnas något i denna handbok som kan uppfattas stå i motsats till vad som står i lagar, förordningar, föreskrifter och allmänna råd, så gäller alltid dessa före innehållet i denna handbok.

Arbetet med handboken har handlagts av Hans-Olof Karlsson Hjorth, med juridiskt stöd av Ulrica Lidfors och språkgranskat av Jenny Hellgren. Författare är Klas Hagberg vid WSP Akustik och Christian Simmons vid Simmons akustik & utveckling. Avsnittet om maximalnivåer från trafik baseras på underlag från Hans Jonasson vid SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Ett antal aktörer inom olika byggföretag och SIS tekniska kommitté för byggakustik har bidragit med råd och synpunkter under arbetets gång. SBUF, Svenska byggbranschens utvecklingsfond, har bidragit med finansiering av vissa delar. Vi tackar alla som har bidragit för denna hjälp.

Karlskrona, november 2008



Janna Valik
Boverket

Innehåll

Inledning.....	9
1. Bakgrund.....	11
2. Effektiv hantering av ljudfrågor i byggprocessen – roller och ansvar.....	15
3. Ljudskyddsdocumentation mot SS 25267, SS 25268.....	19
Del 1 – Program, förutsättningar, omfattning av verifiering.....	20
Del 2 – Projekteringsanvisningar.....	23
Del 3 – Granskning av bygghandlingar.....	25
Del 4 – Produktionsskedet, verifiering i byggnad, slutbevis.....	25
4. Projekteringsvägledning – Kommentarer till SS 25267 och SS 25268.....	27
4.1 Omfattning – standardernas syfte.....	27
4.2 Normativa hänvisningar – metoder för verifiering av krav.....	29
4.3 Termer och definitioner – kommentarer.....	30
4.3.1 Allmänt.....	30
4.3.2 Luftljudsisolering.....	31
4.3.3 Stegljudsisolering.....	34

4.3.4 Ljudisolering mot trafik och andra yttre ljudkällor	36
4.3.5 Ljudtrycksnivå framför fasad och på uteplats	37
4.3.6 Installationer	38
4.3.7 Efterklangstid och ljudabsorptionsarea	40
4.4 Ljudklasser – projektering och byggande	41
4.4.1 Allmänt	41
4.4.2 Luftljudsisolering	44
4.4.3 Stegljudsisolering	51
4.4.4 Ljudisolering mot trafik och andra yttre ljudkällor	55
4.4.5 Ljudtrycksnivå på uteplats	61
4.4.6 Installationer	64
4.4.7 Ljuddämpning och ljudabsorptionsarea	67
4.4.8 Efterklangstid och dimensionering av ljudabsorptionsarea	68
4.5 Kommentarer till några av bilagorna i SS 25267	77
4.5.1 Bilaga A Vägledning för val av ljudisolering dörrar och fönster	77
4.5.2 Bilaga B (informativ), Vägledning för val av golvbeläggningar och övergolv på betongbjälklag	79
4.5.3 Bilaga C (informativ) Luftljud och stomljud från installationer	82
4.5.4 Bilaga D (informativ) Ljudisolering mot trafikbuller och yttre ljudkällor	82
4.5.5 Bilaga E (informativ) Vägledning för val av absorbentarea	92
4.5.6 Bilaga F (informativ) Beräkning av luftljudsisolering och stegljudsnivå i byggnad	98
4.5.7 Bilaga G (informativ) Differens mellan tidsvägning F och S	98
4.5.8 Bilaga H (normativ) Verifiering av funktionskrav – Mätning	98
5. Produkter och konstruktioner	99
5.1 Allmänt	99
5.2 Beräkningar	100
5.3 Generella krav – alla produktkategorier	101
5.4 Specifika krav – per produktkategori	103
1. Innerväggar och bjälklag i betong, lättbetong och andra massiva byggnadsmaterial	103

2. Innerväggar och bjälklag av trä, plåt, gips och sammansatta byggnadsmaterial.....	103
3. Golvbeläggningar, torra och betong- eller spackelbaserade golvsystem.....	103
4. Dörrar.....	104
5. Ytterväggskonstruktioner.....	104
6. Glaspartier, fönster, fönsterdörrar och tillhörande brösningspartier.....	104
7. Uteluftsintag och överluftsdon.....	105
8. Vägg - tilläggsisoleringar.....	105
9. Undertak.....	105
10. Inredningsprodukter, skärmar, gardiner etc.....	106
11. Installationsprodukter, maskiner, VVS-produkter och fast inredning som kan alstra störande ljud i byggnad.....	106
6. Produktion – riskanalys.....	107
6.1 Allmänt.....	107
6.2 Riskfaktorer – allmänt.....	108
6.3 Riskfaktorer – ljudisolering i byggnadsdelar och konstruktioner.....	110
6.3.1 Innerväggar och bjälklag i platsgjuten betong.....	110
6.3.2 Innerväggar och bjälklag med prefabricerade betongelement i betong.....	111
6.3.3 Innerväggar i lätt betong (med lättklinker eller gasbetong).....	113
6.3.4 Innerväggar och bjälklag av trä, plåt, gips och sammansatta byggnadsmaterial.....	114
6.3.5 Golvbeläggningar, torra golvsystem samt betong- eller spackelbaserade golvsystem.....	115
6.3.6 Dörrar, vikväggar, blockväggar m.m.	117
6.3.7 Ytterväggskonstruktioner.....	118
6.3.8 Glaspartier, fönster, fönsterdörrar och tillhörande brösningspartier.....	120
6.3.9 Uteluftsintag och överluftsdon.....	120
6.3.10 Väggar, tilläggsisoleringar.....	121
6.3.11 Undertak.....	121
6.4 Riskfaktorer – tekniska installationer.....	121
6.5 Riskfaktorer – ljudabsorption och efterklangstid.....	123

7. Verifiering, kontroll och redovisning av ljudklass.....	125
7.1 Allmänt.....	125
7.2 Luftljudsisolering.....	127
7.3 Stegljudsisolering.....	132
7.4 Ljudisolering mot trafik och andra yttre ljudkällor.....	133
7.5 Ljudtrycksnivå på uteplats.....	134
7.6 Installationer.....	134
Luftljud.....	135
Stomljud.....	135
7.7 Efterklangstid och ljudabsorptionsarea.....	137
Referenser i handboken.....	139
Läs mera.....	140

Inledning

Boverket har i byggnadsverksförordningen bemyndigande att skriva tillämpningsföreskrifter om bl.a. bullerskydd. Med avsnitt 7 i BBR uppfyller vi detta bemyndigande. I föreskriften finns hänvisningar till två standarder om ljudklassning, SS25267 respektive SS25268. För att underlätta branschens arbete har Boverket tagit fram denna handbok för att bland annat klargöra olika aktörers ansvarområden.

Handboken är indelad i avsnitt med olika inriktning och detaljeringsgrad. Avsnitt 1 ger en bakgrund till handboken. Avsnitt 2 beskriver roller och ansvarsfördelning mellan olika aktörer i byggprocessen. Avsnitt 3 beskriver hur en sakkunnig kan utforma en ljudskyddsdocumentation, som styr hanteringen av ljudfrågorna effektivt i ett projekt. I ljudskyddsdocumentationen beskrivs också hur byggnadens tekniska egenskaper ska kunna säkerställas. Dessa avsnitt 1-3 vänder sig således till alla aktörer inom byggbranschen som berörs av ljudfrågor, exempelvis byggherrar, myndigheter, projektörer, tillverkare, entreprenörer, sakkunniga och kvalitetsansvariga enligt PBL (1987:10) m.fl. Handboken är utformad som ett komplement till standarderna för ljudklassning av bostäder (SS 25267) och lokaler (SS 25268), som specificerar olika ljudkrav som kan ställas på en byggnad i bruksskedet. Avsikten med beskrivningarna i denna handbok är inte att ändra innebörden i de standarder som den hänvisar till utan bara att förtydliga och komplettera dessa.

Avsnitt 4 vänder sig i första hand till sakkunniga om ljud med direkta tekniska råd om tillämpningar av ljudklassningsstandarderna. Avsnitt 5 vänder sig till tillverkare, avsnitt 6 till entreprenörer och avsnitt 7 till kontrollanter.

Avsnitten 4-7 behandlar ett stort antal frågor från branschen med anknytning till BBR avsnitt 7 samt standarderna SS 25267 och SS 25268. Avsnitten täcker dock inte in alla typer av ljudfrågor och ger inte heller någon generell genomgång av akustikteori mm. För den som vill ha stöd för konstruktion och produktutveckling, hänvisas därför till några välkända böcker och en litteraturlista som återfinns i slutet av rapporten. Där finns även hänvisningar till några praktiskt inriktade rapporter, artiklar och informationsblad om byggakustik, som är läsvärda för alla aktörer inom byggbranschen som kommer i kontakt med ljudfrågor.

Handboken kan också användas som komplement till Boverkets allmänna råd när det gäller lokala myndigheters handläggning av ljudfrågor i husbyggnadsprojekt, dels med *”Boken om lov, tillsyn och kontroll”*¹, dels med *”Buller i planeringen – planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik”*².

¹ Boken om lov, tillsyn och kontroll. Boverkets allmänna råd BFS 1995:3, ändrad genom BFS 2004:2 och rättelseblad 2005-12-20. ISBN-nummer: 91-7147-853-1. Kan hämtas fritt på internet, www.boverket.se

² ”Buller i planeringen – planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik”. Boverkets allmänna råd BFS 2008:1. ISBN-nummer: 978-91-85751-72-3

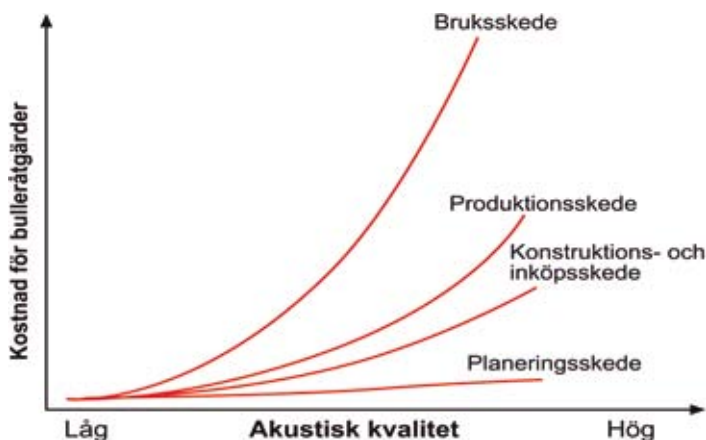
1. Bakgrund

Det finns både ekonomiska och praktiska skäl till att arbeta strukturerat och att planera ljudfrågorna i ett byggnadsprojekt noggrant. En byggnads slutkostnad kan bli betydligt högre om man inte fastställer de korrekta förutsättningarna i ett tidigt skede. Otydliga underlag får till följd att parterna måste göra egna tolkningar. Då ökar risken för att det uppstår missförstånd och att korrigerande åtgärder måste vidtas i sent skede. Figur 1.1 illustrerar sambandet mellan kostnader och tidpunkt för lösningar av ett problem.

Figur 1.1

Samband mellan akustisk kvalitet och kostnad för bulleråtgärder.

Källa: SOU 1993:65



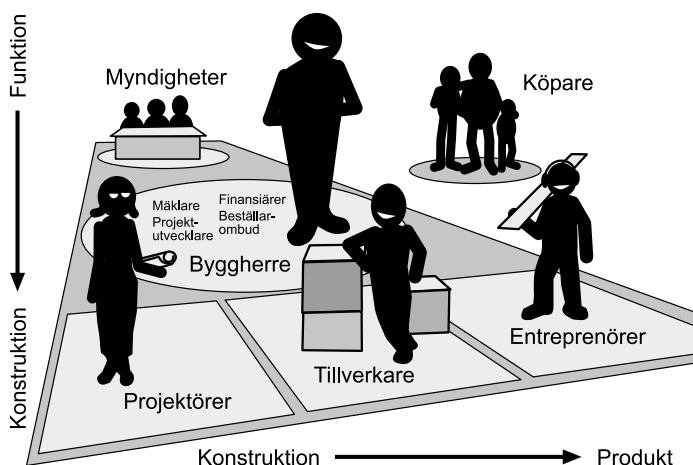
Många gånger uppfattas ljudklassningsstandarderna som alltför omfattande och detaljerade. Det finns en allmän önskan om "enkla regler", gärna kombinerade med frihet i tillämpningen i de enskilda projekten. Standardiseringskommittén, SIS tekniska kommitté för byggnadsakustik, och Boverket har dock gjort bedömningen, att det finns starka skäl till att standarderna ska vara detaljerade, men också ge möjlighet till anpassning till rådande behov i olika projekt. BBR ger ett övergripande krav på bullerskydd i avsnitt 7 och förtydligar detta genom hänvisning till de båda standarderna i ett allmänt

råd. Genom att uppfylla ljudklass C i respektive standard kan föreskriftens krav sägas vara uppfyllt för de byggnads- och lokaltyper som omfattas av föreskrifterna. SIS tekniska kommitté för byggnadsakustik har arbetat med ljudkraven under lång tid och har kunnat föra in mycket praktisk erfarenhet i standarderna. Exempelvis har flera tillägg gjorts för att klara nya tillämpningar samt hantera specialfall som är väsentliga för att undvika att byggkostnaderna ökar. I de nyare utgåvorna tillkom exempelvis "begränsningsregler" (se avsnitt 4.3.2 och 4.3.3) som ett resultat av att det blivit allt vanligare med stora öppna planlösningar i bostäder. De gamla ljudkraven fick en kostnadsdrivande verkan som inte svarade mot subjektiv upplevelse. Ljudstörningar vid låga frekvenser, som underskattats av äldre krav, har fått särskilda tilläggskrav som inte påverkar väl fungerande konstruktioner. Hade det "enkla" kravet skärpts hade det fått mer generella och fördyrande konsekvenser. Regler som förefaller enkla kan därmed få oönskade konsekvenser.

Ljudkraven i standarderna

1. omfattar 6 olika tekniska egenskaper
2. berör flera typer av byggnadsdelar
3. kommer in i alla skeden av byggprocessen
4. måste hanteras av olika aktörer (discipliner)

Detta medför att det blir många frågor som måste tas upp av olika aktörer i olika skeden vilket gör hanteringen svår att överblicka, se figur 1.2 och avsnitt 2.



Figur 1.2

Byggprocessens komplicerade process för hantering av bland annat ljudfrågor.

Standarderna och denna handbok kan användas för att hantera ett stort antal avgränsningsfrågor i varje enskilt projekt. Branschens aktörer får en mer enhetlig tillämpning av ljudkraven, vilket ger förutsättningar för rationellare hantering av ljudegenskaperna och utveckling av ljudmässigt goda produkter det ger också nya akustikingenjörer en möjlighet att få stöd och hjälp i sin yrkesutövning. Förutom standarderna och detta dokument är det troligt att det kommer att utvecklas olika typer av förenklade anvisningar som inriktas på olika byggprodukter. Det är en fördel om dessa kan förankras i ett gemensamt regelverk, vilket standarderna utgör.

SIS tekniska kommitté för byggnadsakustik, har också sammanställt ett antal frågor om SS 25267 och besvarat dessa, på www.sis.se (sök SS 25267, standardiseringsprojekt byggakustik).

2. Effektiv hantering av ljudfrågor i byggprocessen – roller och ansvar



Foto: Anna von Brömssen

Ett byggprojekt kan genomföras på olika sätt. I en totalentreprenad kan byggherren ställa funktionskrav på basis av standardiserade ljudegenskaper och föreskriva om samordningsansvar för entreprenören. Det är då entreprenörens ansvar att visa att man kan uppfylla funktionskraven med valda konstruktioner. I en generalentreprenad ansvarar byggherren för att ljudkraven uppfylls genom att föreskriva om konstruktioner och utförande. Valet av entreprenadform och därmed ansvar för projektering kan bero på många faktorer, exempelvis projektets grad av komplexitet, prisbilden vid tiden för upphandling eller helt enkelt vilket sätt som byggherren vill arbeta på i sitt byggprojekt. Begreppsfloran för olika skeden är också tämligen komplex. I ett försök att förenkla bilden har vi därför valt att betona *funktionen* hos olika aktörer oavsett vem som ansvarar för respektive arbetsuppgift eller *i vilket skede* insatser görs under projekts gång. Exempelvis kan en projekteringsledare eller projektör ha olika uppdragsgivare efterhand som ett projekt framskrider eller så kan olika projektörer (inom samma disciplin) förekomma vid olika tidpunkter beroende på var i projektet man befinner sig och vem som just då ansvarar för projekteringen. I texten används begreppet *entreprenör* för den som uppför en byggnad och har produktionsansvar. För entreprenörer som genomför väsentliga delar av projekteringen eller ändrar det föreskrivna tekniska utförandet (stomsystem, stomkomplettering mm.) är avsnittet 4, om projektering relevant.

Byggherren – Byggherren är den som för egen räkning utför eller låter utföra byggnadsarbeten och har det övergripande ansvaret för att uppfylla BBR. För att säkerställa att byggnaden blir projekterad och utförd på rätt sätt bör byggherren, enligt allmänt råd i BBR avsnitt 2.31, ”*i ett tidigt skede överväga behovet av relevant kompetens för respektive uppgift*”. För detta kan byggherren använda egen personal, eller upphandla fristående projektörer och entreprenörer. Byggherrens projektgrupp, samt de beskrivningar och ritningar som upprättas, utgör underlag för den kontrollplan som fordras enligt PBL.

Byggherren kan (inom detta kontrollområde) tillämpa BBR:s råd på följande sätt:

- utse en *sakkunnig om ljud*
- meddela *byggnadsnämnden* vem som är utsedd som sakkunnig
- utforma förslag på *moment som är relevanta* för ljud i kontrollplanen enligt PBL (i samarbete med den sakkunnige), se BBR avsnitt 2:32
- redovisa *vilken verifiering* som behövs för att visa att även övriga mål har uppnåtts, som inte omfattas av krav enligt BBR
- bestämma vem som ska ansvara *för verifiering under projektering och utförande*

Sakkunnig – Sakkunnig om ljud upprättar en *ljudskydds-dokumentation* enligt avsnitt 3, normalt i programskedet. Ljudskyddsdokumentationen bör kompletteras efterhand som projektet fortskrider och avslutas med ett bestyrkande av att byggnaden uppfyller uppställda krav. I denna skrift används ordet dokumentation även för sådana handlingar som ibland benämns beskrivning. Behov av verifiering med hjälp av en *fristående sakkunnig* kommenteras i avsnitt 7.

Projektörerna – Projektörerna följer ljudskyddsdokumentationen. I tidigt skede (programschedet) bör denna innehålla principer för (eller exempel på) tänkbara lösningar, som kan läggas till grund för skisser, kalkyler, förfrågningsunderlag mm. Under projekteringen av bygghandlingar kan emellertid andra lösningar och produktkombinationer övervägas. I sådana fall ska dessa vara väl dokumenterade med hänsyn till ljud. Det är lämpligt att föra en dialog med såväl den sakkunnige som aktuella tillverkare, så att aktuella ljudkrav kan uppfyllas med de valda lösningarna eller produkterna, se vidare i avsnitt 3. Bygghandlingarna bör hålla sådan kvalitet att entreprenören lätt kan följa dessa under utförandet.

Tillverkarna – Tillverkarna tillhandahåller nödvändiga *materialdata* för sina byggprodukter för att byggnadens tekniska egenskaper ska kunna säkerställas, se BBR avsnitten 1:4, 2:1 och 2:322. Byggprodukter som ska sättas samman i en byggnad eller produkter som ska ingå som en viktig del i inred-

ningen kan vara verifierade genom provningar i laboratorium, genom provningar i färdig byggnad eller med teoretiska utredningar (SS 25267 bilaga F). Det är en stor fördel om dessa provningar/utredningar redovisas på ett standardiserat sätt, av en från produktleverantören oberoende instans. I annat fall bör hårdare krav ställas på entreprenörens ansvar och egenkontroll. Mer detaljerad beskrivning av tillverkarens ansvar och produktredovisning ges i avsnitt 5.

Slutligen kan tillverkaren genom att tillhandahålla *projekteringsanvisningar* förklara produktens avsedda funktion samt beskriva viktiga moment vid montage i särskilda *monteringsanvisningar*. Anvisningarna bör ge förutsättningar för att produktens egenskaper kan säkerställas vid projektering och montering. Här kan ingå:

- bildexempel som förtydligar montagearbetet och visar viktiga detaljanslutningar
- eventuella tilläggskrav på andra produkter som ingår i konstruktionen, t.ex. yttjämnhet, fuktkvot och eftergivlighet
- dokument som visar riskmoment vid förvaring på byggplats och vid sammansättning i byggnad etc.

Entreprenörerna – Rätt ljudteknisk funktion förutsätter ett korrekt utförande av ljudmässigt viktiga detaljer. Risken för fel och brister minskar om entreprenören har kunskaper om konstruktionerna, får stöd av bygghandlingarna och är noggrann vid utförandet. Beroende på entreprenadform kan olika förutsättningar gälla. I vissa entreprenadformer kan nya konsultor handlas upp av entreprenörerna, eller väsentliga ändringar föreslås av denne. Ändringar föreslås ofta för att effektivisera bygget och hitta bättre och billigare lösningar vilket är en viktig del i byggprocessen. Det är emellertid väsentligt att föreslagna förändringar inte påverkar kvaliteten på ett oförutsett sätt. Därför bör byten av produkter som görs på initiativ av entreprenören underställas kontroll av projektör före användning i projektet. Byten ska dokumenteras och vara lätta att identifiera så att byggherrens sakkunnige kan granska dem.

Då entreprenören har åtagit sig ett ansvar för granskning och kontroll under byggtiden bör detta dokumenteras i ett egenkontrollprogram som lätt kan följas av den som byggherren har utsett (normalt den sakkunnige). Se vidare avsnitt 6.

Myndigheterna – Myndigheterna kan verka för att de uppgifter som föreskrivs i detaljplan och bygglov är tydliga och väl förankrade hos remissinstanser i tidigt skede. Om projektör/sakkunnig upptäcker otydligheter eller brister i besluten bör myndigheterna medverka till att förtydliga dessa så att de slutliga förutsättningarna är beslutade i samband med byggsamråd. Särskilt viktigt att klarlägga i tidiga skeden i projektet är

- att detaljplanens ljudkrav är tydliga och korrekt beskrivna
- att dimensionerande ljudnivåer utomhus och inomhus fastställs med stöd av beräkningar eller mätningar på ett sätt som medger en korrekt dimensionering av ljudisolering i yttervägg, fönster m.m. se avsnitt 3.

När bygganmälan kommer till myndigheten bör denna försäkra sig om att byggherren är införstådd med vilka krav som gäller i det aktuella fallet, till exempel vid byggsamråd.



Foto: Hans Gustafsson

3. Ljudskyddsdocumentation mot SS 25267, SS 25268



Foto: Mikael Svensson, Bildarkivet

För att säkerställa tydliga avtal (kontrakt) mellan byggherren och entreprenörerna kan byggherren använda ljudskyddsdocumentationen som grund för dessa. Dokumentationen är en handling som följer med genom ett byggprojekt och revideras efterhand som projektet framskrider. Ljudmässigt väsentliga anvisningar bör införas i de för projektet styrande dokumenten, t.ex. administrativa föreskrifter (AF), rumsbeskrivningar och konstruktionshandlingar. I den mån det är möjligt kan dessa hänvisa till ljudskyddsdocumentationen. Det är lämpligt att ange vilket dokument som är styrande i händelse av motstridighet mellan dessa.

En ljudskyddsdocumentation som upprättas enligt denna handbok uppfyller rådet om byggakustisk dokumentation i avsnitt 7:3 BBR.

Byggherren bör säkerställa, att den som upprättar ljudskyddsdocumentationen har tillräcklig kompetens. Ljudskyddsdocumentationen bör bestå av fyra delar:

- Del 1 preciserar förutsättningarna i en programhandling. Här anges vilka krav som ska gälla, normalt med hänvisning till en ljudklass (se vidare i avsnitt 4.1), eventuella avsteg eller tillägg samt motiveringar till dessa. Här anges även dimensionerande ljudnivåer utomhus (trafik m.m.) och inomhus (ljudalstrande verksamheter), samt omfattning av och ansvar för verifiering. Vidare bör en enklare riskanalys som beskriver möjligheter och risker med tänkbara konstruktioner ingå i detta skede
- Del 2 ger anvisningar för projektering och förslag på tänkbara lösningar
- Del 3 omfattar granskning av bygghandlingar, rumsbeskrivningar m.m. så att ljudmässigt väsentlig information är tillräcklig för att entreprenören ska kunna uppfylla kraven
- Del 4 omfattar granskning av produktionen, verifiering av färdig byggnad och utfärdande av intyg för slutbevis

Del 1 – Program, förutsättningar, omfattning av verifiering

a) Val av ljudklass, tillägg och avsteg

Bestäm projektets programkrav, lämpligen genom att precisera ljudklass enligt standarderna SS 25267 (för bostäder) alternativt SS 25268 (för lokaler). Ljudklass C uppfyller samhällets minimikrav på ljudförhållanden. Ljudklass A eller B kan väljas om bättre ljudförhållanden önskas. Ljudklass D kan i undantagsfall tillämpas i samband med ändringar eller tillfälliga verksamheter om andra väsentliga kvaliteter därigenom kan tillvaratas. Normalt krävs byggnadsnämndens tillstånd att bygga i ljudklass D. Genom att referera till ljudklassningsstandarderna säkerställs att kraven formuleras på ett korrekt och enhetligt sätt.

Om brukarnas behov är kända, så kan man värdera önskemål om avsteg från eller tillägg till standardernas krav. Avsteg bör vara väl underbyggda och kunna motiveras. Notera att föreskriften i BBR alltid gäller, det vill säga att man måste kunna säkerställa tillfredsställande ljudförhållanden även då enskilda krav i standarderna frångås. Se avsnitt 4.4.1. I samband med att ljudklass och eventuella tilläggskrav fastställs, bör man också gå igenom byggherrens egna projekteringsanvisningar (om det finns sådana) samt bygglovets. Kontrollera att inget tilläggskrav strider mot BBR eller vald ljudklass. Exempel på tillfällen då konflikter mellan ljudkrav och andra egenskapskrav kan uppstå är:

- dålig stegljudsisolering kan följa av krav på hårda golvbeläggningar
- byggnadens föreskrivna maxhöjd kan överskridas då valda/önskvärda bjälklag och golvbeläggningar som måste göras tjocka för att klara ljudkraven
- överhörning mellan studie- eller arbetsplatser uppstår i öppna planlösningar där rumskiljande innerväggar inte kan användas på grund av flexibilitetskrav eller dylikt
- estetiska eller andra tekniska krav som är svåra att förena med den utformning som krävs för att uppfylla ljudkraven, t.ex. stora fönster mot en gata med tung trafik etc.

b) Dimensionerande ljudnivåer

Utomhus:

Bestäm dimensionerande ljudnivåer utanför byggnaden när byggnadens placering på tomt, form och planlösning är kända. I denna analys ska alla dimensionerande ljudkällor beaktas, såsom

- trafik (väg, tåg, flyg, båt)
- industrier
- evenemangsområden, skolgårdar, diskotek och andra platser där höga ljudnivåer kan förväntas förekomma mer än sporadiskt

Ljudnivåer anges som ekvivalenta (tidsutjämnade) och maximala A-vägda ljudtrycksnivåer enligt SS 25267 eller SS 25268. Från dessa ljudnivåer kan ljudisolering i yttervägg, fönster m.m. bestämmas. I avsnitt 4.4.4 ges exempel på hur dimensionerande ljudnivåer utanför fasad kan redovisas.

Om uppgifter saknas kan mätningar eller beräkningar behöva göras för att fastställa dimensionerande ljudnivå. Det är också lämpligt att kontakta verksamhetsutövaren (kommun, trafikverk eller industri) för att informera sig om eventuella planerade förändringar av verksamheten. I samband med utredningen kan det visa sig vara nödvändigt att ändra utformningen eller placeringen av bostäder eller lokaler för att kraven i detaljplanen och BBR (eller en högre ljudklass som byggherren beslutat) ska kunna uppfyllas. Exempelvis kan husens form behöva ändras för att få en bättre skärmning mot trafikbuller på den ena sidan. Se vidare i Boverkets allmänna råd ².

Det kan även finnas skäl att beskriva vilka ljudnivåer som förväntas i omgivningen till följd av byggaktiviteterna (s.k. byggbuller).

Inomhus:

Då verksamheter som kan förväntas alstra störande ljud mer än sporadiskt inryms i byggnaden, ska konstruktioner dimensioneras för att kunna uppfylla ljudkraven. För dimensionering måste aktuella ljudnivåer vara kända. Det kan exempelvis gälla;

- restaurang, pub, diskotek m.m. med förstärkt musik
- sport- och fritidsanläggningar, t.ex. bowling och gymnastik
- småskalig industriverksamhet, t.ex. tryckeri och verkstad.

c) Principiella lösningar som uppfyller ljudkraven

Det finns normalt behov av att redovisa exempel på lösningar som uppfyller de ljudkrav som ställs, t.ex. för att tydliggöra förutsättningarna, få en rimlighetskontroll eller möjliggöra en första kostnadsuppskattning. Då exempel på lösningar lämnas ut i förfrågningsunderlag och liknande, är det väsentligt att beakta vilken typ av avtal som ska ingås med entreprenören, eftersom garantiåtaganden m.m. påverkas. För vissa upphandlingsformer kan det vara lämpligt att redovisa flera alternativ eller att ange principer för lösningar. Dels betonar man då att det är en funktion som avses, dels låser man inte oavsiktligt förutsättningarna till en specifik utformning eller produkt.

d) Verifiering – vad, hur, när och av vem

Vissa delar av verifieringen bör inordnas i den kontrollplan som erfordras enligt PBL, i samråd mellan den som är *kvalitetsansvarig enligt PBL* och den sakkunnige. En viss hjälp kan man få av ”checklista – ljud” som kan laddas ner från föreningen Sveriges byggnadsinspektörers webbplats (www.fsbi.se). Andra delar kan avse moment som går utöver samhällskraven, men som är väsentliga för att nå de mervärden som byggherren har beställt. I denna del av ljudskyddsdokumentationen ska det tydligt framgå *vad* som ska granskas, *hur* det ska göras, *när* det ska göras och *av vem*. Verifiering kan göras genom en kombination av beräkningar, erfarenhetsbedömningar, granskning av bygghandlingar, granskning på byggplatsen och mätningar i färdig byggnad. Om nya riskkonstruktioner identifierats under arbetet med ljudskyddsdokumentationen kan det finnas anledning att revidera kontrollplanen innan granskning sker. Se vidare i avsnitt 4 och 7, samt i rapporten från Boverkets byggkostnadsforum ”Bostäder och nya ljudkrav”³.

Byggsamråd och avtal – Byggsamrådet och upphandlingen utgör viktiga ”milstolpar”. För att projekteringen av bygghandlingarna ska kunna fortgå smidigt bör alla parter vara överens om förutsättningarna för dimensioneringen och hur verifiering ska utföras. Dessa beslut kan dokumenteras i samrådsprotokollet och/eller i avtalet mellan byggherren och entreprenörerna. Förändringar i senare skede kommer med stor sannolikhet att innebära ökade kostnader.

Byggsamråd och avtal

³ Bostäder och nya ljudkrav. Boverket 2007.
ISBN: 978-91-85751-43-3. www.boverket.se

Del 2 – Projekteringsanvisningar

I denna del utarbetas anvisningar till projektörerna, så att deras lösningar i samverkan har förutsättningar att uppfylla ljudkraven. Här bör ingå;

- kompletterande anvisningar avseende konstruktioner eller detaljer som inte har behandlats i tidigare skede,
- en granskning av konstruktioner och produkter som föreslås av projektörerna eller
- en byggnadsöversikt som redovisar översiktligt vilka konstruktioner som har fastställts och eventuellt även vilka ingångsdata som har använts för beräkningar

För att kunna ge rätt anvisningar och utvärdera föreslagna konstruktioner bör erfarenhetsmässiga bedömningar och beräkningar genomföras av kritiska konstruktioner och rumstyper i den planerade byggnaden. Dessa bedömningar och beräkningar kan omfatta:

- luftljudsisolering (väggar, bjälklag och dörrar)
- stegljudsisolering (bjälklag och trappor)
- fasadisolering (tak, ytterväggar, bröstningar, fönster, fönsterdörrar och uteluftdon)
- installationsbuller, stomljud (maskiner, inredning, kanalisationer, fundament och infästningar)
- rumsakustik (efterklang, ljudabsorption och ljudutbredning i stora rum)
- ljudnivåer utomhus, vid fasad samt på uteplatser (om sådana uppgifter har begärts)

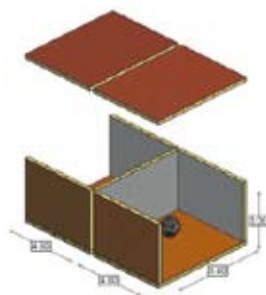
Foto: Byggkostnadsforum



I samband med att lösningar och anvisningar förs in i bygghandlingarna kan det vara praktiskt att ha markeringar på ritningarna var detaljutförandet har stor betydelse för att uppnå ljudkraven.

Ljud från installationer kan kräva speciell samordning eftersom dessa projekteras och levereras av olika aktörer. Det är lämpligt att byggherren anger vem som har ansvaret för att denna samordning genomförs.

Principer för dimensionering och rekommenderade säkerhetsmarginaler anges i BBR avsnitt 2:3 respektive i handbokens avsnitt 4.4.2. Ingångsvärden för byggnadsdelar, se avsnitt 5. Riskmoment vid produktion, se avsnitt 6. När det gäller ändringar i befintliga bostadshus, eller vid ändrad användning av lokaler: en översikt över ett stort antal vanliga konstruktioner i den befintliga 1900-talsbebyggelsen finns i rapport från SBUF ”*Ljudisolering i bostadshus byggda 1880 – 2000*”⁴. Här redovisas ljudisoleringsvärden för konstruktioner i tredjedels oktavband, både i befintliga konstruktioner och med två eller tre renoveringsalternativ till dessa konstruktioner. Många praktiska exempel och illustrationer redovisas också i böcker av Åkerlöf⁵, Bodlund⁶, Björkman m.fl.⁷ samt i ett antal informationsblad från Formas (Byggeforskningsrådet).⁸



Beräkning av ljudisolering kan göras med beräkningsprogram som bygger på SS-EN 12354. Programmen väger samman ljudegenskaper för olika byggnadsdelar till ett värde som gäller för rum i byggnaden.

⁴ Ljudisolering i bostadshus byggda 1880-2000. Praktiska erfarenheter och indata för beräkningar (SBUF projekt 11254, Sveriges Byggindustrier rapport 0405). ISSN 1402-7410. Simmons, C. Beställs på www.bygg.org/publ_fou_material.asp.

⁵ Byggnadsakustik. En praktisk handbok. Åkerlöf, Leif. Svensk Byggtjänst Förlag. ISBN:91-7332-917-7

⁶ Ljudisolering i ombyggnadsprojekt med träbjälklag. Statens råd för byggnadsforskning rapport R54:1987. Bodlund K.

⁷ Råd om ljud i hus. Byggeforskningsrådet T10:1991. ISBN 54053293. Björkman K, Blomquist S, Nyman H, Thorselius M.

⁸ Ljudisolering i bostadshus byggda före 1930. Byggeforskningsrådet T3:1999. ISBN 54058325 Ekstrand, C-G. Ljudisolering i bostadshus byggda på 1950-talet. Byggeforskningsrådet T4:1999. ISBN 54058333 Ekstrand, C-G. Ljudisolering i bostadshus byggda på 1960-talet. Formas förlag rapport T2:2002 ISBN 54058899. Blomquist S, Danielsson S.

Del 3 – Granskning av bygghandlingar

När bygghandlingarna ska fastställas så granskas att de konstruktioner, detaljer och anvisningar som beskrivs under föregående punkt blivit rätt införda.

Granskningen kan göras antingen av projektörerna i samband med deras egenkontroller, eller av den sakkunnige.

Del 4 – Produktionsskedet, verifiering i byggnad, slutbevis

Funktioner i färdig byggnad verifieras i den omfattning som har fastställts i programskedet, med hjälp av

- okulärbesiktningar, där man granskar att utförande ser ut att överensstämma med anvisningarna i bygghandlingarna, t.ex. vid anslutningar mellan olika byggnadsdelar
- granskning av att anvisade produkter är rätt skyltade (t.ex. dörrar, mobilväggar, undertak, fönster och uteluftsintag)
- enkla täthetsprov, som indikerar att tätningar i öppningsbara eller flyttbara konstruktioner fungerar som avsett (t.ex. tamburdörrar och fönster)
- fältmätningar av ljudisolering och ljudnivåer

Många kontroller av utförandet kan utföras av entreprenörens personal medan ljudmätningar bör utföras av ett företag med mätkompetens och vars resultat ev. granskas av den sakkunnige. Omfattningen kan revideras under projektets gång beroende på hur processen har fungerat eller om entreprenadformen har förändrats. Följande egenskaper kan behöva mätas i mer eller mindre omfattning:

- luftljudsisolering (horisontellt, vertikalt och från trapphus)
- stegljudsisolering (vertikalt och från trapphus)
- fasadisolering
- installationsbuller
- rumsakustik, efterklangstider, inredning och ljudabsorbenter
- trafikbuller utomhus (utanför fasad och på uteplatser)

Se vidare i avsnitt 7.

Om verifieringen av projektering och utförande visar att man uppfyller de krav som ställts enligt kontrollplanen och

Byggnadsnämnden inte funnit anledning att ingripa kan de utfärda ett slutbevis, naturligtvis under förutsättning att övriga tekniska egenskapskrav också är uppfyllda. Det kan även vara aktuellt att intyga att övriga krav enligt ljudskyddsdokumentationens första del har uppfyllts.

Den som utfärdar ett utlåtande om att byggnaden uppfyller kraven måste inte vara ”oberoende sakkunnig”. I normala fall är byggherrens sakkunnige den som är mest lämpad att värdera om projektet uppfyller kraven eftersom denne sannolikt har bäst kännedom om projektet. Därtill ska den sakkunnige kunna stå för det som står i utlåtandet.

Det kan uppstå situationer där det är både lämpligt och nödvändigt att kalla in en fristående sakkunnig kontrollant/företag för att genomföra granskningar eller mätningar utan misstanke om jäv eller partsintresse. För att betraktas som fristående bör den sakkunnige kontrollanten varken ha deltagit i projektering eller utförande av byggnaden samt inneha den utbildning och erfarenhet som behövs.

Byggnadsnämnden kan, om denna menar att byggherrens egenkontroll av samhällskraven av någon anledning inte är tillräcklig, *kräva* in intyg från fristående sakkunnig. Det finns för närvarande ingen certifieringsordning motsvarande dem som tagits fram av Boverket för energifrågor m.m. men det finns mätföretag som ackrediterats av SWEDAC för ljudmätningar och därmed har dokumenterat erforderlig utrustning (kalibrerad) och goda kunskaper om mätmetoderna. Byggnadsnämnden kan i vart enskilt fall utse en fristående sakkunnig kontrollant.

När projektet är genomfört bör ljudskyddsdokumentationen revideras med avseende på de förändringar som gjorts under projektet och resultaten av verifiering av byggnaden. Dokumentationen är därmed komplett och kan fogas till projektets relationshandlingar.

4. Projekteringsvägledning – Kommentarer till SS 25267 och SS 25268

Detta avsnitt följer indelningen i de båda standarderna SS 25267 och SS 25268 ⁹. För kommentarer och fördjupningar till standardernas inledande avsnitt ”0 Orientering” hänvisas dock till handbokens avsnitt 2 och 3 och till respektive standard.

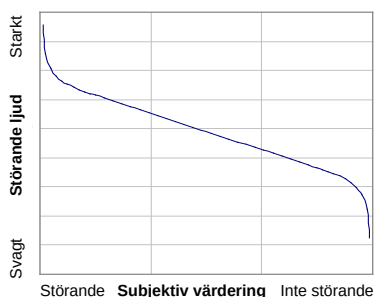
4.1 Omfattning – standardernas syfte

Standarderna klassindelar krav som kan ställas på färdigställda bostäder (SS 25267) och lokaler (SS 25268) vid normal användning, med inredning. De fyra klasserna A, B, C och D är valda utifrån vissa kriterier. Ljudklass C som svarar mot minimikrav enligt BBR är utformad för att ge tillfredsställande förhållanden där en stor andel (> 80 %) av boende och brukare inte ska känna sig störda av ljud. Skillnaderna mellan ljudkraven i de olika klasserna är valda så att de ska ge en tydlig kvalitetsskillnad. Ljudklass C kan användas då låga direkta kostnader är prioriterade och gäller normalt som lägsta krav vid både nybyggnad och ändring av byggnad. Vid ändring av byggnad kan den sämsta klassen, ljudklass D, tillämpas i undantagsfall om andra väsentliga kvaliteter därigenom kan tillvaratas. I de fall följdkrav kan ställas är det i första hand rum för sömn och vila som bör ges god ljudisolering och låg ljudnivå. Dit hör även så kallade vardagsrum, om de kan användas för sömn och vila. Byggnadsnämnden bör godta ljudklass D endast i de fall då en särskild ljudutredning visar på ekonomiska eller tekniska faktorer som medför att ljudklass C inte är rimlig att kräva. Vid bedömningen av vad som kan anses rimligt bör man väga in risken för att en betydande andel boende eller brukare kommer att vara missnöjda med ljudmiljön, och att hyresnedsättningar m.m. kan bli aktuella.

⁹ Alla standarder som handboken refererar till finns hos SIS förlag, www.sis.se.

Ljudklass B är idag ett vanligt mål för bostäder och lokaler. De boende (brukarna) ger normalt bra betyg på ljudmiljön i byggnader med denna klass. Ljudklass A svarar mot en mycket hög ljudstandard, även om det fortfarande kan förekomma att enstaka personer kan känna sig störda av ljud i en bostad eller lokal i denna klass. Vid valet av ljudklass och tekniska lösningar bör man värdera boende eller brukares förväntningar på ljudmiljön.

Att dimensionera för ”100 % nöjda” är inte realistiskt i byggnader där flera personer bor eller verkar. Figuren 4.1 illustrerar ett samband mellan andelen nöjda (subjektivt omdöme) och en akustisk parameter (objektivt kriterium).



Figur 4.1

Subjektiv värdering i relation till en akustisk parameter. När ljudklass A uppnås är den subjektiva värderingen så hög att ytterligare förbättring kräver mycket stora förändringar av konstruktioner (den akustiska parametern). Förbättringarna skulle bli kostsamma och är svåra att motivera.

Ljudkraven i de olika klasserna är sinsemellan samordnade när det gäller de akustiska parametrarna

- luftljudsisolering
- stegljudsisolering
- ljudtrycksnivå inomhus från tekniska installationer
- isolering mot trafik och andra yttre ljudkällor
- ljudtrycksnivå utanför bostad och på uteplats (från trafik, industrier m.m.)
- efterklangstid och rumsakustisk utformning

Det är därför väsentligt att man inte ”kryssar” mellan ljudklasserna, eftersom det finns risk för att den sammanvägda subjektiva värderingen bestäms av den egenskap som har den lägsta ljudklassen. Exempelvis kan ljud från vattenspolning framträda tydligare och störa mera i en byggnad som i övrigt är tyst, än i utrymmen med flera och jämnare bakgrundsljud. De bättre ljudegenskaperna kan således inte fullt ut kompensera för de sämre. Underlag för val av kriterier i ljudklasser för bostäder, det vill säga koppling mellan ljudkrav och boendeomdömen, kommenteras i avsnitt 4.4.1.

4.2 Normativa hänvisningar – metoder för verifiering av krav

De metoder som förtecknas i standardernas avsnitt 2 ska användas vid den del av verifieringen som sker med beräkning eller mätning, om inte något annat har avtalats. Genom att hänvisa till svenska och internationella standarder säkerställs enhetliga dimensioneringsprinciper med rimliga säkerhetsmarginaler samt mätmetoder som ger likvärdiga resultat oavsett vem som utför mätningarna. Vid behov kan preciseringar göras, t.ex. vilka förhållanden som ska råda vid kontroll av ljud från trafik, industrier, installationer, verksamheter m.m.

Mätmetodernas osäkerhet (onoggrannhet) är väl dokumenterade, dvs. det är känt vilka skillnader mellan olika mätresultat som kan förväntas inom samma utrymmen om två eller flera mätningar görs. När det finns flera metoder för att mäta en och samma egenskap kan en av mätmetoderna anges som referensmetod. Det är då denna som gäller framför de andra om det skulle uppstå någon form av tvist eller tveksamhet. Övriga metoder kan t.ex. vara lämpligare för mer översiktliga tester än referensmetoden.

De standardiserade beräkningsmetoderna för byggakustik (SS-EN 12354) har funnits sedan år 2000, och det finns därmed ännu inte lika mycket erfarenhet av vilken osäkerhet som kan förväntas i beräkningsresultaten. Det har dock gjorts några fältstudier, där beräkningsresultat har jämförts med mätresultat, bl.a. i Nordtestrapport NT-tech 603¹⁰ och rapport från Byggkostnadsforum³. De skillnader mellan beräknade och uppmätta värden som har konstaterats i dessa studier indikerar vilka säkerhetsmarginaler som kan tillämpas vid dimensionering, se vidare avsnitt 4.4.2.

I fotnoter till avsnitt 2 i SS 25267 och SS 25268 anges att vissa standarder är på förslag, dvs. de var inte fastställda vid utgivningen. Sedan standarderna gavs ut har dock flera av förslagen fastställts, men det kan ske fler ändringar i samband med de revideringar som fortgår kontinuerligt inom standardiseringsorganisationerna SIS, CEN och ISO.

Kontrollera på svenska standardisering, SIS, Webb sida⁹, att hänvisningar till standarderna har aktuella nummer och benämningar.

¹⁰ Reproducibility of measurements with ISO 140 and calculations with EN 12354. ISSN: 0283-7234. C Simmons, Nordic Innovation Centre, Oslo 2005. www.nordicinnovation.net/nordtest.cfm

Exempelvis är standarden SS 02 52 63 för ljudnivåmätning i rum nu indragen och mätningar ska göras enligt SS-EN ISO 16032 (referensmetod) eller SS-EN ISO 10052 (översiktsmetod). I bilaga H till SS 25267 ges några kompletterande råd för mätning av luft- och stegljudsisolering. I avsnittet 7.4 i denna handbok finns kompletterande råd som preciserar hur stomljud från WC och tvättmaskiner kan mätas i angränsande rum.

Mätning och beräkning av statistiska maximalnivåer från trafik diskuteras i avsnitt 4.5.4.

Vad som kan granskas i byggnad (verifiering av utförandet) beror av vilka konstruktioner som används. Man kan därför inte hänvisa till färdiga mallar eller standarder, utan omfattningen bör beskrivas i ljudskyddsdokumentationen till varje specifikt projekt. Tillverkarna kan lämna viss information, t.ex. i sina monteringsanvisningar.

I avsnitt 6 lämnas råd om ett antal riskkonstruktioner som är lämpliga att granska i produktionsskedet.

4.3 Termer och definitioner – kommentarer

4.3.1 Allmänt

Standarderna innehåller inte allmän information om ljud, buller och hur människor påverkas av ljud. För den som vill veta mera finns dock lättfattligt utformade skrifter, varav några kan hämtas fritt bland annat via Internet.

- Boverkets allmänna råd om planering för bostäder i områden utsatta för trafikbuller ²
- Sveriges kommuner och landstings handbok *Skönheten och oljudet* ¹¹
- Socialstyrelsens skrift *Bullret bort* ¹²
- Arbetsmiljöverkets bok *Buller och Bullerbekämpning*.¹³

¹¹ Skönheten och oljudet - Handbok om trafikbullerskydd. Sveriges kommuner och landsting publikation 1998:68. www.skl.se.

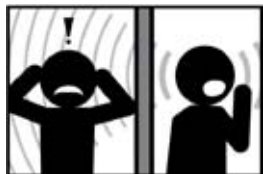
¹² Bullret bort! (artikelnr: 2006-123-25) kan beställas från Socialstyrelsens kundtjänst, 120 88 Stockholm, fax 08-779 96 67, www.socialstyrelsen.se.

¹³ Buller och bullerbekämpning (artikelnummer: H003, utg. år 2000). Arbetsmiljöverket 171 84 SOLNA. ISBN 91-7464-414-9. Se www.av.se, länk publikationer.

Allmän akustikteori och praktiska exempel finns i böcker av Andersson, Hopkins, Lindblad, Vigran, och Bodén m.fl. som förtecknas i avsnittet ”Läs mera” sist i rapporten.

I detta avsnitt kommenteras innebörden av standardernas termer och begrepp, mot bakgrund av vanligt förekommande frågor från branschen. Praktiska tillämpningar av ljudkraven behandlas i avsnitten 4.4 till 4.6.

4.3.2. Luftljudsisolering



Luftljudsisolering är en byggnadsdels eller en sammansatt konstruktions förmåga att reducera luftburet ljud mellan två utrymmen. Mätetalet benämns reduktionstal och betecknas R . Det bestäms i 21 förutbestämda (standardiserade) frekvensband. Av praktiska skäl reduceras alla dessa frekvensbandsvärden till ett sammanfattningsvärde benämnt vägt reduktionstal. Vägd reduktionstal för byggnadsdelar mätta i laboratorium betecknas R_w .



Vid mätning av reduktionstal ställer man in en högtalare som skapar en hög ljudtrycksnivå i ett *sändarrum*. Ljudtrycksnivåerna mäts både i sändarrummet och i det angränsande *mottagarrummet*. Skillnaden i ljudtrycksnivå korrigeras därefter för *skiljekonstruktionens area* samt *mottagarrummets volym* och *efterklangstid*. Reduktionstalet blir därför oberoende av provobjektets area och mottagarrummets akustiska egenskaper.



Av praktiska skäl har samma definition tillämpats även i byggnader. I en byggnad sker dock ljudtransmissionen både direkt (rakt genom vägg eller bjälklag) och indirekt via anslutande konstruktioner eller öppningar. Den indirekta delen benämns *flanktransmission*. Vissa tillverkare redovisar reduktionstal för sina konstruktioner i färdig byggnad, med viss inverkan av flanktransmission. Då avses ett fältreduktionstal och för att markera detta inkluderar beteckningen ett '(prim) tecken, R'_w . Flanktransmission medför normalt sämre ljudisolering i byggnad än vad som kan förväntas med ledning av det laboratoriemätta reduktionstalet för den aktuella skiljekonstruktionen, alltså gäller oftast $R'_w < R_w$. Ett undantag från regeln finns i hus med lätta väggar och tunga bjälklag, där bjälklagets ljudisolering blir högre i byggnad än i lab. Detta beror på energifördelning i bjälklaget som beskrivs i handboken på www.byggamedprefab.se. Praktiska tillämpningar, se vidare under rubriken 4.4.1.

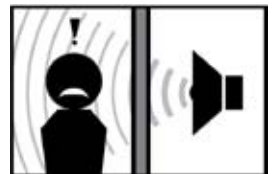
Begränsningsregel

I Sverige används en begränsningsregel för reduktionstal i byggnad enligt SS 25267. Denna regel innebär praktiskt, att uppmätt ljudnivåskillnad i stora rum korrigeras för mottagarummets efterklangstid. När begränsningsregeln används motsvarar R'_w måttet ”vägd standardiserad ljudnivåskillnad” D_{nTw} som används i vissa länder. SS 25267 anger av praktiska skäl bara beteckningen R'_w även där det är D_{nTw} som avses, medan SS 25268 anger krav i R'_w eller D_{nTw} beroende på vilken typ av lokal som avses. Dimensionering utan hänsyn till begränsningsregeln ger resultat på säkra sidan, dvs. ljudisoleringen blir högre än vad som krävs. I avsnitt 4.4.2 visas tabell 4.4 som översätter mellan R'_w och D_{nTw} . Vertikalt, samt horisontellt mot små rum (mindre än 12 m²) får regeln normalt inte någon verkan. I stora rum, eller där den rumsskiljande konstruktionen har liten area i förhållande till mottagarummets volym, blir lättningen ofta 2-5 dB till följd av begränsningsregeln (dvs. när D_{nTw} får användas istället för R'_w). Observera att det är riktningen från större till mindre rum som blir dimensionerande.

Begränsningsregeln har inget samband med vilken typ av konstruktioner som används, den beror bara av skiljekonstruktionens area och mottagarummets volym. Båda måtten utgår från samma uppmätta luftljudsnivåer och efterklangstider i tredjedels oktavband. Det innebär, att omräkning med hänsyn till begränsningsregeln alltid kan göras i efterhand. Det är därför väsentligt att mätrapporter och annan dokumentation anger, huruvida begränsningsregeln har tillämpats samt vilken skiljearea och mottagarumsvolym som har använts, eller att man helt enkelt skriver när man använt D_{nTw} respektive R'_w . Samband mellan R'_w och D_{nTw} beskrivs i avsnitt 4.4.2 och i SS-EN 12354 del 1.

Anpassningstermer

Krav uttrycks i vissa fall som vägt reduktionstal i byggnad (R'_w) eller som vägd standardiserad ljudnivåskillnad (D_{nTw}) och i andra fall med ett tillägg i form av en spektrumanpassningsterm $R'_w + C_{50-3150}$ alternativt $D_{nTw} + C_{50-3150}$. Anpassningstermen har lagts till det vägda värdet för att skärpa kravet på ljudisolering vid låga frekvenser. I bostäder är det vanligt att kraftiga lågfrekvensljud (basljud) skapas av stereo, TV, datorhögtalare m.m. För tunga konstruktioner är $C_{50-3150}$ -termen normalt cirka -2 dB, men för lätta konstruktioner med

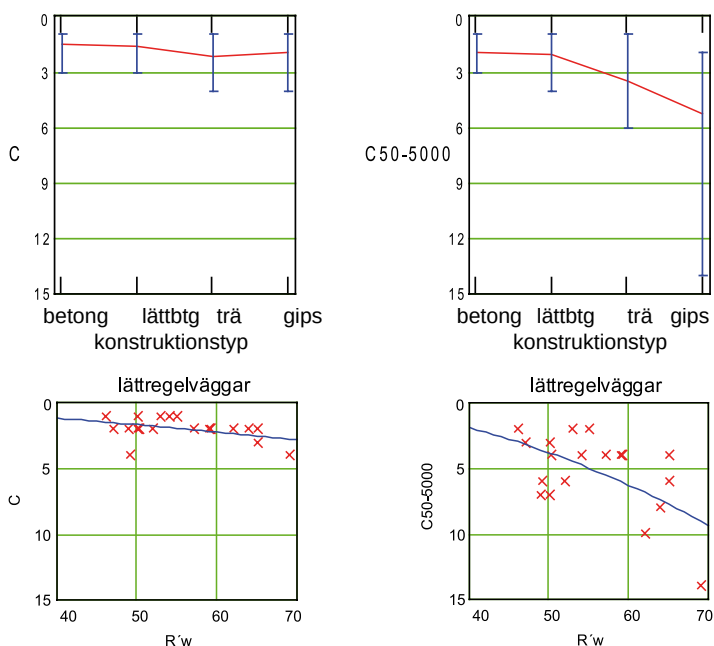


dålig ljudisolering vid låga frekvenser kan den vara avsevärt mindre, i extremfall ned till cirka -15 dB. (se figur 4.2).

Det finns många olika anpassningstermer definierade i SS-EN ISO 717, vilket dessvärre har lett till att en ”flora” av krav används inom EU. I exempelvis den norska ljudklassningsstandarden NS 8175 anges krav i högre ljudklasser med C-term i frekvensområdet 50-5000 Hz, medan den danska DS 490 anger motsvarande krav med $R'_w + C_{50-3150}$. Beräkning med $C_{50-5000}$ istället för $C_{50-3150}$ ger oftast 1 dB högre reduktionstal, dvs. kravet på konstruktionerna blir i praktiken mildare ($R'_w + C_{50-3150} = R'_w + C_{50-5000} - 1$). Figurerna 4.2 illustrerar typiska C- och $C_{50-5000}$ -termer för några olika väggtyper. Om man inte anger frekvensområde i C-termen gäller den för det standardiserade frekvensområdet 100-3150 Hz (enligt SS-EN ISO 717-1). Skillnaden mot det utvidgade frekvensområdet 50-3150 Hz kan bli avsevärd för lätta konstruktioner, se figur 4.2, i de fall de har dålig ljudisolering vid de lägsta frekvenserna (mot basljud). Lätta dubbelkonstruktioner med mycket höga R'_w värden har vanligen stora negativa $C_{50-3150}$ -termer.

Figur 4.2

Typiska C- och $C_{50-5000}$ -termer för några olika väggtyper. Från Hagberg¹⁴.



¹⁴ Ljudkrav med stöd av ISO/DIS 717. K G Hagberg. NKB – Utskotts och arbetsrapporter, 1996. Rapport 1996:02.

4.3.3. Stegljudsisolering

Stegljudsisolering anger byggnadens förmåga att reducera ljud som uppkommer till följd av steg (eller slag/stötar) mot byggnadsstommen. För stegljud gäller krav på högsta tillåten vägd normaliserad stegljudsnivå i byggnad $L'_{n,w}$ eller vägd standardiserad stegljudsnivå i byggnad $L'_{nT,w}$.

Vid mätning av stegljudsnivå används en standardiserad stegljudsapparat som verkar på bjälklaget i ett utrymme utanför mättrummet. Konstruktioner med *hög* stegljudsisolering ger *låg* stegljudsnivå (till skillnad från luftljudsisolering, som är högre ju *större* ljudnivåskillnaden är mellan två utrymmen). Apparaten benämns även hammarapparat.

Anm. Trumljudsnivå eller stegljudsnivå i samma rum, som behandlas i SS 25268, mäts med samma stegljudsapparat. Mätningen sker dock då i samma rum som där stegljudsapparaten står.

Begränsningsregel

Även för stegljudsnivå finns det en begränsningsregel i standarderna. Den innebär att uppmätta ljudnivåer korrigeras för inverkan av mottagarrummets efterklangtid istället för en fast ljudabsorptionsarea. När begränsningsregeln används motsvarar den vägda normaliserade stegljudsnivån ($L'_{n,w}$) ”vägd standardiserad stegljudsnivå” med index nT ($L'_{nT,w}$). SS 25267 använder av praktiska skäl bara beteckningen $L'_{n,w}$ även där det är $L'_{nT,w}$ som avses, medan SS 25268 anger krav i $L'_{n,w}$ eller $L'_{nT,w}$ beroende på lokaltyp. Dimensionering *utan* hänsyn till begränsningsregeln ger resultat på säkra sidan, dvs. ljudisoleringen blir högre än vad som krävs. I rum med stor mottagarrumsvolym, blir lättnaden ofta ca 3-5 dB till följd av begränsningsregeln (dvs. då $L'_{nT,w}$ får användas istället för $L'_{n,w}$). Korrigeringar av uppmätt ljudnivå görs för att det ska vara möjligt att mäta i omöblerade rum och i efterhand kompensera mätvärdet för inverkan av tillkommande möblering. För stora utrymmen som avses möbleras blir denna korrigering (till 10 m²) i vissa fall onödigt skarp, vilket har motiverat förändringarna i SS 25267 och SS 25268.

Översättning mellan $L_{n,w}$ och $L_{nT,w}$ beskrivs i tabell 4.4 i avsnitt 4.4.2 och i SS-EN 12354 del 2. Båda måtten utgår från samma uppmätta stegljudsnivåer och efterklangstider i tredjedelsoktavband. Begränsningsregeln har inget samband med vilken typ av konstruktioner som används, den beror bara av mottagarrummets volym. Det innebär, att omräkning med



Stegljudsapparat fabrikat Norsonic.

hänsyn till begränsningsregeln för stegljud alltid kan göras i efterhand. Det är därför väsentligt att mätrapporter och annan dokumentation anger, huruvida begränsningsregeln har tillämpats och vilken mottagarrumsvolym som har använts, eller att man anger huruvida det är normaliserad eller standardiserad stegljudsnivå som ett angivet värde avser.

Anpassningstermer

Krav uttrycks i vissa fall som vägd stegljudsnivå i byggnad ($L'_{n,w}$) eller som vägd standardiserad stegljudsnivå (L'_{nTw}) och i andra fall med ett tillägg i form av en spektrumanpassnings-term $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ alternativt $L'_{nTw} + C_{1,50-2500}$, där I = Impact och 50-2500 avser frekvensområdet. Om C_I -termen anges utan frekvensområde gäller den för det standardiserade frekvensområdet 100-2500 Hz (enligt SS-EN ISO 717-2). I bostäder är det vanligt att stegljud alstras vid snabb gång, barnlek eller då möbler flyttas över golvet. Vissa typer av bjälklag kan uppfylla krav som ställs i $L'_{n,w}$ – värden eller L'_{nTw} – värden med god marginal, men de har ändå otillräcklig isolering mot lågfrekvensljud (dunsar). För att uppfylla krav i $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ alternativt $L'_{nTw} + C_{1,50-2500}$ krävs konstruktioner med avsevärt högre stegljudsisolering vid låga frekvenser. Sverige var det första landet att ställa krav i ett frekvensområde som utvidgats ned till 50 Hz (i SS 02 52 67 utg. 2 1998), vilket blev möjligt då ISO-standarderna för mätning och utvärdering av vägda sammanfattningsvärden hade reviderats.

I vissa fall kan en byggnad vara godkänd med marginal (t.o.m. uppfylla ljudklass A enligt SS 25267) och ändå kan man inte anse att BBR:s övergripande föreskrift i avsnitt 7 är uppfylld, se avsnitt 4.4.1 i denna handbok. Detta problem uppstår ibland på grund av höga stegljudsnivåer vid låga frekvenser (mellan ca 20-50 Hz), vilka inte täcks in av krav i någon aktuell internationell standard. Tyvärr är det inte möjligt att ändra i de svenska ljudkraven utan att komplettera de internationella standarder som används för mätningar och beräkningar. Se vidare avsnitt 4.4.3.

För tunga konstruktioner är $C_{1,50-2500}$ -termen normalt nära 0 dB, men för lätta konstruktioner kan den vara större än 10 dB. Kravet i SS 25267 är uttryckt både med och utan $C_{1,50-2500}$ -term. Det beror på att vissa konstruktioner ger en negativ $C_{1,50-2500}$ -term, vilket skulle medföra en lägre stegljudsnivå och en högre ljudklass. Det finns dock risk för att konstruktioner som får stora negativa $C_{1,50-2500}$ -termer kan ge upphov till be-

svärande ljud från hårda föremål som träffar golvytan (hårda klackar, stolskrap etc.). Kravet uttrycks därför så att en hög klassning av sådana konstruktioner undviks. Negativa $C_{1,50-2500}$ -termer får alltså inte tillgodoräknas.

Rumskategorier – stegljudsbelastning

I SS 25268 är utrymmen uppdelade i två kategorier, utrymmen med hög respektive låg stegljudsbelastning. Avsikten är att krav bara ska behöva ställas på stegljudsdämpning av golv där det är befogat. Formuleringen baseras på en funktion, vilket innebär att man i det enskilda byggprojektet bör gå igenom sina utrymmen och bestämma vilka krav som ska tillämpas i respektive utrymme.

I kontor kan stegljud inom utrymmen med flera arbetsplatser uppfattas som störande s.k. *trumljud*. I första hand bör därför golvkonstruktioner som begränsar trumljudet väljas. Mjuka mattor i gångstråk och interna regler kring användande av hårda skor är andra sätt att hantera problemet. Provmethod och förslag till klassning av golvbelägningars trumljudpåverkan på trumljudet redovisas i en teknisk rapport från SIS¹⁵.



4.3.4 Ljudisolering mot trafik och andra yttre ljudkällor

I SS 25267 och SS 25268 ställs krav på fasadens luftljuds-isolering. Ljudisoleringen i ytterväggar, tak, fönster, fönsterdörrar, luftintag m.m. ska *dimensioneras* mot ljud från trafik och andra yttre ljudkällor så att man *beräkningsmässigt* når de dimensionerande ljudtrycksnivåer inomhus som anges i standarderna, med godtagbar marginal. Med andra yttre ljudkällor avses exempelvis närbelägna industrier, utvändiga kylanordningar och fläktar eller andra ljudkällor som kan ge störande ljud inomhus. Standarden specificerar inte något referenstillstånd i rum för trafikbuller, men man kan utgå från samma förhållanden som anges för installationsljud, dvs. 0,5s efterklangstid, vilket normalt motsvarar förhållandena i ett möblerat rum.



Därmed skiljer sig de nya standarderna mot de tidigare utgåvorna, då kravet uttrycktes som en högsta tillåten ljudnivå från trafik. Med nuvarande formulering minskar osäkerheten vad avser dimensionering mot krav, därtill blir de lättare att kontrollera. Kommentarer kring mätningar, se avsnitt 7.

¹⁵ SIS Teknisk Rapport SIS-TR-15:2007: Byggakustik – Riktlinjer för mätning och bedömning av stegljudsnivå i samma rum. www.sis.se

Anpassningstermer

Tabell C4 i SS 25267 innehåller två typer av sammanfattningsvärden för ljudisoleringen, dels $R'_w + C$ (ibland förkortad R'_A) och dels $R'_w + C_{tr}$ (ibland förkortad $R'_{A,tr}$), se utdraget ur standardens tabell C4. Anpassningstermen C_{tr} viktat ljudisoleringen vid låga frekvenser mera än C vid beräkningen av den vägda ljudisoleringen. Vilket sammanfattningsvärde som är tillämpligt beror på de lokala förutsättningarna, t.ex. typ av trafik. Ljud från väg- och tågtrafik i hög hastighet domineras av höga frekvenser, medan tung trafik i låg hastighet, speciellt inomhus, hörs som lågfrekvent motorbuller. C - och C_{tr} -termerna är utformade för att representera dessa typer av ljud.

Tabell C4 – Lägsta rekommenderade sammanvägda ljudisolering i ytterväggar och tak (inklusive dörrar, fönster och luftintag) mot ljud från trafik och andra ljudkällor utomhus – Förenklad dimensionering

Typ av ljud	• Landsvägstrafik > 80 km/tim • Järnvägstrafik, normal och hög hastighet • Jetflyg på kort avstånd • Industrier som utsänder mellan- och högfrekvent buller • Höga röster och skrik i innerstadsmiljö, lekplatser etc		• Gatutrafik, ca 10% tunga fordon • Järnvägstrafik, låga hastigheter • Propellerflyg • Jetflyg på långt avstånd • Industrier som utsänder låg- och mellanfrekvent buller • Diskotekmusik	
	Lägsta luftljudisolering (dB)		Lägsta luftljudisolering (dB)	
	$R'_w + C$	$R'_w + C$	$R'_w + C_{tr}$	$R'_w + C_{tr}$

I avsnitt 4.4.4 visas några exempel på hur anpassningstermerna används vid dimensionering.

Ytterväggar ska dimensioneras mot både luftburet och stomburet ljud från intilliggande verksamheter, t.ex. ett sammanbyggt garage.

4.3.5 Ljudtrycksnivå framför fasad och på uteplats

Ljudtrycksnivåer framför byggnaden, på olika våningsplan, samt på uteplatser i anslutning till byggnaden, bör fastställas med beräkning eller mätning. Beräkningsmodeller finns i råd från Naturvårdsverket och Vägverket. Det finns effektiva beräkningsprogram som följer dessa modeller, och som kan kopplas till digitala kartunderlag, geografiska informationssystem m.m., se avsnitt 4.4.

Dimensionerande maximalnivåer avser de mest bullrande fordonen. För vägtrafik kan man utgå från trafikstatistik eller turlistor som visar det normala antalet passager per natt med

tunga fordon (2-axliga och 3-axliga) och beräkna vilken andel (percentil) som motsvarar 5 passager per natt. I avsnitt 4.5.4 finns riktlinjer för bestämning av dimensionerande maximalnivå. Kortfattat tillämpas följande princip:

- med upp till 10 passager per natt kan medelmaxnivån för den mest bullrande fordonstypen användas
- för fler passager används statistisk teori

Motsvarande statistiska underlag kan vara svårt att finna för tågtrafik, flyg m.m., och man får då göra ett antagande med hänsyn till de lokala förutsättningarna. I de fall mätningar utgör underlag är det lämpligt att ta in så stort mätunderlag att det går att beräkna medelvärden och standardavvikelser för respektive flygplans- eller fordonstyp som passerar det aktuella området, se vidare avsnitt 4.5.4.

Mätningar kan vara lämpliga att utföra i speciella fall, t.ex. där terrängen inte kan modelleras på ett tillfredsställande sätt. Mätningar av trafikbuller kan utföras enligt metoder från Nordtest. Se vidare i Boverkets allmänna råd om planering av skydd för trafikbuller.²

Vad som ska räknas som uteplats kan behöva diskuteras i det aktuella projektet. Ett krav som kan ställas är att den ska vara ändamålsenlig för samvaro intill en bostad eller lokal. För att balkonger ska räknas som uteplats krävs normalt att ljudnivåerna uppfyller riktvärdena, samt att vädring kan ske via balkongen. En inglasning måste vara öppningsbar, eller omfatta endast en del av balkongen. Med glasning mot trafik och andra ljudkällor samt eventuellt något ljudabsorberande material i ett *delvis öppet* utrymme kan bullerdämpningen bli upp till cirka 5 dB.

4.3.6 Installationer

Luftljud: Ljud från tekniska installationer i en byggnad kan registreras detaljerat över en viss tidrymd. Ljudtrycksnivåer mäts i tredjedelsoktavband (kallas ofta "tersband"). Standarderna ställer, i tredjedels oktavband från 31 till 200 Hz, krav på begränsning av ljudnivåer vid låga frekvenser. Tabellerna i standardernas avsnitt 4, avser frekvensvägda sammanfattningsvärden, A-vägda respektive C-vägda ljudtrycksnivåer. Med frekvensvägning avses en summa av ljudtrycksnivåer inom det hörbara frekvensområdet, där värdena i de olika tredjedelsoktavbanden dämpas enligt de standardiserade



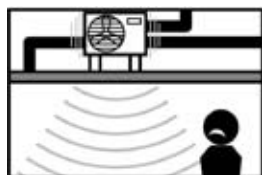
vägningsfiltren A respektive C som beskrivs i SS-EN 61672-1. Frekvensvägningen görs för att efterlikna örats känslighet för ljud vid olika frekvenser. A-vägda ljudtrycksnivåer används för ljud inom ett brett frekvensområde, med beteckning L_{pA} och enheten dB (decibel). C-vägda ljudtrycksnivåer används för lågfrekvensljud och skrivs som L_{pC} . Ljudkraven anger även en tidsvägning, som anger vilken känslighet mätinstrumentet ska ha för tidsvariationer i ljudnivån. Kravet anger antingen en maximalnivå mätt med en standardiserad känslighet F ("Fast"), eller en tidsutjämnad ekvivalent ljudnivå (eq.). När så behövs kan man ange vilken tidsperiod som kravet avser, t.ex. 8h dagtid eller 24h dygn. Sammansatt skrivs därför ett ljudnivåkrav lämpligen med både tids- och frekvensvägning, L_{pAFmax} respektive $L_{pAeq,24h}$, med enheten dB. Med en ofullständigt specificerad ljudnivå är risken stor att det uppstår missförstånd.

För installationer finns en rad gränsdragningsfrågor som bör klarläggas i samband med att avtal upprättas, så att man slipper att ta ställning till tvetydiga krav i samband med verifieringen, exempelvis

1. Ljud som förekommer mer eller mindre sporadiskt, eller som kommer från utrymmen utanför byggnaden. Ska de omfattas av krav eller inte?
2. Kylanordningar och fläktar i källare eller på innergårdar kan ge störande ljud både på uteplatser och inne i angränsande hus. Ingår det i det egna projektet att dimensionera mot sådana ljud, eller kan man kräva att ljudkällan ska åtgärdas av ansvarig verksamhetsutövare?

I avsnitt 4.4.6 visas några exempel på när vissa byggnadsinstallationer ska omfattas av krav, t.ex. ljud från kyl/frys i det egna köket, ljud från en tvättmaskin i grannens badrum osv.

Stomljud: Stomljud avser vibrationer som fortplantas i byggnadsstommen och strålar ut ljud i angränsande utrymmen. Vibrationerna orsakas t.ex. av maskiner och verksamheter såväl inom byggnaden som utanför. Det finns i dagsläget inte något krav som skiljer mellan luftburet och stomburet ljud. Stomljud upplevs dock som mycket störande, särskilt om det sammanfaller med kännbara vibrationer i byggnadsstommen. Norska studier¹⁶ av stomburet trafikbuller indikerar att en A-vägd maximalnivå L_{pAFmax} 32 dB svarar mot att omkring var femte boende (20 %) kommer att känna sig störd av stomljud från trafik. Stomljud är svårt att lokalisera och därför kan resultatet antas gälla även för stomburet installationsljud. Särskild försiktighet bör därför iakttas och vid dimensionering mot alla typer av stomljud bör god marginal tillämpas.

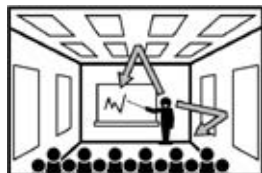


4.3.7 Efterklangstid och ljudabsorptionsarea

Bostäder: Krav på efterklangstid i trapphus, korridorer m.m. i bostadshus syftar till att säkerställa att en viss mängd ljudabsorberande material tillförs för att reducera ljudnivåer från aktiviteter och högljudda röster. Ljudabsorbenter i trapphus har också den positiva effekten, att personer med hörselskador får minskat obehag av lång efterklang vid passage, t.ex. försämrade taluppfattbarhet.



Lokaler: BBR anger att ”I lokaler ska efterklangstiden väljas efter vad ändamålet med utrymmet kräver”. I SS 25268 anges i avsnittet 5.4.3 ”I utrymme där talkommunikation prioriteras bör efterklangstiden varken vara kortare eller längre än tabellerat värde. För utrymme där låg ljudnivå prioriteras är det en fördel att sänka efterklangstiden ytterligare”. Detta innebär, att i lokaler måste man dimensionera mängden ljudabsorberande material så att kravet på efterklangstid uppfylls. God rumsakustisk funktion förutsätter att inverkan av rumsformer och inredning på ljudets fördelning i utrymmet beaktas vid utformningen. Se vidare nedan i avsnitt 4.4.7-4.4.8.



¹⁶ Noise from railway tunnels, structurally radiated. Annoyance and sleep disturbances. Gunn Marit Aasvang, Bo Engdahl, and Karin Rothschild. Applied Acoustics Volume 68, Issue 9, September 2007.

4.4 Ljudklasser – projektering och byggande

4.4.1 Allmänt

Generella krav

"Byggnader och deras installationer ska utformas så att ljud från byggnadens installationer, från angränsande utrymmen likväl som ljud utifrån dämpas. Detta ska ske i den omfattning som den avsedda användningen kräver och så att de som vistas i byggnaden inte besväras av ljudet. Om bullrande verksamhet gränsar till bostäder, ska särskilt ljudisolerande åtgärder vidtas." BBR 1.2

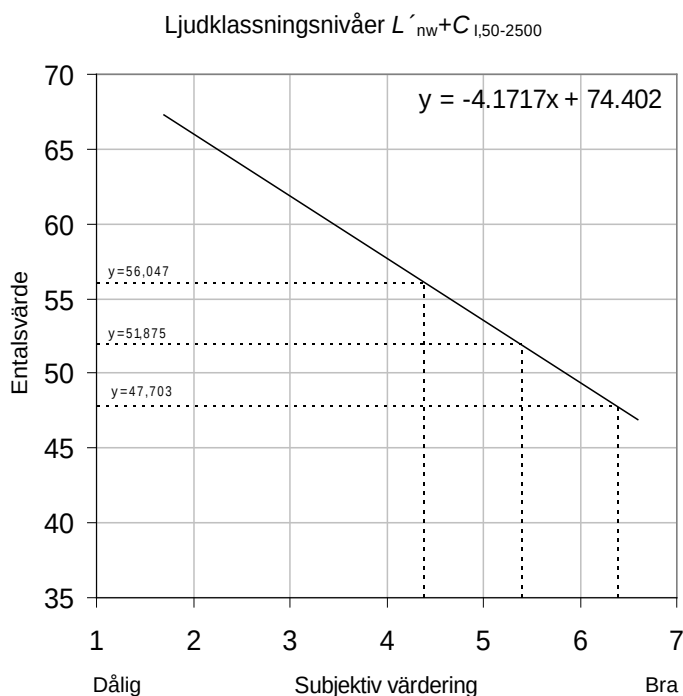
Tabellkrav i standarderna kan fordra viss eftertanke vid tillämpningen, t.ex. om det saknas krav för en viss tillämpning, eller om kraven måste anpassas till rådande förhållanden. Huvudprincipen för bedömningar av eventuella tillägg till, eller avsteg från tabellkraven, är att BBR:s föreskrift i avsnitt 7:2 alltid ska uppfyllas för den aktuella verksamheten. Exempelvis kan ljudisoleringskraven för undervisningsutrymmen behöva anpassas till undervisningsformen, kontorsutrymmen till behov av samarbete eller sekretess osv. Om byggherren har ställt krav enligt en högre ljudklass ska tillägg och avsteg anpassas på motsvarande sätt, så att ljudklassens allmänna kvalitetsnivå ändå uppfylls. De eventuella projektpassningar som görs innebär således inte en generell möjlighet att frångå kraven, s.k. avsteg. Anpassningarna ska vara motiverade så att risken för störning inte ökar.

Koppling mellan ljudkrav (SS 25267) och boendeomdömen

Undersökningar av de boendes uppfattning om ljudmiljön i nyproducerade bostäder har undersökts med hjälp av enkäter, och sambandet mellan ljudklass och andel nöjda boende har kunnat bestämmas approximativt. För såväl luft- som stegljudsisolering finns gamla mått sammanställda utifrån en rad undersökningar i färdiga bostadsbyggnader, se nedanstående tabell 4.2. Vad gäller stegljudsnivåer så finns senare undersökningar som gör att detta område är bättre genomlyst, se figur 4.3.

Tabell 4.2
Uppskattade värden för de akustiska parametrarna R'_w and $L'_{n,w}$ som svarar mot olika nivåer vad avser akustisk kvalitet (baseras på olika undersökningar av Langdon, Weeber och Bodlund). Kvaliteten uttrycks i form av procent boende som bedömer förhållanden som dåliga (P = poor) respektive bra (G = Good). Värden inom parentes är extrapolering till värden som ligger utanför undersökningsområdet.

		$P = 20 \%$	$P = 50 \%$	
Egenskap som studeras	$G = 80 \%$	$G = 50 \%$	$G = 20 \%$	$P = 80 \%$
Luftljudsisolering, R'_w				
Langdon $\approx$		56 dB	48 dB	(42 dB)
Weeber	(62 dB)	57 dB	49 dB	(41 dB)
Stegljudsnivå, $L'_{n,w}$				
Bodlund	50 dB	57 dB	64 dB	70 dB



Figur 4.3
Beräknade lämpliga klassgränser med hänsyn till det standardiserade måttet, $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ efter Hagberg¹⁷.

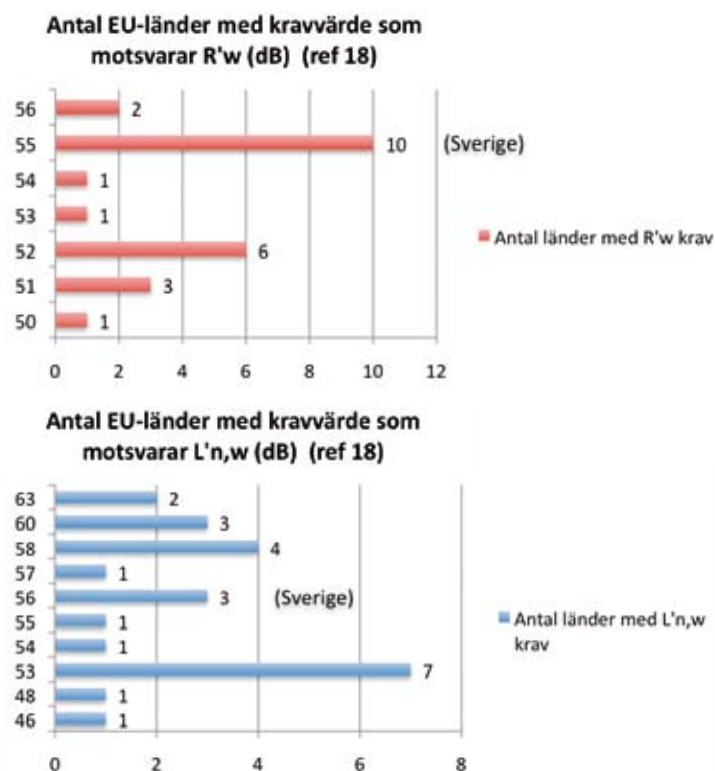
Kraven på ljudisolering har formulerats på olika sätt av EU:s medlemsstater, men efter en approximativ omräkning till vägda reduktionstal (R'_w) visar det sig att variationerna är relativt små, vilket framgår av en sammanställning som gjorts av företaget Velux¹⁸. 55 dB är ett vanligt värde. För stegljud är variationen större och den vägda normaliserade stegljudsnivån ($L'_{n,w}$) ligger i ett intervall 53-60 dB. Flera länder som har högre godtagbara stegljudsnivåer har aviserat en anpassning till övriga länders krav. Figur 4.4 nedan ger endast en indikation eftersom man bara hänvisar till entalsvärden utan anpassningstermer, vilket gör omräkningen komplicerad (i synnerhet om hänsyn ska tas till olika stomlösningar). I exempelvis Tyskland avser stegljudskravet bjälklaget utan att man får tillgodoräkna sig dämpning hos golvbeläggningen, vilket gör att man som regel använder flytande golv i bostadshus.

¹⁷ Evaluation of sound insulation in the field. K G Hagberg. Licentiatavhandling Lunds universitet, 2005. Rapport TVBA, ISSN 0281-8477.

¹⁸ Sound insulation between dwellings – Classification schemes and building regulations in Europe. Proceedings of Inter-Noise 2004, Prague. Birgit Rasmussen, VELUX A/S i Danmark.

Figur 4.4

Sammanställning av ljudkrav i olika EU-länder. Överst; vägt reduktionstal R'_{w} , underst; vägd stegljudsnivå $L'_{n,w}$ (efter Rasmussen¹⁸)



Bostadshus byggda efter 1999 (då BBR började referera till SS 25267 i ett allmänt råd) som uppfyller ljudklass B ger en påtaglig minskning av antalet boende som är uttalat missnöjda med ljudmiljön, jämfört med normens ljudklass C. Minsknningen är ungefär en enhet på en sjugradig betygsskala, se exempel för stegljudsisolering i figur 4.3. Det är inte möjligt att bygga så att samtliga boende blir helt nöjda och samtidigt hålla en begränsad bygg- och boendekostnad, särskilt som boendekostnaden kan påverka hur nöjda kunder/boende är med ljudmiljön. Att öka ljudkraven ytterligare kan leda till dyrare bostäder och man får därför inte självklart fler nöjda kunder. Omvänt kan också sägas, att bostäder med höga kostnader bör uppfylla en högre ljudklass för att kunderna ska ”få en standard som svarar mot kostnader och förväntningar”. Planlösningar, ljusinfall, luftkvalitet och andra miljöfaktorer i huset bidrar självfallet också till helhetsintrycket, det räcker inte att bara uppnå en god ljudstandard för att få nöjda boende i huset. Sammanbyggda småhus (radhus) och nybyggda vindsvåningar i befintliga hus är exempel på byggnadstyper där ljudklass B kan vara ett lämpligt mål.

4.4.2 Luftljudsisolering

Om det förekommer särskilt bullrande verksamheter i utrymmen som gränsar till bostäder, t.ex. tvättstuga, garage, förskola, hantverks- och handelsverksamhet, pub, musik- och diskotek, dansrestaurang, gym, träningslokal etc. kan det fordras särskild dimensionering för att åstadkomma tillräcklig luftljudsisolering. Ibland räcker det med att tillämpa det förhöjda kravet för aktuell ljudklass som gäller för verksamhetslokaler som gränsar mot bostäder. Detta ska man naturligtvis tänka på även för lokaler, se avsnitt 5.2 i SS 25268.



I de fall särskild dimensionering vidtas ska denna visa att ljudtrycksnivåer i ett utrymme från verksamhet i angränsande utrymmen inte överstiger de värden som anges för ljud från installationer. Beräkningar görs enligt SS-EN 12354 del 1 för luftburet ljud och del 5 för stomburet ljud och överhörning via ventilationssystem. Avsikten med att dimensionera på detta sätt är att det ska vara möjligt att anpassa kraven på ljudisolering efter verksamhetsbehoven och risker för störning i angränsande utrymmen. Med anpassning menas såväl skärpningar som lättnader i kraven, beroende på förutsättningarna, se 4.4.1. Vid särskild dimensionering kan det därmed vara möjligt att frånga kravet på förhöjd ljudisolering för verksamhetslokaler.

En förenklad vägledning för val av reduktionstal/vägd ljudnivåskillnad vid behov av projektanpassning av verksamhetslokaler ges i tabell 4.3. Observera att tabellens värden inte har med anpassningstermer.

Tabell 4.3
Subjektiv uppfattning av ljud vid olika ljudisoleringar.

R'_w / D_{nTw}	Sorl	Normalt tal, kontorsmaskiner i lugn miljö	Normalt tal, kontorsmaskiner	Högröstat samtal	Skrik	Högtalarljud, måttlig nivå	Diskodunk
35							
40							
44							
48	Röd – hörs						
52	vit – hörs inte						
60	Grå – kan höras men stör inte under normala omständigheter						

Allmänna hjälpmedel för dimensionering och beskrivningar av ljudisolering i byggnader med tung betongstomme finns bl.a. i Betongindustrins hjälpmedel på Internet: "Betongbanken" och handboken "Bygga med Prefab" ¹⁹. Hjälpmedlen visar hur ljudisoleringen i tunga väggar och bjälklag beror av rumsstorlekar och antalet tunga konstruktioner som ansluts till skiljekonstruktionen. Anslutningarna påverkar också flanktransmission mellan rum, se nedan.

För byggnader med lätta stommar finns vägledning bland annat på träindustrins hemsida Träguiden samt i massivträhandboken ²⁰ och hos Stålbyggnadsinstitutet ²¹. Vägledning för murade konstruktioner finns i branschföreningens handbok "Rätt murat och putsat" ²². Beräkningsstandarden EN 12354 del 1 är ännu inte anpassad för beräkningar av ljudisolering i byggnad med lätta bjälklag utifrån egenskaper hos enskilda bjälklagselement. Man bör därför ställa krav på tillverkare av lättbyggnadssystem och deras dokumentation av ljudegenskaper i färdiga byggnader. Laboratorievärden för lätta byggelement är intressanta för att jämföra olika produkter ²³, men eftersom det fortfarande inte finns någon säker metod att förutsäga ljudisoleringen i den färdiga konstruktionen är värdena i slutprodukten behäftade med stora osäkerheter. Detta beror många gånger på flanktransmission, som kan öka bland annat till följd av att toleranser på byggplatser inte svarar mot de krav som lättbyggnadstekniken ställer. Riskfaktorer beskrivs närmare i avsnitt 4.4 och avsnitt 6.

Ljudisoleringen i dubbla murade väggar, kräver särskild granskning därför att beräkningsmodellen i EN 12354-1 inte hanterar knutpunkter mellan dubbelkonstruktioner. Lätta betongväggar kan ge förhöjd flanktransmission och bör därför utföras med särskilda anslutningar mot betongbjälklag, se 6.3.3 ²².

¹⁹ Betongindustrins handböcker och dimensioneringshjälpmedel. Se på www.betongbanken.com respektive www.byggamedprefab.se. Lätta byggsystem, se fotnoter 20 och 21. Murverk, fotnot 22.

²⁰ Träindustrins dimensioneringshjälpmedel. Se www.traguiden.se, sök "ljudisolering" och www.solidwood.nu/solidwood.htm.

²¹ Stålbyggnadsinstitutet www.sbi.se, sök "Ljudisolering i hus".

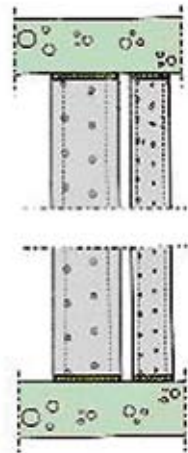
²² Rätt murat och putsat. Sveriges Murnings- och Putsentreprenörsförening 2006. ISBN: 9789173331265.

²³ Balkbjälklag i trä. SBUF-Projekt 1033: Skanska Teknik 2003 (www.sbuf.se). Nilsson L. Fler studier och artiklar redovisas i "Läs mera" i slutet av handboken.

I den mån tillverkare anger fältreduktionstal för skiljekonstruktioner måste dessa tolkas med viss försiktighet, eftersom de aktuella förhållandena ska motsvara (eller korrigeras mot) de förutsättningar som gäller i tillverkarens deklaration av produktens fältreduktionstal. Skrivningar av typen "under gynnsamma omständigheter" eller "i normala fall" bör vara preciserade för att ha någon mening. Numera är det fullt möjligt att istället utgå från laboratoriemätta reduktionstal för alla ingående konstruktioner, såväl skiljekonstruktioner som flankerande, beräkna det resulterande reduktionstalet, och säkerställa en väl avvägd marginal till krav. Sådana beräkningar kan göras enligt den internationella standarden SS-EN 12354 del 1. Man räknar med värden (indata) för konstruktioner som baseras på ett noggrant montage (i laboratorium), men det är lämpligt att komplettera beräkningarna med en riskanalys. I riskanalysen beräknas inverkan av variationer i utförandet och konstruktionen som kan påverka slutresultatet. Analysen visar vilka delar som är kritiska och bör bevakas under produktion och vid granskning. Det är vanligt att flanktransmissionen påverkar reduktionstalet mer än vad skiljekonstruktionen gör, t.ex.

- i sammanbyggda småhus, där man har en högisolerande lätt vägg ovanpå en tunn gemensam bottenplatta
- kontorsrum med kontinuerliga innerskikt, t.ex.
 - flytande golv,
 - genomgående gipsskiva i fasadvägg
 - glasfasad,
 - nedpendlade undertak
 - teknisk kanalisering

Det finns många fler fall som ger betydande flanktransmission men det är fullt möjligt att räkna med rätt förutsättningar (flanktransmission i alla byggnadsdelar) under projekteringen och föreskriva om rätt åtgärder under produktionsfasen. Förhoppningsvis undviks då utredningar om vilken eller vilka byggnadsdel(ar) som orsakar en uppmätt brist i reduktionstalet i efterhand, med tvister och fördyringar som följd.



Samband mellan sammanfattningsvärden

I avsnitt 4.3.2 och avsnitt 4.3.3 i denna handbok redogörs för begränsningsreglerna eller innebörden av krav på D_{nTw} istället för R'_w och $L'_{nT,w}$ istället för $L'_{n,w}$. Nedan, i tabell 4.4, ges en förenklad översättning från det ena värdet till det andra.

Tabell 4.4
Korrektionsfaktorer/omräkning – begränsningsreglerna i SS 25267:2004.

Från reduktionstal R'_w :	Till standardiserad ljudnivåskillnad, D_{nTw} :	Från normaliserad stegljudsnivå, $L'_{n,w}$:	Till standardiserad stegljudsnivå, $L'_{n,w}$:
Volym/Area (rumsdjup)	Öka R'_w med	Rumsvolym	Minska $L'_{n,w}$ med
(m)	(dB)	(m ³)	(dB)
3,1	0,0	31	0
3,2	0,1	32	0,1
3,3	0,2	33	0,2
3,4	0,4	34	0,4
3,5	0,5	35	0,5
3,6	0,6	36	0,6
3,7	0,7	37	0,7
3,8	0,8	38	0,8
3,9	1,0	39	1,0
4,0	1,1	40	1,1
4,1	1,2	41	1,2
4,2	1,3	42	1,3
4,3	1,4	43	1,4
4,4	1,5	44	1,5
4,5	1,6	45	1,6
4,6	1,7	46	1,7
4,7	1,8	47	1,8
4,8	1,9	48	1,9
5,0	2,0	50	2,0
5,1	2,1	51	2,1
5,2	2,2	52	2,2
5,3	2,3	53	2,3
5,4	2,4	54	2,4
5,5	2,5	55	2,5
5,7	2,6	57	2,6
5,8	2,7	58	2,7
6,0	2,8	60	2,8
7,0	3,5	70	3,5
8,0	4,1	80	4,1
9,0	4,6	90	4,6
10,0	5,1	100	5,1
15,0	6,8	150	6,8
20,0	8,1	200	8,1

Medelvärdesbildningsregler mellan rum inom en bostad

Vid verifiering med mätning tillämpas medelvärdesbildnings- och avstegsregler, som är avsedda att minska inverkan av osäkerhetsfaktorer i utförande och verifiering. I SS 25267 anges:

”Det aritmetiska medelvärdet av resultaten från alla utförda mätningar mot respektive funktionskrav ska visa att vart och ett av dessa funktionskrav innehålls i medeltal inom varje bostad. Dock får enskilda vägda stegljudsnivåer och ljudtrycksnivåer inte överskrida respektive funktionskrav med mer än 2 dB. Enskilda vägda luftljudsisoleringsvärden får inte underskrida respektive funktionskrav med mer än 2 dB.”

Sedan 2004, då utgåva 3 av SS 25267 infördes, har det visat sig i flera bostadsprojekt, att det förekommit systematiska avvikelser i ljudisoleringen i olika riktningar eller genom olika konstruktionstyper inom en och samma byggnad. Några exempel är då;

1. ljudisoleringen vertikalt genom bjälklagen i de största rummen inte uppfyller kravet, men ”räddas” av att ljudisoleringen i väggarna mellan de mindre rummen är tillräcklig
2. luftljudsisoleringen blir dålig horisontellt i bottenplan mellan radhus med tunn gemensam bottenplatta och lätta flytande golv, men som räddas av att ljudisoleringen mellan husen är högre på övriga plan.

Sådana systematiska skillnader kan i allmänhet förutses med beräkningar och bedömningar. Avsikten med medelvärdesbildnings- och avstegsreglerna är att konstruktioner inte ska underkännas ”i onödan” på grund av sporadiska avvikelser i utförande eller mätosäkerhet. Målsättningen måste vara, att man vid dimensionering säkerställer att ljudisoleringskraven uppfylls genom samtliga lägenhetsskiljande konstruktioner.

Att redan i samband med dimensionering räkna med olika tänkbara avstegsfall i verifieringsskedet är direkt olämpligt eftersom det minskar sannolikheten för att kravet verkligen ska uppfyllas. Vid verifiering med beräkningar ska kraven innehållas i alla utrymmen. Vid en kontrollmätning gäller enligt SS 25267 avsnitt 5 ”... att funktionskraven innehålls inom eller mellan ett representativt urval av samtliga angivna typer av utrymmen inom en bostad som omfattas av krav, så att minst 5 procent av bostäderna provas, dock minst 3 bostäder... Antalet mätningar ska utökas om byggnaden innehåller många olika bostads- eller konstruktionstyper.” Att välja ut rum som kan förväntas ge bra värden är alltså inte fören-



ligt med standardernas anvisningar. Råd om marginaler vid dimensionering ges i nästa avsnitt.

Säkerhetsmarginaler vid dimensionering

Under projekteringen (vid dimensionering av konstruktioner) bör man välja en säkerhetsmarginal mellan beräknade värden och ljudklassens krav, som gör att en acceptabel säkerhet kan förväntas vid verifiering med mätning. Vilken marginal som behövs beror av vilka produkter och vilken byggteknik som väljs i det aktuella byggprojektet.

I Nordtestrapport NT Tech 603¹⁰ rekommenderas följande marginaler på basis av omfattande jämförelser mellan fältmätningar och beräkningar vertikalt i byggnader med tung byggnadsstomme. Marginalerna är valda så att risken för enstaka undertramp i en mätning är cirka 10 procent:

Tabell 4.5
Rekommenderade säkerhetsmarginaler för dimensionering, tung stomme¹⁰.

Praktisk säkerhetsmarginal vid dimensionering (mot kontrollmätning i färdig byggnad)	R'_w	$R'_w + C_{50-3150}$	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$
Mot krav i enskilda rum	2	3	2	3
Mot krav på medelvärde av mätningar i flera rum	0	1	0	1

Om dimensionering av en tung stomme ska göras mot krav i vart och ett av ett antal specifika utrymmen bör man alltså välja 3 dB marginal till kravet och då räkna på det dimensionerande utrymmet, normalt sett det största utrymmet. Om dimensionering ska göras mot SS 25267 eller SS 25268 kan man dimensionera med mindre marginal, 0-1 dB över kravet. Det beror på, att 1-2 dB avvikelse vid mätning i enskilda utrymmen kan godtas om medelvärdet ändå är uppfyllt. Ljudisoleringen i små rum blir oftast högre än i stora rum, vilket höjer medelvärdet för hela bostaden. Detta resonemang förutsätter att avvikelserna beror på slumpmässiga variationer och att ingångsdata för beräkningarna är valda så att man i medeltal kan förväntas uppfylla kraven. De kan inte användas som generella avsteg, se föregående stycke.

- För ljudklass C i bostäder med tung stomme innebär det att man vid beräkning bör klara $R'_w + C_{50-3150} \geq 53+1$ dB och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 56-1$ dB i alla utrymmen inom bostaden
- För ljudklass B i bostäder med tung stomme innebär det att man vid beräkning bör klara $R'_w + C_{50-3150} \geq 57+1$ dB och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 52-1$ dB i alla utrymmen inom bostaden

Nordteststudien omfattar inte lätta byggnadsstommar. Tidigare studier och praktiska erfarenheter visar att byggsystem med element som monteras med förtillverkade, skyddade elastiska upplag kan ge god repeterbarhet. Tills dess mer systematiska erfarenheter finns tillgängliga hos tillverkarna kan Nordteststudiens marginaler sannolikt tillämpas även på dessa byggsystem. Platsbyggda lätta konstruktioner har erfarenhetsmässigt större spridning. I SS 25267 bilaga F rekommenderas större marginal med lätta stommar jämfört med tunga stommar:

Vid beräkning av huskonstruktioner, där ljudtransmissionen väsentligen sker i lätta konstruktioner är det svårt att lämna en generell rekommendation. Det är känt att rumsresonanser kan försämma ljudisoleringen vid de lägsta frekvenserna. Stegljudsnivån kan öka något utöver vad som beräknas därför att beräkningsmodellens metod (i SS-EN 12354) för att uppskatta flanktransmissionen i lätta konstruktioner inte har undersökts experimentellt i tillräcklig omfattning. Forskning pågår inom detta område. När mer kunskap kommer fram kan det bli aktuellt att revidera beräkningsmodellen i SS-EN 12354 och rekommendationen om säkerhetsmarginaler. Tills vidare bör man därför tillämpa en något större säkerhetsmarginal mellan beräkningsresultat för lätta konstruktioner och jämförande medelvärden av fältmätningar enligt denna standard, till exempel 4 dB.

- För ljudklass C i bostäder med platsbyggda lätta bärande konstruktioner, innebär det att man vid beräkning bör klara $R'_w + C_{50-3150} \geq 53+4$ dB och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 56-4$ dB i alla utrymmen inom bostaden, och för ljudklass B bör 4 dB högre ljudisolering eftersträvas
- Man bör dimensionera konstruktionerna så att sammanfallande egenfrekvenser i rum, bjälklag och väggar undviks

Norge, Finland, Danmark och Island har ljudkrav vars formulering skiljer sig från de svenska. Kraven gäller utan anpassningstermer i ljudklass C och de gäller strikt oberoende av rum och mätriktning. Alltså krävs större marginaler vid dimensionering mot dessa ljudkrav. Om kravens olika definitioner samt dimensioneringsmarginalerna vägs in, och samtidigt inkluderar anpassningstermerna, visar det sig, att de svenska kraven för ljudklass B i jämförelse med ljudklass C i de nordiska standarderna är cirka

- 1-2 dB hårdare för luftljudsisolering
- 1 dB mildare för stegljudsisolering.

Konsekvenserna av detta är att behovet är stort att samordna kraven och dess verkliga innebörd, i första hand inom Norden och möjligen inom Europa. Ett samordnat regelverk skulle

främja konkurrensen mellan tillverkare och öka utbudet av byggprodukter. Ett harmoniseringsarbete inom EU pågår, men det kan ta lång tid för förändringarna att slå igenom i de olika medlemsstaterna.

Kontor

SS 25268 ger värden för ljudisolering mellan kontor och utrymmen inom samma verksamhet, vilket kan uppfattas som ett ”nytt” krav eftersom BBR hänvisar till standarden. Men det övergripande kravet på utrymmen i förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. BVF (byggnadsverksförordningen) och BBR är i princip oförändrat, även om myndigheterna inte har lämnat specifika råd tidigare om ljudkrav mellan kontor. Kravet R'_w 35 dB mellan kontorsrum för en person är motiverat av att man förväntar sig ett visst mått av avskildhet i ett enskilt rum med stängd dörr. Kravet på dörren är praktiskt avpassat så att man ska kunna använda ljudklassade skjutdörrar och glaspartier mot korridor.

En följdfråga blir då, varför standarden inte har några värden för ljudisolering mellan arbetsplatser inom ett storkontor? Bedömningen är att inom öppna utrymmen förväntar man sig inte samma ljudisolering. I avsnitt 4.4.7 om rumsakustik kommenteras ljudutbredning och risken för störningar inom storrumskontor. Ett gränsfall skulle då kunna bli om mellanväggarna slutar en bit upp eller t.o.m. strax under taket, vilket krav ska gälla då? Svaret blir, att parterna får avtala om vilket krav som ska gälla. En praktisk lösning, som rekommenderas, är att man antingen försöker ansluta väggarna tätt mot undertaket och uppfylla R'_w -kravet, om man ändå skapar rumsliknande indelningar med höga skärmväggar, eller att man behåller en öppenhet i utrymmet med de fördelar som den för med sig.

4.4.3 Stegljudsisolering

I avsnitt 4.4.2 finns en del information som är relevant även för stegljud, t.ex. inverkan av begränsningsregler i tabell 4.4 respektive förslag till säkerhetsmarginaler för dimensionering i bostäder. I bilaga B till SS 25267 och i avsnitt 4.6.2 i denna handbok finns mer information om stegljudsisolering och de olika mått som används. Rapporten ”Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar” ger en utförlig beskrivning av stegljudsisolering av platsgjutna flytande golv, som till del är

tillämpbar även på parkettgolv, plast- och linoleummattor ²⁴. I rapporten anges hur man provar bärighet i flytande golv med ett rullande hjul med 100 kg belastning, *vilket är en kritisk faktor för flera golvsystem*.

Flytande golv ger en resonans mot bjälklaget som påverkar både steg- och luftljudsisoleringen, vilket ibland benämns ”parkettresonans”, se avsnitt 6.

Ett avsteg som kan övervägas i enskilda fall är s.k. utrymningstrapphus där man kan förvänta mycket sporadisk persontrafik. Behovet av stegljudsdämpning av trappor, stann- och vilplan kan vara litet, i synnerhet då bostadshus måste byggas med hiss. Risken för störning i intilliggande utrymmen kan då vara försumbar. I normala trapphus och korridorer ska standarden följas, eftersom det är känt att ljud från trapphus kan uppfattas som mycket störande. Vägledande för bedömningen kan vara vilken persontrafik och risk för störning som finns i det individuella fallet.

En förenklad vägledning som kan användas då det finns behov av projektanpassning av krav enligt SS 25268, för bedömd störnivå från olika stegljudsnivåer föreslås i tabellerna 4.6 och 4.7

- a) för lätt byggnadsstomme (tabell 4.6)
- b) för tung byggnadsstomme (tabell 4.7)

Observera, att bedömningarna i tabellen är osäkra, bland annat beror hörbarheten på vilken bakgrundsnivå man har. Därtill är entalsvärdet, $L'_{n,w}$ (och $L'_{nT,w}$) i sig, inte alltid väl korrelerade med hur en eventuell subjektiv störning uppfattas.

²⁴ Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar. SBUF-projekt 1104, NCC Teknik och Byggkeramikrådet. Rapporten kan hämtas på www.sbuf.se/projectdocuments/info/0334.PDF.

Tabell 4.6

Subjektiv upplevelse för olika stegljudsnivåer för lätta konstruktioner med god stegljudsdämpning vid låga frekvenser ($C_{1,50-2500}$ högst 4 dB).

$L'_{n,w}$ $L_{nT,w}$	Lugn gångtrafik med mjuka skor	Lugn gångtrafik med klackskor	Snabb gång/spring med mjuka skor	Snabb gång/spring med klackskor	Barnlek/hopp "normal"	Barnlek/hopp "avancerad"	Gymnastik kraftiga dunsar etc.
64							
60							
56							
52							
48	röd – hörs						
44	vit – hörs inte men kan förnimmas						
40	grå – kan höras, men stör inte under normala omständigheter						

Tabell 4.7

Subjektiv upplevelse för olika stegljudsnivåer för tunga konstruktioner.

$L'_{n,w}$ $L_{nT,w}$	Lugn gångtrafik med mjuka skor	Lugn gångtrafik med klackskor	Snabb gång/spring med mjuka skor	Snabb gång/spring med klackskor	Barnlek/hopp "normal"	Barnlek/hopp "avancerad"	Gymnastik kraftiga dunsar etc.
64							
60							
56							
52							
48	röd – hörs						
44	vit – hörs inte men kan förnimmas						
40	grå – kan höras, men stör inte under normala omständigheter						

Golvbeläggningar kan användas för att förbättra stegljudsisoleringen på vissa bjälklag.

Risikfaktorer beskrivs i avsnitt 6.

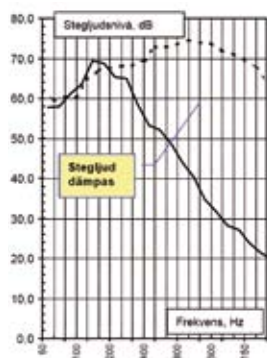
Mätning av stegljudsförbättring enl. SS-EN ISO 140-8 görs på ett tunt referensbjälklag (av 10-16 cm planslipad betong som ligger fritt upplagt i en öppning mellan två mättrum i ett laboratorium). I byggnader förekommer många typer av bjälklag och dessa sitter fast förankrade i resten av stommen, vilket påverkar bjälklagets stegljudsisolering (se EN 12354-2). Förändringen av luft- och stegljudsisoleringen för en given övergolvskonstruktion blir dock likartad mellan en laboratoriemätning och fältmätning enligt ISO 140 på tung stomme. Ett exempel på mätresultat med ett flytande övergolv anges i figuren. Observera, att på lätta bjälklag ska provning göras enligt ISO 140-11, vilket oftast ger avsevärt mindre dämpning.

Vid projektering med lätta konstruktioner måste ljud med låga frekvenser beaktas särskilt. Detta beaktas också i viss utsträckning med nuvarande standarder men som framgår av texten i avsnitt 4.3.3, så är nuvarande standarder trots detta inte alltid heltäckande för beräkning, kontrollmätning och utvärdering. Här ges därför lite kompletterande information om vad som bör beaktas vid dimensionering.

Som stöd vid bedömningen kan stegljudskurvans form betraktas. Om uppmätta och utvärderade sammanfattningsvärden, $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ eller $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$, bestäms av de lägsta tredjedelsoktavbanden 50 och 63 Hz, så indikerar detta att nivåerna kan vara höga även under 50 Hz, i synnerhet om kurvan har stark negativ lutning mellan dessa frekvensband. Problemet kan uppstå i byggnader med lätta konstruktioner och långa spännvidder i bjälklagen. Ljudet blir särskilt påtagligt när flera egenfrekvenser sammanfaller för bjälklag, väggar och rum. Höga nivåer vid dessa låga frekvenser genereras primärt till följd av gångsteg, lek, springande och hoppande barn. I byggnader med lätta konstruktioner rekommenderas därför att bjälklagens egenfrekvenser dimensioneras så att de inte sammanfaller med egenfrekvenser i anslutande konstruktioner eller rum (s.k. *stående vågor*). Om två eller flera av dessa egenfrekvenser ligger nära varandra inom ovan angivet frekvensintervall bör en fördjupad analys göras. Detta kan då innebära att bjälklaget måste styvas upp för att förändra dess egenfrekvens. Även mellanbjälklag kan generera störande stegljud i ett angränsande utrymme genom att de bärande väggreglarna överför vibrationer från golvbjälkarna till väggarna i det angränsande utrymmet. Lätta mellanbjälklag bör därför bäras av fristående regler som står på en platta som är helt frikopplad från angränsande utrymme, eller som vibrationsisole-

Figur 4.5

Exempel på mätresultat som visar stegljudsnivåer för ett råbjälklag i betong (streckad) resp. med ett flytande övergolv (heldragen). Vid låga frekvenser (horisontell axel) är dämpningen ringa (vertikal axel), vid höga frekvenser dämpar golvet stegljudet effektivt. Grundresonansen f_0 är 125 Hz.



ras med en bricka av något elastiskt material (som behåller sin elasticitet över tiden, se avsnitt om flytande golv). Det pågår forskning och teknisk utveckling för att få fram beräkningsmetoder och tekniska lösningar inom detta område.

Det finns inga krav i ljudklass C på ljudisolering mellan rum inom samma bostad, men i klass B ges råd om minst ett så kallat tyst rum. Det har dock visat sig, att det är vanligt med klagomål på dåliga mellanbjälklag och överhörning mellan rummen inom lägenheter eller fristående hus. En vanlig kommentar är ”det känns som att bo i en kartong”. Isoleringen kan i allmänhet förbättras på ett enkelt sätt vilket kan höja kvaliteten mycket till en låg kostnad. Man kan då även dämpa störande installationsljud med enkla medel, se avsnitt 4.4.6.

Stegljudsisoleringen i ett mellanbjälklag kan förbättras radikalt genom att undertaket fästs in elastiskt i golvbjälkarna. Luftljudsisoleringen i en mellanvägg kan ökas 15 dB med lite mineralull, tätningar i anslutningarna och ett extra lag gips-skivor på var sida regeln. Dörrar med stora överluftöppningar får 15 dB bättre ljudisolering om de tätas mot karmen, och överluften tas ut via två enkla väggventiler i ett fack bredvid dörren, som förskjuts något i förhållande till varandra. Stora öppna planlösningar är bra ur många synvinklar, men det kan vara klokt att förbereda för några innerdörrar då det uppstår ett behov, t.ex. skjutdörrar mellan kök/vardagsrum och hall/sovrum. Undertak eller väggar kan göras ljudabsorberande med porösa eller perforerade material. Med några förhållandevis enkla åtgärder kan man således bygga hus och lägenheter med avsevärt bättre ljudstandard inom bostaden. Även om det inte finns myndighetskrav som föreskriver om sådana åtgärder, kan det vara värt en diskussion med byggherren eller de boende. Kundnytta och marknadsvärde kan motivera en merkostnad, om åtgärderna ger en påtaglig förbättring av ljudmiljön.

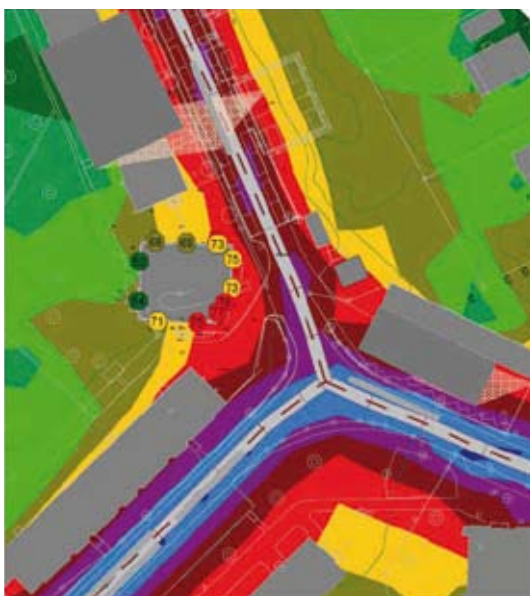
4.4.4 Ljudisolering mot trafik och andra yttre ljudkällor

I avsnitt 3 beskrivs att de yttre förutsättningarna bör undersökas noggrant samt att *dimensionerande ljudnivåer* beräknas (eller mäts) och *fastställs* i tidigt skede. De ljudnivåer som redovisas i olika typer av översiktliga dokument är vanligen inte tillräckligt detaljerade för att medge dimensionering av fasadens ljudisolering, eftersom byggnadens form, inplacering på tomten samt detaljer i trafikflöden m.m. behöver vara kända för att ljudnivåerna framför alla fasader ska kunna beräknas korrekt. Det är därför ofta kostnadseffektivt att säkerställa

rätt ingångsvärden för det aktuella projektet genom att noga utreda vilka bullerkällor som påverkar byggnaden och hur dessa utbreder sig, och då även ta hänsyn till kända förändringar (se SS 25267). Bakgrund och resultat (förutsättningar) inkluderas sedan i ljudskyddsdokumentationen. Observera att fel förutsättningar leder till brister eller överdimensioneringar i byggelementen, och att dessa avvikelser är svåra att åtgärda i senare skeden. Se exempel i figur 4.6 samt i avsnitt 4.4.5.

Figur 4.6

Vänstra figuren visar ett exempel på beräknade ljudnivåer utanför ett planerat punkthus, som kommer nära en lokalgata som trafikeras av bussar nattetid. Till höger visas de krav som bör ställas på fönstren i den närmaste fasaden med hjälp av ett lättöverskådligt färgschema.



Maximala A-vägda ljudtrycksnivåer L_{pAFmax} (fritt fält) utanför plan 4. Färgade fält gäller 2m över mark.



Ljudisolering $R_{w,Ctr}$ ($=R_w+C_{tr}$), österfasaden:
Grönt = 27; Gult = 32; Rött = 35; Blått = 38 dB.

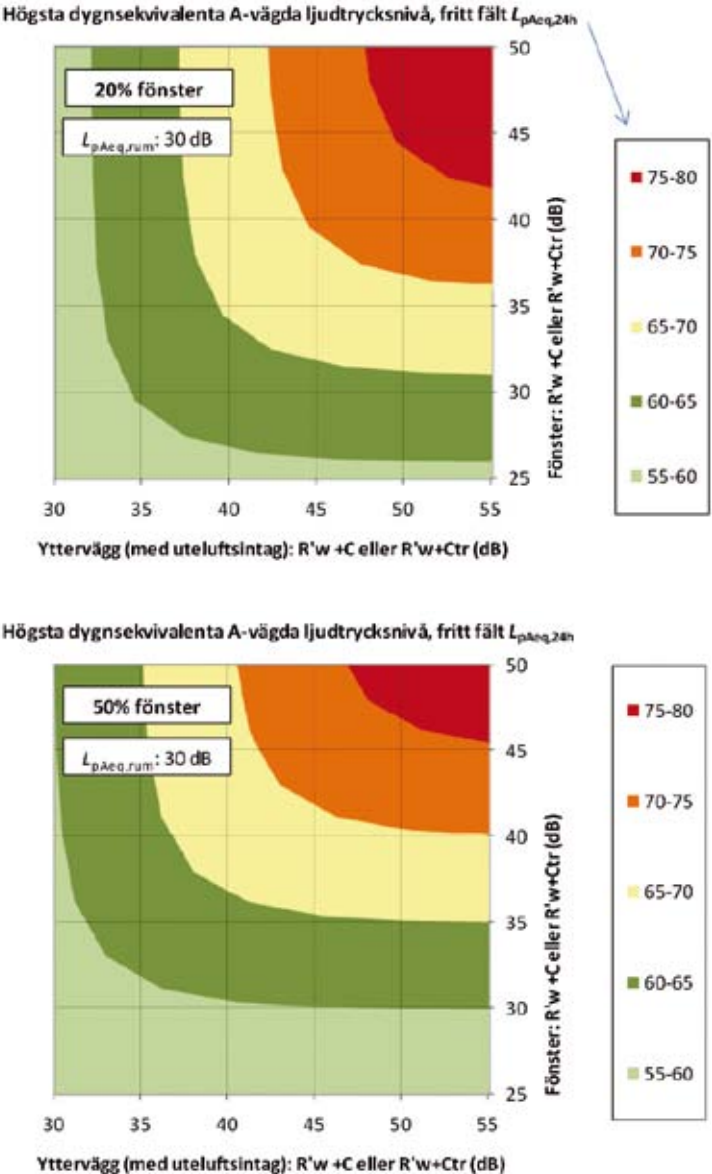
Konstruktionerna kan dimensioneras översiktligt med hjälp av formlerna i tabell C4 i SS 25267. Avsikten med tabell C4 är att man först utgår från de fastställda dimensionerande ljudnivåerna utomhus (se avsnitt 4.3.5), och beräknar vilken ljudisolering som krävs i ytterväggarna, inklusive fönster, fönsterdörrar, bröstningar, uteluftdon m.m. för att nå de dimensionerande ljudnivåerna inomhus. Termer, se avsnitt 4.3.4.

För att ge en översikt har formlerna i standardens tabell C4 omräknats till de *högsta ljudnivåer utomhus*, som klaras med de byggelement som övervägs i det aktuella projektet. Om de aktuella ljudnivåerna framför fasad är lägre än de ljudnivåer som visas i figur 4.7, så är ljudisoleringen tillräcklig mot ljud utifrån, i annat fall krävs bättre konstruktioner. I tabell 4.10 i avsnitt 4.4.5 ges *exempel* på vanligt förekommande A-vägd ljudnivåer utomhus vid olika trafiksituationer.

Observera att tabell C4 och figur 4.7 innehåller flera förenklingar och antaganden. Dimensionering enligt den detaljerade metoden i SS-EN 12354-3, med kända ljudnivåer utomhus i tredjedels oktavband, ger en säkrare grund och mer ekonomiska produktval. Det beror på att beräkningen tar större hänsyn till samverkan mellan ljudkällan och ljudisoleringen vid de viktigaste frekvenserna i ytterväggen, fönstren och uteluftsintagen samt inverkan av rumsvolymen. Beräkningarna kan göras i kalkylark (formlerna finns i SS-EN 12354-3) eller med särskilda beräkningsprogram. I SS 25267 bilaga D finns spektrum för ett antal speciella ljudkällor, som kan användas för att fastställa ett dimensionerande spektrum för en given A-vägd ljudtrycksnivå. Det är bättre att hänvisa till bilaga D än att använda icke-standardiserade anpassningstermer i avtal och förfrågningar, t.ex. " $R_{\text{Atr,JAS}}$ ".

Figur 4.7

Diagram för vilka dygnsekvivalenta ljudnivåer ($L_{pAeq,24h}$) som klaras med valda byggnadselement: a) övre, med fönster i 20 % av ytterväggen, b) nedre, med fönster i 50 % av ytterväggen. Med samma konstruktioner klaras upp till 12 dB högre maximalnivåer i stadstrafik. För ljudklass B ska diagrammens ljudnivåer minskas med 4 dB. Mot kök och bad kan 5 dB högre ljudnivåer godtas (enligt SS 25267). Samma typ av vägt reduktionsstal skall användas för både vägg och fönster.. Väggar, se tabell 4.8.



Tabell 4.8

Exempel på ytterväggar och uteluftsintag med ljudisolering. Förklaringar, se nedan.

Ytterväggstyp	Uteluftsintag	$R'_A (= R'_w + C)$ Tabell C4, vänstra kolumnen (landsvägstrafik, persontåg, röster m.m.)	$R'_{A,tr} (= R'_w + C_{tr})$ Tabell C4, högra kolumnen (gatutrafik, diskotek, godståg m.m.)
Betong/mineralull/betong	Inget	55	50
Betong/mineralull/betong	perf Z-kanal el rör	50	45
Betong/mineralull/betong	perf rak inklätt rör	45	40
Betong/cellplast/betong	Inget	50	45
Betong/cellplast/betong	perf rak inklätt rör	45	40
Träpanel/reglar/gips	Inget	40	35
Träpanel/reglar/gips	perf Z-kanal	40	35
Träpanel/reglar/gips	perf rak inklätt rör	35	30
2gips/korsreglar/2gips	Inget	45	40
2gips/korsreglar/2gips	perf Z-kanal	45	40
2gips/korsreglar/2gips	perf rak inklätt rör	40	35
Alla väggtyper	Tätt rör PVC/plåt	35	30
Fönster (se ref. 3)		30-50	25-45

I bilaga D till SS 25267 finns också diagram m.m. som kan användas för en översiktlig dimensionering (med vägda sammanfattningsvärden). Diagrammet underlättar en bedömning av den sammantagna ljudisoleringen för flera element, t.ex. fönster, yttervägg och uteluftsintag.

I samband med upphandling bör man ställa krav på yttervägg, fönster, fönsterdörr, uteluftsintag avseende produkternas ljudisolering, $R_A (= R_w + C)$ eller $R_{A,tr} (= R_w + C_{tr})$. Kraven kan ställas på flera olika sätt men det måste vara tydligt vad som avses. Nedan följer två exempel på hur krav kan formuleras på produkter

- Med laboratorievärden (utan ´-tecken). Då måste väl avvägda marginaler beaktas för respektive produkt och monteringsätt, så att de dimensionerande ljudnivåerna inomhus uppfylls med rimlig säkerhet
- Krav i färdig byggnad, fältvärden (med ´-tecken). I detta fall måste varje enskilda leverantörs ansvar förtydligas, exempelvis kan kravet följas av texten *”Kontrollera särskilt att tillverkarna anger rätt typ av ljudisoleringsvärde i offerter m.m.”*

Verifiering med mätning görs mot det värde i byggnad som man räknat med vid dimensioneringen, fältvärdet (med ´-tecken), se avsnitt 7. I händelse av att bristfällig isolering konstateras måste en utredning genomföras för att visa vilken ljudtransmissionsväg som försämrar resultatet, se nedan och i avsnittet 7 om verifiering.

Ytterväggar och fönster

Ljudisoleringsvärden bör begäras från tillverkarna eftersom det finns många faktorer som påverkar vilket värde som kan förväntas när de olika delarna samverkar. En översikt över ett stort antal vanliga ytterväggskonstruktioner i den befintliga 1900-talsbebyggelsen finns i rapporten ”Ljudisolering i bostadshus byggda 1880-2000”⁴. I den redovisas ljudisoleringsvärden för ytterväggar och fönster i tredjedels oktavband, både i befintliga konstruktioner och med två eller tre renoveringsalternativ till dessa konstruktioner. I referensen⁸ finns ytterligare råd kring ljudisolering i äldre hus.

Uteluftsintag

Ljudisoleringsvärden från provning i laboratorium bör begäras från tillverkarna, med en vägguppbyggnad som svarar mot den aktuella tillämpningen (se nedan).

För att klara alla krav i BBR är det vanligt att ta in uteluft genom ljuddämpande och filtrerande ventiler i ytterväggen. Ventilerna måste vara utformade så att kallras och drag i rummet undviks, dessutom ska de kunna rengöras. Det krävs därmed betydligt mer än att bara att ”göra ett hål i väggen”. Det finns flera produkter på marknaden som har utvecklats under lång tid för att ge rätt funktioner, på basis av provningar och praktisk erfarenhet.

Det finns flera mått på uteluftintagens ljuddämpande förmåga och det är viktigt att använda rätt mått vid val av produkt, se tabell 4.9. Det korrekta laboratorievärdet enligt gällande standard är $D_{n,e,w}$. Observera att detta mått är avsevärt högre än motsvarande reduktionstal som alltid beräknas på den verkliga arean och inte på 10 m², se tabell 4.9.

Tabell 4.9
Olika sammanfattningsvärden för ljuddämpande uteluftsintag och exempel på omräkning mellan dessa för samma produkt.

$D_{n,e,w}$	R_w (1.9 m ²)	D_e eller I_a	ΔL_A eller dB(A)
Normaliserad ljudnivåskillnad monterad i 10 m ² idealt ljudisolerad vägg (dB)	Vägt reduktionstal rel. 2,0 m ² vägg (dB). För 10 m ² vägg samma som $D_{n,e,w}$	Enhetsisolering D_e resp. luftljudsindex I_a . Oftast rel. 1,0 m ² vägg (dB)	A-vägd ljudnivåskillnad ute - inne. Beror på typ av trafik, vägg- och rumstorlek (dB)
40	33	30	32-37

Observera att uteluftsintag normalt provas i en utfackningsvägg med mer än 220 mm mineralull och 3 lag gipsskivor på både utsida och insida. Produkterna fungerar avsevärt sämre i en vägg med cellplastisolering, eftersom denna är tät och inte bidrar till ljudabsorption inne i intagskanalen. Kompakta mineralullsskivor i kombination med kanaler som har material med högt strömningsmotstånd som beklädnad kan ge sämre värden än provresultat i en vägg med lätt mineralull. Om minst 600 mm av isoleringen vid sidan av intagskanalen i en vägg ersätts med en 200 mm mineralullsskiva, får man en ljudisolering som ligger närmare de laboratoriedata som redovisas för provning i utfackningsvägg. Produkterna fungerar också i en vägg med 150 mm tjock mineralull, men ljudisoleringen blir lägre eftersom den ljudabsorberande längden på intagskanalen blir kortare. Observera, att uteluftsintagen inte bör placeras mindre än 300 mm från angränsande väggar, eftersom en del av ljudabsorptionen uteblir.

En sammanlagd ljudisolering $R'_w + C_{50-3150}$ 43 dB mot loftgångar, trottoarer, gångstråk, lekplatser m.m. är tillräcklig för att normala samtal alldeles utanför (L_{pAeq} 70 dB) inte ska upplevas som störande inomhus, men mer högljudda rop kommer att höras. Denna ljudisolering uppnås med standardkonstruktioner i yttervägg (45 dB), fönster (40 dB). Eventuella uteluftsintag (friskluftsventiler) ska vara luddämpande ($D_{n,e,w} \geq 48$ dB). Så kallade springventiler är olämpliga, de har för dålig luddämpning.

4.4.5 Ljudtrycksnivå på uteplats



Det bör vara utrett och förankrat i tidigt skede, vilka krav som kommer att ställas av olika instanser, t.ex. byggnadsnämnd, miljönämnd samt de statliga trafikverken och de regionala kollektivtrafikbolagen. En lösning som kan godtas enligt plan- och bygglagen kan ändå få till följd, att någon part blir åtgärdspliktig i efterhand, med stöd av Miljöbalken. Det är därför lämpligt att skapa lösningar som godtas av alla parter, innan man bygger på den aktuella marken. Boverkets allmänna råd 2008:1² ger vägledning för att det ska vara möjligt att göra en samlad bedömning. Råden innehåller också ett antal exempel på utformningar.

	A-vägd ljudtrycksnivå vid fasad, frifält, årsmedeltrafik		Lämplig C-term fasad
Typtfall	Ekvivalentnivå (dB)	Maximalnivå (dB)	(se tabell 4.8)
1. Gårdssida, tyst läge	45	55	C
2. Gårdssida nära uteplats, skolgård, större lekplats, bollplan m.m.	50	65	C
3. Mindre lokalgata, ingen tung trafik nattetid, ÅMD trafik <500, avstånd <10 m	55	75	C
4. Stadsgata, ingen tung trafik, ÅMD trafik <2500, avstånd >20 m	60	75	C
5. Större trafikerad stadsgata, viss tung trafik, ÅMD trafik <10000, avstånd >20 m	65	80	C _{tr}
6. Större trafikerad stadsgata, viss tung trafik, ÅMD trafik <10000, avstånd <20 m	70	85	C _{tr}

Tabell 4.10
Exempel på ljudnivåer från trafik.



I allmänhet gäller, att uteplatser med god ljudmiljö kan skapas, om byggnadens form och placering på tomten beaktas i tidigt skede. Slutna kvartersgårdar ger bättre förutsättningar för att skapa ”tysta” och trivsamma uteplatser än punkthusbebyggelse. Begreppet *tyst sida* bör användas med viss försiktighet, eftersom det sällan är möjligt att skapa helt tysta miljöer. I rådet talas då om ”luddämpad sida”. Maximalnivåerna avtar snabbt med ökande avstånd till trafiken, vilket gör att det är

viktigt att skapa så stora avstånd som möjligt mellan hus och väg. Detta kan ofta lösas med breddning av trottoar, cykelbana, planteringar, bilplatser m.m. Avstånd kortare än 10 m bör undvikas helt. Redan vid 20 m avstånd mellan fasad och väg blir maximalnivåerna 6 dB lägre. Utformningen av närområdet mellan hus och väg kan påverka ljudnivåerna, t.ex. med upphöjningar och låga skärmar, som dämpar ljud på korta avstånd, t.ex. mot trottoarer och gångpassager. På gårdssidan är det väsentligt att inte tillföra bullrande installationer, t.ex. fläktar, kylmaskiner eller sopmaskiner.

Det är en vanlig uppfattning att buller är en komfortfråga, t.ex. *”Lite buller får man tåla om man bor i staden – så länge människor vill betala för att bo där det bullrar ska samhället inte hindra byggnationen”*. Men det har visat sig, att buller påverkar både hälsa och möjlighet till en god livskvalitet. De riktvärden för trafikbuller som har beslutats av riksdagen anger de ljudnivåer samhället anser är godtagbara. När dessa riktvärden överskrids blir buller en hälsofråga och påverkar på sikt samhällets kostnader för sjukvård m.m. En grundläggande regel i plan- och bygglagen är att lagen ska tillämpas så, att en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer främjas. Det innebär bland annat att människors hälsa inte får äventyras. Kommunerna är ansvariga för att planeringen följer lagens intentioner. Länsstyrelserna har ett särskilt ansvar att bevaka frågor om människors hälsa och säkerhet. Boverket har som ansvarig myndighet för planering och byggande gett ut allmänna råd (2008:1) ² för hur lagen bör tillämpas när nya bostäder planeras i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik. Allmänna råd är generella rekommendationer om tillämpningen av en författning, som anger hur någon kan eller bör handla i ett visst avseende. Det utesluter inte andra sätt att uppnå de mål som avses i författningen, men den som väljer att inte följa allmänna råd har i princip själv ansvar för att visa att regeln ändå uppfylls. Vid prejudicerande domslut i regeringsrätten och miljööverdomstolen beaktas normalt myndigheters allmänna råd. Man bör därför undersöka om det finns sådana domslut som är relevanta för det aktuella projektets byggnadsutformning.

Vid beräkningar och mätningar av ljudnivåer utomhus kan mätosäkerheten minskas genom att tillämpa det som sägs i avsnitt 4.5.4 och avsnitt 7.5.

4.4.6 Installationer

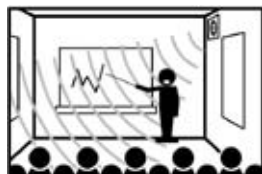
Luftljud

Vid sammanbyggda kök och vardagsrum i bostäder rekommenderas att installationer och maskinell utrustning i kök väljs så att ljudnivåer i utrymmet för daglig samvaro (vardagsrumsdelen) angivna i tabellerna A1, B1 eller C1 i SS 25267 uppfylls. Gräns mellan rum för daglig samvaro och kök kan definieras i ljudskyddsdokumentationen, eller bedömas i samband med mätningar. Matplats i anslutning till kök tillhör köksdelen enligt SS 25267. En helt fristående matsal kan dock bedömas tillhöra kategorin utrymme för daglig samvaro. Inom köksdelen kan 5 dB högre ljudnivåer godtas. Avsteg bör godtas vid forcering av köksfläkt, eftersom de boende själva kan styra över användningen. Men vid forcering av köksfläkt bör inte ljudnivåerna överskridas i de övriga bostadsrummen. Inbyggnadsgraden påverkar vilken resulterande ljudnivå som kan förväntas i rummet. Absorbenter bakom kompressor i kyl/frys (på väggen) kan bidra till att reducera ljudnivåerna.

Vid kontroll av ljudnivå från normal ventilation, kyl och frys gäller sammanvägd ljudnivå från installationer i samtidig drift. Det finns därför ett behov av samordning av projektering av nämnda installationer, eftersom ljud från värmesystem och installationer i angränsande utrymmen också kan bidra till den sammanlagda ljudnivån.

I lokaler för talkommunikation är det väsentligt att installationerna inte ger störande bakgrundsljud. Ljud från ventilationsdon som överskrider standardens tabellvärden uppfattas som störande av brukarna. Graden av störning beror av vilken ljudklass som föreskrivs samt hur mycket nivån i den ljudklassen överskrids. Bakgrundsljud kan störa såväl lärare som lyssnande personer, särskilt om de har nedsatt hörsel eller språksvårigheter. Barn och ungdomar har ofta tillfälliga hörselnedsättningar på grund av förkylningar och det är därför lämpligt att utforma lokaler för talkommunikation så att de fungerar tillfredsställande även vid nedsatt hörförmåga.

Kontinuerliga störande ljud vid låga frekvenser, s.k. lågfrekvensbuller (ibland benämnt lågfrekvent buller), omfattas av särskilda krav i tersband i SS 25267. Värdena överensstämmer med Socialstyrelsens allmänna råd 2005:6. I samband med störningar av lågfrekvensljud diskuteras ibland huruvida ett rumsmedelvärde är relevant för bedömning av störning. Ett hörn i rummet kan ju vara en arbets- eller sovplats och



att medelvärde för hela rummet är godkänt hjälper inte om ljudnivåerna i just detta hörn är höga. Svaret är att den mätmetod som anvisas i rådet (SP-metod) baseras på omfattande provningar i både laboratorier och normala utrymmen. Den har utformats så att man vid mätning tar hänsyn till variationer i ljudfältet och positioner med höga ljudnivåer. Rumsmedelvärdet ligger därför ofta bara 3-4 dB under den högsta nivån i rummet. Mätmetoden måste ge värden som med rimlig noggrannhet kan förutsägas i samband med dimensionering, vilket i praktiken är ett energimedelvärde för rummet. En metod som går ut på att leta efter den position som har den högsta ljudnivån ger en större mätosäkerhet, vilket skulle få negativa ekonomiska och praktiska konsekvenser. Lågfrekvensbuller orsakas ofta av vibrationer från tekniska installationer som leds via byggnadsstommen, s.k. stomljud.

Stomljud



Värmepumpar och postfack är exempel på stomljudsallstrande installationer.

Stomljud från installationer är en vanlig orsak till klagomål. Åtgärder mot stomljud kan vara mycket enkla där ett tunt elastiskt skikt bryter ljudöverföringen effektivt. Ibland är åtgärderna mer komplicerade att genomföra, t.ex. då åtgärden påverkar säkerhetsfrågor eller det är ont om utrymme. Man bör alltid rådgöra med såväl en akustiker som en tillverkare av den aktuella installationen. En byggnadskonstruktör bör granska åtgärderna om de påverkar byggnadsstommens bärrighet, t.ex. då man för in tunga fundament, pågjutningar m.m. Det finns vibrationsisolerande lösningar som hindrar stomljud att sprida sig från installationer till byggnadsstommen. Exempel på stomljudsallstrande installationer som bör studeras i varje projekt är hissar, fläktar, värmepumpar, värmepannor, kylmaskiner, cirkulationspumpar, tvätt- och torkmaskiner, diskmaskin och torkskåp. Stomljud alstras även från WC, postfack, köksinredning, tappvatten, avloppsrör, el-central, garageport, motordriven portöppnare samt entrédörrar till trapphus och tvättstuga. En enkel gummipackning mot en tung byggnadsdel räcker för att isolera mot stomljud från många av dessa ljudkällor. Mot lätta byggnadsdelar krävs avsevärt mjukare mellanlägg och man måste kontrollera att de ökade rörelser som följer av den elastiska upphängningen inte skapar andra problem. Stomljud kan ofta undvikas utan nämnvärda merkostnader.

I SS 25267 finns ett krav på stegljudsnivå från badrum, som även är avsett att skydda mot stomburet ljud från t.ex. WC,

duch och tvättmaskin. Om man väljer att frångå stegljuds-kravet måste man visa att man har lösningar som begränsar stomljud. För WC gäller ett 5 dB hårdare krav – avsikten är att man inte ska kunna höra skvalljud när någon använder toaletten i en angränsande lägenhet.

WC som limmas mot golv med en eftergivlig 2-4 mm packning är en mycket effektiv lösning som uppfyller kravet med god marginal, åtminstone när WC-stolen ställs på ett betonggolv. Eventuella skruvar bör undvikas men om de av något skäl måste finnas måste dessa isoleras med mjuka brickor från WC-stolens gods för att ge en godtagbar dämpning. Lösningen är dock inte lika bra som limningen. Provmethod anges i avsnitt 7.

Tvättmaskiner, torktumlare, fläktar, värmepumpar och andra roterande maskiner bör förses med en effektiv vibrationsisolering från tillverkaren. Denna kan dock leda till stora rörelser i maskinen om den utformas på fel sätt. För att maskinen inte ska vibrera för mycket ställs maskinen normalt på ett tungt fundament, som i sin tur står på avstämda vibrationsisolatorer på bjälklaget. Bjälklaget ska vara tillräckligt tungt och styvt för att ge ”mothåll” för vibrationsisolatorerna. Utformning av fläktrum beskrivs i SS-EN 12354-5 bilaga H. Maskiner utan intern vibrationsisolerande upphängning av trumman (s.k. fri-svängande) ger normalt stora störkrafter och man måste ställa dessa maskiner på ett uppgjutet fundament med 8-10 gånger större massa än maskinens egen vikt. Lösningen ställer större krav på bjälklagets bärrighet, för lätta bjälklag krävs särskild studie. Det finns fler störande stomljudskällor i gemensamma tvättstugor, t.ex. torkskåp (ställning och dörrar), mangel, tvättvagnar och hårda skor. Man bör därför ha mattor eller klinkergolv på stegljudsdämpande underlag och ett undertak som både absorberar ljud och förbättrar ljudisoleringen upp mot ovanliggande utrymmen. Slag i rör kan undvikas med mjukstängande vattenventiler eller någon form av eftergivliga anslutningar till vattenmatningen (flexibel slang och kompensatorer).

Anvisningar för projektering av ventilationssystem finns i handböcker av Nyman och Danielsson³³ samt i prEN 12354-5, bilaga H. Illustrerade översikter över hur man undviker ljud från ventilationssystem finns i boken Råd om ljud i hus⁷ samt i en skrift från Formas²⁵. Åtgärder mot stomljud kommer att beskrivas under 2009, se www.sbuf.se



Ljudnivåer från vattentömning i WC har hårdare krav.

²⁵ Lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar. Tips om hur man undviker problem. Formas förlag skrift T6:1993. ISBN 54055334. Billgren G, m.fl. Finns som PDF-fil, www.formas.se.

4.4.7 Ljuddämpning och ljudabsorptionsarea

Trapphus, korridorer



Erforderlig mängd ljudabsorbenter i trapphus mm med en viss ljudabsorptionsklass framgår av bilaga E till SS 25267. Tabellen i bilagan kan även tillämpas för korridorer och dylikt.

Val av ljudabsorbenter och placering av dessa bör göras med hänsyn till ljudabsorption, estetik och hållbarhet/underhåll. Produkterna bör vara rimligt enkla att byta ut eller laga i händelse av åverkan.

Två vanliga fel som bör undvikas är att:

- montera produkter tätt an väggar eller tak istället för på avsedda distanser
- sprutmåla eller rolla absorbenter med små öppningar i ytan som behövs för att ljudabsorptionen ska bli den avsedda.
- Vissa produkter kan målas med pensel eller roller. Beakta tillverkarnas instruktioner angående montering och underhåll

Lekutrymmen

En utredning om buller i förskolor ²⁶ visade, att förekomsten av slag- och trumljudsdämpande beläggningar (mattor, bordsdukar och liknande) är minst lika viktig att beakta som rumsakustiska egenskaper och den uppmätta efterklangstiden. Analysen visade, att åtgärder som sänker efterklangstiden från ett medelbra värde till ett mycket lågt värde sannolikt inte skulle medföra någon stor upplevd förbättring av ljudmiljön. I en förskolemiljö är det oftast många samtidiga bullerkällor, då det vanligtvis är många barn i rörelse samtidigt. Detta innebär att man aldrig är långt ifrån en bullerkälla, vilket i sin tur leder till att ljudmiljön domineras av direkta ljudfält. Det stora antalet ljudkällor gör att den sammanlagda ljudnivån blir hög, vilket maskerar tal och ger försämrade taluppfattbarhet. Därmed har faktorer som arbetssätt, typ av inredning, leksaker, köksutrustning mm. stor inverkan på ljudnivåerna. Undertak och vägghpaneler med ljudabsorberande funktion bidrar till att sänka ljudnivån. Huruvida den skillnad i dämpning som uppnås med olika typer av ljudabsorbenter kan motivera even-

²⁶ Mätstudie av buller och efterklangstid på förskolor i Lidköpings och Skara kommuner, Bygg & Teknik nr 3 2006 sidan 15. Pontus Thorsson, www.akustikverkstan.se.

tuella tilläggskostnader och andra aspekter på produkterna är därför inte självklart. Socialstyrelsen rekommenderar i sin skrift "Bullret bort" ¹² att man gör en bred analys när det gäller buller på förskolor, och inte går ensidigt på byggtekniska åtgärder.

Gymnastiksalar

Gymnastiksalar är ett utrymme för talkommunikation vilket ska beaktas i planeringen, men man måste också ta hänsyn till att ljudnivåerna kan bli besvärande i samband med sportaktiviteter, hopp, bollspel m.m. Golvkonstruktionen bör både vara avpassad för sportaktiviteter och ge en begränsad trumljuds-nivå, se rapport från SIS ¹⁵. Det finns en rad golvprodukter som är särskilt framtagna för sporthallar. (med viss elasticitet m.m.)

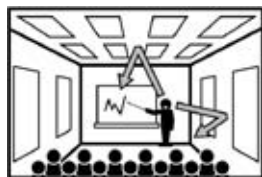
Sporthallar är stora vilket medför att ljudreflexer hörs som tydliga ekon. Alla väggar och tak bör om möjligt utföras med viss ljudabsorption, samtidigt som man måste klara de stötar som uppstår vid bollspel m.m. Är en sida ljudreflekterande bör motstående sida ha hög ljudabsorption eller diffusering (t.ex. läktare). Ljudabsorberande funktion kan uppnås med olika typer av slitsade eller perforerade skivbeklädnader. Det finns även speciellt utformade ljudabsorbenter av mineralull eller gipsskivor med förstärkt ytskikt som är avsedda att klara kraven i denna miljö.

4.4.8 Efterklangstid och dimensionering av ljudabsorptionsarea

Utrymmen för talkommunikation, t.ex. klassrum

När det gäller utrymmen för talkommunikation har standarden SS 25268 prioriterat balanserad efterklang i de olika frekvensbanden, varken för kort eller för lång, samt en medveten utformning för att få bra fördelning av ljudreflexer. Dels vill man ha god talnivå och taluppfattbarhet på alla elevarbetsplatser, dels vill man ha bra rumsakustiskt stöd för den som ska tala. Rummet ska ge bra "respons" och kännas lätt att nå ut i utan att vara "överakustiskt" eller "för torrt". I övriga utrymmen har bullerdämpningsaspekten prioriterats, se föregående avsnitt.

I SS 25268 ställs krav på att ljudabsorptionen i byggnadsmaterial, inredning och ljudabsorbenter ska dimensioneras så att tabellerade värden på efterklangstider uppfylls. Ljudabsorptionsvärden för ett antal vanliga byggmaterial och typer



av inredning återges i avsnitt 4.5.5 tabell 4.13 a-c, avsedda som indata till beräkningar enligt SS-EN 12354-6. Observera att den absorberande förmågan hos ljudabsorbenter avser de aktuella produkterna med angiven montering. En och samma produkt ger olika ljudabsorption då den monteras på olika avstånd från bjälklag eller väggar.

Det finns ett uttalat behov av enkla hjälpmedel för att kunna dimensionera rumsakustiken i generella fall. I avsnitt 4.5.5 återfinns några typfall och ett räkneexempel, som tillverkare av ljudabsorbenter kan använda för att redovisa tabeller eller diagram som översätter mellan mängd av en angiven ljudabsorberande produkt och den efterklangstid som kan förväntas i typutrymmena med denna absorber på plats. Typfallen har valts ut mot de rumstyper som förekommer i SS 25268. De tabellvärden (schabloner) som anges i utgåva 1 av SS 02 52 68 (2001) bör inte användas. De tar inte hänsyn till de krav vid 125 Hz som gäller i utgåva 2.



Kontor, kontorslandskap, skollandskap

I stora arbetsrum för flera personer, så kallade kontorslandskap, är rumsakustik, ljudutbredning och placering av störande ljudkällor frågor som kräver en noggrann planering. I SS 25268 anges dels ett krav på längsta efterklangstid (som är avsett att säkerställa att tillräcklig mängd ljudabsorption tillförs utrymmet), dels ett kvalitativt krav i avsnittet 5.5.4 i SS 25268: ”en förutsättning för att kontorslandskap ska uppfylla ljudklass A eller B är att verksamheten har nytta av att höra varandra eller att ljudnivån inom verksamheten är så låg att det är uppenbart att ingen störning mellan arbetsplatserna uppstår”. Några praktiska råd om utformning ges i standarden. Nedan ges en del kompletterande råd, och en diskussion som är avsedd att belysa komplexiteten i öppna verksamhetslokaler.

Störande eller ovidkommande ljud inom öppna kontorslandskap kan inte undvikas oavsett hur de utformas, såvida inte arbetet är av den arten att ljud inte alstras. Att arbeta i landskap kan ha vissa praktiska fördelar och fungera tillfredsställande *om man har nytta av att höra varandra*. Arkitektkontor, marknadsavdelningar, tidningsredaktioner, call-centers är exempel på miljöer där man kan ha nytta av att arbeta i landskap som stimulerar till en kreativ gruppmiljö och snabb kommunikation inom projektgrupper. I andra fall kan möjligheten att göra snabba ommöbleringar vara prioriterad, t.ex. i samband med nya projekt, förändringar av verksamheten och omorganisa-

tioner. Byggnadstekniskt kan man få enklare lösningar i stora utrymmen, t.ex. för luftbehandling, belysning och kablage. Byggnadstekniska åtgärder bör kombineras med *regler* för dem som ska använda lokalerna för att nå ett tillfredsställande ljudklimat i stora utrymmen. Koncentrationskrävande uppgifter utförs effektivare om man inte störs av ovidkommande ljud. Enkla regler om telefonsamtal, möten vid arbetsplatsen, gång med hårda skor etc. kan minska störningarna. Det måste finnas tillgång till tysta rum med godtagbara IT-lösningar i anslutning till landskapet.

Utbildningslandskap i skolor ger inte tillfredsställande eller ens godtagbara ljudklimat för det avsedda syftet och bör därför undvikas. Erhvervs- og Boligstyrelsen i Danmark har gett ut en vägledning om ljudmiljö i stora arbetsutrymmen ²⁷, som studerades under arbetet med den svenska standarden.

I vägledningen ²⁷ skriver Erhvervs- og Boligstyrelsens (ungefärlig svensk betydelse visas inom parenteser):

- ”Helt åbne planløsninger medfører næsten uhindret lydudbredelse mellem undervisningsgrupper og deraf følgende kolossale støjproblemer (ljudproblem):”
- ”Det er ofte næsten umuligt at forstå, hvad der bliver sagt inden for egen gruppe på grund af højt omgivende støjniveau i forhold til talestyrke”
- ”Der forekommer uafbrudt generende forstyrrelser (besværende ljudstörningar), hvorved elever distraheres af støj fra andre grupper”
- ”Der kompenseres ved at tale højere – med deraf følgende øget generelt støjniveau.”

I den danske rådsskriften rekommenderas ett antal åtgärder, däribland avgränsning av arbetsgrupper med olika behov, ljudabsorbenter med hög ljudabsorption, höga och täta skärmar m.m.

²⁷ Vejledning om lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri. Danmarks Erhvervs- og Boligstyrelse. Rapporten finns på www.ebst.dk/file/1920/vejledning_om_lydforhold_institutioner.pdf

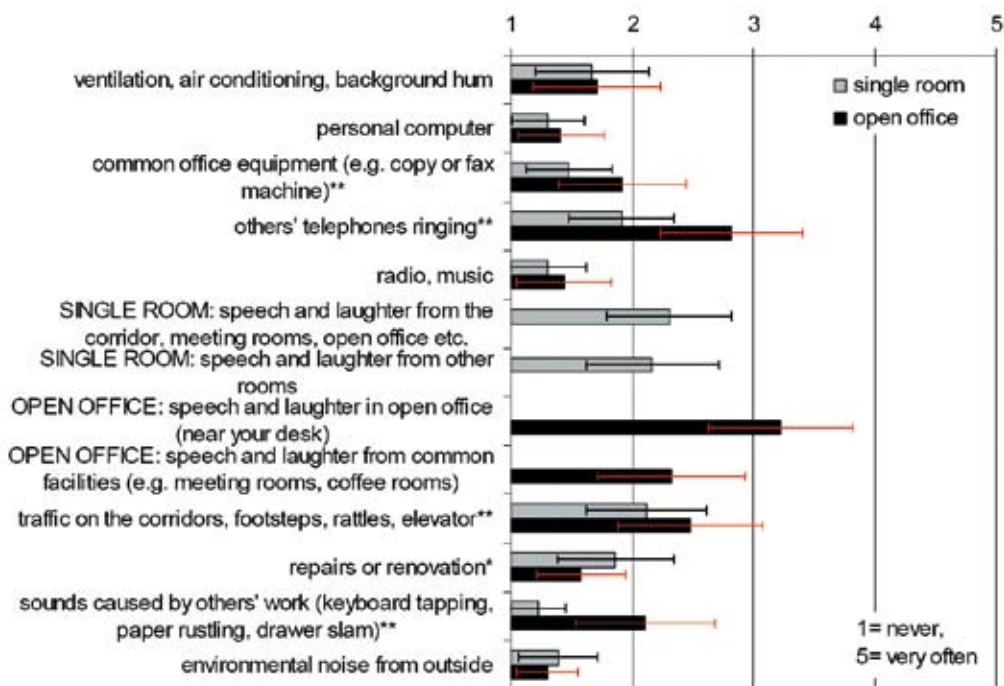
Valtteri Hongisto vid Finska Arbetarskyddsinstitutet redovisade 2007 enkätundersökningar ²⁸, som visade att man störs avsevärt mer vid arbete i flerpersonskontor än i kontor för en person, särskilt vid koncentrationskrävande arbetsuppgifter:

”The acoustic environment was experienced much more unsatisfactory in open-plan offices than in single person rooms. Self estimated waste of working time due to noise was twofold in open-plan offices. Noise is a major work environment problem especially in open-plan offices”.

Figur 4.8 sammanfattar resultaten av den finska undersökningen:

Figur 4.8

Svar i enkät till kontorsarbetare i Hongistos studie: "How often do the following sounds disturb your concentration on work?" Cellkontor (ljusa staplar) jämförs med öppna kontor (mörka staplar). Strecken i staplarnas spets indikerar spridningen mellan enkätsvar från olika deltagare i studien.



²⁸ Acoustic environment in Finnish offices. The summary of questionnaire studies. Valtteri Hongisto. Proceedings of ICA, Madrid 2007.

John Bradley vid det kanadensiska byggforskningsinstitutet NRC ²⁹ har visat att det är möjligt att skapa ett visst mått av avskildhet (sekretess) även i öppna kontorslandskap, om *samtliga* villkor på rumsutformningen är uppfyllda (vår översättning från den engelskspråkiga artikeln):

”Eftersom man samtalar något dämpat inom öppna kontor, så kan bakgrundsljud bidra till att maskera informationen i ett samtal inom utrymmet. Bakgrundsljuden måste dock begränsas till godtagbara nivåer för att inte störa brukarna. Om bakgrundsljuden är alltför svaga framträder innehållet i ett samtal inom utrymmet, även om det hörs svagt, och talsekretessen går förlorad. Om bakgrundsljuden är alltför höga så kan man få en viss samtalsmaskering, men brukarna kommer att känna sig störda och höja sina röster för att överrösta bakgrundsljuden. ... De två viktigaste faktorerna (förutom en avvägd bakgrundsljudnivå, författarnas anmärkning) för att uppnå ett visst mått av avskildhet är att ha hög ljudabsorption i tak och på väggar, samt minst 1,7 m höga skärmar mellan arbetsplatserna. (Skärmarna måste även vara täta och långa eller omsluta arbetsplatsen, vår anm.). Det är endast när samtliga dessa kriterier är uppfyllda som man kan uppnå en önskvärd avskildhet och skydd mot oönskad överhörning av samtal.”

Bradley visar dock i samma artikel, att effekten av mycket hög ljudabsorption i undertaket har en marginell inverkan, särskilt om man ser till impulsartade (plötsliga) ljud. Taluppfattbarhetsindex (STI) minskar från 28 procent mellan två arbetsplatser, där undertaket har en medelabsorptionsfaktor om 0,6 (klass C) till 22 procent med 0,9 (klass A). För att inte kunna avlyssna ett samtal hade man behövt nå under 15 procent. Värdena gäller för en 1,8 m hög och mycket lång eller omslutande skärm mellan arbetsplatserna och där det inte finns reflekterande ytor i närheten. Mätningar i kontor med korta och låga skärmar, som är en vanligare lösning, har indikerat att skillnaden mellan vissa olika typer av ljudabsorberande undertak är försumbar då skärmen inte är effektiv.

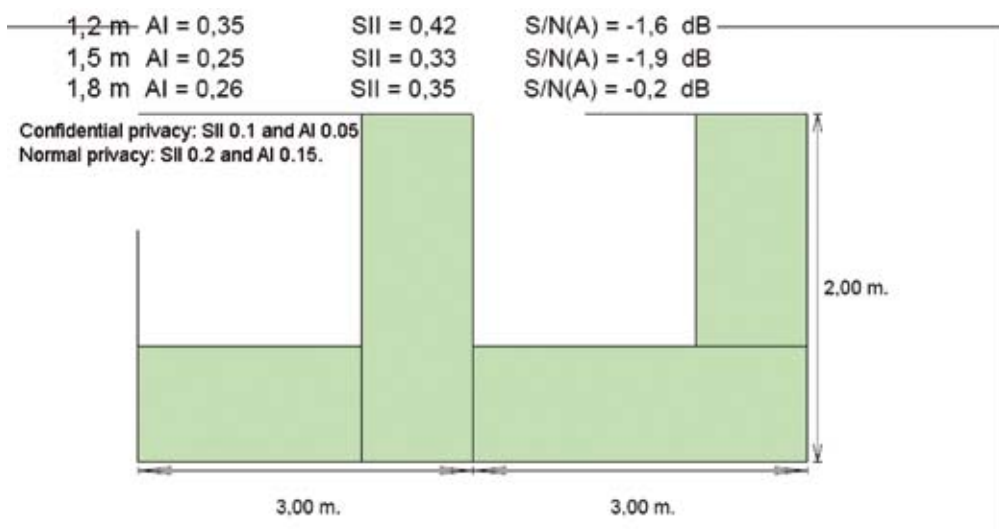
²⁹ Designing and assessing speech privacy in open-plan offices. John Bradley. Proceedings of ICA, Madrid 2007. Se även COPE projektets informativa webbplats http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/cope/03-Acoustics_e.html.

Man måste alltså konsekvent välja sådana lösningar som samverkar för att nå det uppsatta målet.

NRC tillhandahåller ett datorprogram för beräkning av hur ”articulation index” AI blir med olika skärmar m.m., se NRC:s hemsida. (AI är ett mått på talförståelse som används i USA och Kanada, och som korrelerar ganska väl med STI, som är ett vanligare mått i Europa.) Med detta verktyg har ett exempel beräknats på hur AI varierar på övriga arbetsplatser, avdelade med skärmar, se figur 4.9:

Figur 4.9

Articulation Index, beräknad med programvaran COPE-CALC som kan laddas ned fritt från NRC:s webbplats http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/cope/07_e.html ²⁹.



Målet är att nå under AI 0,15 för att få en rimlig ”speech privacy”. Som synes i figur 4.9 nådde man ned till AI cirka 0,25 med 1,8 m höga högabsorberande och täta skärmar respektive 0,35 med 1,2 m höga skärmar, vilket enligt samma artikel motsvarar cirka 90-95 procents taluppfattbarhet. Utformningen i figur 4.9 är således inte effektiv för att skapa avskildhet. Höga och långa skärmar mellan arbetsplatser kan ha andra nackdelar och är inte så vanligt förekommande i Sverige.

Danska och svenska erfarenheter av skolor med öppna planlösningar från 1970-talet var nedslående och den typen av skolor har sedan dess inte fått någon spridning. I några kommuner används dock öppna planlösningar sedan några år,

med resultatet att elevernas inlärning har värderats markant lägre vid jämförelser med skolor som byggts med traditionella lösningar. I ett pressmeddelande (2004) konstaterade Skolverket vid en utvärdering av elevernas kunskapsresultat i en skola med öppen planlösning (inga väggar mellan klassernas arbetsutrymmen), att resultaten var anmärkningsvärt låga i förhållande till de nationella målen med tanke på övriga förutsättningar, och att kommunövergripande insatser borde göras bl.a. för att se över lokalerna vad gäller deras ”*pedagogiska funktionalitet*”. I förbindelse med mer individualiserade former för undervisning och förändrad lärartäthet ökar risken för att sådana lösningar provas igen. Öppna planlösningar ska dock användas i utrymmen för undervisning endast om man kan säkerställa att lokalens utformning är till fördel för den typ av undervisning som ska bedrivas.

Det finns således artiklar och konferensbidrag, där man har provat att mäta ett antal rumsakustiska parametrar i öppna utrymmen, och korrelerat dessa till subjektivt upplevd ljudmiljö och arbetsprestationer på olika sätt. Hittills har det dock inte funnits tydliga praktiska fördelar med att införa sådana parametrar som STI (speech transmission index) eller AI (Articulation index) i standarden för lokaler. Parametrarna kan visserligen kontrollmätas men det krävs expertkunskap för att beräkna dem under planeringsskedet. Sådana insatser kan dock motiveras i vissa fall, t.ex. när man vill kunna påverka utformningen i tidigt skede. Då kan datormodellering göras av rumsakustiken i olika typer av utrymmen, där man dels *visualiserar* utformningen av utrymmet och dels lyssnar på hur olika typer av ljud låter (*auralisering*).



Figur 4.10

Exempel på ett kontorsrum som har modellerats och kopplats till datorprogram för visualisering och auralisering. På detta sätt kan man laborera med olika ytskikt, beräkna efterklangstider, STI, etc. och provlyssna hur olika ljudkällor låter i olika delar av utrymmet. Verktögen kan användas i projekteringen för att säkerställa rumsakustiken så att föreskriven ljudklass uppnås.

Källa: WSP

Utifrån erfarenheter och vetenskapliga studier kan således ett antal slutsatser formuleras. För att skapa en god ljudmiljö i kontorslandskap fordras att de som ska arbeta i landskapet har nytta av detta i sin dagliga verksamhet. Det går inte att kombinera en helt störfri miljö med arbete i landskap i stora grupper, oavsett hur man väljer ytskikt eller inredning. För att uppnå en godtagbar rumsakustik och minska antalet ljudstörningar, så bör man förutom akustiskt effektiva ytskikt och inredningar, även se till ett antal andra faktorer. Det kan vara:

- placering med hänsyn till verksamheten och nyttan av att höra information inom gruppen, se kravet i SS 25268, avsnitt 5.5.4
- ett arbetssätt som minskar ljudalstringen, exempel finns i Socialstyrelsens bok *"Bullret bort"* ¹²
- interna regler eller överenskommelser om användning av hårda skor, telefon, samtal, möten m.m.
- ljudmässigt genomtänkt inredning, med hänsyn till bulleralstring (bord och stolar) och skärmning (skärmar dokumenterade genom mätningar enligt ISO 10053 eller stora heltäckande bokhyllor med material eller dörrar mellan arbetsgrupper)
- telefoner med tyst signalering (ljus, vibration) samt hörlurar med dämpning av omgivningsljud och reglerbar hörsstyrka (med otydlig medhörning i ett telefonsamtal tenderar man omedvetet att öka sin egen röststyrka)
- en layout som skärmar av ljud från andra arbetsgrupper, mötesrum, matplats, reception, trappor, gångstråk kopiering m.m.

Exempel på storrukskontor, varav det högra är modulerat och visualiserat på samma sätt som rummet i figur 4.10.

Källa: WSP



- tillgång till näraliggande tysta rum med väl fungerande IT – lösningar för känsliga samtal eller koncentrationskrävande arbetsuppgifter (cirka 1-2 platser per 10 anställda)
- egna rum eller egna tysta rum för personal som hanterar sekretessbelagd information, (VD, personalchef m.fl.) såvida inte kollegor som sitter i samma utrymme kan tillåtas höra och även ha nytta av informationen
- begränsning av andra ljud från, t.ex. från ventilation, trafik, trumljud och ljud från grannar
- god inommiljö i övrigt, med avseende på termisk komfort (kall/varm strålning och luftdrag), ljussättning, bländning, luftkvalitet, under alla situationer som kan antas förekomma mer än sporadiskt under de olika årstiderna

Det är viktigt att förklara för brukare som ska flytta sin verksamhet från cellkontor till storrum, att det inte är möjligt att få samma avskildhet mellan arbetsplatser eller skydd mot störande ljud, som skapas av rumsskiljande väggar och tak i cellkontor. I förklaringen måste avsikten tydligt framgå – det vill säga en flytt från cellkontor till storrum ska ge en bättre kommunikation mellan grupper och kanske ett mer dynamiskt arbetssätt. Särskilda ljudanläggningar som lägger ut ”ljudmattor” bör undvikas. Höga skärmar har andra nackdelar, de kan motverka avsikten med att placera verksamheter i kontorslandskap. Skärmarna inkräktar på öppenheten i kontorslandskapet. Det kan många gånger vara lämpligt att ha bättre skärmning mellan olika ”team” inom kontorslandskapet medan det är en fördel att ha färre och lägre skärmar inom ett och samma ”team”. Det går bra att använda mindre glaspartier i delar av de skärmar som omsluter arbetsplatserna för att få ökad visuell kontakt och öppenhet.

För personer som tidigare har arbetat i cellkontor kommer sannolikt en flytt in i ett storrum att innebära att tydliga ljud från andra verksamheter uppfattas som alltför påträngande (störande) för att medge koncentrationskrävande arbete. Nyttan av att sitta i samma rum, eller flexibiliteten i arbetsplatsen, måste balanseras mot de ljudstörningar och förluster av arbetseffektivitet i form av enskilt arbete som ofta inte kan undvikas. Se även sista stycket i avsnitt 4.4.2.

4.5 Kommentarer till några av bilagorna i SS 25267

4.5.1 Bilaga A Vägledning för val av ljudisolerande dörrar och fönster

Det är vanligt att 25-50 procent av alla tamburdörrar i ett bostadshus inte ger den förväntade ljudisoleringen vid kontrollmätningar. Typgodkända tamburdörrar omfattas av tillverkningskontroll hos ett oberoende kontrollorgan, och brister i själva dörrkonstruktionen upptäcks som regel i samband med provningar och godkännande. Avvikelser i typgodkända produkters utförande ska godkännas av kontrollorganet. Problemet orsakas oftare av att:

- monteringen inte ger lufttäta anslutningar mellan karm och vägg
- att det inte blir tätt mellan dörrblad och karm

Luftläckage genom springor sänker ljudisoleringen markant, särskilt för dörrar i de högre klasserna. Även knappt synliga springor märks. Man bör avsyna tätheten av varje dörr efter montering, för att säkerställa såväl ljudisolering som brandskydd. Ett enkelt prov som kan göras på plats är det s.k. *pappersprovet*. (se bild och beskrivning i avsnitt 6.3.6.

Dörrar klassas i klasserna $R'_{w,25} - R'_{w,45}$ dB med jämna 5 dB steg. Vad innebär dessa klasser när dörren monteras i en vägg – vad går att höra genom dörren? Svaret beror på flera faktorer; ljudnivån inne i rummet, bakgrundsljud där man lyssnar, hur nära dörren lyssnaren står och hur mycket ljud som läcker ut via andra vägar än genom dörren. Mycket förenklat kan man förvänta sig följande samband för ett rum med omslutande väggar som är mycket bättre än en dörr med klass R'_w :

- 25 dB: Samtal vid normal nivå hörs och kan förstås utanför rummet
- 30 dB: Samtal vid normal nivå hörs svagt, men kan avlyssnas utanför rummet
- 35 dB: Samtal vid normal nivå kan inte förstås utanför rummet, men vid förhöjd nivå hörs samtalen svagt och kan till viss del avlyssnas utanför rummet
- 40 dB: Samtal kan inte avlyssnas, men rop och skrik hörs svagt
- 45 dB: Samtal kan inte avlyssnas, rop och skrik hörs inte

Hur mycket bättre ska då en vägg vara jämfört med dörrkravet när det totala kravet för konstruktionen är $R'_{w,10m^2} \geq 35, 40$ eller 45 dB? Som en schablon gäller, att en dörr kan väljas i den klass R'_w som ligger närmast under kravet med en vägg som är minst 4 dB bättre än kravet, eller välja dörr och vägg som var för sig uppfyller kravet. Stora pardörrar, eller rum med två dörrar, får en större dörrarea men ofta också en större väggarrea och särskild beräkning bör då ske, se nedanstående tabeller eller följande formel (se bilaga D3 i SS 25267)

$$R = 10 \cdot \lg \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-\frac{R_i}{10}}} \right)$$

S_i = ingående delareor

R_i = reduktionstal för respektive byggnadsdels area

R = resulterande reduktionstal

Den som läser standarden noggrant och räknar lite kan komma fram till en teoretiskt korrekt slutsats: att det går att klara ett 5 dB högre krav med ett omsorgsfullt montage eller klara kravet med en enklare dörr än vad som rekommenderas i standarden. Praktiska erfarenheter visar dock att detta är svårt att uppnå i verkligheten.

Förklaringen är följande: För klassning krävs 3 dB högre ljudisolering vid laboratorieprovet än det skyltade klassningsvärdet, dvs. med uppmätt värde $R_w \geq 38$ dB blir klassen R'_w 35 dB. Om dörren monteras perfekt skulle 38 dB kunna uppnås även i byggnad. Kravets formulering $R'_{w,10m^2}$ gör vidare att isoleringen kan uppräknas 7 dB i ett fall med 2 m² dörr i 10 m² idealt isolerande vägg. Därmed skulle en mätning kunna ge 38+7=45 dB. Detta innebär, att kravet 45 dB för vägg och dörr teoretiskt skulle kunna uppnås med en 35 dB dörr. Men, montaget blir sällan så perfekt, väggen är sällan idealt ljudisolerande (dvs. den läcker också lite ljud, om än svagt). Dessutom är inte mätmetoderna exakta. Risken är stor att man får underkänt vid ett fältprov. Som schablon bör därför rådet i föregående stycke följas, det vill säga dörren i en klass lägre än det övergripande kravet och väggen en klass högre.

Ett diagram för omräkning av ljudisolering i väggar med både dörr och glasparti finns i SS 25267 bilaga D. Tabell 4.11 visar sammanlagd ljudisolering med angiven vägg/glasparti och dörrklass. Väggen/glaspartiet är 10 m² respektive 20 m² (inkl. hål för 2 m² dörr).

Tabell 4.11

a) vägg 8 m² (80 %) och dörr 2 m² (20 %).

b) vägg 18 m² (90 %) och dörr 2 m² (10 %).

20 %	Vägg 8 m ² och dörr 2 m ² ► Sammanvägt reduktionstal, med vägg i klass R'_{w} (dB)					
Dörr ▼	30	35	40	44	48	52
25	28,4	30,5	31,5	31,8	31,9	32,0
30	30,0	33,4	35,5	36,3	36,7	36,9
35	30,6	35,0	38,4	40,2	41,2	41,7
40	30,9	35,6	40,0	42,9	44,9	46,0
45	30,9	35,9	40,6	44,2	47,2	49,4
50	31,0	35,9	40,9	44,7	48,3	51,5

10 %	Vägg 18 m ² och dörr 2 m ² ► Sammanvägt reduktionstal, med vägg i klass R'_{w} (dB)					
Dörr ▼	30	35	40	44	48	52
25	29,1	32,2	33,9	34,5	34,8	34,9
30	30,0	34,1	37,2	38,7	39,4	39,8
35	30,3	35,0	39,1	41,7	43,4	44,3
40	30,4	35,3	40,0	43,4	46,2	48,0
45	30,4	35,4	40,3	44,1	47,6	50,5
50	30,5	35,4	40,4	44,3	48,2	51,8

4.5.2 Bilaga B (informativ), Vägledning för val av golvbeläggningar och övergolv på betongbjälklag

I bilaga D till SS 25267 definieras stegljudsnivåer för ett stort antal typbyggnader så att tillverkare av stegljudsdämpande golvprodukter på ett enkelt och överskådligt sätt ska kunna ge relevanta exempel på vilken ljudklass produkten kan förväntas uppfylla i respektive byggkonstruktion. När golvprodukten är uppmätt i laboratorium med betongbjälklag enligt SS-EN ISO 140-8, kan dess stegljudsförbättring adderas till bilagans stegljudsnivåer för olika ”tunga råbjälklag” (betongbjälklag), och alla vägda $L'_{n,w}$ beräknas med några enkla summeringar (enligt SS-EN ISO 717-2). De redovisade stegljudsnivåerna för ”råbjälklagen” i bilagan baseras på beräkningar enligt SS-EN 12354-2 för ett antal vanligt förekommande tunga bjälklag. Det är ofta kostnadseffektivt att utföra detaljerade beräkningar

enligt samma metod, med hänsyn till alla faktorer som gäller det aktuella fallet. För sådana beräkningar finns datorprogram. Mätning av stegljudsförbättringen enligt SS-EN ISO 140-8 fungerar inte på lätta konstruktioner utan då ska istället SS-EN ISO 140-11 användas.

Den vägda stegljudsdämpningen ΔL_w för en provad golvbeläggning beräknas enligt SS-EN ISO 140-8 utgående från hur den fungerar ovanpå ett väl dämpat massivt betongbjälklag. Beräkningsmetoden ger värden som är något på säkra sidan för bedömning av $L'_{n,w}$ i andra massivbjälklag med samma golvbeläggning.

Stegljudsklassningen enligt bilaga B är en enkel och praktisk metod att rangordna och jämföra olika stegljudsdämpande golv- eller undertaksprodukter, på basis av deras uppmätta ΔL_w .

För vissa bjälklagselement (t.ex. håldäck) kan samma golvbeläggning förefalla ge avsevärt bättre dämpning än vad som indikeras av dess ΔL_w -värde. Skillnaden kan vara upp till 8 dB. Problemet uppstår bara när förbättringen beräknas med vägda tal. För att erhålla korrekta värden på slutlig stegljudsnivå, $L'_{n,w}$, bör man utgå från rätta råbjälklagsnivåer för bjälklaget och sedan räkna i tredjedels oktavband. Orsaken är att vissa tunga bjälklagselement av typen håldäck kan ge höga stegljudsnivåer vid höga frekvenser när dessa inte är försedda med någon stegljudsdämpande golvbeläggning, så kallade råbjälklagsnivåer. Den vägda stegljudsnivån $L'_{n,w,utangolvb}$ enligt SS-EN ISO 140-6 blir då mycket högre än på ett massivt betongbjälklag med samma massa. Om samma bjälklagselement förses med en eftergivlig golvbeläggning, så dämpas dock de högfrekventa stegljuden effektivt och $L'_{n,w,medgolvb}$ blir ungefär samma som för motsvarande massiva bjälklag (med motsvarande golvbeläggning). Förbättringen " $L'_{n,w,utangolvb} - L'_{n,w,medgolvb}$ " blir stor, men bör tolkas försiktigt. Den kan användas för att bedöma hur golvbeläggningen kommer att fungera på liknande typer av bjälklagselement, men ska inte likställas med ΔL_w (enligt SS-EN ISO 140-8 och SS-EN ISO 717-2) och differensen kan inte heller användas för bedömning av hur stegljudsnivån reduceras i massiva bjälklag.

När det gäller platsgjutna flytande golv anges ett antal praktiska erfarenheter i SBUF-rapporten 18 (ref 4). Några vanliga frågor kring dessa:

- Är det skillnad på ljuddämpning och bärighet i cementbaserade avjämningsmassor kontra gipsbaserade (typ anhydrit)? Svar: Man bör studera provresultat i laboratorium, som visar hur avjämnningen fungerar ihop med valt elastiskt (stegljudsdämpande) mellanlägg. Avjämnningens ytvikt är den viktigaste parametern, men styvheten har också viss inverkan. Den inre dämpningen i avjämnningen påverkar stegljudsdämpningen genom bjälklaget marginellt, men har viss betydelse för stegljud inom samma utrymme (trumljudet). På flytande golv kan man lägga valfri golvbeläggning med bibehållen stegljudsdämpning, t.ex. klinker, sten, slipad betong, parkett (limmad eller flytande)
- Konstruktionerna är känsliga för fel i utförandet, där avjämnningen får styv kontakt med stommen (s.k. stomljudsbyggor). Det krävs därför bra anvisningar och produkter från tillverkaren av golvsystemet, t.ex. för avstängning mot fasta konstruktioner och rörgenomföringar
- Hållfasthetsaspekterna måste beaktas, med avseende på resning i hörn (ojämn uttorkning), sprickor i fogar (keramiska golv) samt sprickbildning eller intryckning (mattor)
- Stegljudsisolering av vindsbjälklag vid ändrad användning av råvindar bör alltid granskas av en sakkunnig. Det är en fördel att ha en ljudprovning gjord innan byggarbetet påbörjas, men om man t.ex. river ut brandtegel och bjälklagsfyllning så krävs det mer underlag för att bedöma effekterna. Provmontage av vald golvlösning är ett bra sätt att kontrollera åtgärderna i liten skala. Ljudklass B bör eftersträvas vid inredning av råvindar till bostäder. Användning för annan verksamhet, t.ex. föreningslokal, bör provas noggrant med hänsyn till de lokala omständigheterna, t.ex. hur ofta lokalen beräknas bli använd.

4.5.3 Bilaga C (informativ) Luftljud och stomljud från installationer

Se avsnitt 4.4.6. Se även www.sbuf.se

4.5.4 Bilaga D (informativ) Ljudisolering mot trafikbuller och yttre ljudkällor

Bilaga D till SS 25267 ger ett kortfattat underlag för bestämning av ljudnivåer från trafik. Se även avsnitt 4.3.5. En viktig fråga som behöver klarläggas är hur man ska hantera ljud från tunga fordon, tåg m.m. då man har ett fåtal passager per natt. I SS 25267 anges:

”Med maximalnivåer inomhus avses de högsta A-vägda ljudtrycksnivåer med tidsvägning $F (L_{pAFmax})$ som kan antas förekomma regelmässigt nattetid. Vid dimensionering av ljudisoleringen ska hänsyn tas till de mest bullrande vägfordonstyper, tågtyper, flygplanstyper samt övriga yttre ljudkällor som kan antas förekomma, så att värdena C6 (i SS 25267) inte överskrids oftare än tre gånger per natt”. SIS beslutade 2004 om en ändring i SS 25267, texten skall lyda ”oftare än fem gånger per natt”. Ändringen kommer att publiceras av SIS förlag under 2008.

Beräkning av maximalnivån

Boverkets allmänna råd 2008:1 ”*Buller i planeringen*”² anger principer för beräkning av maximalnivåer från trafikbuller på uteplatser, men för beräkningar och mätningar behöver vissa frågor klaras ut för att få en mer enhetlig tillämpning. I råden sägs att:

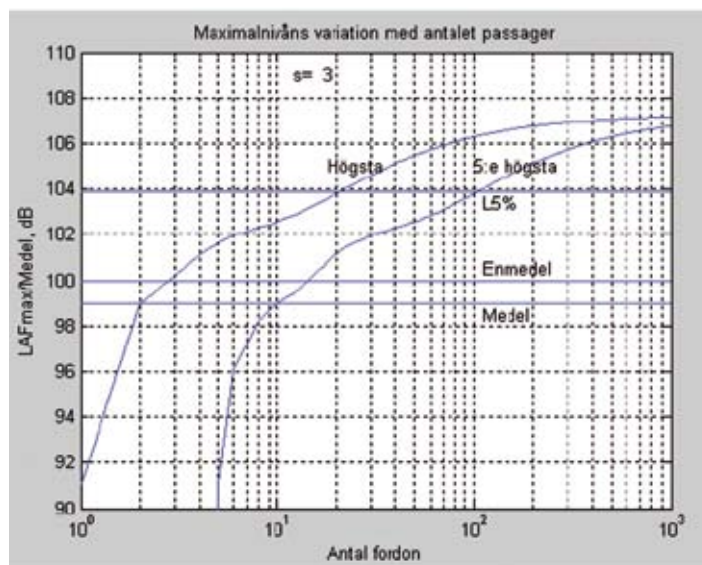
”...Här avses en beräknad ljudtrycksnivå av den mest bullrande fordonstypen under en trafikårsmedelnatt. Nattetid avses perioden klockan 22.00-06.00. Maximalnivån får överskridas med högst 10 dBA fem gånger per natt. Ljudnivån beräknas för instrumentinställning F(fast), och för en situation med stängda fönster och öppet uteluftdon”.

Detta innebär att det krävs goda kunskaper om de förhållanden på platsen som råder i genomsnitt över ett normalt trafikår inklusive eventuella framtida kända förändringar. Detta gäller för fordonstyper, trafikmängder, hastigheter, markförhållanden, väderförhållanden, ljudskärmande bebyggelse och liknande.

Innebörden av att maximalnivåerna får överskridas med högst 10 dB fem gånger per natt, kan studeras med statistisk analys³⁰. Figur 4.11 nedan visar hur högsta och 5:e högsta maximalnivån varierar med antalet fordon då standardavvikelsen för dessa är 3 dB. Ur diagrammet kan ett antal viktiga slutsatser dras.

Figur 4.11

Maximalnivåns variation med antalet passager då standardavvikelsen är 3 dB. Diagrammet gäller för en och samma fordonstyp.



Diagrammet visar att differensen mellan högsta och 5:e högsta vid 6 passager eller fler är mindre än 10 dB. Detta innebär att den statistiska maximalnivån inte behöver beaktas vid beräkning av 6 eller flera passager då standardavvikelsen är 3 dB eller lägre.

Beträffande enstaka ljudhändelser och avvikande omständigheter på platsen, se avsnittet om mätning nedan.

Om antalet fordonspassager är 10 blir det aritmetiska medelvärdet av alla passager (medelmaximalnivån) den bästa skattningen av 5:e högsta nivå. För glesare eller tätare trafik måste vissa korrigeringar göras.

³⁰ Hans Jonasson, Svenska riktvärden och Lden, Rapport ETaP404604 version 3 från SP till Naturvårdsverket, Borås 2005. Hans Jonasson, Xuetao Zhang, Bedömning och hantering av omgivningsbuller – Implementering av EU-direktivet, Rapport ETaP6138 version 2 från SP till Naturvårdsverket, Borås 2004.

Vid gles trafik fordras vissa antaganden. Om antalet fordonspassager är färre än 5 måste en teoretiskt möjlig lösning för att bestämma den statistiska 5:e högsta maximalnivån vid beräkningar formuleras. Den enklaste lösningen för att undgå orimliga diskontinuiteter och stora hopp till följd av ändringar av enstaka passager vore att minimera 5:e högsta nivån till något värde, t.ex. den som ges av 6 passager. 5:e högsta nivån blir då lägre än medelmaximalnivån. Men den statistiska osäkerheten i trafikuppgifter och andra beräkningsunderlag kan motivera en något försiktigare hållning, t.ex. att utgå från antalet passager är minst 10, och tillämpa medelmaximalnivån som lägsta närmevärde för maximalnivån.

Vid tätare trafik ökar sannolikheten för att ljudnivåerna överskrider kravet mer än 5 gånger, vilket måste beaktas genom att dimensionera för en något högre ljudnivå. I figur 4.11 går det att utläsa att kurvan för 5 överskridanden är lika med 5 procent -fraktilen vid 100 fordon. Det är vanligt att beräkningsprogram för trafikbuller automatiskt ansätter 5 procent, men det kan som figur 4.11 visar leda till överskattning (vid glesare trafik) eller underskattning (vid tätare trafik). Vid tät trafik och lite längre avstånd till fasad eller uteplats blir ofta ekvivalentnivåerna dimensionerande. Exempelvis, vid 8000 passager/dygn varav 10 procent tung trafik och 13 procent av denna under natten (dvs. 100 passager av tung trafik nattetid) blir skillnaden cirka 15 dB mellan ekvivalentnivån och maximalnivån vid 20 m avstånd. Vid tätare trafik blir ekvivalentnivån dimensionerande. På kortare avstånd blir maximalnivåerna mer framträdande (4 dB högre vid 10 m än vid 20 m, vid samma trafik). Att räkna med 5 procent fraktilen, och räkna ut både medelmaximalnivå och ekvivalentnivå är i praktiken en förenkling som oftast är något på säkra sidan. Vid mycket tät trafik kan en underskattning av nivån för 5 passager med 2-3 dB fås om 5 procent -fraktilen tillämpas.

Exempel på beräkningsgång:

1. Beräkna den aritmetiska medelmaximalnivån för den mest bullrande fordonstypen
2. Om antalet passager per natt är högst 10, använd medelmaximalnivån
3. Om antalet passager är 10 eller fler använd statistisk teori (se inramad text nedan) för att bestämma 5:e högsta nivån på basis av antalet passager och uppskattad standardavvikelse

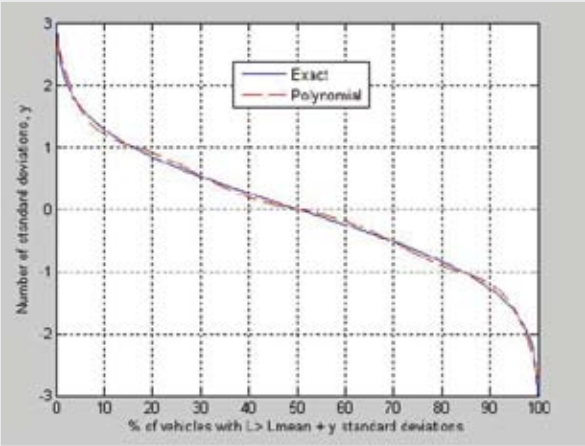
- Beräkning med 5 procent -fraktil kan också tillämpas och är ofta något på säkra sidan vid cirka 100 passager per natt eller mindre av den mest bullrande fordonstypen som förekommer regelmässigt.

Figur 4.12
Statistikfunktionen P
och det approximerande
polynomet.

Den *n*:te högsta maximalnivån beräknas ur

$$L_{AF\max,5} = L_{em} - 0,05\ln(10) \cdot s^2 + P\left(\frac{100 \cdot n}{N}\right) \cdot s \quad (1)$$

där
 L_{em} = energimedelvärdet av maximalnivån, s = standardavvikelsen, N = antalet passager under den studerade tidsperioden och P en statistikfunktion. De två första termerna i ekvationen kan bytas ut mot det aritmetiska medelvärdet. Statistikfunktionen P i figur 4.12 kan approximeras med ett polynom med koefficienterna som ges i tabell 4.12.



Tabell 4.12
*Polynom $P(x)$ som
approximerar funktionen P
i figur 2.*

Koefficient	
-0,0000000001130	x^7
0,00000000395695	x^6
-0,00000055493824	x^5
0,00003978754303	x^4
-0,00154675475318	x^3
0,03207776088465	x^2
-0,35743879311349	x
2,76935096017743	

Mätning av maximalnivå

Att korrekt mäta den 5:e högsta maximalnivån är i praktiken näst intill ogörligt eftersom det kräver lika många statistiskt representativa fordonspassager under mätperioden, som antalet prognostiserade passager. Om mätningar ska genomföras, så ska de utföras omsorgsfullt och ge ett bra underlag för utvärdering av medelvärden och standardavvikelser för de mest bullrande fordonstyperna som mätts upp på den aktuella platsen.

Mätningar av ljudnivåer från trafik görs enligt Nordtest-metoderna NT ACOU 039 (vägtrafik) eller 098 (tågtrafik). Mätning görs normalt bara då man har omständigheter som försvårar teoretiska beräkningar (se ovan), men dessa omständigheter kan även göra det besvärligt att bestämma ett mätvärde för årsmedelförhållanden med god noggrannhet. Det är i praktiken inte möjligt att exakt bestämma den enstaka högsta maximalnivå som kan förekomma. Osäkerheten kan i vissa fall bli mycket stor. Om det rör sig om flygplan så kan detta vara ur kurs, för bilar kan dessa ha tappat ljuddämparen och tåg kan ha platta hjul. Markdämpning, vindförhållanden, reflexer och avskärmning från intilliggande byggnader eller föremål kan ge värden som inte är representativa för en hel fasad. Ett uppmätt energimedelvärde och en 5:e högsta nivå som beräknats ur ett antal fordonspassager och över flera mätpositioner blir betydligt noggrannare.

Den 5:e högsta ljudnivå som beräknas förekomma ökar med antal fordonspassager, eftersom den statistiska 5:e högsta nivån blir en allt mindre andel ju fler fordon som passerar. Vid mätningen måste därmed ett rimligt antal passager av respektive fordonstyp som antas förekomma regelmässigt (dvs. under en natt med årsmedeltrafik) fås med i mätserien. Vid gles trafik nattetid kan det vara svårt att uppfylla Nordtestmetodernas krav (500 fordon eller 500 m tåg). Om det inte är möjligt att göra tillräckligt långa mätserier, t.ex. av kostnadsskäl, så bör resultaten tolkas med större försiktighet och en större marginal mot krav bör tillämpas. Mätresultatets osäkerhet kan uppskattas med hjälp av standardavvikelsen för mätserien, se NT ACOU 039 bilaga. Om fordonstypen och trafikmönstret är känt, t.ex. vid en bussgata som bara trafikeras av fordon av samma typ, räcker det med färre fordonspassager än där en stor variation i fordonstyp och hastighet förekommer.

Det kan finnas speciella omständigheter som man bör ta hänsyn till för att undvika att mätvärdena inte blir representativa för platsen, t.ex. att vägen för närvarande trafikerats av ersättningsbussar, det finns onormala skador i vägbeläggningen, stora snövallar, trasiga brunnslöck osv. Mätningen bör då göras både med de aktuella fordonen/vägbeläggningarna och med de ordinarie fordonen (resp. en lagad vägbeläggning), om mätresultatet ska läggas till grund för krav på någon form av åtgärder. Mätningar på annan plats, t.ex. en bit bort på samma väg, kan också ge bra information. Inverkan av andra kända förändringar, t.ex. ändrad linjedragning eller verksamhet, kan studeras med hjälp av kompletterande beräkningar. Mätningens precision kan förbättras, särskilt då antalet regelmässigt förekommande passager är litet, genom att upprepa mätningen flera gånger där normalt förekommande variationer ingår i mätunderlaget.

Extremvärden bör undantas från mätserien, om de orsakas av sporadiska passager, t.ex. av utryckningsfordon eller olagliga fordon (trimmade mopeder, lastbilar med defekta ljuddämpare m.m.). Höga ljudnivåer som ändå kan antas förekomma ofta bör dock inkluderas, t.ex. motorljud vid start från en permanent busshållplats, kurvskrik från spårtrafik, utryckningsfordon nära stationer eller akutintag. Tillämpningen av krav gällande sådana ljud bör bestämmas från fall till fall, med beaktande av vad som kan antas gälla under ett årsmedeldygn.

Maximalnivåer bör bestämmas med bemannade mätningar under en tillräcklig tidsperiod. Mätningens omfattning och kostnad bör ställas i relation till de kostnader som kan antas följa av eventuella korrigerande åtgärder. Obemannade mätningar kan godtas om de görs med utrustning som medger identifiering av passager med olika fordonstyper och undantag av sporadiska ljud som inte ska inräknas i mätunderlaget, t.ex. med inspelning eller registrering av mätvärden varje sekund. Vid mätningen ska den mest bullrande fordonstypen identifieras och det ska säkerställas att antalet passager är tillräckligt för att bestämma medelvärde och standardavvikelse för denna med god noggrannhet. Vid mätningar rekommenderas alltså följande procedur:

1. Bestäm medelmaxnivån och standardavvikelsen för de mest bullrande fordonstyperna, normalt för tung trafik. Ju högre standardavvikelsen är för stickprovsmätningen, desto större mätunderlag bör inkluderas. Mät i flera

punkter om förhållandena kräver det, t.ex. på olika höjd om marken eller skärmande föremål kan antas dämpa ljudutbredningen. Undanta sporadiskt förekommande extremvärden enligt ovan

2. Är antalet prognostiserade passager av mest bullrande fordonstyp lika med eller färre än 10, upprepa mätningen under minst två mätperioder (normalt nätter) om standardavvikelsen i mätserien är större än 3 dB. Med likartade fordon, t.ex. linjebussar av normalt förekommande typ, räcker det oftast med en mätserie/en natt
3. Gör en rimlighetsbedömning av mätresultaten mot beräkningar enligt de nordiska beräkningsmodellerna. Kan eventuella skillnader inte förklaras på ett tillfredsställande sätt, gör om mätningen
4. Använd uppmätta data och utför beräkningar enligt rekommendationerna för beräknade maximalnivåer, se ovan

Översättning mellan L_{den} och $L_{Aeq,24h}$

EU:s omgivningsbullerdirektiv (END) definierar två nya bullermått, L_{den} och L_{night} enligt följande:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left[12 \cdot 10^{L_{day}/10} + 4 \cdot 10^{(L_{evening}+5)/10} + 8 \cdot 10^{(L_{night}+10)/10} \right] \quad (2)$$

där

L_{day} , $L_{evening}$ och L_{night} är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån fastställd över ett års samtliga dags-, kvälls- respektive nattperioder. Med ett år avses det berörda året i fråga om bulleremission och ett genomsnittligt år i fråga om meteorologiska förhållanden. De föreslagna mätetalen skiljer sig från nuvarande praxis i Sverige. För väg- och tågbuller använder vi oss av dygnsmedelnivå. Praxis i Sverige är också att utgå från sommarförhållanden och att använda nästan neutrala utbredningsförhållanden för vägtrafik och medvindsförhållanden för tågtrafik och industribuller.

Enligt END har dagen alltid 12 timmar, kvällen 4 timmar och natten 8 timmar. Medlemsländerna har dock rätt att själva välja klockslagen för respektive periods början. Bullernivåer ska, liksom redan idag är fallet i Sverige, vara ett frifältsvärde

dvs. ljudet som reflekteras från berörd fasad ska inte räknas med. För väg- och tågbuller har Sverige starttidpunkterna 06, 18 och 22 för dag-, kväll- respektive nattperioderna. För industri- och flygbuller har vi fortfarande tidsindelningar som inte överensstämmer med direktivet eftersom antalet timmar inom resp. dygnperiod avviker från kravet i detta. För industribuller gäller att dagen har 11 timmar (07-18) och natten 9 timmar (22-07). För flygbuller gäller 3 timmar (19-22) för kvällen och 9 timmar (22-07) för natten. För flygbullernivån (FBN) gäller dessutom att kvällsflygningar vägs med faktorn 3,0 medan L_{den} har vägningen 3,16 ($10^{5/10}$).

Med fokusering på högtrafikerade vägar och bandelar som enligt END ska inrapporteras i juni 2007 rekommenderas följande översättning av svenska dygnsekvivalentnivåer utomhus till L_{den} på högst 20 m avstånd och höjden 2-4 m. Bakgrunden till förslagen är tagen från referenserna ^{1,2}. För vägtrafikbuller har hänsyn tagits till dygnsfördelning enligt Vägverkets publikation Vägutformning 94.

Ljudkälla	Svenskt riktvärde idag utomhus	L_{den} på 2-4 m höjd i ett typiskt fall utan hänsyn till väderleken (dB)	Uppskattad variationsbredd för omräkningen
Vägtrafikbuller	$L_{Aeq,24h}$	$L_{den} = L_{Aeq,24h} + 3$	± 3 dB
Tågtrafikbuller	$L_{Aeq,24h}$	$L_{den} = L_{Aeq,24h} + 6$	± 3 dB
Flygbuller	FBN	$L_{den} = FBN$	± 1 dB

Översättning mellan L_{night} och L_{AFmax} för olika trafikslag

Försummas markdämpning kan vi enligt 1996 års nordiska modell skriva

$$L_{night} = 10 \lg \left(10^{0,1L_1 + 10 \lg(N_1)} + 10^{0,1(L_2 + 10 \lg(N_2))} \right) + C \quad (5)$$

där

$$C = 10 \lg \left(\frac{a}{10} \right) - 10 \lg \left(\frac{v}{50} \right) - 10 \lg \left(\frac{T}{8} \right) + 10 \lg \left(\frac{\pi \cdot 10 \cdot 3600}{50 \cdot 1000 \cdot 8 \cdot 3600} \right) \quad (6)$$

där

L_1 = maximalnivån från lätta fordon och L_2 = maximalnivån från tunga fordon;

N_1 = antalet lätta fordon och N_2 = antalet tunga fordon;

a = vinkelräta avståndet (m), v = hastigheten (km/h) och T = den studerade tidsperiodens längd (h).

Enligt samma beräkningsmodell gäller för 50 km/h och däröver för energimedelvärdet ungefär att $L_2 = L_1 + 6$ dB. Figur 1 ger att 5:e högsta maximalnivån kan approximeras med $L_{5:e} = L_2 - 6,6 + 6 \lg(N_2)$ inom intervallet $6 \leq N_2 \leq 500$. Efter införande av $x =$ andelen tunga fordon kan vi nu inom detta intervall för referenstillståndet $a=10$ och $v=50$ bestämma

$$L_{5:e} - L_{night} = L_1 + 6 - 6,6 + 6 \lg(x \cdot N) - 10 \lg \left(10^{0,1(L_1 + 10 \lg(1-x)N)} + 10^{0,1(L_1 + 6 + 10 \lg(x \cdot N))} \right) + 41 \quad (7)$$

vilket kan skrivas som

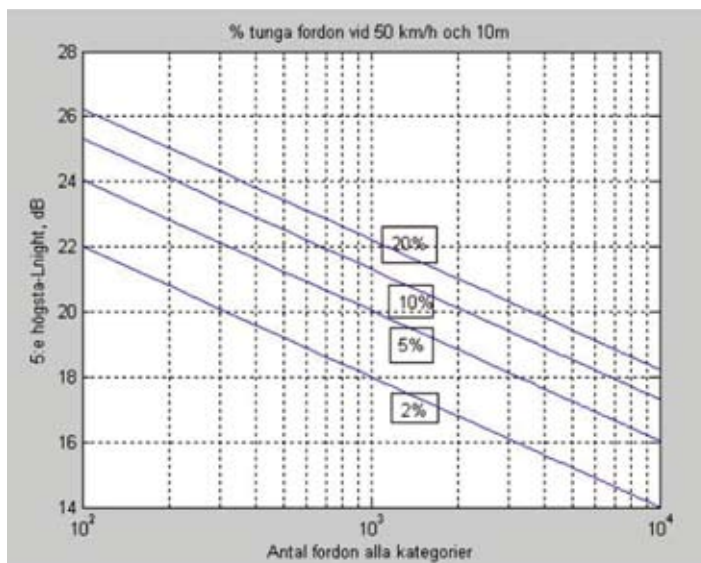
$$L_{5:e} - L_{night} = 40,4 - 4 \lg(N) + 6 \lg(x) - 10 \lg(1 + 3x) \quad (8)$$

eller om vi generaliserar till olika avstånd och hastigheter

$$L_{5:e} - L_{night} = 40,4 - 4 \lg(N) + 6 \lg(x) - 10 \lg(1 + 3x) + 10 \lg\left(\frac{v}{50}\right) - 10 \lg\left(\frac{a}{10}\right) \quad (9)$$

I ekvation (8) har ingen hänsyn tagits till skillnad i markdämpning mellan $L_{5:e}$ och L_{night} . Resultatet illustreras i figur 4.13 nedan.

I Danmark har man valt att införa gränsvärdet $L_{night} = 25$ dB inomhus vilket approximativt svarar mot det svenska $L_{5:e} = 45$ dB då L_{night} bestäms av enstaka fordonspassager på korta avstånd.



Figur 4.13

Differens mellan 5:e högsta ljudnivån och L_{night} vid 50 km/h och 10 m avstånd. Figuren gäller då antalet tunga fordon under natten är minst 6 och högst 500.

Översättning mellan L_{night} och L_{AFmax} – Tågtrafik.

Nattetid bestäms både L_{night} och maximalnivån normalt från godståg som ofta är både långa och bullriga eftersom de använder sig av blockbromsar som ruggar upp hjulens rullningsytor.

Gör vi det förenklade antagandet att alla godståg är lika långa, ca 600 m, kör lika fort och bullrar lika mycket, så får vi:

$$L_{\text{night}} = L_{\text{max}} + 10 \lg(N) + C \quad (10)$$

N = antalet godståg per natt och $C \approx$ konstant. För ett 600 m långt godståg i 90 km/h kan vi approximativt sätta $C = 30$. Till detta har vi det sedvanliga hastighetsberoendet hos ekvivalentnivån vilket ger:

$$L_{\text{night}} - L_{\text{max}} = C + 10 \lg(N) - 10 \lg\left(\frac{v}{90}\right) \quad (11)$$

L_{max} är energimedelvärdet i den gällande beräkningsmodellen och för den 5:e högsta nivån gäller samma statistiska regler som för vägtrafik. Antalet passager är dock färre. Vi får alltså inom intervallet $6 \leq N \leq 500$

$$L_{\text{night}} - L_{5:e} = +6,6 + 4 \lg(N) + C - 10 \lg\left(\frac{v}{90}\right) \quad (12)$$

När det gäller avståndsberoendet så är det ganska komplicerat för tåg. Nära tåget bestäms maximalnivån bara av en del av tåget, på längre avstånd som ändå är korta i förhållande till tåglängden blir maximalnivåns avståndsberoende detsamma som för ekvivalentnivån och på avstånd som är långa i förhållande till tåglängden får vi samma avståndsberoende som för punktkällor. De för tåg primärt intressanta avstånden är de mellanlånga avstånden och för dessa gäller ekvationerna ovan med rimlig noggrannhet.

4.5.5 Bilaga E (informativ) Vägledning för val av absorbentarea

I SS 25267 bilaga E finns tabeller för bedömning av vilken mängd ljudabsorbenter som behövs i trapphus och korridorer i bostäder för att uppfylla krav på efterklangstid.

För lokaler kan följande tabeller 4.13 och 4.14 användas för detaljerade beräkningar och för att ta fram förenklade hjälpmedel för bedömning av erforderlig mängd ljudabsorbentmaterial i klassrum, kontor, konferensrum och liknande utrymmen, där en balanserad ljudabsorption eftersträvas.

Där så är möjligt bör man använda aktuella uppgifter från tillverkarna istället för tabellens schablonvärden. Tillverkare av undertaksprodukter har normalt en utförlig dokumentation för respektive produkt. För övrig inredning kan det vara svårt att hitta rätt ingångsvärden för beräkningar, men det finns några tillverkare som redovisar absorptionsdata för skärmar, gardinuppsättningar och golvmattor. Ljudabsorptionen hos olika material kan uppskattas teoretiskt med hjälp av beräkningsmodeller i SS-EN 12354-6 bilaga B. Enkla prover i en så kallad rörapparat kan ge viss vägledning. Observera att monterings sättet, inklusive eventuella luftspalter påverkar ljudabsorptionen och redovisade värden bör avse en monterad produkt.

Tabell 4.13a Ljudabsorptionsareor i byggmaterial, för beräkning av efterklangstid enligt SS-EN 12354-6.

Nr	Beskrivning Oktavband, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	Källa:
		Absorptionsarea räknad per 1 m ² area material eller 1 m ² föremål						
	VÄGGAR, TAK:							
1	Betong, putsad murvägg, omålad	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	EN 12354-6
2	Träpanel 50 mm (målad) dikt an tung vägg	0,10	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	Arb.miljöverk.
3	Murad vägg, ej putsad, omålad	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	EN 12354-6
4	Putsad trävägg (cloisson)	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,03	Fältvärden
5	78-hålstegel kantställt, 50 mm spalt 45 mm min-ull	0,48	0,77	0,38	0,27	0,65	0,35	Arb.miljöverk.
6	Gasbetong, målad porös yta	0,07	0,04	0,08	0,08	0,15	0,27	Danogips
7	Lättklinkerbetong, målad porös yta	0,10	0,20	0,40	0,60	0,50	0,60	Danogips
8	Keramiska plattor (fogade)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	Danogips
9	Spånskivor, 45 mm mineralull	0,12	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	Danogips
10	Treetex-tak slätt (20 mm träfiber), 25 mm reglar	0,07	0,22	0,47	0,53	0,67	0,51	Chalmers
11	Treetex-tak hålat (20 mm träfiber), 25 mm reglar	0,13	0,41	0,40	0,60	0,75	0,72	Chalmers
12	Mineralfiberplatta pressad 16 mm, luftspalt 20 mm	0,09	0,40	0,56	0,59	0,70	0,69	Arb.miljöverk.
13	Träpanel 45, kantlist 13, springa 5, 25 min-ull(mm)	0,20	0,30	0,80	0,70	0,50	0,40	Chalmers
14	Biografduk	0,10	0,10	0,20	0,30	0,50	0,60	DIN 18041
15	2x13 gipsväggar 70 regel 45 min-ull (mm)	0,12	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06	Arb.miljöverk.
16	1x13 mm gipsväggar utan min-ull	0,31	0,08	0,04	0,07	0,09	0,08	DIN 18041
17	1x13 mm gipsväggar 100 min-ull	0,25	0,17	0,04	0,08	0,08	0,09	DIN 18041
18	1x13 gipsundertak, 25 luft (mm)	0,16	0,15	0,07	0,08	0,05	0,06	Arb.miljöverk.
19	1x13 gipsundertak, 25 min-ull (mm)	0,26	0,20	0,10	0,07	0,04	0,07	Arb.miljöverk.
20	1x13 gipsundertak, 100 luft (mm)	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09	Arb.miljöverk.
21	2x13 gipsundertak, 200 luft (mm)	0,10	0,08	0,06	0,04	0,04	0,05	Fältvärden
22	Ventilationsöppning 50 % öppen	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	EN 12354-6
	DÖRRAR, FÖNSTER:							
31	Fönster, glasfasader	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	EN 12354-6
32	Dörrar, tunga	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	EN 12354-6
33	Dörrar, lätta	0,25	0,20	0,15	0,10	0,08	0,07	Danogips
34	Glest nätgardintyg, 0-200 mm framför tung vägg	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	EN 12354-6
35	Gardintyg, <0,2 kg/m ² , 0-200 mm framför tung vägg, min-värde	0,05	0,06	0,09	0,12	0,18	0,22	EN 12354-6
36	Vävd gardin, >0,4 kg/m ² veckad 1:3, 0-200 mm hård vägg, max-värde	0,10	0,40	0,70	0,90	0,95	1,00	EN 12354-6

Bullerskydd i bostäder och lokaler

Nr	Beskrivning Oktavband, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	Källa:
		Absorptionsarea räknad per 1 m ² area material eller 1 m ² föremål						
37	Öppning >1x1 m ² mot ljudabsorberande utrymme	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	EN 12354-6
	GOLV:							
41	Trägolvs i asfalt (alt. elastiskt lim) på betong	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	Arb.miljöverk.
42	Trägolvs, parkett på foam/papper	0,05	0,10	0,15	0,07	0,06	0,07	Arb.miljöverk.
43	Trägolvs, parkett, flytande på reglar	0,12	0,10	0,06	0,05	0,05	0,06	EN 12354-6
44	Hård matta på betongbjälklag	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	EN 12354-6
45	Klinkergolvs	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	DIN 18041
46	Mjuk golvatta på betongbjälklag, < 5 mm	0,02	0,03	0,06	0,15	0,30	0,40	EN 12354-6
47	Mjuk golvatta på betongbjälklag, >10 mm	0,04	0,08	0,15	0,30	0,45	0,55	EN 12354-6
48	Vattenyta	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	Arb.miljöverk.

Tabell 4.13b Ljudabsorptionsareor i inredning, för beräkning av efterklangstid enligt SS-EN 12354-6.

Nr	Beskrivning Oktavband, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	Källa:
		Absorptionsarea räknad per 1 m ² area material eller 1 m ² föremål						
	MÖBLER, INREDNING:							
51	Stol, stoppad sits och rygg, enstaka	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	EN 12354-6
52	Stol, plast-/träsisits, enstaka	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	EN 12354-6
53	Glest sittande personer (0,17 pers/m ² golv), minv.	0,01	0,02	0,03	0,06	0,08	0,11	EN 12354-6
54	Glest stående personer (0,17 pers/m ² golv), maxv.	0,02	0,08	0,13	0,20	0,22	0,23	EN 12354-6
55	Stolsrader, plast-/träsisitsar (ca 1 rad/m ² golv)	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	EN 12354-6
56	Stolsrader, stoppade sitsar och ryggar, minv.	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,50	EN 12354-6
57	Stolsrader, stoppade sitsar och ryggar, maxv.	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	EN 12354-6
58	Publik, 0,9-1,2m mellan raderna, minv.	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	EN 12354-6
59	Publik, 0,9-1,2m mellan raderna, maxv.	0,60	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90	EN 12354-6
60	Skolbarn på stol+bord, hård inredning (1/m ² golv)	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40	EN 12354-6
61	Bokhyllor 20 cm djupa, tomma hyllplan ($A_{obj} = 0,2^{2/3}$, per m ² täckt vägg)	0,07	0,15	0,29	0,34	0,34	0,34	Beräknade från objektets volym enligt EN 12354-6 ekv. (4) och korregerade vid låga frekv. Gäller i rum tillsammans med ljudabs. material och inredning.
62	Bokhyllor 20 cm djupa, helfyllda m böcker/materiel ($A_{obj} = 0,2^{2/3}$ + materiels abs, per m ² täckt vägg)	0,13	0,31	0,48	0,64	0,64	0,64	
63	Skåp 30 cm djupt med dörr, utan glaspartier ($A_{obj} = 0,3^{2/3}$, per m ² täckt vägg)	0,28	0,37	0,45	0,45	0,45	0,45	
64	Skåp 30 cm djupt med dörr, tunna glaspartier ($A_{obj} = 0,3^{2/3}$, per m ² täckt vägg)	0,71	0,59	0,45	0,45	0,45	0,45	
65	Bord+stol för 1 person, fanerad träskiva, stålben, ($A_{obj} = 0,3^{2/3}$ 1 bord+stol per m ² golv), minv.	0,10	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	
66	Bord+stol för 1 person, fanerad träskiva, stålben, ($A_{obj} = 0,3^{2/3}$ 1 bord+stol per m ² golv), maxv.	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40	0,40	

Tabell 4.13c Ljudabsorptionsareor för beräkning av efterklangstid enligt SS-EN 12354-6: Schabloner för omöblerade och möblerade rum.

Nr	Beskrivning Oktavband, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	Källa:
		Absorptionsarea räknad per 1 m ² area material eller 1 m ² föremål						
67	Schablon för begränsningsytor i rum exklusive inredning, per m ² golv	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	Beräkningar, Fältvärden
68	Schablon för begränsningsytor i rum inklusive tät inredning, per m ² golv*)	0,20- 0,25	0,25- 0,30	0,25- 0,35	0,25- 0,35	0,25- 0,35	0,25- 0,35	Beräkningar, Fältvärden

*) Inverkan av en tät inredning har omräknats till en ekvivalent ljudabsorptionsarea/m² golvyta som ligger mellan 0,10 och 0,25 i frekvensområdet 125 till 4000 Hz. Värdena beror av hur rummet är möblerat och vilken typ av inredning som används. För glest möblerade rum kan man räkna med värden för inredning i intervallet 0,0-0,15.

Beräkningsexempel – typutrymmen

Typutrymme I – Klassrum, med lätt respektive tung byggnadsstomme
Rumsdimensioner: L x B: 9,6 x 7,2 m. Höjder 2,7 m, 3,1 m, 3,5 m.

Konstruktioner:

fall a) kortväggar mellan rum och långvägg mot korridor med dubbla gipsskivor på ömse sidor, stålreglar, lång yttervägg och takbjälklag med enkel gipsskiva på träreglar, mineralull i alla skiljekonstruktioner. Golv med linoleummatta limmad på betong.

fall b): alla väggar med murat tegel, betongbjälklag i golv och tak, linoleummatta på golv.

Möblering: 25 skolbänkar och 1 kateder med inskjutna stolar, två lätta gardinvepor per fönster, 2,2 m höga bokhyllor längs halva långväggen täckta med tunna glasdörrar, 1,2 m höga bokhyllor längs halva kortväggen fylld av böcker och materiel.

Fönster i fasad, 4 st 1,7x1,7 m i 0,2 m djupa nischer. Enkeldörr 2,1 m² klass R_w 35 dB.

Tabell 4.14

Ljudabsorption i typutrymme la klassrum med lätt stomme (från tabell 4.13). Rumshöjd 3,1 m.

Tab 7 nr	Beskrivning	Oktavband, Hz	Area	125	250	500	1000	2000	4000
15	2x13 gipsväggar 70 regel 45 min-ull.			0,12	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06
	(kortväggar mellan rum och långvägg mot korridor – dörr)		2(7,2x3,1)+9,6x3,1-2,1=72,3	8,7	7,2	5,8	4,3	4,3	4,3
17	1x13 mm gipsväggar 100 min-ull			0,25	0,17	0,04	0,08	0,08	0,09
	(yttervägg – fönster)		9,6x3,1 -4x 1,7x1,7=18,2	4,6	3,1	0,73	1,5	1,5	1,5
20	1x13 gipsundertak, 100 luft			0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
			9,6x7,2=69,1	20,0	6,9	3,5	2,8	4,8	6,2
44	Hård matta på, betongbjälklag			0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
			9,6x7,2=69,1	1,4	2,1	2,8	3,5	3,5	4,1
31	Fönster, glasfasader			0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
			4x1,7x1,7=11,6	1,4	0,9	0,6	0,5	0,3	0,2
32	Dörrar, tunga			0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
			2,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
35	Gardintyg, <0,2 kg/m2, 0-200 mm			0,05	0,06	0,09	0,12	0,18	0,22
			2x4x2,0x0,5=8	0,4	0,5	0,7	1,0	1,4	1,8
65	Bord+ stol 1 person			0,10	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25
			25+1=26	2,6	5,2	6,5	6,5	6,5	6,5
64	Skåp 30 cm djupt med glasdörrar			0,71	0,59	0,45	0,45	0,45	0,45
			2,2x9,6/2=10,6	7,5	6,3	4,8	4,8	4,8	4,8
61	Bokhylla 20 cm djup, böcker mm			0,13	0,31	0,48	0,64	0,64	0,64
			1,2x7,2/2=4,3	0,6	1,3	2,1	2,7	2,7	2,7
	Ekv. ljudabsorptionsfaktorer/golv			0,69	0,49	0,40	0,40	0,43	0,47
	Total ljudabsorptionsarea		(69 m ² golv)	47,5	33,7	27,7	27,8	30,0	32,3

Typutrymme II – Grupprum, konferensrum

Rumsdimensioner: L x B: 7,2 x 4,2 m. Höjder 2,7 m, 3,1 m, 3,5 m.

Konstruktioner:

Långväggar mellan rum och kortvägg mot korridor med dubbla gipsskivor på ömse sidor stålreglar, kort yttervägg med enkel gipsskiva på träreglar, mineralull i alla skiljekonstruktioner. Betongbjälklag i golv och tak, golv med limmad linoleummatta.

Möblering: 1 konferensbord 4,2 x 1,3 m med 16 inskjutna stoppade stolar, två lätta gardinvepor per fönster, 1 skåp 1,8 x 1,2 m för skrivtavla och filmduk

Fönster i fasad, 4 st 1,0x1,7 m i 0,2 m djupa nischer. Enkeldörr klass R'_w 35 dB.

Typutrymme III – Kontorsrum

Rumsdimensioner: L x B: 3,6 x 2,4 m. Höjder 2,7 m, 3,1 m, 3,5 m.

Konstruktioner:

Långväggar mellan rum med dubbla gipsskivor på ömse sidor om stålreglar och mineralull, kortvägg mot korridor med 8 mm enkelglas samt kort yttervägg av betong. Betongbjälklag i golv och tak, golv med limmad parkett.

Möblering: 2 arbetsbord á 1,0 x 0,8 m, 2 stoppade stolar, två lätta gardinvepor per fönster, 1 skåp 2 x 0,8 m med glasluckor, 1 skåp 1,2 x 1,6 m med pärmar och böcker.

Fönster i fasad, 2 st 1,0x1,7 m i 0,2 m djupa nischer. Enkeldörr med glas, klass R'_w 25 dB.

Typutrymme IV – Korridor

Rumsdimensioner: L x B: 10 x 1,8 m. Höjder 2,7 m, 3,1 m, 3,5 m.

Konstruktioner:

Långvägg mot kontorsrum med glasade dörrar och fasta 8 mm glaspartier upp till 2,1 m, överdelar och en kortvägg med dubbla gipsskivor på stålreglar, lång yttervägg och bjälklag av betong (linoleum på golv). Ena kortändan övergår i ett stort och väl dämpat utrymme.

Möblering: Ingen.

4.5.6 Bilaga F (informativ) Beräkning av luftljudsisolering och stegljudsnivå i byggnad

Se avsnitt 4.

4.5.7 Bilaga G (informativ) Differens mellan tidsvägning F och S

Se SS 25267.

4.5.8 Bilaga H (normativ) Verifiering av funktionskrav – Mätning

Se avsnitt 7.

5. Produkter och konstruktioner

– *tillverkares dokumentation av ljudegenskaper samt projekterings- och monteringsanvisningar*

5.1 Allmänt

I avsnitt 1:4 och 2:3 i BBR finns flera föreskrifter och allmänna råd som syftar till att förbättra kvalitetsstyrningen av projekteringsarbetet. *Tillverkarna* ansvarar för att tillhandahålla relevant produktdokumentation så att projektörer kan utgå från produkter med kända ljudegenskaper. Såväl projektörer som byggare ska känna till riskmomenten och kunna hantera dessa praktiskt. Med väl konstruerade och dokumenterade produkter minskar risken för brister i byggnadens bullerskydd. Kostnader för felmarginaler och överdimensionering kan minimeras om produktens egenskaper görs kända och kalkylerbara. Kontakter med byggnadsnämnderna och beställarna underlättas. Även övriga avsnitt i denna handbok har information som kan vara relevant för tillverkare. Det förekommer att projektörer av olika skäl väljer produkter utan att ha ett tillfredsställande beslutsunderlag för bedömning av deras egenskaper mot de aktuella ljudkraven. Bristerna finns på flera nivåer:

- *redovisningen* av produkternas *ljudegenskaper* och förutsättningar för att uppnå dessa i byggnad görs inte på rätt sätt, till alla delar, eller görs inte alls
- produkterna är svåra att *montera* så perfekt på plats i byggnad att angivna "laboratorievärden inte kan uppnås i praktiken, det kan t.o.m. finnas kända risker som inte redovisas
- tillverkarnas *angivna förutsättningar* för att man ska uppnå angivna "laboratorievärden" motsvarar ibland inte normala omständigheter på en byggplats, särskilt inte när det gäller gränssnitt mot anslutande konstruktioner. Garantier blir därmed verkningslösa, "felen" skyls utföraren
- *projekteringsanvisningarna* är ofullständiga eller saknas helt
- *monteringsanvisningarna* är svårförståeliga, opraktiska, ofullständiga eller saknas helt

5.2 Beräkningar

Ljudegenskaperna för olika produktkategorier bör redovisas mot bakgrund av teoretiska analyser/beräkningar eller provning enligt gällande standarder. Konstruktörer eller teknik-konsulter kan då inför anbud räkna på ett antal kombinationer av produkter, som löser ett givet funktionskrav i byggnad, och välja den effektivaste kombinationen. Beräkningar är numera enkla att utföra och kan komplettera dagens underlag, som ofta baseras på förenklade tabeller och ”lathundar”. Förenklade tabeller m.m. måste upprättas med betryggande säkerhetsmarginaler eftersom de inte kan göras helt situationsanpassade, vilket antingen leder till överdimensionering eller bristande funktion. Ett starkt argument för att ändå fortsätta att använda tabeller och ”lathundar” är att de ofta representerar en sammantagen praktisk erfarenhet och kan på ett enkelt sätt användas för att granska beräkningsresultatens rimlighet. Med fel indata kan beräkningsresultat uppvisa stora fel och måste därför alltid bedömas/granskas mot erfarenhet.

Fördelar med beräkningar är att de blir välstrukturerade, de väger in faktorer som är unika för respektive byggprojekt samt att både nya och gamla produkter kan hanteras parallellt. Helt erfarenhetsbaserade underlag har en alltför konservativ verkan. Det är riskabelt att vara den som först provar en helt ny och obeprövad konstruktion, men med hjälp av beräkningar kan man ta in sådana med en kalkylerbar risk. Detta förbättrar konkurrenssituationen. Beräkningar har också den fördelen, att de tydligt visar hur mycket respektive konstruktion (produkt) bidrar till den sammanlagda ljudegenskapen, medan fältmätningar bara visar resultatet av funktionen i flera sammanbyggda produkter. Ansvarsfrågor blir därmed enklare att reda ut. I BBR anges i allmänt råd att man styrker varför erfarenhetsmässiga bedömningar (t.ex. fältmätningar i befintliga byggnader) kan anses vara relevanta i det aktuella projektet, och då kommer det i praktiken ändå att behövas någon form av omräkning av de fältmätta värdena till den aktuella situationen.

De produktkategorier som är aktuella att redovisa ljudegenskaper för är:

- bjälklag och innerväggar, i betong eller lätta byggmaterial (stål, trä och gips)
- golvbeläggningar (stegljud och luftljud), både torra och spackelbaserade golvsystem

- ytterväggar, prefabricerade eller platsbyggda
- dörrar, fönster och glaspartier
- uteluftsintag och överluftsdon
- undertak och väggisoleringar
- installationer, kanalisationer och genomföringar

5.3 Generella krav — alla produktkategorier

För samtliga produktkategorier bör redovisningen innehålla en mängd information för att det som projekteras ska kunna leda till en slutprodukt med ljudegenskaper som stämmer överens med de krav som ställts av byggherren:

1. *projekteringsanvisningar*, som beskriver produktens avsedda användning och dess ljudtekniska egenskaper. Ljudegenskaperna för produkten bestäms enligt följande och enligt avsnitt 5.4.
2. *deklaration av värden*, för respektive produkt kan baseras på laboratoriemätningar, teoretiska beräkningar, fältmätningar, eller kombinationer av dessa, enligt SS 25267: 2004 bilaga F, som utförts av en *oberoende part*. Beroende på produktkategori deklarerar värden i tredjedels oktavband och med vägda sammanfattningsvärden enligt SS-EN ISO 717 för ljudisolering eller i oktavband med vägda sammanfattningsvärden enligt SS-EN ISO 11654 för ljudabsorbenter. Installationer ska deklarerar med avseende på ljuddefekt- eller ljudtrycksnivå beroende på använd mätstandard. Stomljudeffekt kan provas och redovisas enligt en kommande Nordtestmetod (se www.nordicinnovation.net). Projektörer kan använda värdena för att jämföra produkter och som indata till beräkning av ljudegenskaper i byggnad enligt SS-EN 12354. Ljudisoleringsvärden ska endast avse ljudnivåer, ljudabsorption eller ljudtransmission genom den aktuella produkten, utan inverkan av flanktransmission eller andra byggnadsrelaterade villkor, om inte annat anges under punkterna nedan. Dock ska inverkan av avvikelser på direkttransmissionen beaktas, som kan förväntas uppstå vid montage i byggnad enligt tillverkarens anvisningar jämfört med de förutsättningar som gällde när de deklarerade värdena bestämdes. Fältmätningar måste korrigeras för

inverkan av flanktransmission vid respektive mättillfälle och anges med medelvärde, standardavvikelse och antal mätresultat som använts för att beräkna dessa värden.

3. *korrigering med hänsyn till flanktransmission*, i anslutande konstruktioner beaktas av projektörer i samband med projektering. Korrigering görs vid beräkning enligt de standardiserade beräkningsmodellerna i SS-EN 12354. Om tillverkaren ställer andra krav på utformning av anslutande konstruktioner än vad som beaktas i nämnda beräkningsmodell, ska detta anges, t.ex. för att begränsa inverkan av flanktransmission, stomljudsbryggor eller luftläckage. Det är en fördel om tillverkaren kan ange en erfarenhetsbaserad rekommendation om lämpliga säkerhetsmarginaler vid dimensionering enligt SS-EN 12354 mot ljudkrav i färdig byggnad.
4. *monteringsanvisningar*, som beskriver hur produkten ska hanteras vid leverans, förvaring och montering, så att de deklarerade ljudegenskaperna uppfylls i byggnad. Anvisningarna kan exempelvis beskriva fukt- och temperaturintervall, belastningsgränser, måttoleranser i anslutningar, infästningsdon och injustering.
5. *produktmärkning*, som entydigt identifierar tillverkaren, den levererade produkten och dess ingående komponenter. Märkningen kan utföras med koder om produktdokumentationen innehåller en korrekt och lättanvänd tolk. Produktens deklarerade ljudtekniska funktion samt ljudklass eller motsvarande egenskap bör anges. Syftet med märkning är att underlätta okulärbesiktning på plats och minska risken för fel vid nyanskaffning.

5.4 Specifika krav — per produktkategori

1. Innerväggar och bjälklag i betong, lättbetong och andra massiva byggnadsmaterial

- reduktionstal R (50-5000 Hz), R_w , $R_w + C_{50-3150}$. För bjälklag anges även
- stegljudsnivå, normaliserad till 10 m² absorptionsarea L_n (50-3150 Hz), $L_{n,w}$, $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$

Värdena ska baseras på beräkningar enligt en metod som ska beskrivas, eller mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-3 resp. -6, eller mätningar i byggnad enligt SS-EN ISO 140-4 resp. -7 (korrigerade enligt 5.3). Se även avsnitt 4.4.2. För väggar i lättbetong och liknande material samt för murade dubbelväggar anges åtgärder för begränsning av flanktransmission via de anslutande bjälklagen. Se även avsnitt 6.3.3. Se även avsnitt 4.4.2.

2. Innerväggar och bjälklag av trä, plåt, gips och sammansatta byggnadsmaterial

Se även avsnitt 4.4.2. Samma redovisning av egenskaper som i punkt 1, med tillägg av följande:

- anvisningar om hur genomföringar, anslutningar och knutpunkter ska utföras
- vilken inverkan av flanktransmission som kan förväntas med angivna lösningar,
- fältmätningar i ett antal små och stora rum i minst 3 olika byggobjekt, se 5.3.

3. Golvbeläggningar, torra och betong- eller spackelbaserade golvsystem

- förändring av tunga bjälklags reduktionstal ΔR (50-5000 Hz)
- förändring av stegljudsnivå ΔL (50-3150 Hz), vägt stegljudsförbättringstal ΔL_w och stegljudsklass X enligt SS 25267 bilaga B. Värdena ska baseras på mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-3 resp. -8, eller mätningar i byggnad enligt SS-EN ISO 140-4 resp. del -7 (bifoga råbjälklagsmätningar)
- stegljudsnivåer inom samma utrymme som stegljudsapparaten (trumljud) enligt SIS TR 2007:15.

4. Dörrar

- reduktionstal R (50-5000 Hz), R_W , ”klass R'_W ” enl. SS 25267 bilaga A

Värdena ska baseras på mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-3.

5. Ytterväggskonstruktioner

- reduktionstal R (50-5000 Hz), R_W , $R_W + C$, $R_W + C_{tr}$
Värdena ska baseras på beräkningar enligt en metod som ska beskrivas, eller mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-3, eller mätningar i byggnad enligt SS-EN ISO 140-5 (elementmetoden, med angiven ljudkälla). Mätningar som påverkats av bakgrundsljud eller flanktransmission i fönster och luftintag bör inte ligga till grund för redovisning.
- för icke-homogena ytterväggskonstruktioner som är avsedda att dras kontinuerliga förbi bjälklag (utan styv samverkan med detta) anges även flanktransmissionsreduktionstal bestämda enligt SS-EN ISO 140-4 eller ISO 10848 (50-5000 Hz), D_{nf} , $D_{nf} + C_{50-3150}$.

6. Glaspartier, fönster, fönsterdörrar och tillhörande bröstkingspartier

- reduktionstal R (50-5000 Hz),
 R_W , $R_A (=R_W + C)$, $R_{A,tr} (=R_W + C_{tr})$

Enligt SS-EN 14351-1 måste värden på konstruktioner med $R_W \geq 39$ dB eller $R_W + C_{tr} \geq 35$ dB baseras på mätningar enligt SS-EN ISO 140-3. För lägre ljudisolering tillåter samma standard beräkningar med hjälp av angivna schablonvärden och schablonkorrektioner i de fall glaset är en isolerruta. Dessa beräkningsvärden är i regel lägre än mätta värden. Andra typer av korrekt gjorda beräkningar kan accepteras om beräkningarna är spårbara till mindre förändringar av fönsterpartier som provats i laboratorium.

Teori och provresultat för ett antal fönster- och glaskombinationer, samt en riskanalys finns i en rapport från SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut³¹.

³¹ Fönster med hög ljudisolering mot trafikbuller. Ett samverkansprojekt inom svensk fönsterindustri. Sveriges tekniska forskningsinstitut rapport 1998:26 (www.sp.se). ISBN 91-7848-732-3. Simmons, C.

7. Uteluftsintag och överluftsdon

- normaliserad ljudnivåskillnad D_{ne} (motsvarar R för en 10 m^2 vägg med hög ljudisolering, 50-5000 Hz, försedd med den aktuella genomföringen.), D_{new} , $D_{new} + C$, $D_{new} + C_{tr}$

Värdena ska baseras på mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-10. Ange vilken typ av yttervägg och värmeisolering som använts vid provningen samt om det finns risker för bristande ljudisolering vid användning av andra värmeisoleringsmaterial.

8. Vägg - tilläggsisoleringar

- förändring av tunga väggars reduktionstal ΔR (50-5000 Hz)

Värdena ska baseras på mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-16 eller mätningar i byggnad enligt SS-EN ISO 140-4

9. Undertak

- förändring av tunga bjälklags reduktionstal ΔR (50-5000 Hz)
- förändring av tunga bjälklags stegljudsnivå ΔL (50-3150 Hz)

Värdena ska baseras på mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-3 resp. -6, eller mätningar i byggnad enligt SS-EN ISO 140-4 resp. -7.

- för undertak som är avsedda att dras kontinuerliga förbi ovankant vägg (utan styv samverkan med denna) anges även flanktransmissionsreduktionstal bestämda enligt SS-EN ISO 140-12 eller ISO 10848 (50-5000 Hz), D_{nf} , $D_{nf} + C_{50-3150}$.

Värdena anges för aktuell höjd mellan undertak och bjälklag. Ange riskfaktorer om det finns undertakslösningar som kan ge sämre värden än det redovisade, t.ex. låga och tomma hålrum ovan undertaket, inverkan av installationer ovan och genom undertaket, anslutning mot väggar, felmonterad barriär mot bjälklag etc. För undertak som är avsedda att absorbera ljud anges även ljudabsorptionskoefficienter i tredjedels oktavband 50-5000 Hz mätta enligt SS-EN ISO 354 och utvärderade i oktavband 63-4000 Hz och ljudabsorptionsklass enligt SS-EN ISO 11654.

Värdena ska anges vid avstånden 0 mm, 50 till 80 mm, samt 200 mm mellan absorbentens undersida och en tung bjälklags- eller väggkonstruktion. En förenklad redovisning av erforderlig mängd ljudabsorbenter mot ett givet krav på efterklangstid i olika typutrymmen kan göras enligt avsnitt 4.5.5.

10. Inredningsprodukter, skärmar, gardiner etc.

Skärmar kan provas med avseende på dess ”ljudisolerande” effekt. Detta ska baseras på mätningar i laboratorium enligt SS- ISO 10053. Mätningen får göras utomhus under gynnsamma förhållanden.

Värden för ljudabsorption ska baseras på mätningar i laboratorium enligt SS-EN ISO 354 Skärmar placeras slumpmässigt enligt anvisningar i avsnitt 6.2.2.1 i standarden. Gardinuppsättningar, mattor etc. provas på det sätt som dessa är avsedda att användas i byggnad, se även avsnitt 4.5.5.

11. Installationsprodukter, maskiner, VVS-produkter och fast inredning som kan alstra störande ljud i byggnad

- för maskiner och installationer med motorer, fläktar eller kompressorer, t.ex. ventilationsaggregat, kylsystem, hissar, tvättmaskiner, sopsugar, rulltrappor m.m. redovisas ljudeffekt för luftburet ljud såväl inom systemet (t.ex. till anslutande kanaler) som till omgivningen, samt stomljudeffekt till bärande bjälklag eller vägg (t.ex. hisschakt) enligt metoder i EN 12354-5
- för luftbehandlingskomponenter (spjäll, don, ljuddämpare m.m.) redovisas både ljuddämpning och egenljudalstring enligt metoder i EN 12354-5

6. Produktion – riskanalys

6.1 Allmänt

Entreprenörer får ibland hantera fel och brister i sent skede som beror mer på projekteringen (bygghandlingarna) än på utförandet. Risken för fel minskar avsevärt om övriga aktörer utför sina delar noggrant, så som beskrivs i avsnitt 2 och 3. Brister kan bero på att man har beslutat om konstruktioner och utförande i projekteringsfasen som inte har rimliga praktiska förutsättningar att uppfylla kraven. Det kan vara en fördel att be projektören medverka praktiskt vid lösning av problem som uppdagas ute på bygget. Tillverkarna kan göra mycket för att minska riskerna för fel och brister, om de får rätt information från dem som ska montera och de får ekonomiska förutsättningar att förbättra sina produkter. Med en term hämtad från det militära kan man säga att vissa konstruktioner och produkter inte är ”fältmässiga”, de kräver för mycket av den som ska montera dem. En viss prisökning kan vara motiverad om den leder till besparingar i byggskedet. Otydliga bygghandlingar ökar risken för missförstånd, även här gäller det att hålla en god dialog med övriga aktörer så att oklarheter reds ut innan det är för sent.

En produktionschef vid ett stort byggföretag konstaterade under pågående produktion, att det lönar sig att välja väldokumenterade produkter och planera arbetet noggrant:

”En köpt projekteringstimme i rätt tidpunkt sparar tusentals kronor i utförandeskedet.”

Projekteringsrelaterade frågor i avsnitt 4 och produktrelaterad information i avsnitt 5 kan därför vara värdefulla även för entreprenörer, särskilt för dem som gör ändringar och som tar garantiansvar för funktionerna i den färdigställda byggnaden. I samband med verifiering finns en del praktisk information i avsnitt 7, avsedd att minska riskerna för fel i mätresultaten, vilket kan skapa onödiga problem.

Men till syvende och sist – hur noggrant man än planerar, så krävs det omsorgsfulla och engagerade insatser när byggnaden ska uppföras. De problem som uppstår när ”praktiken” möter ”teorin” måste lösas med goda kunskaper, fantasi och ett visst mått av envishet. Detta avsnitt fokuserar på några kända risker vid det praktiska utförandet, men tyvärr är det knappast möjligt att täcka in alla frågor som kan uppstå. Särskilt då konstruktioner och byggteknik är obeprövade finns det skäl att göra en särskild riskanalys inför utförandeskedet. Kort sagt, alla kan hjälpas åt att ”tänka efter före”.

6.2 Riskfaktorer – allmänt

De vanligaste felen i utförandet som leder till brister mot ställda ljudkrav är:

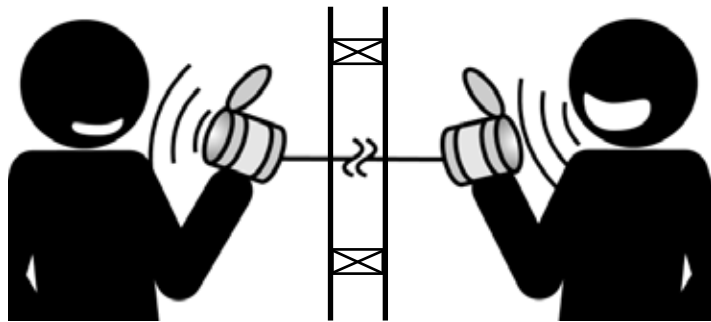
- *luftläckage* genom hål, springor och sprickor
- oavsiktligt *styva* anslutningar mellan byggnadsdelar som ska vara åtskilda, så kallade *stomljudsbygggor*
- oavsiktliga *veka* anslutningar mellan byggnadsdelar som ska samverka styvt kan ge oväntad *flanktransmission*

Luftläckage: Konstruktioner med hög luftljudsisolering är känsliga för luftläckage i hål, springor och sprickor. Det beror på att höga ljudnivåer i ett rum skapar svängningar i lufttrycket, som pressar luft genom öppningarna och skapar trycksvängningar även i det angränsande mottagarrummet. Även små springor försämrar ljudisoleringen markant, vilket kräver stor noggrannhet i tätningar och anslutningsdetaljer. Tillverkare och projektörer bör anvisa tätningsåtgärder samt markera på bygghandlingar, där utförandet är kritiskt för ljudisoleringen.

Stomljudsbygggor: Vissa konstruktioner med flera skikt får hög ljudisolering då skikten kan röra sig fritt mot varandra. Detta gäller t.ex. lätta murade dubbelväggar, skivväggar med dubbla eller saxade regler, flytande golv, nedpendlade undertak och väggar som tilläggsisoleras med gipsskivor på fristående regler. Se vidare i respektive avsnitt nedan.

Flanktransmission: ett visst mått av flanktransmission genom anslutande byggnadsdelar kan förutses redan i projekteringskedet. Projektören väljer lämpliga konstruktioner och anslutningar för att uppfylla kravet. Men det är vanligt att flanktransmissionen blir större än förväntat, särskilt då anslutande

konstruktioner med låg ljudisolering (t.ex. undertak, lätta golv, golvbeläggningar, schaktväggar eller ytterväggar) går obrutna förbi en lägenhets- eller lokalskiljande konstruktion. Antingen har man missat att utföra ritade rörelsefogar, eller så är de inte tillräckligt eftergivliga. Styvt kopplade skivkonstruktioner försätts lätt i svängning och leder in vibrationsenergi till konstruktioner i det angränsande rummet, som i sin tur strålar ut ljud. I kontorshus är detta ett relativt vanligt problem. Murade dubbelväggar kan ge hög ljudisolering genom väggen, men avsevärt sämre ljudisolering i byggnad när motstående vägghalva påverkas av vibrationer som går via bjälklaget, se 6.3.3 och referensen ²². Då industrilokaler inreds till bostäder kan ”bom” i bjälklaget ge oavsiktlig flanktransmission, vilket kan kontrolleras enkelt med en stegljudsapparat och vibrationsgivare. Överskiktet bör sågas eller brytas upp om det visar sig att det leder vibrationer.



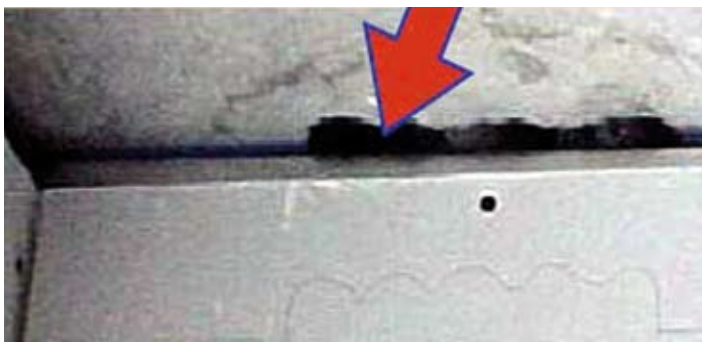
Värmestammar, balkar, gamla ventilationstrummor m.m. kan behöva åtgärdas, särskilt när de lägenhetsskiljande väggarna utförs med lätta konstruktioner som inte ger någon knutpunktsdämpning. Ändrad användning av byggnader bör planeras i samråd med en sakkunnig, som deltar i (eller granskar) projekteringen och belyser riskmoment i bygghandlingarna.

De skrifter som hänvisas till i fotnoterna 4-8 är praktiskt inriktade, tydligt illustrerade och visar både vanliga fel i utförandet och hur man ska gå tillväga. Vissa exempel i dessa publikationer kan ha dimensioner och utformning som inte är tillämpliga vid dagens ljudkrav, (låga frekvenser) man bör därför be den sakkunnige att granska eventuella ändringsförslag som utgår från exemplen, men principerna är fortfarande relevanta.

6.3 Riskfaktorer – ljudisolering i byggnadsdelar och konstruktioner

Rådgör alltid med tillverkarna om vad som gäller för deras produkter. Observera, att en riskfaktor som påtalas för en viss konstruktionstyp kan vara relevant även för andra konstruktionstyper.

6.3.1 Innerväggar och bjälklag i platsgjuten betong



Håltagning som inte har tätats.

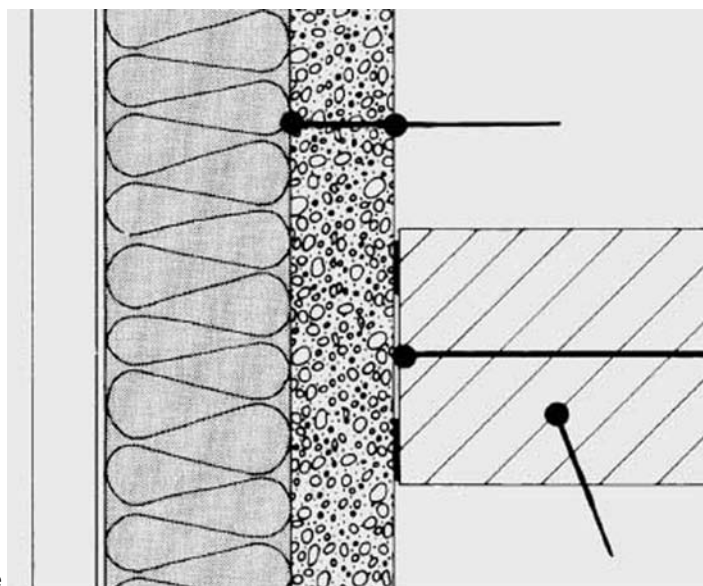
Platsgjutna betongstommar är normalt lufttäta i utgångsläget, men hål och schakt för installationer som inte efterlagas skapar oavsiktliga ljudläckage. Rör för värme, avlopp m.m. bör gjutas in med en tättslutande hylsa som medger längdutvidgningar men inte rörelser i sidled och inte heller luftläckage. Vibrerande installationer, t.ex. fläktar eller tvättmaskiner som stomljudsisoleras, se avsnitt om installationer nedan.



Gjutspill kortsluter mellan bottenplattor.

I radhus, med platta på mark, som ska delas med fog under den husskiljande väggen, är det väsentligt att fogen verkligen är helt öppen och medger rörelser mellan plattorna. Att bara såga plattan fram till kantbalk är normalt inte en tillräcklig åtgärd vid höga ljudkrav, inte heller att förstyya den lokalt (vot) under väggen. I många fall får man oavsiktliga kopplingar via kontinuerlig armering eller installationer. Gjutrester, särskilt vid genomföringar av rör och elkablage, bildar stomljudsbyrgor som leder över både steg- och luftljud mellan husen, med underkända mätresultat och stora efterkostnader som påföljd. Där grundförhållandena inte medger delade plattor ska man välja en kombination av plattjocklek och golvbeläggning som uppfyller kraven. Se vidare i avsnitt 4 och 6.3.5.

6.3.2 Innerväggar och bjälklag med prefabricerade betongelement i betong

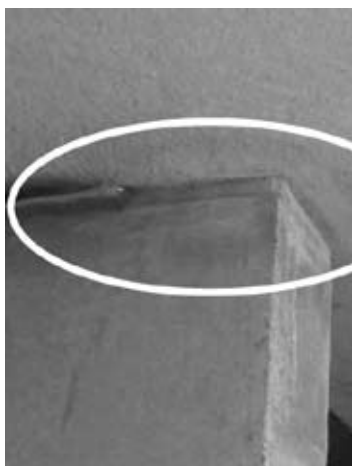


Från www.byggamedprefab.se

I hus med prefabricerad betongstomme är tätningar mellan elementen en kritisk faktor, särskilt där man har dolda fogar. Otillräcklig utfyllnad i underkant eller vid sidan av prefabricerade betongväggar ger luftläckage. En enkel åtgärd är att mjukfoga vinkeln mot bjälklagen och mot anslutande väggar, innan golvbeläggning, socklar och inredning sätts på plats. Genomgående skivor, t.ex. ytterväggselement, där man räknar med styv samverkan (med den lägenhetsskiljande väggen), måste också utföras praktiskt så att delarna sitter ihop ordent-

ligt. Ett sätt är att svetsa cirka 5 plåtförband jämnt fördelade mellan golv och tak, samt gjuta in fogen med expanderande bruk. Finns det misstanke om att fogen inte fylls ut helt bör man efterlägga fogarna innan väggbeklädnaden påbörjas för att få en lufttät och samverkande fog. Motsvarande gäller för prefabricerade väggar som ställs ovanpå platsgjutna bjälklag, såväl lufttäthet som samverkan kan behöva studeras för att man inte ska riskera brister där funktionen är kritisk. Undergjutningsbetong bör vara avpassad för att fylla ut och ge lufttäta fogar.

Våningsplan (stannplan), vilplan och trapplöp ska utformas så att stegljud inte leds in i boningsrum. Utformningen bestäms till stor del under projekteringen. Vid monteringen är det väsentligt att delarna inte kommer i oavsiktligt styv kontakt med stommen. Normalt skyddas plan och trappor av fiberdukar eller gummibeklädnader. Vid spackling och klinkerbeläggning, eller vid efterlagning av förtagningar, klackar, pallningsbrickor och liknande, är det lätt hänt att det rinner in lite bruk i fogar som ska vara öppna, med underkända stegljudsresultat som följd. Olika produkter har olika riskmoment, rådgör med tillverkarna. Allmänt kan sägas, att avstängningar, fiberdukar och liknande bör vara synliga och skäras bort först när alla våta arbetsmoment är avslutade. Eventuella gjutrester m.m. avlägsnas i samband därmed, så att fogarna är öppna.

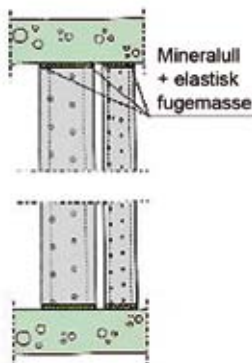


Undergjutning kortsluter flytande trapphusplan mot vägg.



Gjutspill kortsluter elastiskt upplagd trappa mot trapphusplan.

6.3.3 Innerväggar i lätt betong (med lättklinker eller gasbetong)



Undertak med gipsskiva på träläkt kan försämra ljudisoleringen.



Tunna och lätta betongelement, t.ex. gasbetong, lättballastbetong m.fl. ger ett speciellt resonansfenomen som medför en markant flanktransmission då de ansluts styvt mot massiva bjälklag eller väggar. Problemet kan avhjälpas effektivt med elastiska fogar i knutpunkterna (överkant och i sidled), t.ex. genom att dreva med band av åldringsbeständiga polymermaterial eller mineralull. Observera att samtliga lättbetongväggar måste förses med sådana fogar, inte bara de lägenhetsskiljande. Problemet är vanligt i hus från 1950 till 1970-talets början och undersöktes ingående av professor Kihlman vid Chalmers tekniska högskola på 1960-talet. Arbetet finns beskrivet i en rapport³². Se även *”Lättbetonghandboken”* och liknande branschhandböcker. Rörelsefogar bryter även överföring av stomljud från installationer som sitter fast i de lätta elementen, såvida dessa inte ger styva bryggor över rörelsefogarna.

Tilläggsisolering används ibland för att förbättra ljudisoleringen mot lätta betongelement, eller rent allmänt för att rikta upp utrymmen med sättningsskador och dylikt. Det kan vara värt att känna till, att en gipsskiva på en träregel tvärtemot kan försämra både luft- och stegljudsisoleringen, på samma sätt som parkett på tunna underlag, se avsnitt 6.3.5. Tilläggsisoleringar av konstruktioner med ljudkrav bör bestämmas i samråd med projektör och sakkunnig. Det kan räcka med att ändra regeldimension eller välja två lag gipsskivor för att undvika besvärande resonanser. Mineralull i tomrummet har marginell effekt vid låga frekvenser och kan sällan korrigera en ogynnsam kombination av skivor och luftspalt mot stommen. Luftspalten mot en tung vägg eller bjälklag bör inte vara mindre än 95 mm då ytskiktet består av 2 lag gips eller motsvarande ytvikt. Skivor och regler ska inte ha någon kontakt med väggen/bjälklaget.

³² Flanktransmissionens inverkan på rumsisolering mot luftljud. Speciell tillämpning på byggnader med innerväggar av lättbetongplank. Chalmers Tekniska Högskolas handlingar nr. 254. Kihlman T. Göteborg 1961. www.ta.chalmers.se.

6.3.4 Innerväggar och bjälklag av trä, plåt, gips och sammansatta byggnadsmaterial

Innerväggar som byggs upp på plats, eller monteras som planelement, är känsliga både för luftläckage och för kortslutningar mellan väggsidorna. De torrtätningar som ingår i vissa produkter förutsätter normalt att anslutning görs mot väl utjämnade underlag.

Vid råa betongytor, elementfogar eller överhöjda bjälklagselement måste man först avjämna ytorna, eller foga alla spalter med ett utfyllnadsmaterial som är beständigt över tiden och som tål normala rörelser i byggnaden utan att spricka upp.



2 eldosor med tunn botten Tomrör som kläms mellan vägghalvor.
rygg – rygg.

Uttag för installationer, t.ex. eldosor, bör inte göras ”rygg-mot-rygg” på respektive sida av väggen, utan förskjutas minst ett regelfack (med mineralull i facken).

Det kan vara frestande att klämma fast tomrör för el mellan väggreglarna i en vägg med dubbelstomme, men följden kan bli att man får ta ned väggen efter underkänt resultat vid ljudmätning. Slutkostnaden blir då högre än om man gör rätt från början – en självklarhet som ändå tål att upprepas!

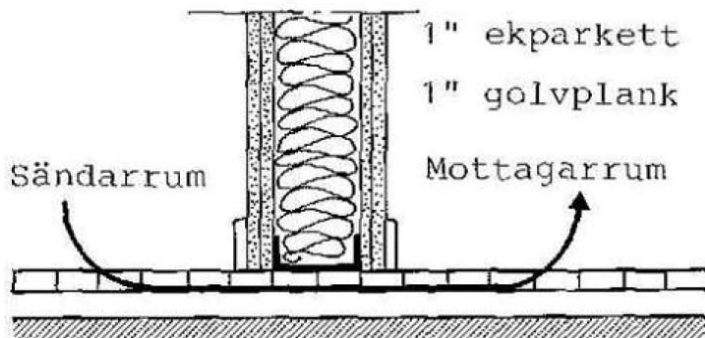
Detaljer för anslutningar mot övriga konstruktioner anges av tillverkarna – dessa instruktioner baseras på lång erfarenhet och är sällan tilltagna i överkant. De bör följas noggrant för att avsedd funktion ska uppnås.

En vanlig orsak till att ljudisoleringen blir lägre än förväntat när det gäller lätta skiljeväggar är att många byggnadsdelar (transmissionsvägar) samverkar. Var och en av dessa kan ha en acceptabel ljudisolering, men sammantaget ger de alltför stora flankbidrag.

Exempel: om kravet är R'_w 35 dB mellan två kontorsrum, och man väljer vägg, undertak, golv, ventilationssystem och en installationskanal som alla har R_w 40 dB, så kommer man att få R'_w 33 dB, alltså 2 dB underkänt! Om detta upptäcks under projekteringen korrigerar man exempelvis väggen till en 44 dB vägg och lägger en barriär av mineralull ovanför undertaket, så har man kalkylmässigt 35 dB. Men marginalen för små, nästan oundvikliga avvikelser saknas, och en brist på 1-2 dB kan knappast skyllas på utföraren. Problem av denna typ ska hanteras vid projekteringen, inklusive val av rimliga säkerhetsmarginaler i samråd med tillverkarna.

Brister som förutses innan montage kan ofta förebyggas med enkla tilläggsåtgärder: drevning med skumplast eller mineralull i genomföringar och fönsterbänkskanaler, mjukfogning mot bjälklag och ventilationstrummor, gummilister mellan vägg och undertak, en mineralullsskiva (barriär) mellan undertak och bjälklag ovanför vägg, en slits i den bärande golvskivan osv. Om bygghandlingarna ger otydliga anvisningar kan entreprenören behöva lyfta frågor av denna typ med ansvarig projektör och sakkunnig.

6.3.5 Golvbeläggningar, torra golvsystem samt betong- eller spackelbaserade golvsystem



Parkett på tunna mellanskikt ger försämrad luftljudsisolering, vilket ska beaktas vid dimensionering. Detta beror på att golvet ger en resonans mot bjälklaget som ibland kallas för parkettresonans, men som gäller för alla skivkonstruktioner med smala mellanliggande luftspalter. Även tilläggsisolerade väggar och undertak (med skivor på regler) ger resonanser som försämrar ljudisoleringen för några frekvensband. Dessa effekter ska beaktas vid dimensioneringen.

Då bjälklaget är tunt, t.ex. i bottenplattan till sammanbyggda småhus, som delas med en lätt lägenhetsskiljande vägg (vanlig konstruktion i radhus), uppfylls vanligen inte BBR:s krav (ljudklass C) med trägolv på en tunn underlagsmatta (typ cellskummatta 2-3 mm). Delning av bottenplattan under lägenhetsskiljande vägg bryter överföringen av ljud (se 6.3.1) och kan vara en effektiv åtgärd om markförhållandena i övrigt medger en delning (t.ex. fukt, radon, stabilitet och grundläggning).

Golv med ytvikt större än 25 kg/m² och mer än 50 mm elastiskt material (eller luftspalt) får en dämpad resonans och den horisontella ljudisoleringen klaras. Det finns flera kommersiella golvsystem med bra ljudegenskaper. De kan också utformas så att trumljudet begränsas (stegljud inom samma utrymme), se nedan.

Vid tillval eller ändring av byggnader är det lätt att glömma stegljudsdämpande skikt under golvbeläggningen. Plast- och linoleummattor kan förses med ett tunt elastiskt skikt på undersidan, men lösningen ska hålla för intryckning (märken) och slitage med de laster som kan förekomma. I verksamhetslokaler är det vanligt med skrivbordsstolar, rullbord, pallyftare m.m. Under klinker bör man välja en lösning som både dämpar stegljud och som har tillräcklig bärighet, så att det inte uppstår skador på klinker och fogar vid normal belastning. Tillverkarna, Golvbranschen och Byggkeramikrådet har anvisningar om godtagbara lösningar.

Flytande golv fungerar bra när de är korrekt utförda, men synbart oansenliga stomljudsöverförande kontakter mellan golvet och byggnadsstommen reducerar ljudisoleringen markant. Spalten mot väggen bör förbli öppen, även då fukt- och temperaturrörelser har medfört rörelser i golvet.

I samband med ändrad användning, t.ex. då vindar inreds till bostäder, är det vanligt att en flytande golvkonstruktion som tidigare har fungerat bra inte ger tillräcklig verkan för den aktuella tillämpningen. Stomljudsbygggor är en möjlig orsak, men vanligen är det befintliga bjälklaget för lätt och för vekt för att fjäderelementen ska fungera som avsett. Förstyvningar av befintliga bjälkar och en måttlig viktsbelastning av bjälkarna med sand, stenkross eller befintligt brandtegel förbättrar förutsättningarna för att få acceptabla stegljudsnivåer vid låga frekvenser. Ingjutning med massiv betong eller lättklinkerbetong ska kombineras med en golvbeläggning som dämpar stegljud vid höga frekvenser, motsvarande åtgärder på van-



Flytande golv ska inte ligga emot vägg.

liga våningsbjälklag. Ändrad användning av vindar bör alltid föregås av en projektering, såväl av ljudisolering som mot övriga krav i Boverkets föreskrifter och allmänna råd, BBR och i BÄR. Det är ofta klokt att göra ett provmontage och mäta stegljudisoleringen innan ändringen fullföljs. Se vidare i SBUF-rapporten ”Ljudisolering i bostadshus byggda 1880 – 2000”, se fotnot 4.

Åldring i det elastiska skiktet påverkar både flytande golv och limmade mattor med stegljudsdämpande mellanskikt. Åldringen påskyndas av fukt, alkali och tryckbelastning. Stegljudsdämpande elastiska skikt ska därför bestå av åldringsbeständiga material, som tål den nämnda påverkan mellan golvskikt och bjälklaget. Skador är relativt vanliga och leder till kostsamma åtgärder. Materialgarantier bör omfatta en relevant tidsperiod och användning av produkten i den aktuella miljön.

Bjälklaget måste vara helt plant då man avser att lägga flytande trägolv på tunna stegljudsdämpande mellanlägg. Trægolv måste utföras så att naturliga fuktrörelser inte hindras, och så att ”knarrljud” eller ”anslagsljud” mot bjälklaget undviks. Sådana ljud beror oftast på att trägolvet inte ligger an plant mot bjälklaget.

Trumljud, eller stegljud inom samma utrymme, är en oönskad egenskap hos tunna och hårda golvbeläggningar, såväl med trägolv som med uppgjutna flytande golv. I stora kontor, skolor och lokaler där man går med hårda skor, leker eller på annat sätt riskerar slag mot golvet, bör man välja golvbeläggningar med acceptabla trumljudsnivåer. Se avsnitt 4.

6.3.6 Dörrar, vikkväggar, blockväggar m.m.

Vid granskning av de lägenhetsskiljande tamburdörrarna kontrolleras att skyltat typgodkännande överensstämmer med bygghandlingen. Om det förekommer flera typer av dörrar är det lämpligt att ta in i egenkontrollen, att rätt dörr sätts på rätt plats (från början).

Det är tyvärr vanligt att tamburdörrar i praktiken inte uppfyller den skyltade ljudklassen vid en fältmätning, men det behöver inte bero på fel i produkten. En enkel egenkontroll kan göras med ett papper som utvisar om tätninglisterna ligger an med lagom kompression för att det ska bli tätt mellan dörrbladet och karmen. Provet går till så, att ett normalt skrivpapper läggs mellan blad och karm på en sida i taget, dörren stängs, pappret ska gå att dra ut med visst motstånd men utan att sitta fast så hårt att det går sönder.



Pappersprov av tätning karm – dörr.

Dålig passning beror sannolikt på:

- att underlaget är ojämnt
- att det är svårt att borra hål för karmskruvarna med tillräcklig precision för att alla karmstycken ska komma i rätt läge (även om hålen är korrekt utsatta), så att karmen får en helt planparallell anliggningsyta mot dörrbladet.
- att dörrbladet är så tungt att karmen blir sned under montage (efterjustering är normalt nödvändig)
- att man inte följer tillverkarens montageanvisning fullt ut

Vid upphandling kan man efterfråga ”fältmässiga” produkter som går lätt att efterjustera, t.ex. genom att karmstyckena eller gångjärnen kan flyttas något i sidled/höjdled samt i djupled (vinkelrätt mot dörrbladet). I något fall är drevningen mellan karm och vägg ofullständig, vilket kan granskas okulärt. Överdriven drevning kan deformera karmen, vilket leder till att pappersprovet klaras nära hörnen men inte mittpå respektive karmstycke. Om dessa egenkontroller görs och korregerande åtgärder vidtas, kan antalet underkännanden vid ljudmätning sannolikt minskas markant.

Vikväggar och blockväggar ger ofta lägre ljudisolering i praktiken än förväntat (se Nordtestmetod NT ACOU 086, www.nordicinnovation.net). Det kan bero på oförutsedd flanktransmission eller läckage i anslutningar (särskilt om gummilister m.m. skadas). Flanktransmissionen kan minskas genom att ansluta mot massiva konstruktioner med hög ljudisolering, eller tillföra dämpande fogar i bjälklag, övergolv, väggar och överbyggnad. Utfyllnadsdelar ovanför och vid sidan av konstruktionen, samt olika typer av installationer, måste hålla minst samma ljudklass som väggen. Att den sammanvägda lösningen uppfyller ljudkravet kan kontrolleras med beräkning enligt SS-EN 12354-1. Konstruktionerna är känsliga för avvikelser i utförandet, och man bör ha kontakt med tillverkaren redan vid projekteringen om vilka moment som är känsliga under montage.

6.3.7 Ytterväggskonstruktioner

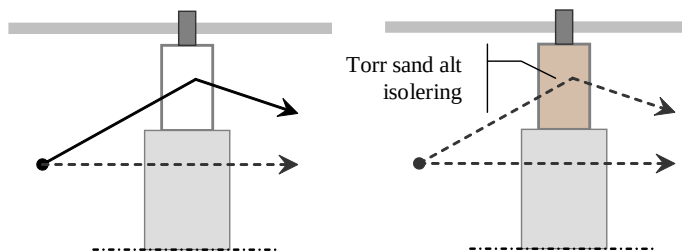
Betongkonstruktioner är som regel robusta när det gäller ljudisolering utåt. Känsliga punkter gäller samverkan med lägenhetsskiljande vägg, där man ofta förutsatt att anslutningen är styv. Se avsnitt 6.3.2.

Lätta ytterväggskonstruktioner med utvändig panel och en vindfolie mot värmeisoleringen måste vara absolut täta utvändigt vilket sällan fungerar i längden. Springor i träpanelen i denna konstruktion innebär en helt otillräcklig ljudisolering. Konstruktioner med skivbaserade vindskydd bakom panelen är mindre känsliga för luftläckage och bör användas där man har förhöjda ljudnivåer utomhus, eller mot gångvägar, lekplatser och dylikt där passerande personer kan höra samtal eller verksamhet inne i huset. Väggar med mineralull, luftspalt och tjockputs har avsevärt bättre ljudisolering än väggar med cellplast och tunnputs. Vid ett byte av värmeisoleringsmaterialet bör man därför kontrollera att det inte får oavsiktlig inverkan på ljudisoleringen. Även valet av uteluftsintag kan påverkas, se nedan.

Anslutningar mot lägenhetsskiljande vägg påverkar såväl isoleringen mot ljud utifrån som flanktransmission mellan rum, och bygghandlingarnas instruktioner om delningar och tätningar bör följas noggrant. Vid lätt lägenhetsskiljande vägg måste en tung yttervägg göras tillräckligt tung, delas eller slitsas för att begränsa flanktransmissionen.

I de fall fasadsystem som innehåller aluminiumprofiler används så orsakas ofta en försvagning av ljudisoleringen mellan rum på grund av flanktransmission direkt via fasadprofilen, se figur 6.1. Leverantörer av fasadsystem bör kunna redovisa data på förväntad flanktransmission som sedan skall vägas samman med övriga transmissionsvägar. Om sådan information saknas kan detta åtgärdas genom att fylla profilen med sand eller någon form av isolering. Behovet av extraåtgärder är dock mycket svårt att förutsäga. Där kravet på ljudisolering mellan rum är begränsat, $R'w < 40$ dB kan det räcka med att klä ena sidan av profilen med en dämpmassa och en utanpåliggande aluminiumplåt.

Figur 6.1



6.3.8 Glaspartier, fönster, fönsterdörrar och tillhörande bröstningspartier

Vid granskning bör man se efter att skyltningen av fönsterstorlek, glasning, antal och typ av tätningslister, utfyllnadsmaterial i bröstning med mera överensstämmer med bygghandlingen. Tätheten kan granskas enkelt med det så kallade pappersprovet, se 6.3.6. De svårigheter som diskuteras i avsnitt 6.3.6 gäller i hög grad även för fönster.

Lätta utfyllnadsmaterial under t.ex. fönsterdörrar har som regel avsevärt sämre ljudisolering än det glasade partiet. Montaget måste göras noggrant för att de ljudisoleringssvärden som tillämpats vid projekteringen ska uppnås i praktiken, på plats i byggnad. Som schablon kan man utgå från att ljudisoleringen för fönster och dörrar i byggnad är 3 dB lägre än i laboratorium (SS 25267 bilaga A), även om avvikelserna kan vara både större och mindre. Det är effektivare att välja marginal i samråd med tillverkarna, med hänsyn till de aktuella förutsättningarna, exempelvis vilken typ av fönster som avses samt vilket monterings sätt som väljs. Antal och typ av tätningslister, styvhet i karm och båge/dörrblad och monteringsmetoden påverkar lufttätheten. Fönster som monteras maskinellt inne på fabrik, liggande i ett ytterväggsselement, har bättre förutsättningar för att bli lufttäta medan det är svårare att få platsmonterade fönster helt täta. Det finns exempel på monterings system som inte ger någon försämring av ljudisoleringen efter att fönstret placerats i ytterväggen. Det är således god ekonomi att beakta osäkerheter i utförandet vid val av produkt.

6.3.9 Uteluftsintag och överluftsdon

Ljudisolering för uteluftsintag och överluftsdon redovisas normalt som ett mätvärde, då produkten monteras i en 10 m² ”ideal” vägg med ljudabsorberande porösa värmeisoleringsmaterial, t.ex. mineralull. Sådana värmeisoleringsmaterial bidrar i hög grad till att ge höga mätvärden för produkterna. Om värmeisoleringen istället utgörs av mer eller mindre täta material med slutna celler, t.ex. lättbetong och cellplast, blir ljudisoleringen i vissa fall avsevärt lägre. Skillnaden kan bli mer än 15 dB! Ljudisoleringen kan också bli avsevärt lägre än förväntat om produkten monteras dikt an en tät yta, t.ex. bjälklag, vägg eller en tvärregel. Man bör alltid rådgöra med tillverkaren om vad som gäller då produkten monteras i den aktuella väggtypen. Som en tumregel kan man utgå från att man bör ha minst 10 cm mineralull på alla sidor, och 30-60

cm på övriga sidor. Placering av två intag bredvid varandra, eller invid en vägg, ökar ljudtransmissionen vid de lägsta frekvenserna. Effekter av sådana placeringar bör redovisas.

6.3.10 Väggar, tilläggsisoleringar

Ibland uppstår oförutsedda situationer, där man inte har tänkt på att en vägg behöver tilläggsisoleras. I normalfallet bör man kontakta projektören och den sakkunnige och be om anvisningar. Några vanliga åtgärder som kan övervägas är:

- två lag gipsskivor skruvade dikt an mot insidan av befintlig regelvägg (med ett lag gips) kan ge upp till 4 dB förbättring av både R_A och $R_{A,tr}$
- två lag gipsskivor på fristående eller elastiskt infästa 45 mm regler och mellanliggande mineralull, som går fria från den befintliga väggen, kan ge upp till 10 dB förbättring. Om reglarna har styv kontakt med väggen kan man istället få en försämring vid låga frekvenser
- byte av utvändig panel, komplettering av vindsydd med 1-2 lag tunga skivor (i samråd med den fuktsakkunnige), kan ge upp till 4 dB förbättring av både R_A och $R_{A,tr}$

6.3.11 Undertak

Ljudisolerande undertak utförs ofta med gipsskivor som hängs upp i någon typ av elastisk anordning, t.ex. akustikprofiler, glespanel på fjäderelement och liknande. Rätt utförda ger dessa en avsevärd förbättring av ljudisoleringen, men de är känsliga för kortslutningar (stomljudsbyggro). Infästning av tomrör, belysningsarmaturer mm måste förberedas så att taket förblir fritt rörligt mot bjälklaget. En enda felplacerad skruv kan ödelägga ljudisoleringen!



Extra skruv låser pendlad undertaksskiva mot bjälke.
Källa: WSP

6.4 Riskfaktorer – tekniska installationer

Anvisningar för installation av utrustning med roterande eller vibrerande enheter, t.ex. fläktaggregat, pumpar, kylmaskiner, tvättmaskiner, torkskåp, torktumlare, hissar, WC, köksutrustning m.m. behandlas i avsnitt 4 och ska ingå i tillverkarnas dokumentation.

Vanliga brister, som leder till för höga ljudnivåer från byggnadens installationer, beror på att anslutningar eller upphängningar görs på ett olämpligt sätt. Infästning mot lätta konstruktioner ska i princip undvikas helt.



Kortling ger stomljudskontakt rör – vägg.

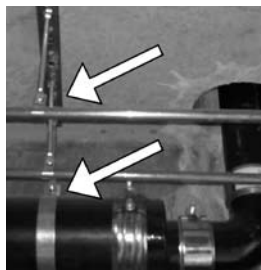
Stomljudsbygggor kan orsakas av elkablage och vattenrör, se avsnitt om väggar och flytande golv ovan.

Vibrationsisolatorer som inte utformats korrekt ger för dålig fjädring, särskilt då de sätts mot eftergivliga underlag. Vibrationsisolatorernas nedfjädring under maskinens egentygnd ska vara rätt dimensionerad. Vanliga brister beror på att isolatorn inte placeras rätt eller att viktbelastningen i praktiken avviker från vad som förutsatts vid dimensionering. Det kan därför vara klokt att göra praktiska prover under montageiden för att upptäcka och förebygga eventuella problem.

Strömningsljud i ventiler och luftdon beror ofta på att tryckfördelningen inte stämmer med vad som har projekterats. Avstick till don eller radiatorer nära fläkt respektive cirkulationspump kan ge högre tryck än avsett. Ljuddata för radiatorventiler kan bestämmas enligt Nordtestmetod NT ACOU 101, man bör därför fråga leverantören om uppgifter och välja tysta produkter. Ljud från radiatorsystem beror ofta på att man



"Extra" kablar kläms mellan flytande golv och vägg.



Stomljudsbygggor vid krök.

inte fått ut all luft ur systemet och man kan få s.k. kavitation av luftbubblor i vattnet i anslutning till ventilen. Man kan minska eventuella ljudproblem med hjälp av vakuumsugning av radiatorkretsen, förutsatt att ventiler m.m. klarar undertryck kortvarigt.

Sidosprång i avloppsrör medför vibrationer från nedstörtande vatten som alstrar ljud i styvt anslutna konstruktioner. (pendlar och stift). Avloppsrör i lätta material ger avsevärt högre ljud och vibrationer än i tunga material. Manövrering av vattenventiler ger s.k. slag-i-rör, som sprids som stomljud. Elastiska material mellan rörsvep och stomme bryter denna typ av ljudöverföring.

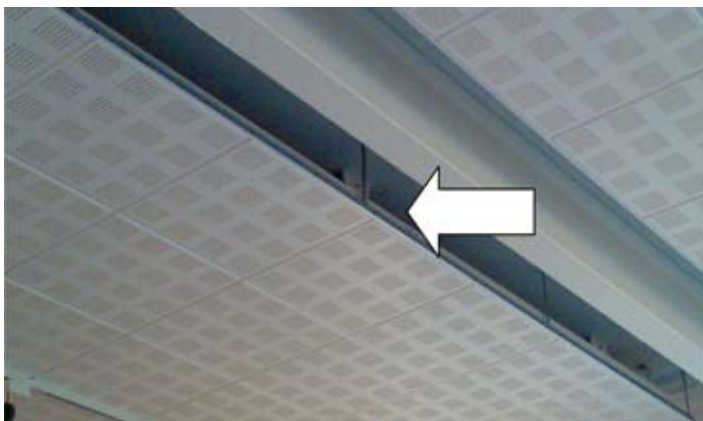
6.5 Riskfaktorer – ljudabsorption och efterklangstid

Ljudabsorberande undertak, väggskivor, skärmar och textilier får olika ljudabsorption vid olika avstånd från väggar och tak. Detta beror på att luftspalten bakom absorbenten underlättar luftströmning genom produkten. Montering dikt an medför för de flesta produkter sämre ljudabsorption, men det finns produkter som utformats särskilt för detta ändamål. Tillverkarna deklarerar ofta vilka ljudabsorptionsvärden som kan förväntas vid olika avstånd till stommen. Projekterade avstånd (bygghandlingen) ska därför följas.

Antalet ljudabsorbenter ska framgå av bygghandlingarna. En vanlig miss är att man inte beaktat de ytor som täcks in av hårda (ljudreflekterande) material, t.ex. där man ersatt ljudabsorbenten med släta gipsskivor eller metallkassetter som bär installationer, skyltar, armaturer, detektorer m.m. Det är inte ovanligt att 20-40 procent av ljudabsorbenterna täcks eller ersatts, vilket medför underkännande vid granskning om detta inte har beaktats vid projekteringen. Det går oftast bra att sätta mindre föremål (10-20 cm breda) direkt i eller mellan ljudabsorbenterna, utan att förlora någon nämnvärd ljudabsorption. Nedpendling av trummor och liknande (istället för montage dikt an) medför att ljudabsorbenterna exponeras för ljud.

Ljudabsorbenter måste ha öppningar i ytan. Övermålning medför därför risk för att absorbenten förstörs helt. Perforerade skivor med ljudabsorbenten på baksidan kan strykas eller rollas tunt, men sprutmålning sätter igen öppningarna.

Montering av ljudabsorbenter i nedpendlade ”öar” med fri luftcirkulation mellan ovan- och undersida, medför att ljudabsorptionskoefficienter som bestämts för heltäckande skivor (eller med täckta kanter) inte kommer att stämma. Vid låga frekvenser får man en akustisk ”kortslutning” som ger lägre ljudabsorption. Vid mellanfrekvenser får man istället en förhöjning, på grund av att ovansidan också absorberar ljud. Hygieniska aspekter bör beaktas vid utformningen.



I rum med mindre mängd inredning eller stora parallella ytor finns risk för ”stående våg” och ”fladderekon” som uppfattas negativt av brukare. Detta behöver inte betyda att det är fel på de ljudabsorbenter som har monterats, inte heller att de har monterats på ett felaktigt sätt. Problemet kan bero på rumsutformningen och inredningen, se vidare i avsnitt 4 och 7.7.

7. Verifiering, kontroll och redovisning av ljudklass

7.1 Allmänt

Verifiering av projektering görs med beräkningar och erfarenhetsmässiga bedömningar av de aktuella konstruktionerna. Verifieringen görs mot de *fastställda* bygghandlingarna, inklusive förändringar som gjorts under produktionsskedet. Vid verifiering med beräkning tillämpas reglerna i SS 25267 och SS 25268 i alla utrymmen, utan avsteg:

”Verifiering med beräkning ska visa att valda konstruktioner medför att funktionskraven kommer att innehållas i eller mellan samtliga typer av utrymmen som omfattas av krav inom respektive bostad.”

Vid verifiering med beräkningar godtas alltså inte någon medelvärdesbildning mellan utrymmen inom en bostad, ej heller att avsteg görs från kraven (undantaget sådana avsteg och tillägg som förts in i programhandlingar och avtal och som inte strider mot BBR). Ingångsvärden för produkter och konstruktioner bestäms med metoder enligt avsnitt 5, inklusive lämpliga säkerhetsmarginaler. Man bör hämta in detaljerad information om hur konstruktionerna har utförts i praktiken och räkna på möjliga avvikelser. *Verifiering av funktion i färdig byggnad med beräkningar* måste avse samma produkter och konstruktioner som har använts i byggnaden och *måste kombineras med granskning av utförandet* i byggnaden, se nedan. Beräkningar utan granskning av utförandet kan inte utgöra underlag för verifiering av funktion i byggnad eller utlåtande om ljudklass.

Verifiering av produktion (granskning i byggnad) kan göras genom att granska produkternas märkning och dimensioner, täthetsprov samt en allmän okulärbesiktning av utförandet mot bygghandlingarna. Granskningen bör innefatta sådana detaljer i utförandet som är känsliga ur ljudsynpunkt. Det kan exempelvis handla om inverkan av otätheter eller otillräcklig samverkan i knutpunkter mellan stomelement som medför större flanktransmission än förväntat. (se avsnitt 4 och 6).

Verifiering av funktion i färdig byggnad med mätningar i byggnad görs enligt standardernas anvisningar. De standarder som anvisas för verifiering av ljudisolering och installationsljud är relativt komplicerade att tillämpa och resultaten kan påverkas av förhållanden på mätplatsen. Vid mätning bör man ordna med bra mätförhållanden och kontinuerligt övervaka att varken sporadiska eller kontinuerliga bakgrundsljud påverkar mätvärdena. Exempelvis kan det vara svårt att skilja ut trafikljud från installationsljud eller ljud från verksamheter inom byggnaden.

Mätningar som görs under produktionsskedet, i icke-färdigställda byggnader, kan ge värdefull information om de valda konstruktionerna klarar ljudkraven. Korrigerande åtgärder kan vidtas innan resterande delar av huset färdigställs. Men det är särskilt krävande att genomföra mätningar med god noggrannhet under de förhållanden som råder på en byggarbetsplats, och man riskerar att dra missvisande slutsatser av mätresultaten. Mätningar bör därför göras, när det inte pågår någon verksamhet på byggplatsen (helt tyst), med alla ytskikt, fönster, tamburdörrar och installationer på plats. Eventuella provisoriska tillstängningar av dörr-, fönster- och schaktöppningar måste göras med tunga skivor som tätas effektivt mot stommen.

Det är normalt fördelaktigt att basera verifieringen av ljudkraven på en kombination av beräkningar, granskningar av utförande och mätningar i byggnaden. Då kan eventuella avvikelser och brister dels upptäckas tidigare (och korrigeras till lägre kostnad), dels kan orsakerna till bristen redas ut. Vid verifiering med enbart mätning i färdig byggnad får man besked i sent skede om det uppstått en brist och orsakerna till bristen är ibland svåra att härleda.

I de följande avsnitten ges en del praktiska tips som kan minska osäkerheter i mätningar och beräkningar.

7.2 Luftljudsisolering

Metod för mätning i byggnad (mellan rum): SS-EN ISO 140-4
I en jämförelsestudie för Nordtest ¹⁰ och i samband med in-
terna utbildningar har ett antal mättekniker från olika företag
studerats under sitt arbete. Granskningen har resulterat i några
rekommendationer, som kan användas för att förbättra mät-
noggrannheten:

- *mätutrustningen bör kontrolleras i god tid före mättillfället, för att säkerställa korrekt funktion.*
 - Därmed undgår man en källa till onödig stress på mätplatsen, som kan leda till felaktiga beslut.
 - Vid kontroll av givarnas känslighet med kalibrator ska mätvärdet jämföras med den nominella känsligheten enligt givartillverkaren eller mot en kalibreringslogg.
 - Avvikelserna bör ligga inom 0,1-0,2 dB mot förväntade värden.
 - Är de större bör inte analysatorns ingångskänslighet justeras utan att man först har förvissat sig om att både givare och kalibrator fungerar normalt
- *kalibrering, dvs. en kontroll av att utrustningen fungerar normalt, ska göras såväl före som efter mätning.*
 - Om ett fel upptäcks får man möjlighet att spåra vilka tidigare genomförda mätningar som kan ha påverkats av defekter i utrustningen.
 - Det är en fördel att kunna kontrollera givarna mot två kalibratorer, varav den ena behålls inne på företaget (referenskalibrator)
- *mätstandarderna ska finnas med på mätplatsen.*
 - Det är svårt att komma ihåg alla instruktioner och regler som ska iakttas, särskilt om aktuell mätmetod inte används ofta.
- *avståndet mellan mikrofonpositionerna och mot rummets begränsningsytor varierar för lite, särskilt avståndet till golvet.*
 - Det är väsentligt att standardens regler följs angående en bred och djup fördelning av mikrofonpositioner (svep) över hela rummets volym.

- Om man väljer att mäta enbart i en del av ett rum, t.ex. vardagsrumsdelen av ett kombinerat kök/vardagsrum, så ska alla parametrar avse endast detta utrymme (V, S, Lp, T)
- *vid manuell svepning bör mikrofonen placeras i en kort bom, med vibrationsisolering av mikrofonen och klämmor för mikrofonkabeln.*
 - Handhållen mikrofon bör undvikas.
 - En kontroll bör genomföras innan mätning, av att hela svepet kan genomföras utan att operatören behöver flytta på sig, eller att mikrofon eller kabel rör sig och alstrar störande ljud.
 - Svepet ska genomföras i jämn hastighet och vara lika från gång till gång.
 - ”Improvisering” av svepbanan leder till att vissa positioner får en högre viktning i rumsmedelvärdet och banan blir lätt kortare än avsett.
 - Anvisningen i SS 25267 bilaga H med fyra jämnt fördelade mikrofonbanor i rummet är utformad för att ge ett systematiskt arbetssätt med god repeterbarhet
- *mätning med endast en högtalarposition och/eller ett mikrofonsväp används ibland som en kompromiss, för att spara tid.*
 - Om mätvärdet ligger mer än 3 dB från ett krav kan en sådan översiktlig mätning möjligen ge användbara resultat, men ligger man närmare kravet bör mätningen genomföras helt enligt standard.
 - Vid mätning ned till 50 Hz är två högtalarpositioner nödvändiga.
 - Tidsåtgång och följdkostnader för utredningar som beror på undermåliga mätningar är av en helt annan storleksordning än den tidsbesparing som kan göras vid mätning.
- Rapportering av förenklade mätningar bör visa mycket tydligt att resultatet bestämts med en förenklad metod och inte med referens till de standarder som anges i SS 25267 eller SS 25268.
- Det räcker inte att skriva in det förenklade sättet att mäta som ”avvikelser från standard”,

- *högtalaren ska inte placeras för nära golvet.*
 - Vid mätning neråt eller horisontellt ska högtalaren ställas upp på ett vibrationsisolerat stativ.
 - Mikrofonstativet bör också vara vibrationsisolerat, särskilt om det ställs på ett tunt flytande golv (t.ex. parkett på foam),
- *högtalaren ska avge en jämn brussignal över alla mätperioder, särskilt vid enkanalig mätning (mätning av sändarrum och mottagarrum görs i följd).*
 - Detta ska kontrolleras med jämna mellanrum och dokumenteras.
 - Man bör undvika att låta högtalaren stå på mellan mätningarna, eftersom uppvärmning kan förändra känsligheten och därmed den akustiska uteffekten,
- *övervakning av signal/brusförhållandet i signalen bör ske kontinuerligt under mätning, om möjligt gärna via medhörning av mikrofonsignalen i hörlurar.*
 - Vid manuellt svep bör analysatorn redovisa en tidssignal för mätperioden.
 - Skillnader mellan maximalnivåer och ekvivalentnivåer för perioden är en indikator som kan visa om det inträffat någon störning.
 - Att bara stänga av och sätta på bruset, och ”se om man har marginal till bakgrunden” är normalt inte tillräckligt för att säkerställa att mätningen ger ett korrekt resultat, särskilt inte om marginalerna till bakgrunden är små.
 - Detsamma gäller visuell övervakning av ljudnivåerna på en liten instrumentdisplay, som inte visar tillräckligt tydligt att störningar har inträffat som påverkar slutresultatet.
 - En störning med samma ljudnivå som mätsignalen ger 3 dB höjning, vilket kan visas som en 1 mm rörelse på displayen på vissa instrument – detta ger inte en tillräckligt säker övervakning.
- *vid efterklangsmätningar är det lämpligt att granska efterklangsforloppen okulärt, särskilt vid de lägsta frekvenserna.*
 - Analysatorernas automatiska utvärdering av efterklangsforlopp och efterklangstider (regressionslinjens lutning) blir ofta felaktig vid låga frekvenser.

- Mätningar med s.k. deterministiska metoder enligt ISO 3382-1, t.ex. så kallade MLS (maximum length sequence) eller svept sinus, är avsevärt stabilare än metoden med avbrutet brus.
- En ökad medelvärdesbildning, och granskning av standardavvikelsen mellan individuella mätningar, ger en uppfattning om medelvärdets stabilitet. Så kallad baklängesintegrering (Schroederintegrering) ska bara göras av impulssvar. Vid efterklangsförlopp med avbrutet brus introduceras ett fel som leder till för långa efterklangstider. Men en rimlighetskontroll kan ändå göras av de lägsta frekvenserna med hjälp av baklängesintegrering, därför att man då jämnar ut efterklangsförloppet och underlättar utvärderingen. Så kallade ensemblemedelvärdesbildning av efterklangsförlopp med ett utökat antal fixa mikrofon- och högtalarpositioner ger också en utjämning av efterklangsförloppen.
- *bestämning av skiljearea och mottagarrumsvolym kan skilja sig väsentligt mellan olika mätoperatörer.*
 - I Nordteststudien finns ett antal exempel. Standarden ISO 140-14 ger en del råd om hur man kan gå till väga i olika situationer, där geometrierna är komplicerade.
 - Det viktigaste är att mätrapporten innehåller uppgifter om hur area och volym har bestämts, så att omräkning kan göras vid ett senare tillfälle om det är motiverat.
 - Då begränsningsregeln är tillämpliga blir inte detta problem lika aktuellt
- *rimlighetskontroll bör göras av uppmätta ljudnivåer, variationen mellan mikrofonpositionerna och den beräknade ljudisoleringen.*
 - I ISO 140-14 ges diagram för vilka variationer som kan anses normala med hänsyn till rumsvolym och efterklangstid i det aktuella utrymmet
 - kontroll mot en överslagsberäkning enligt EN 12354, med hänsyn till de konstruktionstyper som avgränsar mättrummen.
- *mätoperatörer behöver återkommande tränings- och utbildningstillfällen, även de mer erfarna. Mätföretagen bör säkerställa relevanta utbildningsinsatser inom sitt ordinarie kvalitetsarbete,*

- *de tekniker som arbetar med att mäta ljudisolering bör genomföra en riskanalys:*
 - vilka moment kan gå fel ute i fält,
 - vilka konsekvenser får de,
 - vad kan göras för att minimera risken för fel, respektive
 - vad kan göras för att säkerställa att fel upptäcks och korrigeras?

Detta gäller hela kedjan av händelser till färdig rapport. Från riskanalysen kan förebyggande åtgärder inarbetas i mätrutinerna på företaget

Beräkning (mellan rum): SS-EN 12354-1

I samband med Nordteststudien ¹⁰ och vid praktisk tillämpning av beräkningsmetoden i SS-EN 12354 i olika sammanhang, har några viktiga faktorer iakttagits som bidrar till att ge större noggrannhet i beräkningsresultaten:

- *de verkliga förhållandena måste approximeras med beräkningsmodellen.*
 - Det viktiga är då att modellen innehåller de viktigaste energitransportvägarna, inte att den ser ut exakt som i verkligheten.
 - Oregelbundna knutpunkter ingår i EN 12354, men det saknas erfarenheter av hur representativa dessa är i praktiken.
 - Konventionella T och X knutpunkter (mellan 3 respektive 4 plattor) har visat sig fungera väl i praktiska tillämpningar
- *ingående konstruktioner och produkter ska vara väl dokumenterade, i enlighet med avsnitt 5*
- *beräkningsresultatens tillförlitlighet och dess överensstämmelse med mätresultaten, är helt beroende av att utförandet i byggnad motsvarar de förhållanden som gällde då indata för konstruktionerna bestämdes.*
 - Inverkan av toleranser i utförandet bör beaktas genom att räkna med något försiktiga värden.
 - Exempelvis är en pågjutning av ett förspänt bjälklag ofta något tunnare på mitten på grund av överhöjning
- *där man är osäker på hur en konstruktion eller en knutpunkt fungerar när det gäller ljudtransmission, bör*

modellen varieras för att det ska vara möjligt att se i vilken grad denna osäkerhet påverkar slutresultatet.

- Är känsligheten för osäkerhet i antagandet stor bör analysen kompletteras.
- Detta kan göras vad avser stomljudsbryggor, luftläckage och samverkan av konstruktioner som minskar flanktransmissionen.
- Riskkonstruktioner bör markeras på bygghandlingarna, så att utförandet motsvarar det som förutsätts vid beräkningarna
- *beräkningsmetoden underskattar transmission genom knutpunkter mellan massiva och lätta element (t.ex. träbjälklag, lättbetong, tunna gipsblock, sandwichelement). Se avsnitt 4.4.2.*

7.3 Stegljudsisolering

Mätning i byggnad (mellan rum): SS-EN ISO 140-7

Stegljudsapparater som används vid verifiering ska uppfylla krav enligt SS-EN ISO 140-6, -7 och -8 vilket bör styrkas med kalibreringsintyg från tillverkaren eller ett oberoende provningsställe. Mer information om kalibrering och vanliga fel på apparaterna redovisas i metodblad från SP (<http://www-v2.sp.se/energy/acoustics/files/Stegljudsapparater.pdf>).

Det är vanligt att apparater som använts under en tid har för låg fallhastighet på hamrarna, för låg slagfrekvens och deformerade hammarhuvuden. Defekterna resulterar i lägre stegljudsnivåer, vilket ger ”bättre” mätvärden. Jämfört med en kalibrerad maskin kan skillnaden vara ca 1-2 dB. I samband med en ansvarsfråga är det en fördel för mätföretaget, att kunna styrka att apparaten uppfyller gällande krav och den bör därför vara kalibrerad.

Beräkning (mellan rum): SS-EN 12354-2

Förutom det som sagts under föregående avsnitt om luftljud, kan tilläggas att man bör räkna med att stegljudsdämpande material åldras något. Hårdnande material innebär att stegljudsdämpningen vid höga frekvenser minskar. Exempel på detta visas i rapporten till Byggekostnadsforum, se referens 2.3.

När det gäller avgränsning av mottagarummets volym, se avsnitt 4.4.2.



Stegljudsapparat fabrikat Bruel&Kjaer. Källa: SIS teknisk rapport 2007:15.

7.4 Ljudisolering mot trafik och andra yttre ljudkällor

Mätning i byggnad (in till rum): SS-EN ISO 140-5

I många fall kan en översiktlig kontroll göras av att ljudisoleringen är godtagbar, genom att mäta ljudnivåer i rummen under tiden trafikmängderna och andra förhållanden är representativa. Om nivåerna då är avsevärt lägre än kraven kan detta ersätta en komplett ljudisoleringsmätning enligt ISO 140-5 såvida inte boende eller brukare påtalat störande ljud. Om nivåerna är högre än förväntat bör man säkerställa att ljud från installationer eller verksamheter inom byggnaden inte stör mätningen. Mätning av ljudisoleringen med högtalare enligt SS-EN ISO 140-5 är en tillförlitligare metod, eftersom man då själv kontrollerar ljudkällan och kan hålla en god marginal till bakgrundsljuden.

I händelse av att brister konstateras vid mätning, bör man först granska alla tätningar och att konstruktionerna överensstämmer med bygghandlingarna. Täthet i drevning och fogning mellan karm och vägg inspekteras okulärt med avtagna foderlister. Även små sprickor i fogen ska åtgärdas. Tätning mellan fönsterbågar och karm kontrolleras med det så kallade pappersprovet, se avsnitt 4.6.1. Glastjocklek mäts med relevant utrustning eller så kan hela fönsterbågen vägas. Glas väger cirka $2,5 \text{ kg/m}^2/\text{mm}$. Därefter kan det fastställas vilka konstruktioner som inte har tillräcklig ljudisolering med så kallade delisoleringsmätningar. Detta kan göras genom att tejpa mitt för fogar och tätlistor, eller täcka för olika byggnadsdelar. Därefter mäts ljudisoleringen om och resultatet jämförs med teoretiskt beräknade värden. Observera, att täckningen ska begränsas till den del man vill kontrollera. Genom att ställa en mineralullsskiva mellan glaset och limma en tunn stålplåt mot innerglaset (med icke-hårdnande fotolim eller dubbelhäftande tejp) kan man avgöra om ljudisoleringen ökar som förväntat. Om inte, så beror bristen på andra faktorer än fönsterglasen. Tejptätning visar om lister m.m. fungerar som avsett. Mineralull och två lag gipsskiva som täcker hela fönsteröppningen inifrån, samt en skiva för uteluftsdonen, blockerar ljudtransmission genom öppningarna och visar om ytterväggen fungerar som avsett. Mätning med intensitet enligt ISO 15186 är ett snabbt och relativt tillförlitligt sätt att värdera olika konstruktioners delisolering. Delisoleringsmätningar bör utföras av mätpersonal med byggakustisk erfarenhet.

Beräkning (mellan rum): SS-EN 12354-3, SS 25267 tabell C4 och bilaga D

Verifiering görs mot det värde som man räknat med vid dimensioneringen. Om fönstren har avsevärt förändrade dimensioner, eller flera fönster sitter tätt ihop, kan ljudisoleringen vid låga frekvenser bli lägre än de värden som angivits för ett provfönster med standardiserade mått. I ISO 14351 ges vissa indikationer på förväntade variationer.

Vid mätning utomhus med ett antal fordonspassager som underlag kan medelvärden och standardavvikelser för maximalnivåer beräknas för aktuell tidsperiod. Se även avsnitt 4.5.4.

7.5 Ljudtrycksnivå på uteplats

Mätningar görs enligt de förtecknade Nordtestmetoderna, se SS 25267 och SS 25268. Mätresultaten ska korrigeras mot de trafikmängder som gäller som årsmedelvärden. Det är dock lämpligt att mätningarna görs under representativa förhållanden, vid normala trafikmängder, väderleksförhållanden mm. Enstaka händelser, t.ex. passerande fordon som uppenbart har högre ljudalstring än vad som är lagligt (bristfälliga ljuddämpare) bör undantas helt från mätserien.

Vid beräkningar bör alla relevanta ingångsvärden ingå, t.ex. byggnaders form och läge, marktyper, trafikförhållanden för olika vägsträckningar. I den mån utformningen inte är fastslagen är det lämpligt att göra alternativa modeller och se vad som påverkar slutresultatet. Det är önskvärt med en uppskattning av osäkerheten i beräkningsresultaten med ledning av osäkerheter i såväl metoden (schablonvärde från tidigare studier) som osäkerheter i den aktuella modellen (specifik för projektet).

Beräkningar: Nordiska beräkningsmodellen för trafikbuller (1996) eller Nord2000 (se SS 25268). Se vidare i avsnitt 4.5.4.

7.6 Installationer

Det är ofta svårt att bestämma ljudnivåer från installationer med god noggrannhet. Bakgrundsljud från trafik och verksamheter inom byggnaden stör mätningen. Man bör därför ordna så att mätningen kan övervakas, t.ex. genom att ha medhörning på mikrofonsignalen. Skillnaden mellan maximalnivå och ekvivalentnivå är stabil för många typer av installationer

och kan bestämmas för ett antal mätperioder. Enstaka avvikelser är en indikation på att mätningen har störts av en enstaka händelse. Medelvärdesbildning görs med fördel över ett större antal korta mätperioder. Samtidig mätning av vibrationer eller ljudnivå invid ljudkällan möjliggör att ovidkommande ljudstörningar kan separeras ut.

Observera att SS-EN ISO 16032 (avsnitt 6.4) föreskriver att medelvärdesbildning av såväl ekvivalentnivåer som maximalnivåer ska ske genom att upprepa mätningarna till dess antalet delmätningar är större än skillnaderna mellan delmätningarna. Ljud från strömmande vatten och roterande maskiner kan variera avsevärt mellan olika delmätningar. Medelvärdesbildning är nödvändig för att få stabila mätresultat som kan korreleras med de beräkningar som genomförs under projekteringsfasen. Det betyder dock, att enskilda mätningar kan få resultat som avviker från det uppmätta medelvärdet.

Luftljud

- Mätning i byggnad (luftljud i rum): SS-EN ISO 16032, SS-EN ISO 10052
- Beräkning (överhörning mellan rum): SS-EN 12354-1
- Beräkning (ljudalstring i rum): SS-EN 12354-5

Nyman och Danielsson ger ett antal praktiska råd och enkla dimensioneringsregler i boken *Ljuddimensionering av ventilationssystem*³³.

Stomljud

- Mätning i byggnad (maskiners källstyrka): EN 15657-1 (laboratoriemetod) eller förslag till Nordtestmetod NT ACOU (förenklad fältmetod med stegljudsapparat), (utbredning) ISO 10848
- Beräkning (mellan rum): SS-EN 12354-5

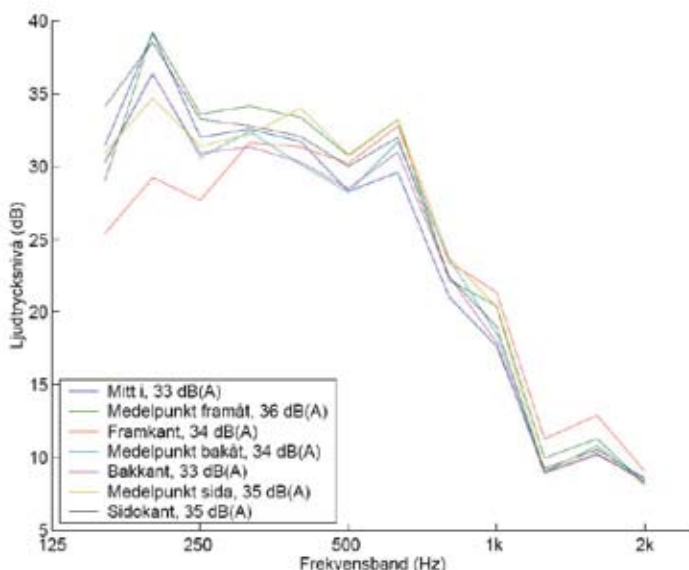
Mätning av ljud från spolning i WC görs enligt SS-EN ISO 16032. Ljudtrycksnivå från WC-stol ska innehålla samma ljudnivåkrav som anges för installationer minskade med 5 dB.

³³ Ljuddimensionering av ventilationssystem. H Nyman, S Danielsson. Förlag Formas (Byggforskningsrådet) www.formas.se Beteckning T11:1998. ISBN 54058155.

För stomburet ljud från som uppstår vid normal användning av WC kan den metod som beskrivs i Nordtest teknisk rapport 203³⁴ tillämpas (med vår översättning från engelska):

I avsnitt 7.5.3.4 i Nordtest Teknisk rapport 203³⁴ förslås en mätmetod enligt följande: Ett speciellt mät rör konstrueras med 750 mm längd och 36,8 mm innerdiameter, ett rör med 40 mm ytterdiameter och tryckklass PN6 borde vara lämpligt. Den ena ändan av röret försluts med en konisk gummipropp med största diameter 40 mm och minsta 34-35 mm. Proppens längd bör vara 35 mm. I mitten på proppen borras ett hål med diametern 5 mm.

Röret monteras sedan med underkanten av proppen 1,0 m över vattenspegeln i toaletten och fylls sedan med vatten. Röret ska ta 20 s att tömma, och tiden kan justeras genom att trycka in alternativt dra ut proppen lite grann. Ljudtrycksnivån mäts i mottagarrummet under de 20 s det tar för röret att bli tomt. Det slutliga resultatet beräknas som ett energimedelvärde av tre på varandra följande rörtömningar.

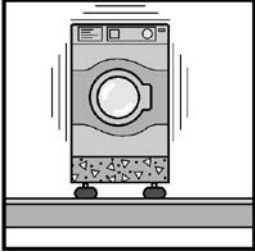


Figur 7.1
Ljudnivåer från vattentömning i WC, från 1 m höjd över vattenspegeln.



³⁴ Nordtest tec report 203. Measurements of the acoustical properties of buildings – additional guidelines. H. Olesen, Delta Akustik & Vibration, Århus 1992. ISSN 0283-7234. Tillgänglig på www.nordicinnovation.net/nordtest.cfm

Det är väsentligt att genomföra hela den mätprocedur som anges i ISO 16032, avsnitt 6.4. Mätmetoden har provats praktiskt och följande delresultat illustrerar hur ljudnivån kan variera mellan enskilda delmätningar, se figur 7.1, där man varierat träffpunkten i vattenspegeln.



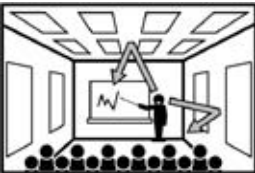
Vid provning av ljud från tvättmaskiner som centrifugerar kan man belasta maskinen med en böjd stålplåt som fästs mot tvättrummans insida längs cirka 25-35 procent av trummans omkrets. Belastningens vikt bör vara cirka 0,3 kg för mindre maskiner och 1,0 kg för lite större fastighetsmaskiner (för gemensam tvättstuga), dock högst vad maskinen kan arbeta med, utan att eventuella överlastskydd löser ut eller det finns risk för skador på grund av obalanskrafter.

7.7 Efterklangstid och ljudabsorptionsarea

Mätning i byggnad (efterklangstid i rum): SS-EN ISO 3382-2, SS 02 52 64

Se avsnitt 7.2 angående okulärgranskning av regressionslinjer till efterklangsförlopp.

Beräkning (efterklangstid i rum): SS-EN 12354-6, SS 25267 bilaga E



Vid beräkning bör man vara observant på ljudabsorberande och ljuddiffuserande verkan av inredningen. I rum med mindre mängd inredning eller stora parallella ytor finns risk för ”stående våg” och ”fladderekon” som uppfattas negativt av brukare. Beräknade värden som baseras på helt diffusa ljudfält kommer att ge kortare efterklangstider än jämförande mätningar. Instruktioner om åtgärder finns i SS 25268.

Vid granskning i byggnad bör man vara observant på följande:

- att ljudabsorbenter sitter på föreskrivet avstånd och är av rätt typ
- att tilläggsmaterial på baksidan av ljudabsorbenterna är korrekt monterat
- att den area som täcks av ljudabsorbenter motsvarar vad som har föreskrivits (avräknat täckande föremål bredare än 10-20 cm som monterats dikt mot absorbenten, eller

ersatt denne, t.ex. belysning, kylbafflar, skyltar, givare och luftdon.)

- att byggmaterial, möbler och övrig inredning motsvarar vad som har föreskrivits

Se i övrigt anvisningar från aktuella leverantörer (tillverkare) och i standarden SS 25268.

Referenser i handboken

Bibliografiska uppgifter om de publikationer som handboken hänvisar till anges med fotnoter i anslutning till hänvisningarna. Standarder förtecknas på SIS webbplats, www.sis.se.

Läs mera

Akustik & buller. Johnny Andersson Stockholm: Svensk byggtjänst, 1998 ISBN:91-7332-727-1

Sound Insulation: Theory into Practice. Carl Hopkins. ISBN-13: 978-0750665261. Butterworth Heinemann; 1st ed. www.amazon.co.uk

Ljud och Vibrationer. Bodén m.fl. Stockholm, Institutionen för farkostteknik. Kungliga tekniska högskolan 1999. ISBN 91-7170-434-5 (inb.)

Akustik 1, Kort ljudlära med tillämpningar på absorption, isolering och bullerdämpning. Lindblad, Sven. Lund : LTH, 1973. ISBN:99-0715476-8

Byggningsakustikk - et grunnlag. Tapir akademisk forlag, Trondheim 2003. ISBN: 8251917255. Vigran, T E

Byggningsakustik. Teori og praksis. SBI anvisning 166. Statens byggeforskningsinstitut 1989 (www.byggedata.dk). ISBN 87-563-0736-5. Kristensen J, Rindel J H.

Bygningers lydisolering. Nyere bygninger. SBI anvisning 172. Statens byggeforskningsinstitut 1992 (www.byggedata.dk). ISBN 87-563-0788-8. Kristensen J.

Luftljudsisolering. En sammanställning av tillämplig teori. Formas förlag rapport R60:1980. ISBN 91-540-3254-7. Bodlund, K.

Ljudisolering i bostadshus med stålstomme. Stålbyggnadsinstitutet publikation 144 1994. ISBN 91-7127-002-7. Anderson J.

Säkring av ljudkvalitet vid projektering av bostadshus. Statens råd för byggnadsforskning rapport T23:1995. Svensk byggtjänst ISBN 91-540-5723-X. Ljunggren S.

Kan lätta bjälklag ge lika bra ljudisolering som betongbjälklag? Artikel i tidskriften Bygg & Teknik 2/2003, www.byggteknikforlaget.se.

Low-frequency footfall noise in multi-storey timber frame buildings. Nordic committee on building regulations NKB, acoustics group. Report 1996:12 E. ISBN 951-53-1566-2.

Svikt, svängningar & styvhet hos bjälklag.
Dimensioneringsmetoder. Statens råd för byggnadsforskning. Svensk byggtjänst. Rapport T20:1984. ISBN 91-540-4301-8. Ohlsson S.

Flanketransmisjon via parkett på elastisk underlag.
Masteroppgave 2004. Institutt for bygg anlegg og transport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet NTNU. Lykke, E.

Ljudisolerings- och vibrationsegenskaper för övergolvskonstruktioner i kombination med träbjälklaget SödraSemi. Lunds tekniska universitet 2003, rapport TVBA-5030. Herrström E.

Acoustic properties of wooden floor slabs. VTT publikation 345 Espoo Finland 1998. ISBN 951-38-5230-X (www.vtt.fi). Sipari P, Heinonen R, Parmanen J.

Nordic Basis of Calculation of Sound Insulation in Buildings. Nordtest rapport 1346-97. Pedersen D.B. Delta Akustik & Vibration, Århus 1998. (www.delta.dk, www.nordicinnovation.net)

Så byggdes husen 1880-2000. Statens råd för byggnadsforskning och Stockholms stadsbyggnadskontor 1983. Formas förlag, rapport T1:1984, femte utgåvan. ISBN 91-540-5888-0. Björk C, Kallstenius P, Reppen, L. Underlag för SBUF-rapport ref 4.

Mätrapporter från Rockwool AB:s akustiklaboratorium 1966-1969 (www.parafon.se) Friberg R, Andersson L.

Mätrapporter från Rockwool AB:s akustiklaboratorium 1970-1979 (www.parafon.se) Andersson L, Skärgård J.

Lydisolerende konstruksjoner. Datasamling och beregningsmetode. Norges byggforskningsinstitutt anvisning 28 (www.byggforsk.no). Homb A, Hveem S, Ström S.

Byggforskserien, SINTEF Byggforsk (bks.byggforsk.no).

Fristående informationblad med anvisningar, lösningar
og råd kring projektering, byggande och förvaltning, med
omfattande rådgivning kring byggakustiska lösningar.

Ljudisolering hos träfasader. Mätningar av luftljudsisolering i
laboratorium. Akustikverkstan Skövde rapport 3030 1993
(www.akustikverkstan.se). Byggforskningsrådet projekt
920858-6.

Fasad mot buller och luftföroreningar. SP-INFO 1999:08.
ISSN 1401-9612. Vägverket publikation 1999:88. Boverket
1999. Jonasson H, Lundgren B, Ruud S, Sahlin I.

Isolering mot utendörs støy. Beregningsmetode og
datasamling. Norges byggforskningsinstitutt håndbok 47
(www.byggforsk.no). Homb A, Hveem S.

Laboratory measurements of the sound insulation of building
façade elements. Internal report IRC IR-818 October 2000
(www.nrc.ca) Bradley J.S, Birta J.A.

Structure-borne Sound. Ungar, E.E./Heckl, M., Cremer L.
Hardback. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH &
Co. KG, UK, 1988. ISBN:3540182411

En kartläggning av ljudklimatet i några moderna svenska
bostäder. Subjektiva och objektiva ljuddata för 8
bostadsområden och 350 bostadslägenheter. SP teknisk
rapport 1983:37. ISSN 0280-2503 (www.sp.se). Bodlund
K, Eslon L.

Lågfrekvent buller i boendemiljön. Karlsson Hjorth, H-O.
Boverket, Karlskrona november 2000. ISBN 91-7147-
653-9. Dnr B6086-534/2000. www.boverket.se

Konferensbidrag till EuroNoise 2006: Verification of sound
absorption requirements. *Christian Simmons*

Efterklangstid eller absorptionsmängd? Bygg & Teknik nr 3
2006 sidan 32 *Erling Nilsson och Nils-Åke Andersson*

Mätning av efterklangstid i vanliga rum, Bygg & Teknik nr 3
2007 sid 37 *Krister Larsson och Hans Jonasson*

Så lät det i husen 1880-2000, Bygg & Teknik nr 3 2004 sidan 13, *Christian Simmons*

Stegljud i flerfamiljsbostadshus, Bygg & Teknik nr 1 2006 sidan 50, *Klas Hagberg*

Buller under byggtiden, Bygg & Teknik nr 3 2005 sidan 38, *Leif Åkerlöf och Eva Hellgren*

Buller Höga ljudnivåer inomhus Handbok, Socialstyrelsen ISBN 978-91-85999-30-9

Fler artiklar om ljud finns på www.byggteknikforlaget.se
Nordtest tekniska rapporter (NT Tech) och metoder (NT ACOU) finns på www.nordicinnovation.net/nordtest.cfm

Det finns många goda exempel som visar hur man kan nå de uppsatta ljudmålen med rimlig säkerhet. Detta kan göras om man har tillräckliga kunskaper och arbetar strukturerat och noggrant med att planera ljudfrågorna i ett byggnadsprojekt. Handboken är därför utformad som ett komplement till standarderna för ljudklassning av bostäder och lokaler, som specificerar olika ljudkrav som kan ställas på en byggnad i bruksskedet.

Handboken är indelad i avsnitt med olika inriktning och detaljeringsgrad. Boken klargör bl.a. olika aktörers ansvarområden, roller och ansvarsfördelning i byggprocessen. Den beskriver också hur en ljudskyddsdokumentation, som styr hanteringen, kan utformas och om hur tekniska råd om tillämpning av ljudklassningsstandarderna ska hanteras.

Handboken är framtagen för att underlätta för olika aktörer att bryta ner reglerna i Boverkets Byggregler, BBR, och ljudkraven i standarderna till mer lätthanterliga delmål. Där finns även hänvisningar till praktiskt inriktade rapporter, artiklar och informationsblad om byggakustik.

Boverket

Box 534, 371 23 Karlskrona

Tel: 0455-35 30 00. Fax: 0455-35 31 00

Webbplats: www.boverket.se