

KIVIRAKENTEILLA ÄÄNENERISTÄVYYTTÄ

Heikki Helimäki, diplomi-insinööri, Fise
Mikko Kylliäinen, tekn.lis., Fise
Helimäki Akustikot Oy

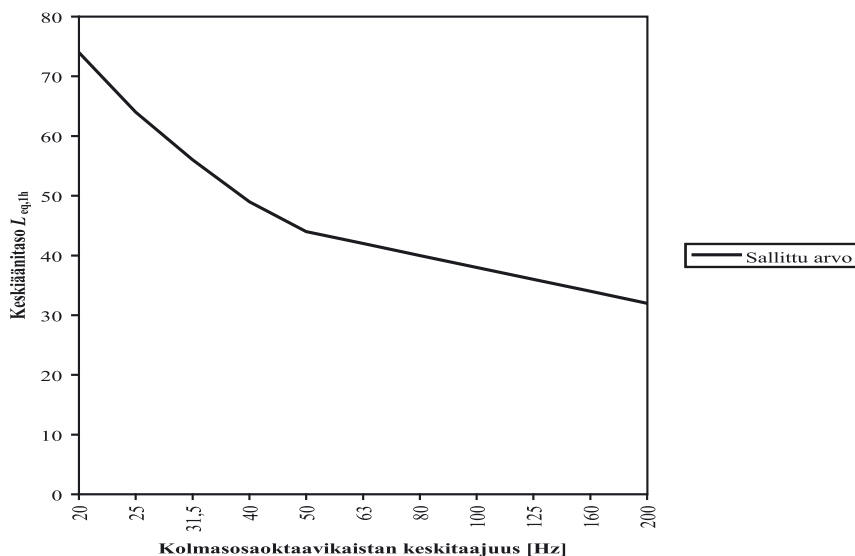


Valokuvat: Mikko Kylliäinen

1
Kino Tapio on toiminut Joensuussa vuodesta 1927.

Kaista / Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$L_{eq,1h}$ / dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Taulukko 1.
Yöaikaisen pientaajuisen melun enimmäistasot.
(Huom! alkuperäisessä julkaisussa on taulukko 3:ssa virheellisesti A-painutus keskiäänitasossa)



2
Yöaikaisen pientaajuisen melun sallitut enimmäistasot.

Yhä useammin tulee vastaan tilanteita, joissa rakenteiden ääneneristävyyden on oltava erittäin hyvä. Tämä on seurausta rakentamisesta, jossa hyvin eri tyyppisiä tiloja ja toimintoja sijoitetaan samaan rakennukseen. Toisaalta ihmisten melutietoisuus on lisääntynyt ja huonoista olosuhteista valitetaan yhä herkemmin. Rakennukset, joissa tarvitaan normaalia parempaa ääneneristävyyttä, tulisi aina suunnitella siten, että niissä on osaava akustikko mukana projektin alusta asti. Normaalia parempi ääneneristävyys matalilla taajuuksilla johtaa aina kivirakenteisiin.

Tässä artikkelissa käsitellään toisaalta kohteita, joissa on kovat ääneneristysvaatimukset. Ja toisaalta kohteita, joissa rakentamisen muuttuneet käytännöt ovat johtaneet tilanteisiin, joissa rakenteiden ääneneristävyydet eivät ole sitä mitä niiden on oletettu olevan.

MÄÄRÄKSET :

SRakMK C1-1998

RakMK C1 linjaa "Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on hyvien ääniolosuhteiden saavuttamiseksi otettava huomioon ääneneristykseen lisäksi myös muut rakennuksen tai tilan ääniolosuhteisiin vaikuttavat tekijät, kuten melulähteen voimakkuus ja tilojen keskinäinen sijoittelu" (kohta 1.4.1). Lisäksi ohjeena on: "Mikäli tilassa, jossa melu syntyy, enimmäisäänitaso $L_{A,max}$ voi toistuvasti olla suurempi kuin 80 dB, ympäröivien tilojen tarvittava suojaus melulta määritetään ja suunnitellaan tapauskohtaisesti".

Asumisterveysohje (STM 2003)

Asuntoterveysohje rajaa melutasoja asunnoissa seuraavasti:

- 1) Tiloilta, joissa nukutaan, pientaajuisen yöaikaisen melun enimmäisarvot ovat Taulukon 1. mukaiset (Ohjeen luku 5.3, taulukko 3):
- 2) Lisäksi alkuyön (klo 22-02) $L_{Aeq,1h}$ -tasojen tulisi olla korkeintaan 25 dB(A) silloin kun musiikkimelu on selvästi erotettavissa, so. kun jatkuva hyväksyttävissä oleva taustamelu ei peitä sitä kuulumattomiin.

MISSÄ KOVAT VAATIMUKSET TULEVAT VASTAAN

Yli 80 dB äänitasot eivät ole mitenkään harvinaisia. Äänitasot ylittävät tason 80 dB(A) tavallisesti esimerkiksi yökerhoissa, diskoissa, tanssiravintolois-

Uuden elokuvakeskuksen ja liike- sekä asuinrakennuksen rakentaminen ajoittui vuosille 2003-2005. Vanhan elokuvateatterin viereen rakennettiin uusi rakennus, jonka kellariin tuli kolme uutta elokuvasalia. Katutasoon tuli liiketiloja ja toisesta kerroksesta ylöspäin asuinhuoneistoja.



sa, karaokeissa, pubeissa, liikuntatiloissa, kuntosalien ryhmäliikuntatiloissa, elokuvateattereissa, päiväkodeissa, nuorisotiloissa.

Näissä tiloissa tulee tapauskohtaisesti selvittää tarvittava ääneneristystaso. Aikaisemmissa määräyksissä ollut suurinta 60 dB eristysvaatimusta ei enää ole. Nykyisellään ääneneristysvaatimukset saattavat asettua tasolle 75-80 dB.

ESIMERKKINÄ KINO TAPIO, JOENSUU

Kino Tapio on toiminut Joensuussa vuodesta 1927. Uuden elokuvakeskuksen ja liike- sekä asuinrakennuksen rakentaminen ajoittui vuosille 2003-2005.

Lähtökohtana oli että vanhan elokuvateatterin viereen rakennetaan uusi rakennus, jonka kellariin tulee kolme uutta elokuvasalia. Katutasoon tuli liiketiloja ja toisesta kerroksesta ylöspäin asuinhuoneistoja. Vanha katutasossa oleva elokuvateatteri sijaitsee uuden rakennuksen vieressä ja liittyy uuteen keskukseen ollen elokuvakeskuksen neljäs elokuvasali.

Asetetut vaatimukset

Suunnittelun lähtökohtana oli asumisterveysohjeen vaatimusten täyttäminen, eli asunnoissa äänitaso on alle 25 dB(A) elokuvateatterista ja matalien äänien sallittuja tasoja ei saanut ylittää.

Suunnittelun alkuvaiheessa mitattiin yhden toimintaelokuvan äänitaso, joka on esitetty kuvassa 2.

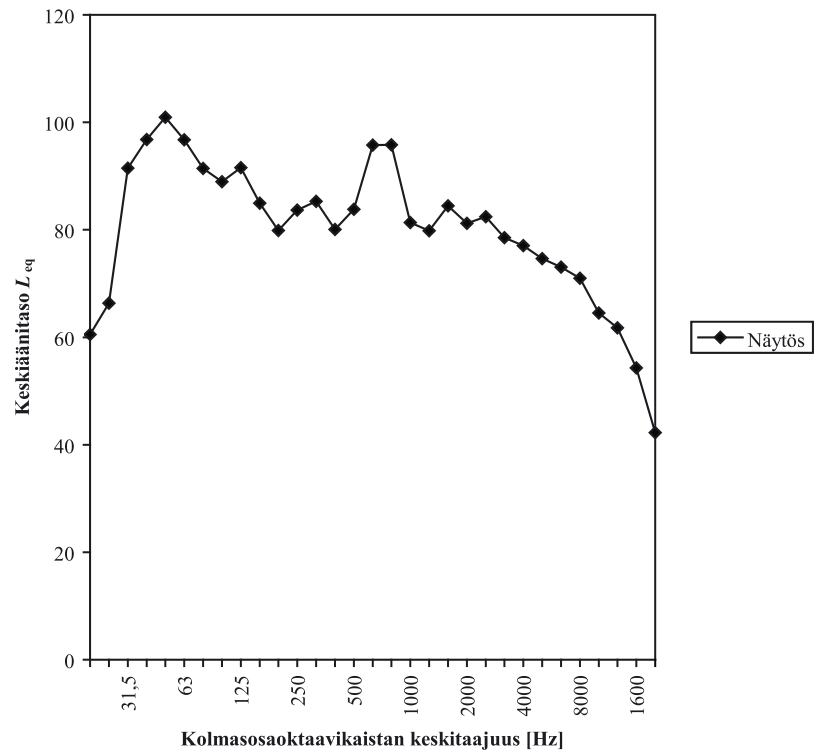
Rakennerratkaisut

Kohteessa oli akustinen suunnittelija mukana alusta asti. Vaikeimmaksi ongelmaksi osoittautui hyvin nopeasti pientaajuisten melun eristäminen. Laskennallisesti selvitettiin kevyempiä ratkaisuja, mutta ainoaksi toimivaksi osoittautui elokuvateatterien rakentaminen betonisina huone-huoneessa rakenteina, jokainen sali omana rakenteenaan.

Käytetyt rakenteet olivat noin 200 mm betonia, 200 mm villaa ja 200 mm betonia + huoneakustiset vaimennusrakenteet kuvan 5 mukaisesti.

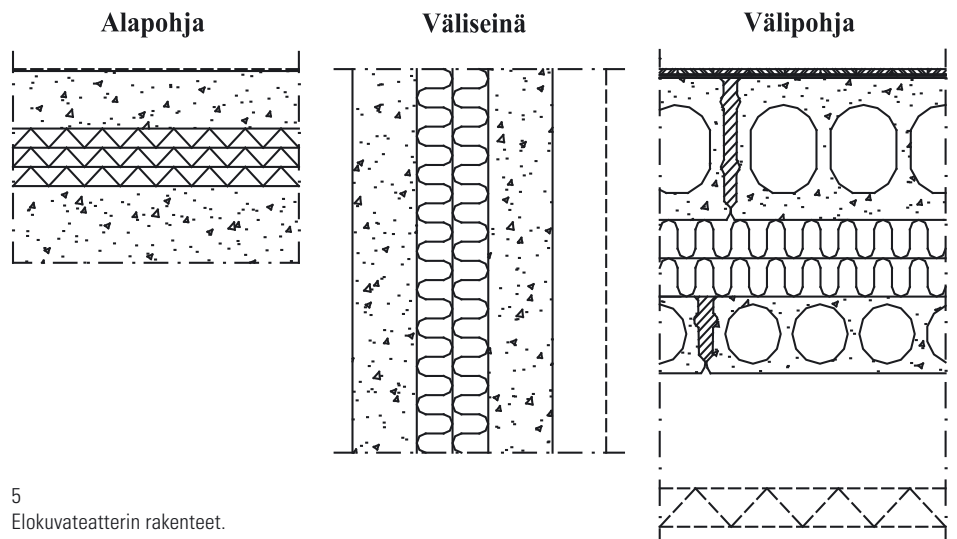
Betoniset huone-huoneessa rakenteet tuettiin rakennuksen rungosta Sylomer ja Sylodyn -kaisuilla, jotka mitoitettiin joka kohtaan erikseen kuormituksen mukaan. Betonisen huoneen sisälle tehtiin sitten elokuvateattereiden huonevaimennusratkaisut.

Rakentamisen aikana kohteessa pidettiin useita tarkistuksia, joissa varmistettiin rakenteiden erillään pysyminen.



4

Elokuvan keskiäänitaso (linearisena).

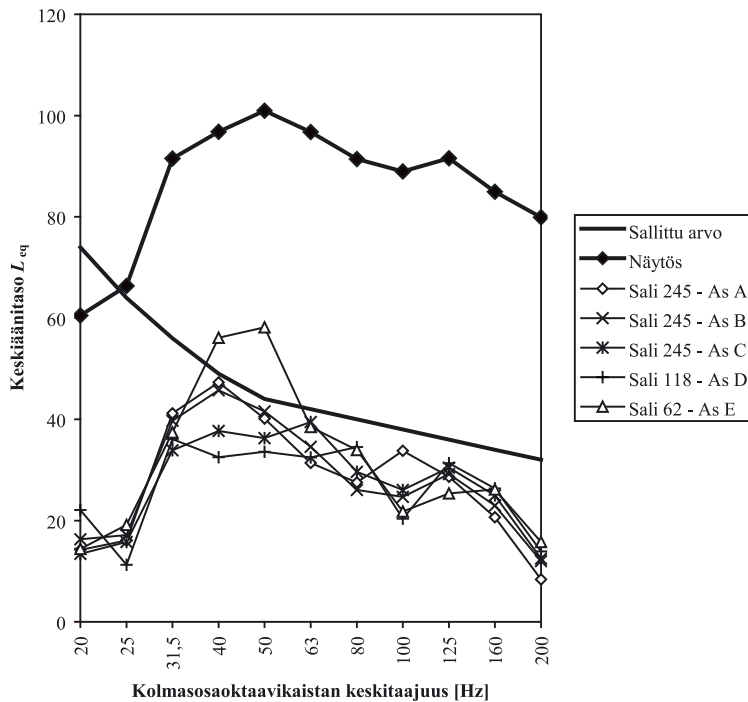


5

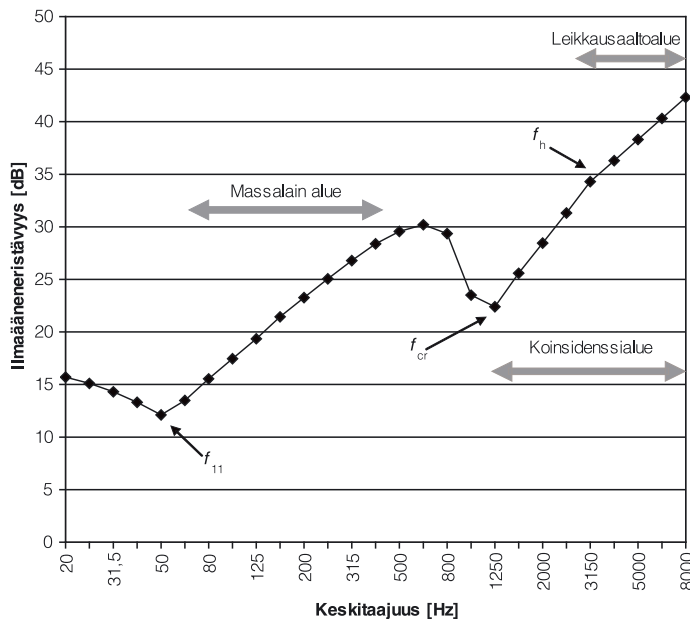
Elokuvateatterin rakenteet.



6



7



8

Mittaukset

Kohteessa tehtiin sen valmistuttua perusteelliset mittaukset, joissa selvitettiin mm. elokuvateatterin ja asuntojen välistä ääneneristävyyttä. Mittauksia varten elokuvasaleihin tuotiin äänentoistojärjestelmä, jolla tavallisesti hoidetaan 5000-10000 henkilön kokoinen ulkona järjestettävä rock-festivaali.

Hyvin nopeasti selvisi, ettei laitteistolla voida ajaa jatkuvasti niin korkeaa äänitasoa kuin alkuaan oli suunniteltu. Äänentoistojärjestelmän suojausjärjestelmät kytkivät korkeat äänet pois päältä. Mittaukset jouduttiin tekemään siten, että tulokset saatiin matalilta taajuuksilta, mutta todellinen tulos korkeilla taajuuksilla on huomattavasti parempi kuin mittauksessa saatiin. Tämä johtuu lähetspuolen äänitason mataluudesta ja rakenteiden hyvästä ääneneristävyydestä.

Tiloista mitattiin normalisoitu äänitasoero. Sen jälkeen laskettiin äänitasoerojen ja näytöksen äänenpainetasojen perusteella äänenpainetasot asuinhuoneissa todellisessa tilanteessa.

Mittaustulokset on esitetty kuvassa 7.

Salin 62 ja asunnon E välinen huono tulos johtui salin edustalla olleen laitoituksen kosketuksesta elokuvateatterin betoniseen huone-huoneessa järjestelmään. Rakenteiden irrotuksen jälkeen ongelma poistui.

Ilmaääneneristyslukuina eristävyudet olivat 70 – 80 dB (todellisuudessa vielä noin 10 dB parempia, koska mittausjärjestely rajoitti tuloksia).

6

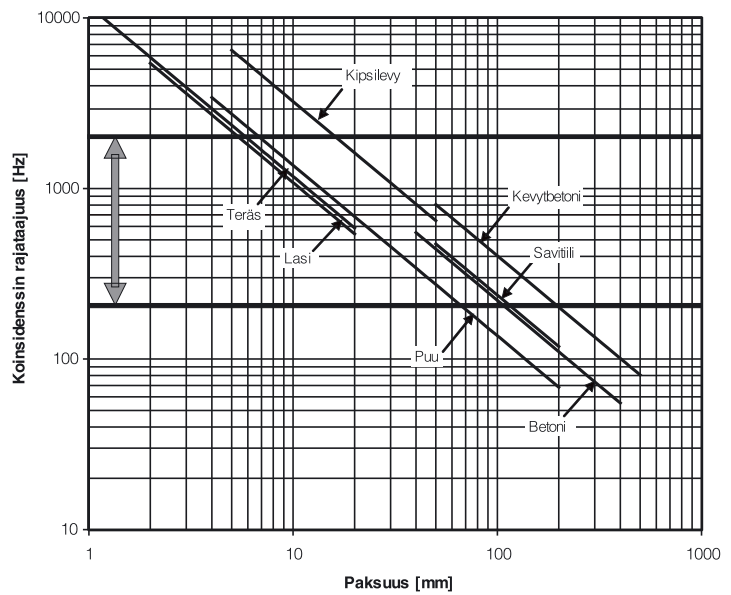
Mittauksia varten elokuvasaleihin tuotiin äänentoistojärjestelmä, jolla tavallisesti hoidetaan 5000-10000 henkilön kokoinen ulkona järjestettävä rock-festivaali.

7

Mittaustulokset (ylimpänä näytöksen äänitasot, seuraavana asumisterveysohjeen sallittu taso ja mittauksien tulokset).

8

Yksinkertaisen massiivisen rakenteen rajataajuudet



9

MUUTTUNUT RAKENNUSTAPA

Asuinrakennusten rakentamisessa on viime vuosina tapahtunut muutoksia, joiden vaikutusta ääneneristävyyteen ei ole yleisesti osattu huomioida.

Näitä ääneneristävyyteen vaikuttavia muutoksia ovat

- halu saada yhtenäisiä sileitä pintoja asuinrakennusten ulkoseiniin
- halu saada suuria yhtenäisiä tiloja sisälle asuntoihin (avokeittiö-olohuoneyhdistelmiä, joskus useita kerroksia korkeita)
- vanhojen elementtirakenteisten asuinrakennusten julkisivukorjaukset (sandwich-elementtien ulkokuoren korvaaminen muulla rakenteella).

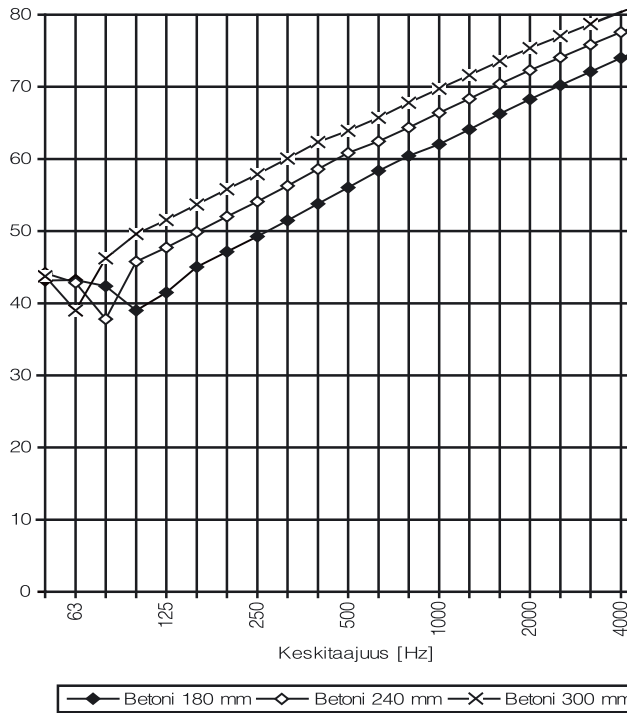
Muutosten vaikutuksen ymmärtämiseksi joudutaan hieman paneutumaan akustiikan perusteisiin.

Yksinkertaisen massiivisen rakenteen ääneneristys riippuu rakenteen massasta ja taajuudesta. Ääneneristävyyttä heikentää ns. koinssidenssitaajuus, jolla ilmassa oleva ääni ja taipuvuusvärähtely levyrakenteessa ovat samassa vaiheessa, jolloin rakenne välittää ääntä lävitseen huomattavasti enemmän kuin massalaki antaisi olettaa. Tällä koinssidenssitaajuudella ääneneristyskäyrässä on kuvan 8 mukainen monttu. Lisätietoa asiasta löytyy esimerkiksi kirjasta *RIL 243-1-2007 Akustiikan perusteet*.

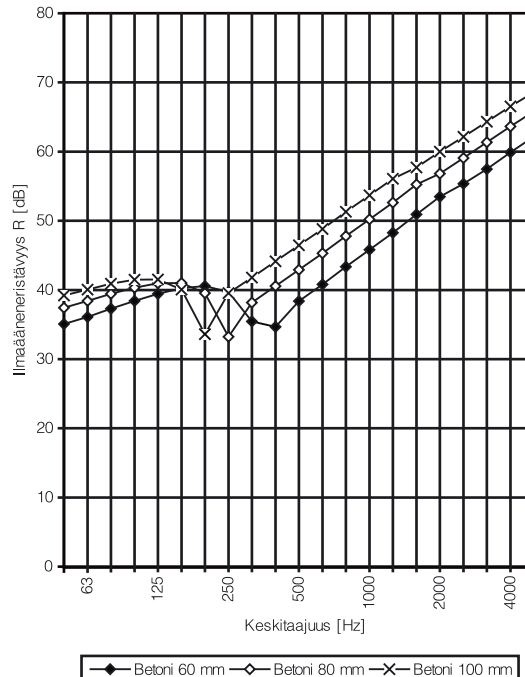
Viralliset mittaukset tehdään Suomessa taajuusalueella 100 - 3150 Hz. Puheen ymmärtämisen kannalta tärkein taajuusalue on 500 - 2000 Hz.

Rakenteiden koinssidenssitaajuus riippuu rakenteen materiaaliominaisuuksista ja paksuudesta. Koska koinssidenssitaajuus heikentää ääneneristävyyttä, se pyritään pitämään pois tärkeimmältä taajuusalueelta 200 - 2000 Hz. Joidenkin materiaalien koinssidenssin rajataajuuksia on esitetty kuvassa 9.

Kuvissa 10 ja 11 on esitetty muutamien eri paksuisten betonirakenteiden ääneneristävyyksiä. Kaikki kuvaajat on laadittu laskennallisesti materiaaliominaisuuksien perusteella tästä eteenpäin.



10



9

Koinssidenssin rajataajuuksia eri materiaaleilla (koinssidenssitaajuus tulee pitää pois nuolen osoittamalta alueelta).

10

Paksujen betonirakenteiden ääneneristävyyksiä.

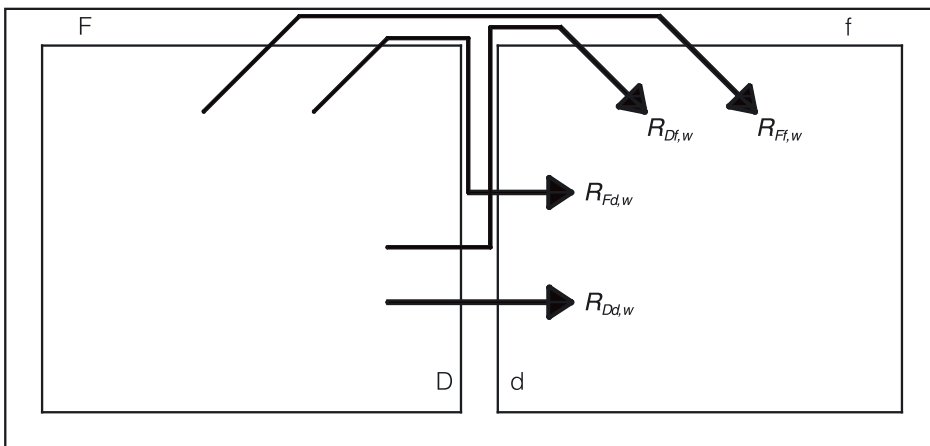
11

Ohuiden betonirakenteiden ääneneristävyyksiä.

11



12



13

Rakenteelliset sivutiesiirtymäreitit.

Syyinä on se, ettei rakenteita voida mitata laboratorioissa, koska laboratorioiden rakenteiden vaikutusta ei voida erottaa mittaustuloksista.

Vanhon betonisen sandwich-elementtien ääneneristävyyden tieliikennemelulle on yli 55 dB. Rakenteen toimii yhdistettynä rakenteena, jossa molemmat betoniset kuoret eristävät ääntä. Kun ulkokuori poistetaan ja tilalle tehdään uusi lämmöneriste ja rappaus tai uusi lämmöneriste ja levyrakente, seinärakenteen ääneneristävyys laskee. Se tarkoittaa käytännössä sitä, että jos vanhoilla rakenteilla on täytetty kaavan liikennemelueristysvaatimus ilman marginaalia, jää tieliikennemelueristävyys korjauksen jälkeen alle kaavassa vaaditun tason.

Rakennuksissa ääni kulkee ei vain tilojen välisen rakenteen kautta vaan myös kaikkia sivuavia rakenteita pitkin kuvan 13 mukaisesti. Lopulliseen rakennuksessa saatavaan ääneneristävyyteen vaikuttaa kaikkia reittejä pitkin siirtyvä ääni. Lähtökohtana pidetään sitä, että sivuavien rakenteiden pitää olla ääneneristävyydeltään lähes yhtä hyviä kuin tilojen välinen rakenne.

Nykyisissä asuinrakennuksissa sivuavat rakenteet ovat usein ohuita betonisia sisäkuoria (paksuus 100-150 mm), joiden kautta tapahtuu herkästi sivutiesiirtymää.

Ääneneristys sisäkuorirakenteilla, joissa on ns. konstruktiiivinen lämmöneriste (kovat villat, EPS) + rappaus, on heikompi kuin pelkkä sisäkuorielementti ilman lisärakennetta. Konstruktiiivinen läm-

möneriste kytkee pinnan puoliskot yhteen ja rakenteen eristävyys heikkenee (ns. dilaatiotaajuus osuu keskellä tärkeintä mittausaluetta).

Ohuiden sisäkuorien ääneneristävyys on kahteen suuntaan heikko:

- ulkomelu pääsee paremmin sisälle
- asuntojen välinen äänen sivutiesiirtymä on suurta sekä vaak- että pystysuunnassa.

Ääneneristysongelmat saattavat tulla vastaan suurien tilojen yhteydessä, joissa sivutiesiirtymänä välittyy paljon ääntä ja toisaalta ulkoseinien tieliikennemelueristävyydet eivät ole niin hyviä kuin aiemmin on oletettu.

Asuinrakennusten kivirakenteisten välipohjien rakennepaksuuksien valinnassa tulee huomioida, että useimmat välipohjatyyppit pintarakenteineen on määritetty tiloille, joiden tilavuus on enintään 50 m³.

YHTEENVETO

Massiiviset betoniset rakenteet ovat ainoita rakenteita, joilla voidaan täyttää matalataajuisten äänen suuret ääneneristysvaatimukset. Niissäkin tosin joudutaan menemään kaksinkertaisesti täysin erillisiin rakenteisiin.

Ohuiden kivirakenteiden ääneneristävyys ei ole kovin hyvä ja niiden eristävyys voi vielä heikentyä, kun pinnalle tehdään lisärakenne. Se pitää huomioida erityisesti suurissa huonetiloissa.

STONE STRUCTURES FOR BETTER SOUND INSULATION

Good sound insulation of structures is nowadays often an important criterion in construction projects, because individual buildings must to an increasing extent accommodate facilities and functions of very different type. People have also become more aware of noise, and the threshold for complaining about poor conditions appears to have lowered.

Where improved sound insulation is required, an acoustician should always be involved in the building project from the very beginning.

The only structures that meet high sound insulation requirements in terms of low-frequency noise are massive concrete structures. And even with them, completely separate double structures are needed.

The sound insulation capacity of thin stone structures is not very good, and may be further impaired if an additional structure is built on top of them. This should be taken into account, particularly in large rooms.

Kino Tapio is a cinema that has operated in Joensuu since 1927. A new building with three new cinemas in the basement was built next to the old theatre building during 2003-2005. The new building contains commercial facilities on the ground floor, and apartments on the upper floors. The old theatre on the street level adjacent to the new building serves as a fourth cinema.

An acoustical designer took part in the project from the start. The insulation of low-frequency noise proved the most difficult problem. Lighter solutions were investigated by means of calculations, but it was concluded that the problem could only be solved by building the cinemas as room-inside-room structures of concrete; each cinema as a separate structure.

The structures that were used consist of a ca. 200 mm layer of concrete, a 200 mm layer of wool and a 200 mm layer of concrete, plus room acoustic soundproofing structures.

12

Ainoaksi toimivaksi ratkaisuksi ääneneristykseen osalta osoittautui elokuvateatterien rakentaminen betonisina huone-huoneessa rakenteina eli jokainen sali omana rakenteenaan.