

2 ÄÄNENERISTÄVYYS

2.1 ILMAÄNENERISTÄVYYS

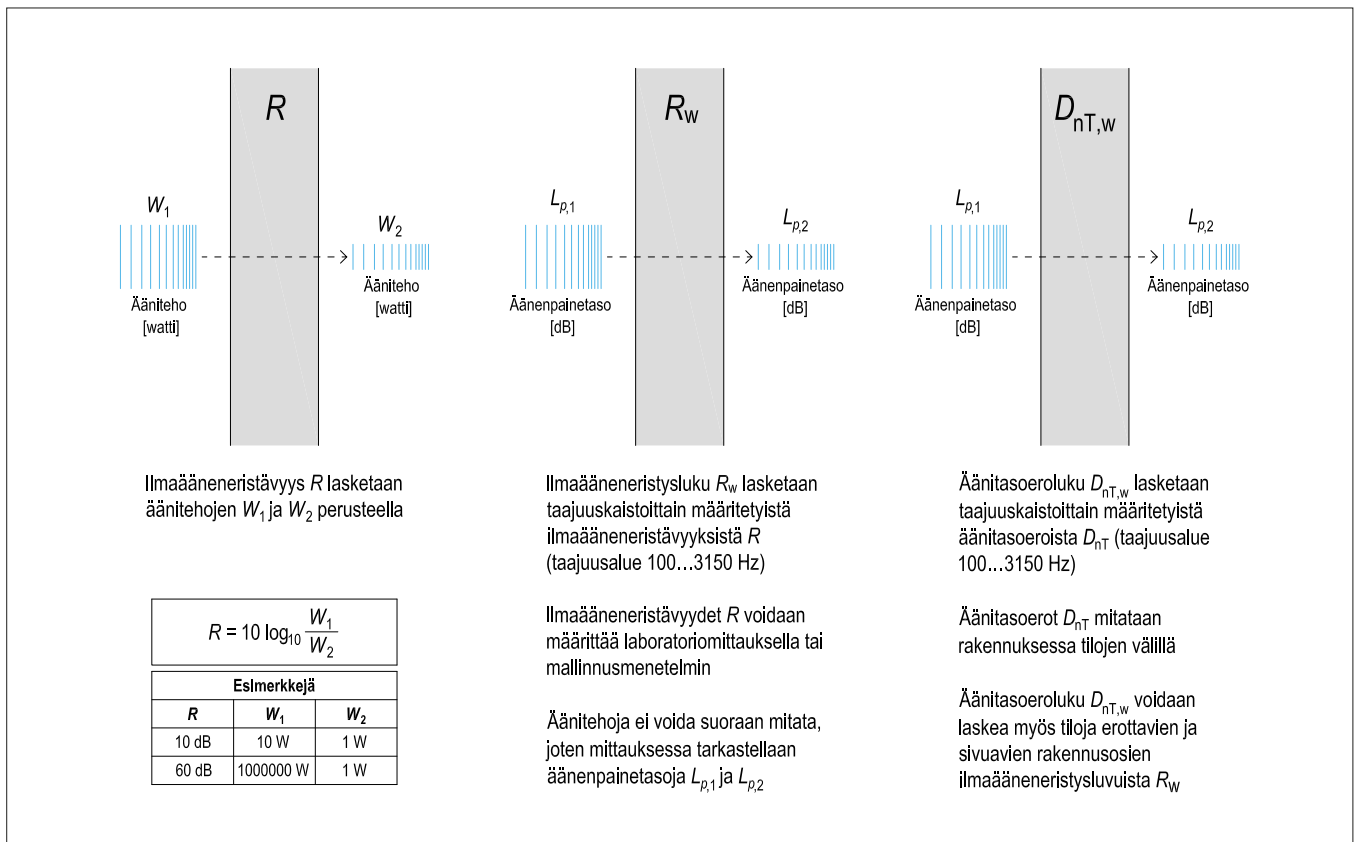
Ilmaääneneristysten tarkoitus on vähentää ilmassa siirtyvän äänen kulkeutumista ääntä eristävän rakennusosan toiselle puolella. Rakennuksessa ilmaääntä tuottavat puhe, äänentoisto, tekniset laitteet jne.

Ilmassa siirtyvä ääni törmää ääntä eristäviin rakennusosiin ja saa ne värähtelemään äänitehon W_1 vaikutuksesta. Värähtely saa rakennusosan toisella puolella olevan ilman värähtelemään, jolloin rakennusosa välittää sen toiselle puolelle äänitehon W_2 (kuva 10). Tämän suuruus riippuu rakennusosan ilmaääneneristävyysominaisuuksista, joihin lukeutuu myös rakennusosan ilmatiiviyys. Ääniteho W_1 saa myös ääntä eristävää rakennusosaa sivuavat rakennusosat värähtelemään, jolloin jokin ääniteho W_2 välittyy myös rakenteellisia sivutiesiirtymiä pitkin.

Ilmaääneneristävyys R on taajuudesta riippuva suure. Se lasketaan taajuuskaistoittain äänitehojen W_1 ja W_2 suhteen perusteella (kuva 10). Mitä suuremman arvon R saa, sitä parempi on ilmaääneneristävyys.

Rakennusosan ilmaääneneristyskyky ilmoitetaan ilmaääneneristysluvulla R_w (yksilukuarvo). Se lasketaan taajuuskaistoittain määritetyistä ilmaääneneristävyyksistä R (taajuusalue 100...3150 Hz). Ilmaääneneristysluku R_w voidaan määrittää laboratoriomittauksin tai mallinnusmenetelmin.

Tilojen välinen ilmaääneneristävyys ilmoitetaan äänitasoeroluvulla $D_{nT,w}$ (yksilukuarvo). Se lasketaan taajuuskaistoittain mitausta tilojen välisistä äänitasoeroista D_{nT} (taajuusalue 100...3150 Hz). Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ voidaan laskea myös taajuuskaistoittain määritetyistä tiloja erottavien ja sivuavien rakennusosien ilmaääneneristyslukuista R_w (taajuusalue 100...3150 Hz). Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ ottaa huomioon tilojen välillä olevat rakenteelliset sivutiesiirtymät, ääntä eristävän rakennusosan pinta-alan, tilan jälkikaiunta-ajan ja tilan koon. Täten äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ kuvaa ääneneristävyyttä todennukaisemmin kuin ilmaääneneristysluku R_w .



Kuva 10. Rakennusosan ilmaääneneristävyyden määrittämisen periaatteet.

ÄÄNENERISTÄVYYS

2.2 RAKENNUSOSAN ILMATIIVIYS

Rakennusosan ilmatiiviys on ilmapääeneristävyyden perusedellytys, koska ääni kulkee ilman välityksellä. Rakennusosassa olevalla avoimella raolla on jonkin verran ääneneristävyyttä, mutta käytännössä siihen kohdistuvan äänen voidaan olettaa kulkevan raon kautta tilasta toiseen. Taulukossa 4 on havainnollistettu seinässä olevan avoimen raon vaikutus seinän ilmapääeneristävyyteen.

Puurakentamisessa rakennusosien ja näiden välisten saumojen tiivistyksessä käytetään yleensä seuraavia tiivistystuotteita:

- Elastinen tiivistysmassa.
- Tiivistysteippi.
- Profiilitiivistenauha (EPDM, polyeteeni).
- Paisuva saumanauha (polyuretaani).

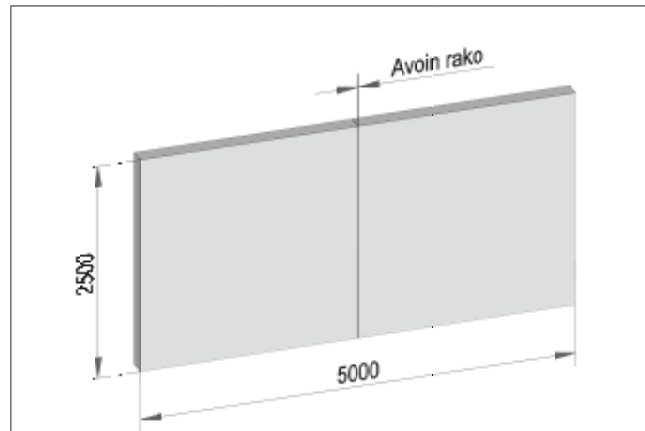
Tiivistysmassoja käytettäessä sauma tulee toteuttaa siten, että tiivistysmassalle on riittävän leveä rako, johon tiivistysmassa voidaan tarvittaessa uusia. Tiivistysmassan tulee olla riittävän elastista ja sen tarttuvuus tiivistettävään materiaaliin tulee varmistaa. Tiivistysteippien yhteydessä tulee myös varmistua teippauksen pysyvyydestä.

Profiilitiivistenaukat muodostavat rakenteiden liitoksiin joustavan katkon, joka voidaan katsoa akustiseksi eduksi. Polyuretaani-pohjaisten paisuvien saumanauhojen etu on niiden mukautuminen sauman muotoon ja mahdolliseen sauman liikkeeseen (esim. kosteuseläminen). Saumanauhoja käytettäessä tulee kiinnittää huomiota näiden jatkoksiin, koska jatkoksissa tapahtuva ilmavuoto muodostaa merkittävän heikennyksen rakennusosien ilmapääeneristävyyteen.

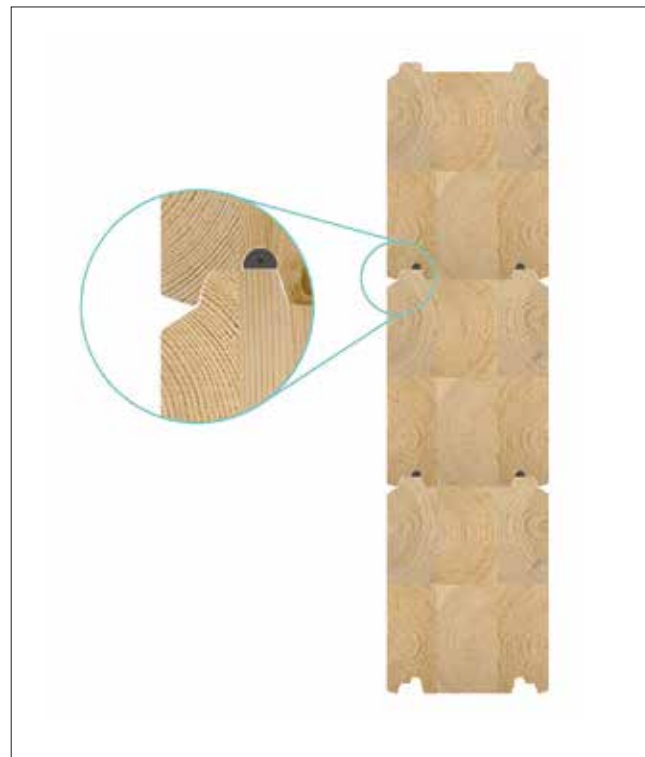
Ääntä eristävässä rankarakenteisissa kipsilevyseinissä ja vastavissa rakennuslevyjen saumat tehdään rankojen kohdalle ja päällekkäisten levykerrosten saumat limitetään siten, että ne ovat eri rankojen kohdilla. Tällöin levyjen saumoihin eri tarvita erillistä akustista tiivistystä. Tarvittaessa rakennuslevyjen saumojä voidaan tiivistää myös kalvomaisilla ilmansulkutuotteilla.

Hirsiseinissä tulee kiinnittää huomiota hirsien välisten saumojen ilmatiiviyteen. Tämä korostuu erityisesti tapauksessa, jossa seinä koostuu pelkästään hirsistä eikä siihen tehdä levytyksiä tai muita erillisiä ilmatiiviitä kerroksia. Kuvassa 12 on esitetty kuinka hirsiseinän saumoissa olevat raot heikentävät seinän ilmapääeneristävyyttä suurilla taajuuksilla. Nykyisin on kuitenkin saatavilla hirsituotteita, joissa on profiilitiivisteet (kuva 11). Tällöin hirsiseinä voidaan katsoa akustisesti riittävän ilmatiiviiksi pelkkänä hirsiseinänä.

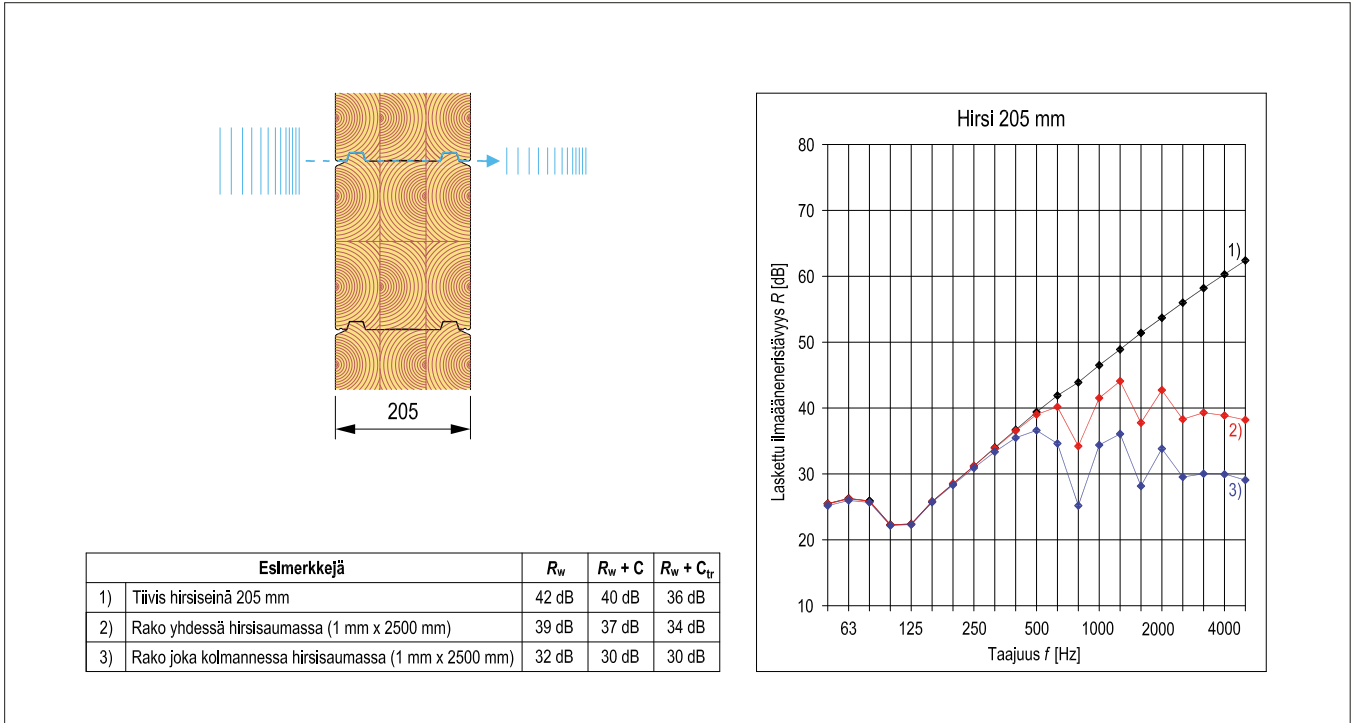
Taulukko 4. Esimerkkejä avoimen raon vaikutuksesta seinän ilmapääeneristävyyteen.



Tiivis seinä R_w	Raon leveys	Seinässä rako R_w
60 dB	5 mm	40 dB
60 dB	0,5 mm	49,5 dB
60 dB	0,05 mm	57 dB
60 dB	0,005 mm	59,5 dB
60 dB	0,0005 mm	60 dB
60 dB	0,00005 mm	60 dB



Kuva 11. Teollisesti valmistettu hirsi, jossa profiilitiivisteet. Kuva: Kontituote.



Kuva 12. Hirsien välisten rakojen vaikutus ilmääneneristävyyteen, kun hirsien välisessä saumassa ei ole profilitiivistettä.

2.3 TILOJEN VÄLISEN ILMÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN

Ilmääneneristävyyden mittaukset voidaan toteuttaa kahdessa erillisessä ympäristössä, jotka ovat laboratoriomittaus ja kenttämittaus. Kenttämittaus voidaan tehdä koerakennuksessa tai todellisessa rakennuksessa.

Ilmääneneristävyys mitataan voimassa olevien standardien mukaisesti ja mittaukset suorittaa tähän erikoistunut yritys. Lähetystilassa äänilähteenä käytetään tavallisesti ympärisäteilevää pallokaiutinta, joka tuottaa kohinaa äänenpainetasolla 90...100 dB. Kohina on sellaista, että sen tuottama äänenpainetaso on suunnilleen samanlaista taajuuskaistoittain alueella 100...3150 Hz.

Laboratoriomittauksessa tutkittava rakennusosa (seinä, ikkuna, ovi jne.) asennetaan kahden toisistaan erillään olevan mittauskammion välillä olevaan aukkoon. Tällä tavalla voidaan mitata pelkkää rakennusosaa ilman rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta. Todellisuudessa myös laboratoriossa esiintyy rakenteellisia sivutiesiirtymiä, mutta ne ovat merkityksettömän pieniä. Laboratoriomittauksella määritetyt mittasuureita ei tule käyttää suunnittelussa, mikäli rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta ei ole erikseen otettu mittasuureissa huomioon.

Todellisilla rakenteilla toteutettujen koerakennusten avulla voidaan mitata rakennusosia sekä näiden liittymien ja liitoselementtien vaikutusta ilmääneneristävyyteen. Koerakennuksessa määritetyt mittasuureet sisältävät näin myös rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutuksen ilmääneneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä kehitettäessä on suositeltavaa tutkia ilmääneneristävyyttä koerakennuksen avulla, koska tällöin voidaan mitata hallituissa olosuhteissa erilaisia rakennusosia sekä rakennusosien välisiä liittymiä.

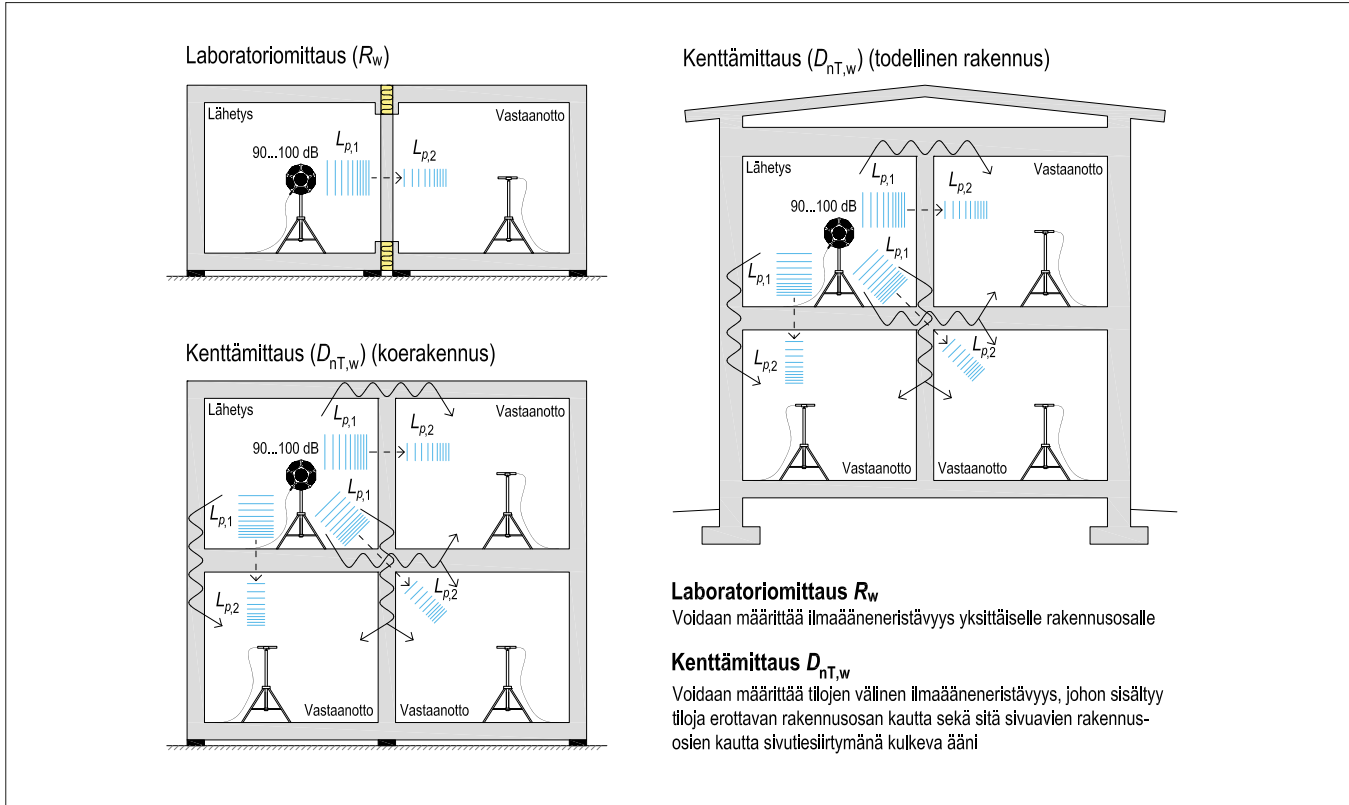
Mikäli ilmääneneristävyyttä tutkitaan koerakennuksella, tulee lähetys-/vastaanottotilan pinta-ala olla vähintään 12 m² ja tilavuus vähintään 30 m³. Lisäksi tulee varmistaa, että koerakennuksen ulkovaippa on ilmääneneristävyydeltään riittävä, jotta ääni ei kierrä ulkokautta tilasta toiseen.

Todellisessa rakennuksessa toteutettujen mittausten avulla saadaan paras käsitys rakennusosien ilmääneneristävyydestä. Todellisten tilojen mittauksella määritetyt mittasuureet sisältävät rakenteellisten sivutiesiirtymien lisäksi myös mahdollisten rakennusvirheiden sekä talotekniikan vaikutuksen ilmääneneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä kehitettäessä on suositeltavaa tutkia ilmääneneristävyyttä myös todellisessa rakennuksessa, jotta rakennusosien ja näiden liittymien sekä valmistustekniikoiden toimivuudesta saadaan varmuus.

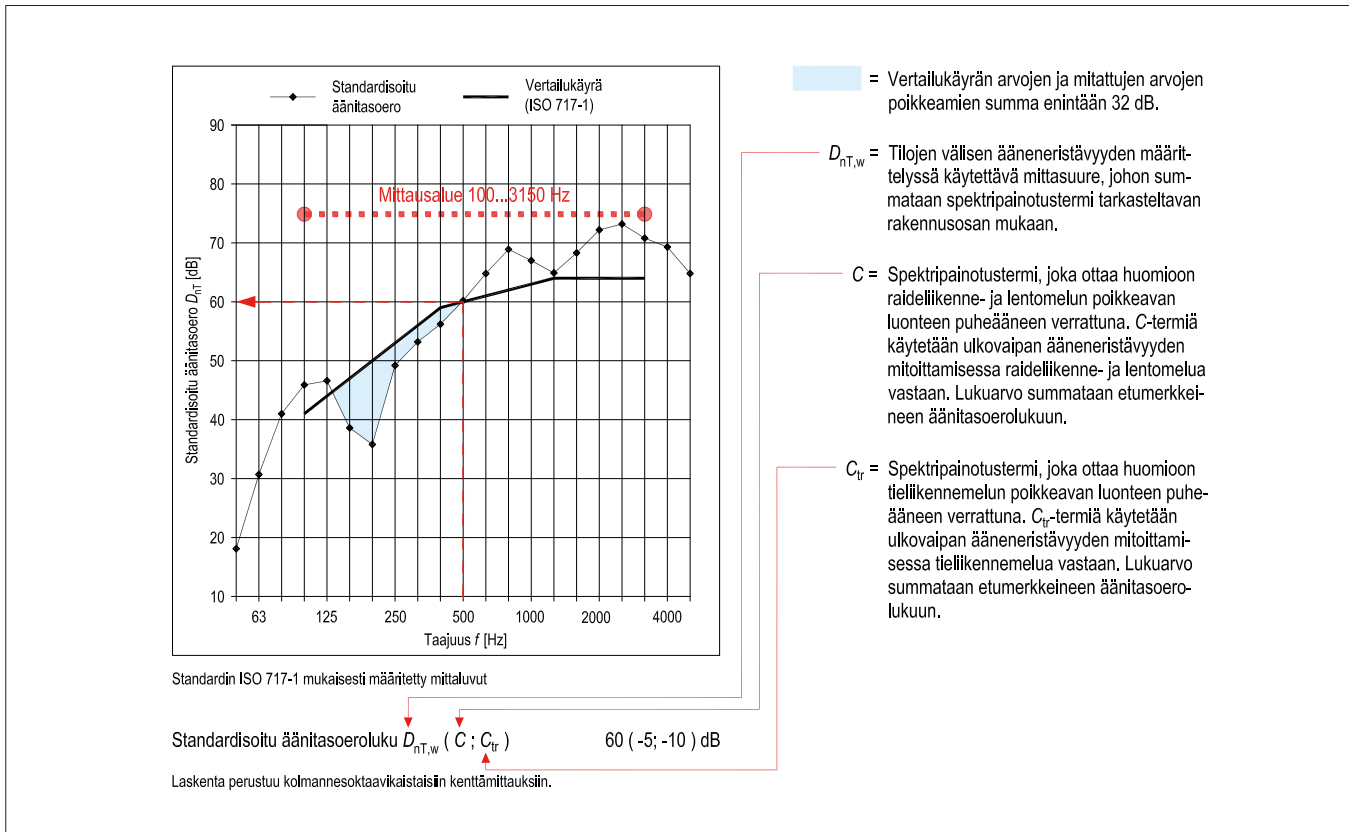
2.4 ILMÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA

Tilojen välinen standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ määritetään taajuuskaistoittain mitatuista äänitasoeroista D_{nT} (mittausalue 100...3150 Hz) käyttäen standardin ISO-717-1 mukaista vertailukäyrämenetelmää. Vertailukäyrä on luotu tutkimusten perusteella ja edustaa ihmisen kuuloaistin näkökulmasta edullista äänimaailmaa rakennuksessa. Standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ luetaan vertailukäyrältä 500 Hz:n kohdalta. Vertailukäyrän paikka määritetään siirtämällä sitä 1 dB:n pykälän siten, että vertailukäyrän arvojen ja sen alapuolelle jäävien mitattujen arvojen poikkeamisen summa on enintään 32 dB. Mitä suuremman lukuarvon $D_{nT,w}$ saa, sitä parempi on tilojen välinen ilmääneneristävyys.

ÄÄNENERISTÄVYYS



Kuva 13. Rakennusosien ilmaääneneristävyiden mittausympäristöjä.



Kuva 14. Rakennusosien ilmaääneneristävyiden mittaustulos.

2.5 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS

Askelääneneristysten tarkoitus on vähentää välipohjaan kohdistuvien iskujen tuottamaa äänenpainetasoa välipohjan alapuolelle ja sen viereisissä tiloissa. Rakennuksessa välipohjaan kohdistuu iskuja kävelystä, siivouksesta, huonekalujen siirtelystä jne. Askelääneneristys rakennuksessa on monimutkainen ilmiö, koska kysymyksessä on runkoääni, joka voi kulkeutua rakennuksen rungossa hyvinkin pitkiä matkoja aiheuttaen ilmaääntä muihin tiloihin. Asiaa monimutkaistaa lisäksi se, että käytännössä rakennusosiin kohdistuvien iskujen voimakkuudet ja toistuvuudet ovat erilaisia.

Rakennusosaan kohdistuvat iskut tuottavat runkoääntä. Runkoäänen aiheuttama rakennusosan värähtely saa rakennusosaa ympäröivän ilman värähtelemään, jolloin syntyy ilmaääntä. Tästä on kysymys myös välipohjan askelääneneristävyydessä. Esimerkiksi välipohjan päällä kävely aiheuttaa välipohjaan iskuja (runkoääntä), jotka havaitaan välipohjan alapuolella ilmaääninä. Välipohjaan kohdistuvat iskut saavat myös välipohjaa sivuavat rakennusosat värähtelemään, jolloin runkoääntä välittyy myös rakenteellisia sivutiesiirtymiä pitkin. Näin tapahtuu myös välipohjan tason suunnassa, mikäli välipohja jatkuu tilasta toiseen.

Välipohjan askelääneneristävyyttä ei voida määrittää äänitehojen W_1 ja W_2 suhteen perusteella, kuten ilmaääneneristävyyden yhteydessä tehdään (kuva 10). Tämä johtuu siitä, että välipohjan alapuolelle syntyvä ilmaääni syntyy välipohjan yläpintaan kohdistuvista iskuista eikä välipohjan yläpuolella olevasta ilmaäänestä. Täten askelääneneristävyydessä tarkastellaan askeläänitasoa L , joka syntyy yleensä alapuoliseen tilaan välipohjan päällä olevasta askeläänikojeesta, joka tuottaa välipohjaan kohdistavia iskuja. Mitä pienemmän arvon L saa, sitä parempi on askelääneneristävyyks.

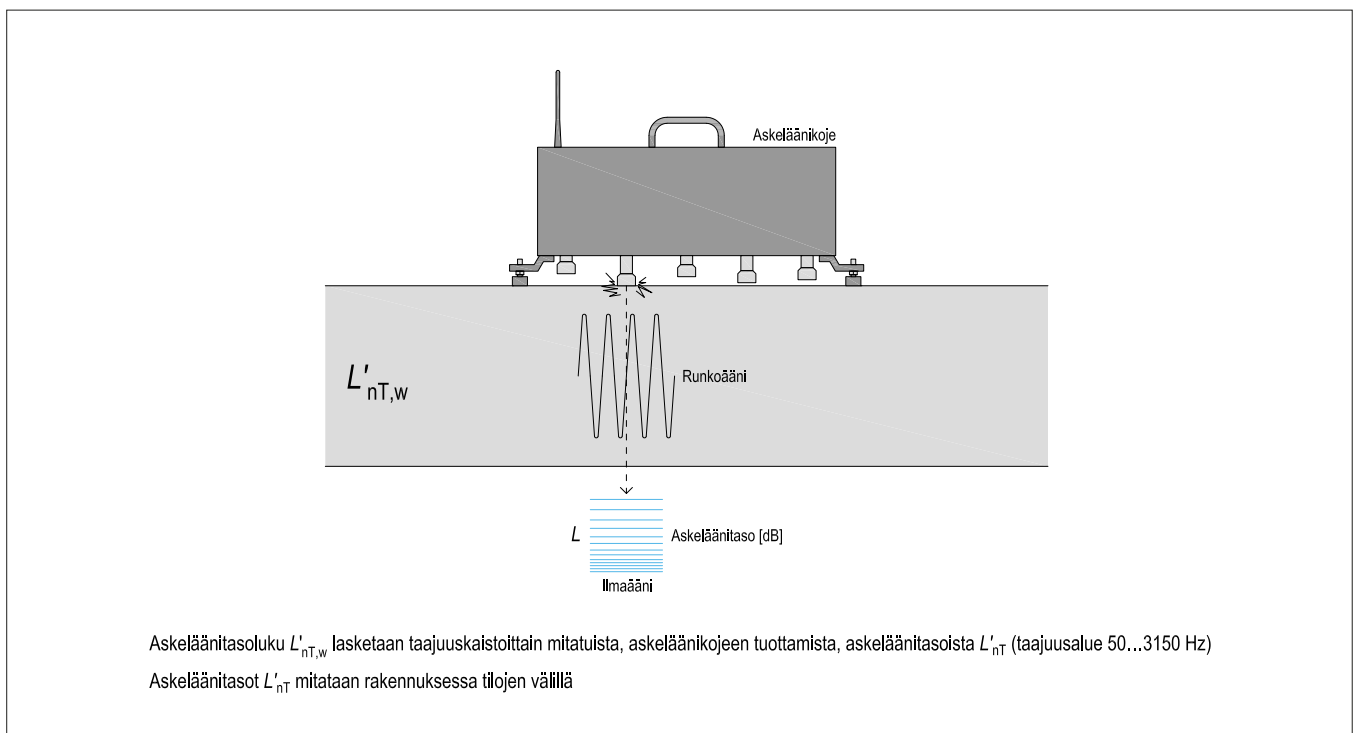
Askeläänikojeen viisi vasaraa aiheuttavat välipohjaan 10 iskua sekunnissa. Askeläänikojeen tuottamat iskut eivät kuvaa kävelyä välipohjan päällä, vaan tarkoituksena on tuottaa välipohjaan jatkuvia samankaltaisia iskuja, jotta niiden tuottamat askeläänitasot voidaan mitata toisesta tilasta. Askeläänikoje mahdollistaa myös mittauksen objektiivisuuden, koska välipohjaan kohdistuvat iskut ovat aina samankaltaisia.

Tilojen välinen askelääneneristävyyttä ilmoitetaan askeläänitasoluvulla $L'_{nT,w}$ (yksilukuarvo). Se lasketaan taajuuskaistoittain mitatuista, askeläänikojeen tuottamista, askeläänitasoista L'_{nT} (taajuusalue 50...3150 Hz). Askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ ottaa huomioon myös tilojen välillä olevat rakenteelliset sivutiesiirtymät. Laboratoriomittauksin voidaan määrittää yksittäisen rakennusosan tuottamat normalisoidut askeläänitasot, joiden merkintä tällöin on L_n . Laboratoriossa mitatuista askeläänitasoista määritetyn askeläänitasoluvun merkintä on $L_{n,w}$. Askelääneneristävyyttä voidaan arvioida nykyisin myös mallinnusmenetelmin.

2.6 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN

Askelääneneristävyyden mittaukset voidaan toteuttaa kahdessa erilaisessa ympäristössä, jotka ovat laboratoriomittaus ja kenttämittaus. Kenttämittaus voidaan tehdä koerakennuksessa tai todellisessa rakennuksessa.

Laboratoriomittauksessa tutkittava välipohja asennetaan kahden toisistaan erillään olevan mittauskammion välillä olevaan aukkoon. Tällä tavalla voidaan mitata pelkkää rakennusosaa ilman rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta. Todellisuudessa myös laboratoriossa esiintyy rakenteellisia sivutiesiirtymiä, mutta



Kuva 15. Välipohjan askelääneneristävyyden määrittämisen periaatteet.

ÄÄNENERISTÄVYYS

ne ovat merkityksettömän pieniä. Laboratoriomittauksella määritettyjä mittasuureita ei tule käyttää suunnittelussa, mikäli rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta ei ole erikseen otettu mittasuureissa huomioon.

Todellisilla rakenteilla toteutettujen koerakennusten avulla voidaan mitata välipohjan sekä tämän liittymien ja liitoselimiä vaikutusta askelääneneristävyyteen. Koerakennuksessa määritetyt mittasuureet sisältävät täten myös rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutuksen askelääneneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä kehitettäessä on suositeltavaa tutkia askelääneneristävyyttä koerakennuksen avulla, koska tällöin voidaan mitata hallituissa olosuhteissa erilaisia välipohjia sekä välipohjan ja muiden rakennusosien välisiä liittymiä. Mikäli askelääneneristävyyttä tutkitaan koerakennuksella, tulee lähetyks-/vastaanotto-tilan pinta-ala olla vähintään 12 m^2 ja tilavuus vähintään 30 m^3 . Lisäksi tulee varmistaa, että koerakennuksen ulkovaippa on ilmasteneristävyydeltään riittävä, jotta ääni ei kierrä ulkokautta tilasta toiseen.

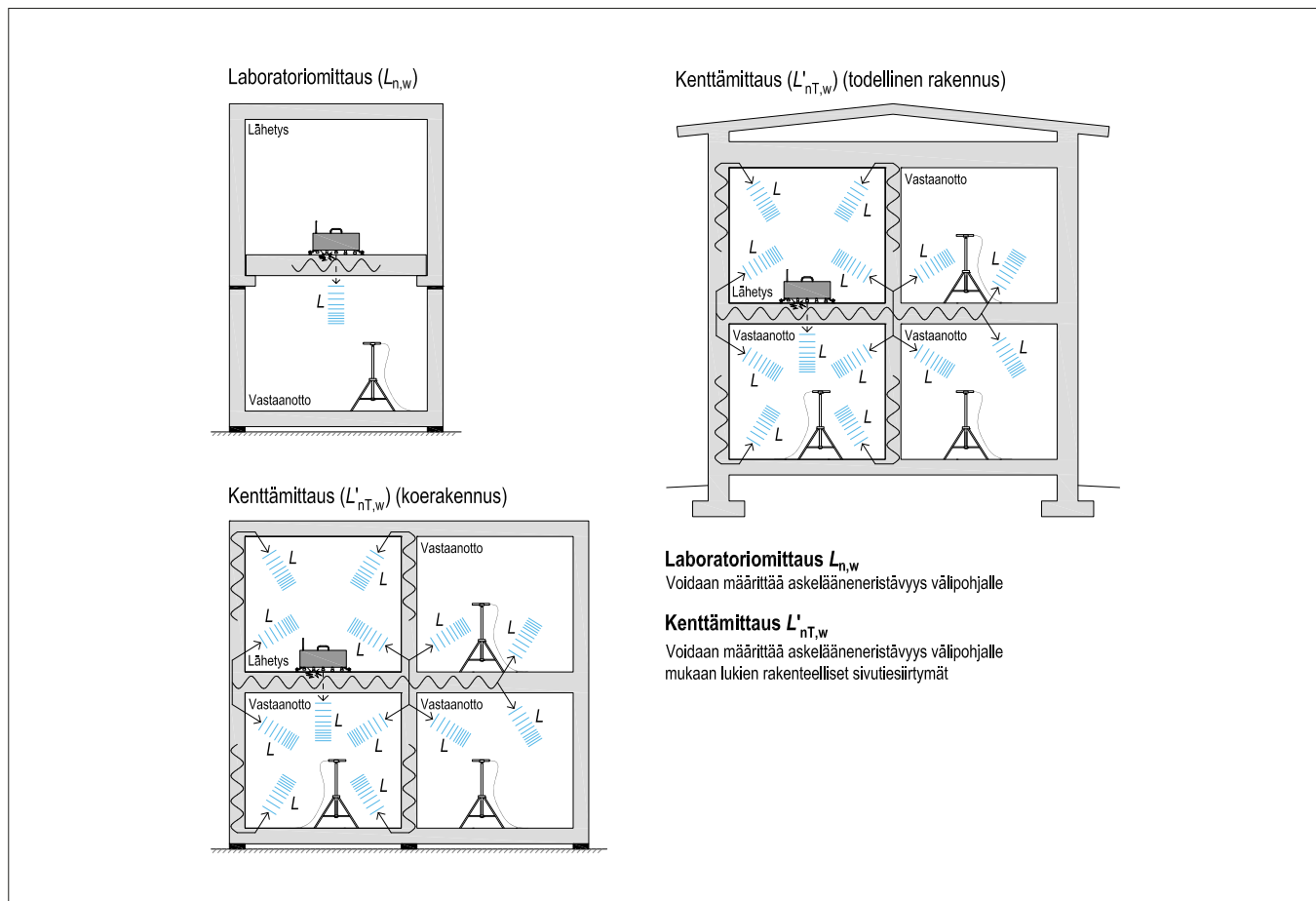
Todellisissa rakennuksissa toteutettujen mittausten avulla saadaan paras käsitys välipohjan askelääneneristävyydestä. Todellisten tilojen mittauksella määritetyt mittasuureet sisältävät rakenteellisten sivutiesiirtymien lisäksi myös mahdollisten rakennusvirheiden vaikutuksen askelääneneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä

kehittäessä on suositeltavaa tutkia askelääneneristävyyttä myös todellisissa rakennuksissa, jotta välipohjien ja näiden liittymien sekä valmistustekniikoiden toimivuudesta saadaan varmuus.

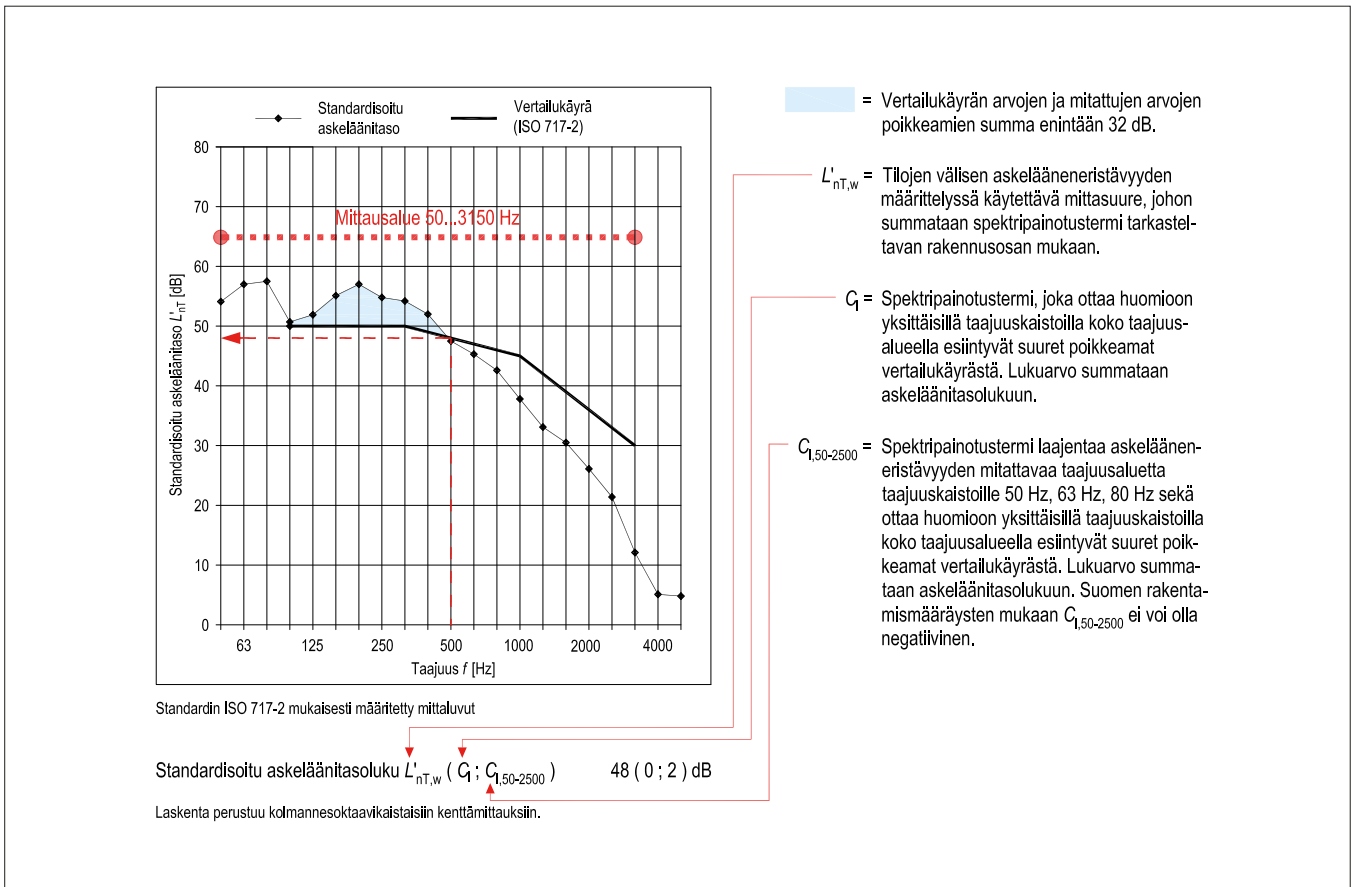
2.7 ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA

Tilojen välinen standardisoitu askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ määritetään taajuuskaistoittain mitatuista askeläänitasoista L'_{nT} (taajuusalue $50 \dots 3150 \text{ Hz}$) käyttäen standardin ISO-717-2 mukaista vertailukäyrämenetelmää. Vertailukäyrä on luotu tutkimusten perusteella ja edustaa ihmisen kuuloaistin näkökulmasta edullista äänimaailmaa rakennuksessa. Standardisoitu askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ luetaan vertailukäyrältä 500 Hz :n kohdalta. Vertailukäyrän paikka määritetään siirtämällä sitä 1 dB :n pykälän siten, että vertailukäyrän arvojen ja sen yläpuolelle jäävien mitattujen arvojen poikkeamien summa on enintään 32 dB . Mitä pienemmän lukuarvon $L'_{nT,w}$ saa, sitä parempi on tilojen välinen askelääneneristävyys.

Askeläänitasolukuun tulee määräysten mukaan sisällyttää myös spektripainotusermi $C_{1,50-2500}$, joka ottaa huomioon alle 100 Hz :n taajuuksia (kuva 17). Täten suunnittelussa käytettävä askeläänitasoluku esitetään muodossa $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$.



Kuva 16. Välipohjan askelääneneristävyyden mittausympäristöjä.



Kuva 17. Välipohjan askelääneneristävyyden mittaustulos.