

Ontelolaataston täyttövalun vaikutus tilojen väliseen ääneneristävyyteen

Lauri Talus, TkK, suunnitteluavustaja, akustiikkasuunnittelu
Jesse Lietzén, dipl.ins., projektipäällikkö, akustiikkasuunnittelu
Mikko Kylliäinen, yksikön johtaja, akustiikkasuunnittelu
 A-Insinöörit Suunnittelu Oy
 lauri.talus@ains.fi

Ontelolaataston täyttövalua käytetään tilojen välisen ilmaääneneristävyyden parantamiseksi, kun ontelolaattaväli pohja on tilojen välillä jatkuva. Tuoreessa tutkimuksessa tarkasteltiin täyttövalun vaikutusta liitoksen toimintaan ja tilojen väliseen ääneneristävyyteen hyödyntäen sekä kenttämittauksia, että numeerisia laskentamenetelmiä.

Tiivistelmä

Tilojen välistä ääneneristävyyttä on joissain kohteissa pyritty parantamaan valamalla ontelolaatastojen onteloita umpeen laatastojen ja kevytrakenteisen tiloja erottavan seinän liitoskohdassa. Täyttövalun tarpeellisuutta on kuitenkin viimeaikaisten ääneneristävyyksmittausten myötä kyseenalaistettu. Tuoreessa tutkimuksessa tarkasteltiin täyttövalun vaikutusta liitoksen toimintaan ja tilojen väliseen ääneneristävyyteen hyödyntäen sekä kenttämittauksia, että numeerisia laskentamenetelmiä. Tämä artikkeli perustuu Lauri Taluksen diplomityöhön, jonka rahoittivat Betoniteollisuus ry ja A-Insinöörit Suunnittelu Oy.

Ontelolaataston täyttövalu

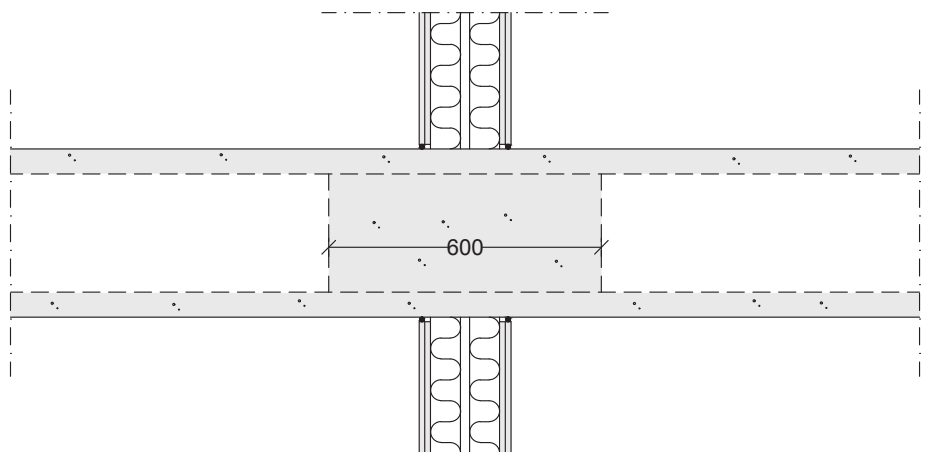
Suomessa on joissakin rakennuskohteissa käytetty rakenneratkaisua, jossa kantavan ontelolaattaväli pohjan jännevälille on rakennettu vähintään kaksi vierekkäistä tilaa, käyttäen kevytrakenteista levyseinää tiloja erottavana rakenteena. Tällöin ontelolaattaväli pohja on jatkuva tilojen välillä. Tämänkaltaista rakenneratkaisua on käytetty esimerkiksi hoivakoti-, hotelli- ja asuinrakentamisessa. Elementtisuunnittelu.fi -sivustolla esitetyn ohjeen [1] mukaan tällainen rakenneratkaisu ei täyttänyt vuonna 2013 voimassa olleita Rakentamismääräyskokoelman osan C1 [2] määräyksiä tilojen välisestä ilmaääneneristävyydestä.

Ääni siirtyy tilojen välillä tiloja erottavan rakenteen lävitse sekä niin sanottuja äänen sivutiesiirtymäreittejä pitkin. Elementtisuun-

nittelu.fi -sivuston ohjeessa [1] heikon tilojen välisen ilmaääneneristävyyden todettiin johtuvan jatkuvan ontelolaataston kautta kulkevasta äänen sivutiesiirtymästä, sekä lattianpäällysteenä käytetyistä parketti- ja laminaattilattioista. Parketti- tai laminaattilattia alusmateriaaleineen muodostaa massa-jousi-systeemin, jonka resonanssitaajuudella rakenteen ilmaääneneristävyys heikkenee [3]. Tätä ilmiötä kutsutaan parkettiresonanssiksi. Ontelolaataston kautta kulkevan äänen sivutiesiirtymän pienentämiseksi ohjeessa suositellaan ontelolaataston valamista umpeen kevytrakenteisen tiloja erottavan seinän liitoskohdassa 600 mm matkalta (kuva 1).

1 Kuvassa täyttövalu jatkuvan ontelolaataston ja kevytrakenteisen huoneistojen välisen seinän liitoksessa [1].

Suomessa on joissakin rakennuskohteissa käytetty rakenneratkaisua, jossa kantavan ontelolaattaväli pohjan jännevälille on rakennettu kaksi vierekkäistä tilaa, käyttäen kevytrakenteista levyseinää tiloja erottavana rakenteena. Tällöin ontelolaattaväli pohja on jatkuva tilojen välillä.





2

2 Ontelolaataston täyttövalua käytetään tilojen välisen ilmajääleneristävyyden parantamiseksi, kun ontelolaattavälipohja on tilojen välillä jatkuva. Täyttövalun tarkoitus on pienentää ontelolaattavälipohjan kautta kulkevaa äänen sivutiesiirtymää. Kenttämittaustulosten perusteella täyttövalu ei kuitenkaan ole ilmajääleneristävyyden kannalta määrävä tekijä, vaan muut tilojen väliseen ilmajääleneristävyyteen vaikuttavat seikat ovat määrävämpiä, kuin lattian kautta tapahtuva äänen sivutiesiirtymä..

Taulukko 1

Tutkimuksessa tarkasteltujen mittauskohteiden tiedot.

Kohde	Rakennuksen tyyppi	Rakennusvuosi/ valmistumisvuosi	Ontelolaataston paksuus	Täyttövalu
Kohde 1	Hotellirakennus	2019	O32	Ei
Kohde 2	Palvelukoti	Kesken	O37	Kyllä
Kohde 3	Asuinkerrostalo	Kesken	O37	Osittain
Kohde 4	Asuinkerrostalo	Kesken	O37	Kyllä

Täyttövalu lisää liitoskohdan massaa, ja estää äänen suoran ilmareitin ontelolaatan onteloita pitkin liitoksen toiselle puolen. Rakenteiden epäjatkuvuuskohtia on käytetty runkoäänien vaimentamiseksi. Esimerkiksi Skandinavian maissa alapohjalaattojen paksuutta on voitu lisätä tiloja erottavan seinän kohdalla [4]. Epäjatkuvuuskohtien runkoäänien etenemistä vaimentava vaikutus on myös todettu laskennallisesti [5, 6]. Täyttövalu runkoäänien vaimentamisen keinona on siis teoriassa perusteltu. Tuoreemmissa kenttämittauksissa on kuitenkin havaittu, että nykyiset Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017 [7] mukaiset ääneneristävyyden vaatimukset tilojen välillä $D_{nT,W} \geq 55$ dB ja $L'_{nT,W} + C_{I,50-2500} \leq 53$ dB voidaan saavuttaa myös ilman täyttövalua. Elementtisuunnittelu.fi -sivuston ohjeen [1] lisäksi suomalaisessa kirjallisuudessa täyttövalun käyttöä ontelolaataston ja kevytrakenteisen seinän liitoksessa ei ole mainittu.

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella ontelolaataston täyttövalua kahdesta eri näkökulmasta: miten täyttövalu vaikuttaa ontelolaataston ja kevytrakenteisen tiloja erottavan seinän liitoksen toimintaan, ja onko ontelolaataston täyttövalun vaikutus merkittävä tilojen välisen ääneneristävyyden kannalta. Täyttövalun vaikutuksia tarkasteltiin sekä kenttämittauksin että laskennallisesti hyödyntäen elementtimenetelmää (*finite element method*, FEM) ja standardien ISO 12354-1 ja ISO 12354-2 laskentamenetelmiä.

Ääneneristysmittaukset

Kuvan 1 mukaisen rakenneratkaisun toimivuutta tilojen välisen ääneneristävyyden kannalta tarkasteltiin suorittamalla sarja ilma- ja askelääneneristävyyden kenttämittauksia.

Mittauksia suoritettiin kolmessa kohteessa, joissa ontelolaataston täyttövalua oli käytetty. Lisäksi vertailun vuoksi mittaukset suoritettiin yhdessä kohteessa, jossa vastaavaa rakenneratkaisua oli sovellettu ilman täyttövalua. Tutkimuksessa tarkastellut mittauskohteet on esitelty taulukossa 1.

Kahdessa kohteessa täyttövalua oli käytetty koko liitoksessa (kohteet 2 ja 4), yhdessä kohteessa vain osa onteloista oli valettu umpeen (kohde 3) ja yhdessä kohteessa täyttövalua ei ollut käytetty ollenkaan (kohde 1). Ilma- ja askelääneneristävyyden yksilokuarvot $D_{nT,W}$ ja $L'_{nT,W} + C_{I,50-2500}$ mitattiin kussakin kohteessa kahden tilan välillä vaakasunnassa. Sekä ilma- että askelääneneristävyyden mittaukset suoritettiin kussakin kohteessa kahdesti, kumpaankin suuntaan tilojen välillä. Muista poikkeavasti kohteessa 3 mittaukset suoritettiin yhteen suuntaan kahden eri tilaparin välillä. Mittaukset suoritettiin kahdesti mittausepävarmuuden vähentämiseksi.

Ontelolaataston täyttövalun vaikutusta ei kyetä tarkastelemaan pelkästään kenttämittauksin, sillä tilojen välinen ääneneristävyys riippuu monesta eri tekijästä: esimerkiksi rakennustyön laatu ja muut sivutiesiirtymät vaikuttavat ääneneristävyyteen tilojen välillä. Tällöin täyttövalun vaikutuksen yksilöiminen kenttämittausten perusteella on mahdotonta. Tästä syystä täyttövalun vaikutusta tarkasteltiin myös laskennallisesti.

Laskennalliset tarkastelut

Tilojen välisen ilma- ja askelääneneristävyyden tarkastelut tehtiin standardien ISO 12354-1 ja ISO 12354-2 mukaisilla laskentamenetelmillä. Standardien laskentamallien käyttämiseksi on tunnettava tarkasteltavien rakennusosien laboratoriotilannetta vastaavat ilmaääneneris-

tävydet, sekä rakennusosien välisten liitosten liitoseristävyydet K_{ij} [dB]. Lisäksi tilojen välisen askelääneneristävyyden määrittämistä varten on tunnettava lattiarakenteen laboratoriotilannetta vastaava askelääneneristävyys. Tilojen välistä ääneneristävyyttä tarkasteltiin vaakasunnassa mittauskohteiden pohjalta kehitettyjen esimerkkitulojen välillä (kuva 3). Esimerkkitulojen rakennetyyppejä varioitiin erilaisten rakennetyyppiyhdistelmien vaikutuksen tarkastelemiseksi. Laskennassa tiloja erottavana seinänä käytettiin tyypillistä kevytrakenteista, kaksirunkoista levyseinää. Porrashuoneen seinänä käytettiin joko 200 mm paksua betoniseinää tai tiloja erottavaa seinää vastaavaa rakennetta. Tilaa sivuavana ulkoseinärakenteena käytettiin neljää eri paksuista betoniseinää sekä yhtä kevytrakenteista ulkoseinärakennetta. Betonirakenteiden ulkoseinien paksuutta varioitiin välillä 80–180 mm. Välipohjarakenteina käytettiin tyypillisimpiä ontelolaatastoja O27, O32 ja O37, joiden pinnassa oli tasoite sekä parketti alusmateriaaleineen.

Tilojen välinen ilmaääneneristävyys määritettiin laskennallisesti yhteensä 30 rakennetyyppiyhdistelmällä, sekä ontelolaataston täyttövalulla, että ilman täyttövalua. Yhteensä tilojen välinen ilmaääneneristävyys siis määritettiin 60 tapauksessa. Tilojen välinen askelääneneristävyys määritettiin vain kuudessa eri tapauksessa. Tapauksien pienempi lukumäärä johtuu standardin ISO 12354-2 laskentamallista, jossa otetaan huomioon vaakasuntaista askelääneneristävyyttä tarkasteltaessa vain tiloja erottavan seinä sekä lattiarakenne.

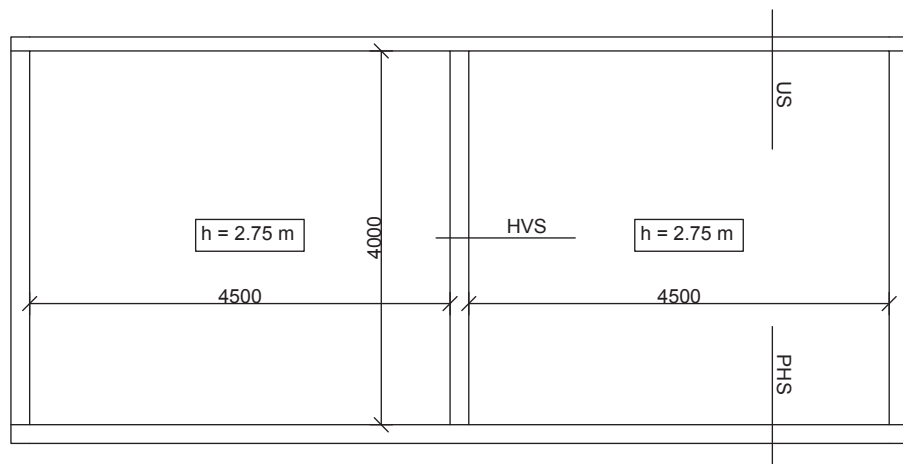
Täyttövalun vaikutuksen tarkastelemiseksi määritettiin eri ontelolaatastoja ja kevytrakenteisen seinän liitoksen liitoseristävyys K_{ij} suoralle reitille ontelolaatastoa pitkin. Liitoseristävyys määritettiin sekä täyttövalulla että

3 Havainnollistava pohjakuva laskennallisesti tarkastelluista tiloista.

4 Liitoseristävyyden määrittämiseen käytetyn FEM-mallin geometria.

a) ontelolaataston ja kevytrakenteisen tilojen välisen seinän liitos.

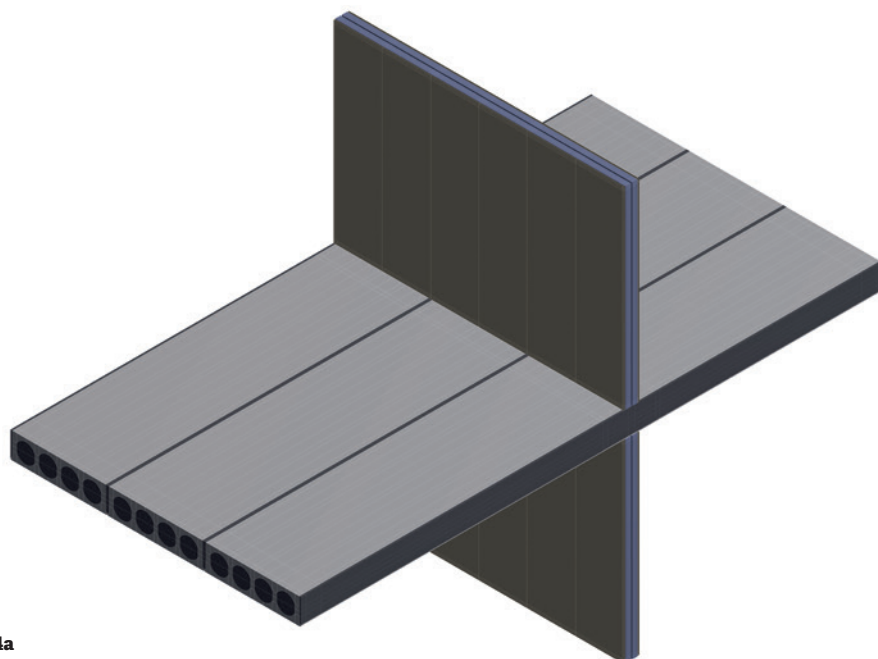
b) lähikuva liitoksen elementtiverkosta. Kuvan liitokseen on määritetty 600 mm:n täyttövalu.



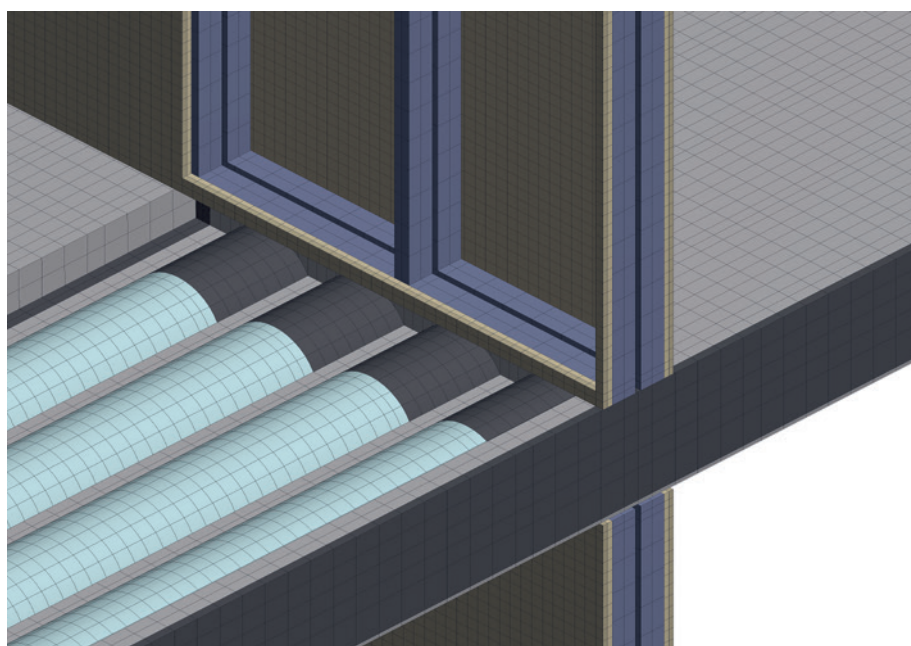
3

ilman täyttövalua. Liitoseristävyys on Gerretsenin [8] kehittämä suure, joka kuvastaa liitoksen kykyä vaimentaa sen ylitse kulkevaa värähtelyä. Liitoseristävyys voidaan joko mitata standardin ISO 10848-1 menetelmällä, arvioida standardin ISO 12354-1 mukaisesti tai määrittää laskennallisesti käyttäen erilaisia laskentamenetelmiä, esimerkiksi elementtimenetelmää [9–11]. Täyttövalun vaikutusta liitoseristävyyteen ei voida määrittää standardin ISO 12354-1 avulla. Tästä syystä liitoseristävyydet päätettiin määrittää käyttäen FE-menetelmää, jota on kirjallisuudessa käytetty liitoseristävyyksien tarkasteluun [9–11]. Liitoseristävyyden FEM-mallinnus tehtiin standardin ISO 10848-1 mittaumenetelmää soveltaen. Liitoseristävyyden FEM-mallin toiminta varmistettiin validoimalla laskentamalli tutkimuskirjallisuudessa esitettyjen laboratoriomittauksien avulla. Liitoseristävyyden K_{ij} määrittämiseen käytetyn ontelolaataston ja kevytrakenteisen seinän ristiliitoksen FEM-mallin geometria sekä osa mallin elementtiverkosta on esitetty kuvassa 4. Muiden tarkasteltavien liitosten liitoseristävyydet arvioitiin standardin ISO 12354-1 avulla.

Ontelolaatastoja O27, O32 ja O37 laboratoriotilannetta vastaavat ilma- ja askelääneneristävyydet määritettiin käyttäen FE-menetelmää taajuualueella 50–1600 Hz. Ontelolaataston ilmäääneneristävyys taajuuksilla 2000–3150 Hz sekä tasoitteen vaikutus ontelolaataston ilmäääneneristävyyteen määritettiin käyttäen A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n parametrista ilmäääneneristävyyden laskentasovellusta [12]. Laataston askelääneneristävyys taajuualueella 2000–3150 Hz sekä tasoitteen vaikutus laataston askelääneneristävyyteen määritettiin standardin ISO 12354-2 mukaisella laskentamenetelmällä. Ontelolaatastoja ääneneristävyyksien laskentamallit validoitiin



4a



4b

Taulukko 2

Kenttämittausten tulokset.

Kohde	$D_{nT,w}$		$L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$	
Kohde 1	58 dB	57 dB	41 dB	41 dB
Kohde 2	57 dB	57 dB	66 dB	63 dB
Kohde 3	54 dB	52 dB	49 dB	49 dB
Kohde 4	53 dB	54 dB	47 dB	46 dB

sekä ilma- että askelääneneristävyyden osalta tutkimuskirjallisuudessa esitettujen laboratoriomittauksien avulla.

Kenttämittausten tulokset

Ilma- ja askelääneneristävyyden kenttämittausten tulokset on esitetty taulukossa 2. Taulukossa on esitetty rinnakkain yhdessä kohteessa mitatut tulokset. Mittaustuloksista nähdään, että kohteissa 3 ja 4 mitattu standardisoitu äänitasoeroluku ei täytä vaatimusta $D_{nT,w} \geq 55$ dB [7], kun taas kohteet 1 ja 2 täyttävät kyseisen vaatimuksen. Askelääneneristävyyden osalta taas kohde 2 on ainut, jossa vaatimus $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500} \leq 53$ dB ei täyty. Kohteen 2 mittauksessa havaittiin, että mitattavat tilat olivat kokoisekseen erittäin kaiuntaisia, ja tiloissa havaittiin erikoinen kumiseva ääni. Tästä syystä kohteen 2 askelääneneristävyyden mittaustuloksia ei pidetty vertailukelpoisina.

Ilma- ja askelääneneristävyyden osalta parhaat mittaustulokset saatiin kohteessa 1, jossa ontelolaataston täyttövalua ei ollut. Toisaalta taas kohteissa 3 ja 4, joissa oli täyttövalu joko osittain tai koko liitoksen pituudelta, ilmaääneneristävyyden vaatimukset eivät täyttyneet. Tämä viittaa siihen, että muilla tekijöillä on suurempi vaikutus ääneneristävyyteen tilojen välillä kuin ontelolaataston täyttövalulla.

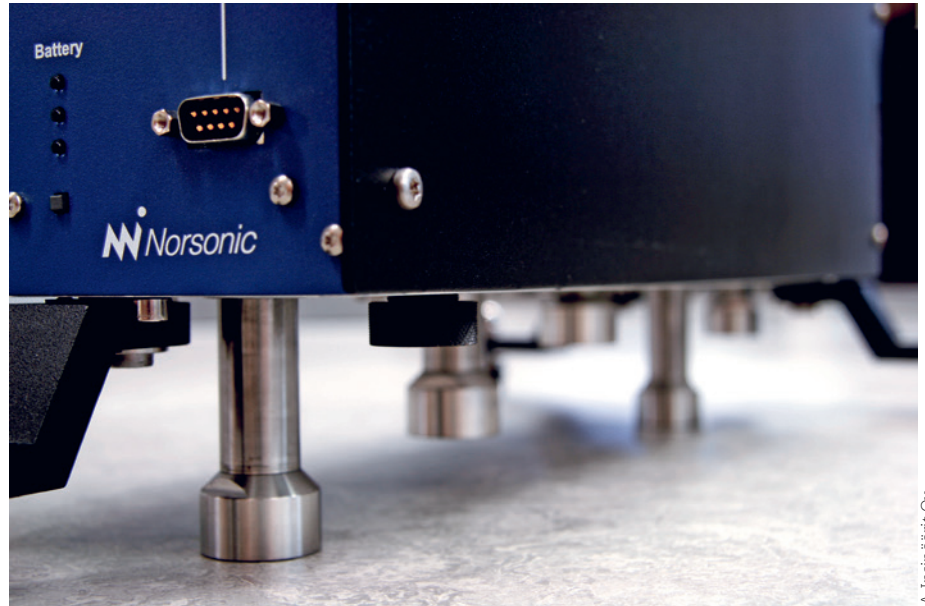
Ontelolaatastojen ääneneristävyyden laskentatulokset

Ontelolaatastojen O27, O32 ja O37 laskennallisesti määritetyt ilma- ja askelääneneristävyydet 15 mm paksulla tasotteella on esitetty kuvassa 7. Ontelolaataston ilma- ja askelääneneristävyys paranevat, kun sen massaa kasvatetaan.

Pienillä taajuuksilla ontelolaatastojen ääneneristävyyssä on havaittavissa ontelolaatastojen ominaistajuuksien aiheuttamia piikkejä ja kuoppia. Suurilla ja keskitaajuuksilla ominaistajuuksien vaikutus ääneneristävyyteen on vähäisempää.

Liitoseristävyyden laskentatulokset

Ontelolaataston ja kevytrakenteisen seinän liitoksen FE-menetelmällä määritetyt, lasken-



5

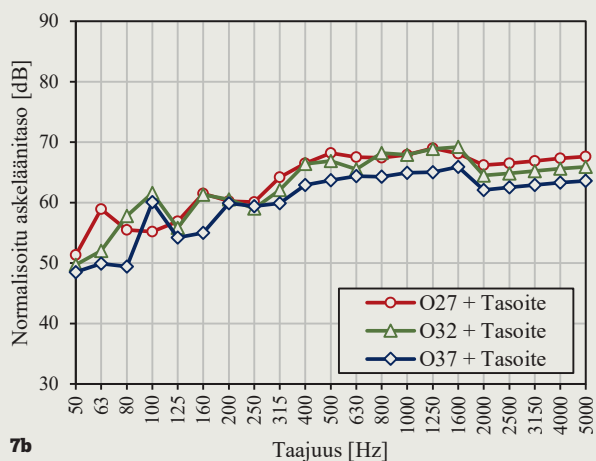
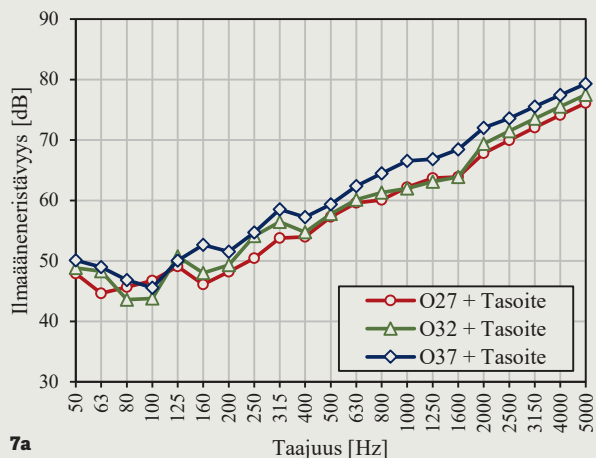


6

nalliset liitoseristävyydet on esitetty kuvassa 8. Kuvasta havaitaan, että täyttövalu parantaa liitoksen liitoseristävyyttä suurilla taajuuksilla, ja ontelolaatojen O32 ja O37 tapauksissa (kuvat 8b ja 8c) myös hieman keskitaajuuksilla. Sama ilmiö voidaan myös havaita kuvasta 9. Kuvassa on esitetty ontelolaataston O32 onteloiden äänenpaine sekä liitoksen rakenteellisten osien kokonaissiirtymä taajuudella, jolla täyttövalun vaikutus on selkeimmin havaittavissa (~1000 Hz).

5 Askeläänikoje.

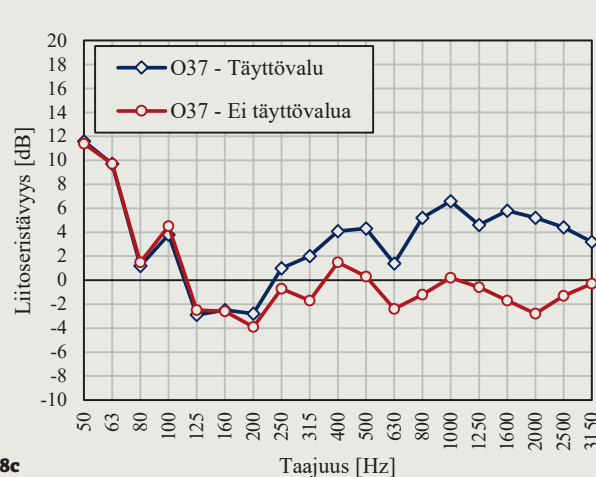
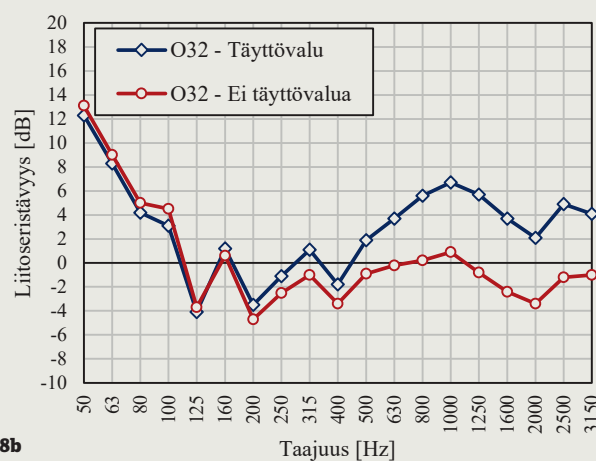
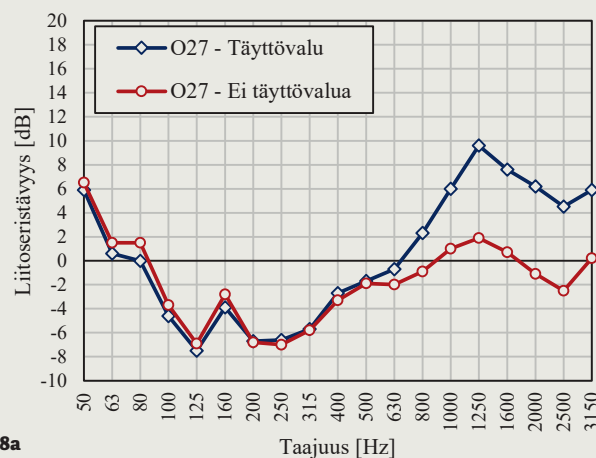
6 Mittauslaitteistoa.



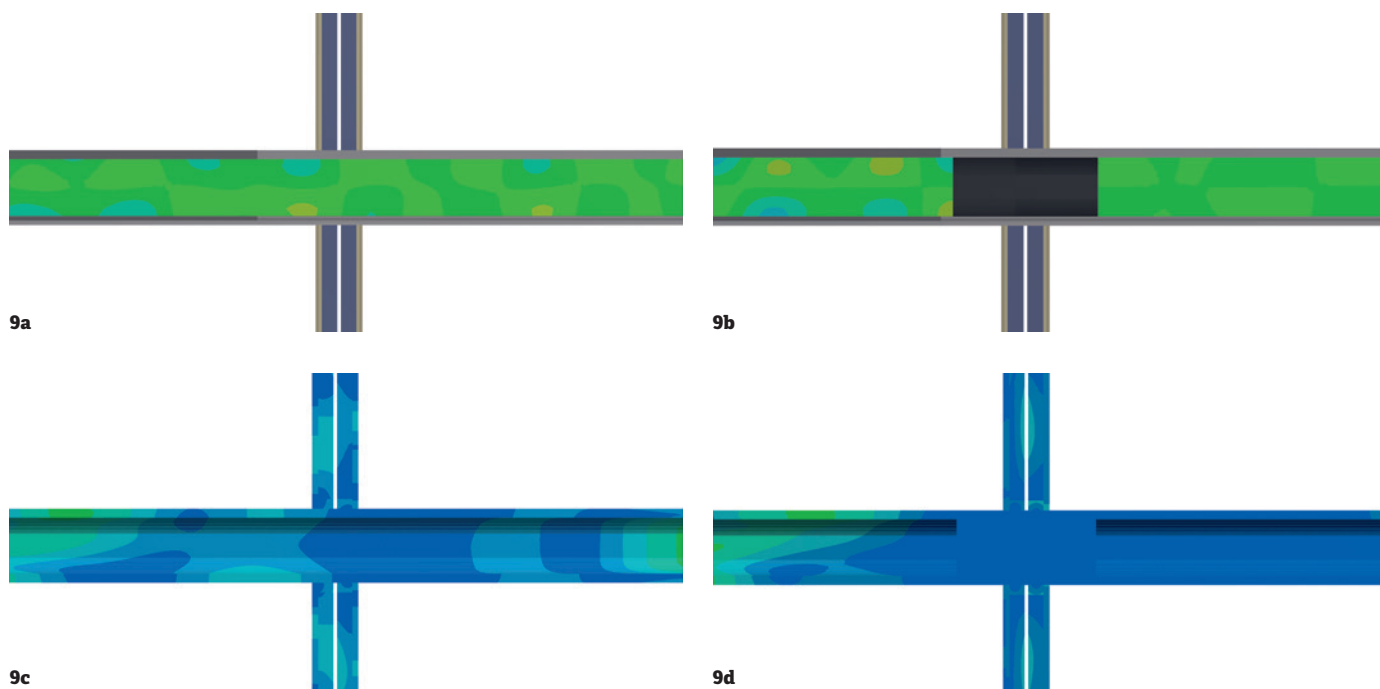
7 Ontelolaattojen laskennallisesti määritetyt laboratoriotilanteen ääneneristävyydet.

a) ontelolaattojen ilmäääneneristävyydet R [dB].

b) ontelolaattojen normalisoitu askeläänitaso L_n [dB].



8 Ontelolaataston ja kevytrakenteisen tilojen välisen seinän liitoksen liitoseristävyys sekä ontelolaataston täyttövalulla, että ilman täyttövalua.



Kuvista 9a ja 9b havaitaan, että täyttövalu vaimentaa ontelossa etenevää ilmaääntä. Samoin kuvia 9c ja 9d vertaamalla nähdään, että täyttövalu vaimentaa myös ontelolaatassa etenevää rakenteellista värähtelyä. Täyttövalulla on siis merkitystä ontelolaataston ja kevytrakenteisen seinän liitoksen toiminnan kannalta. Tämä ei kuitenkaan vielä kerro sitä, vaikuttaako täyttövalu tilojen väliseen ääneneristävyyteen.

Tilojen välisen ääneneristävyyden laskentatulokset

Ontelolaataston täyttövalu vaikutti laskennalliseen tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen kolmessa tapauksessa, joissa tilojen välinen standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,W}$ parani yhden desibelin täyttövalun vaikutuksesta. Tämä parannus johtui kuitenkin pääasiassa pyörityssäännöistä, sillä tulosten välinen ero oli todellisuudessa luokkaa 0,1–0,4 dB. Laskentatulosten perusteella täyttövalun vaikutus tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen on siis vähäinen. Askelääneneristävyyden yksilukuarvoon $L'_{nT,W} + C_{1,50-2500}$ täyttövalulla saavutettava parannus oli ontelolaatoilla O27, O32 ja O37 laskennan mukaan 0 dB, 1 dB ja 2 dB. Askelääneneristävyyden laskentamalli ottaa kuitenkin huomioon vain lattian ja tiloja erottavan seinän kautta kulkevat äänen sivutiesiirtymät. Tällöin lattiareitin ja täyttövalun vaikutus voi korostua verrattuna todellisuuteen, jossa ääni kulkeutuu tilojen välillä useampia reittejä pitkin.

Laskentatulosten perusteella ilmaääneneristävyys tilojen välillä on vahvasti riippuvainen sivuavista seinäraketeista. Kuvassa 10 on

esitetty tilojen välisen ilmaääneneristävyyden laskentatulokset silloin, kun tilaa sivuava ulkoseinärakenne on 80 mm betoniseinä sekä silloin, kun ulkoseinärakenne on kevytrakenteinen. Porrashuoneen ja tilan välinen seinä on kevytrakenteinen. Nämä tilanteet kuvaavat tilojen välisen ilmaääneneristävyyden ääripäitä. 80 mm betoniseinällä tilojen välinen ilmaääneneristävyys on heikoimmillaan, kun taas kevytrakenteisella ulkoseinällä se on vahvimmillaan. Kuvassa on esitetty standardisoidun äänitasoeron D_{nT} [dB] käyrä tiloja erottavalle seinälle sekä lattian kautta kulkevalle äänen sivutiesiirtymälle. Lisäksi kuvaajissa on esitetty tilojen välinen standardisoitu äänitasoero kokonaisuudessaan täyttövalulla ja ilman täyttövalua. Kuvaajissa ei ole esitetty kaikkien sivutiesiirtymäreittien käyriä selkeyden vuoksi.

Kuvasta 10 nähdään, että tilaa sivuavan ulkoseinärakenteen ollessa 80 mm betoniseinä, ontelolaataston kautta tapahtuva äänen sivutiesiirtymä ei vaikuta tilojen väliseen ääneneristävyyteen (kuvat 10a, 10c, 10e). Kevytrakenteisella ulkoseinärakenteella puolestaan lattiareitin vaikutus tilojen väliseen ääneneristävyyteen kokonaisuudessaan on selkeämmin havaittavissa keskitaajuuksilla ja suurilla taajuuksilla (kuvat 10b, 10d, 10f). Kevytrakenteisen ulkoseinärakenteen tapauksessa myös ontelolaataston täyttövalun vaikutus ilmaääneneristävyyteen kokonaisuudessaan on nähtävissä suurilla taajuuksilla, kun taas betonirakenteisella ulkoseinällä täyttövalu ei vaikuta tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen lainkaan. Kuvan 10 perusteella ontelolaataston kautta tapahtuva äänen sivutiesiirtymä ei ole mää-

9 Ontelolaataston O32 ja kevytrakenteisen tilojen välisen seinän FEM-mallin tuloksia -1000 Hz taajuudella.

- a)** onteloiden äänenpaine, ei täyttövalua.
- b)** onteloiden äänenpaine, täyttövalu.
- c)** kokonaissiirtymä, ei täyttövalua.
- d)** kokonaissiirtymä, täyttövalu.

10 Tilojen välinen, tiloja erottavan rakenteen sekä lattiareitin standardisoitu äänitasoero ontelolaaston täyttövalulla ja ilman täyttövalua.

a) O27, betoni 80 mm, kevytrakenteinen porrashuoneen seinä.

b) O27, kevytrakenteinen ulkoseinä, kevytrakenteinen porrashuoneen seinä.

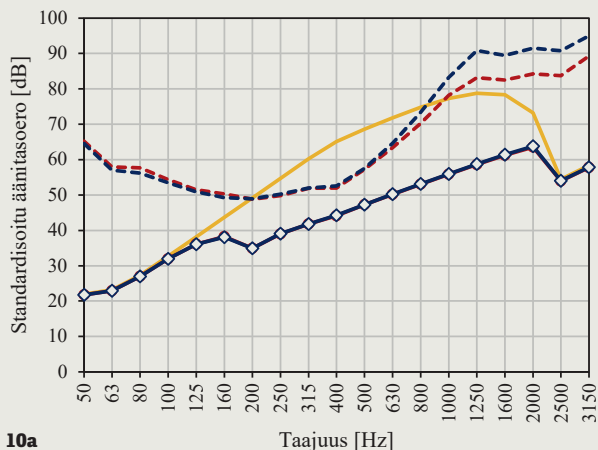
c) O32, betoni 80 mm, kevytrakenteinen porrashuoneen seinä.

d) O32, kevytrakenteinen ulkoseinä, kevytrakenteinen porrashuoneen seinä.

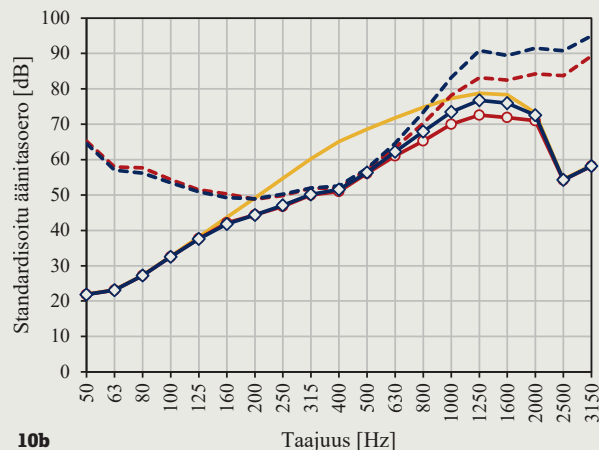
e) O37, betoni 80 mm, kevytrakenteinen porrashuoneen seinä.

f) O37, kevytrakenteinen ulkoseinä, kevytrakenteinen porrashuoneen seinä.

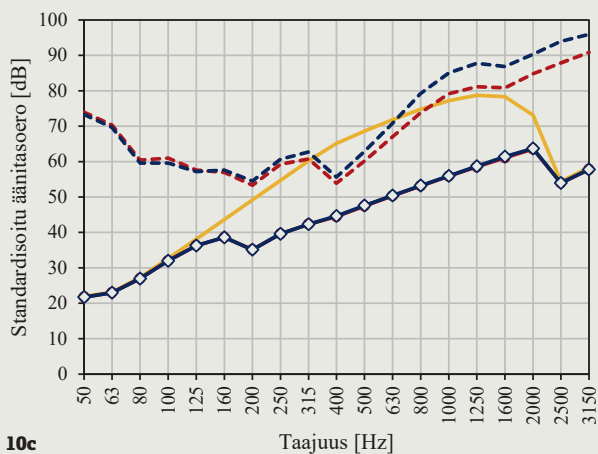
— Tiloja erottava seinä
- - Lattiareitti, ei täyttövalua
○ DnT, ei täyttövalua
- - Lattiareitti, täyttövalua
◇ DnT, täyttövalua



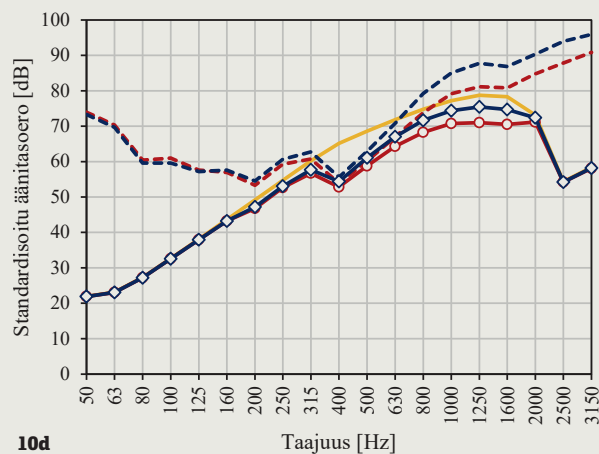
10a



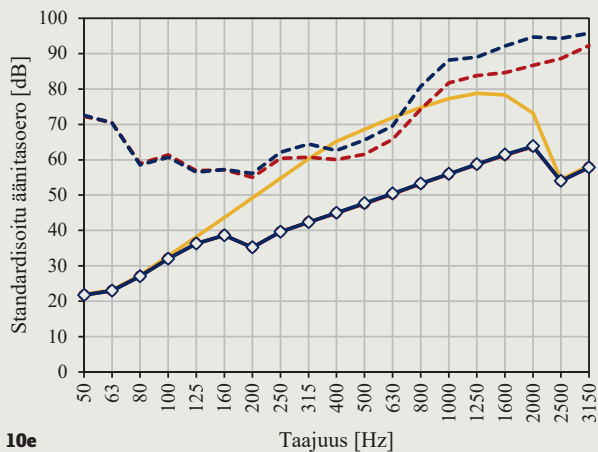
10b



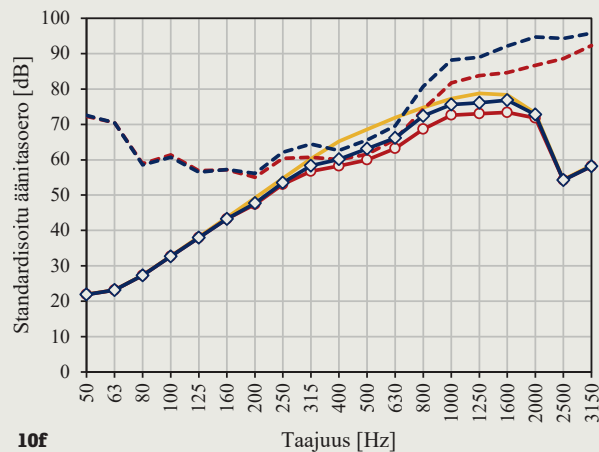
10c



10d



10e



10f

räävä äänen kulkureitti, vaan ulkoseinärakenteen merkitys on suurempi erityisesti silloin kun ulkoseinärakenne on betonirakenteinen. Kun ulkoseinärakenne oli 80 mm betoniseinä, standardisoitu äänitasoeroluku tilojen välillä $D_{nT,W}$ oli 51 dB riippumatta muista rakenteista tai ontelolaataston täyttövalusta. Sen sijaan kevytrakenteisella ulkoseinällä standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,W}$ oli 56–59 dB riippuen muista rakenteista.

Parkettiresonanssi

Parkettiresonanssin vaikutuksen tarkastelemiseksi laskennalliset ilma- ja askelääneneristävyydet tilojen välillä määritettiin kaikissa 30 tapauksessa ilman parkettia sekä ontelolaataston täyttövalulla että ilman täyttövalua. Näin voitiin arvioida parkettiresonanssin vaikutusta tilojen väliseen ääneneristävyyteen. Laskentatulosten perusteella parkettiresonanssi heikentää tilojen välistä standardisoitua äänitasoeroa $D_{nT,W}$ suuressa osassa tarkasteltuja tapauksia yhden desibelin. Eniten parkettiresonanssi vaikuttaa ääneneristävyydeltään heikoimmalla O27 ontelolaatastolla, jolla heikennystä tapahtuu 70 % tarkastelluista tapauksista. Täyttövalun käyttö ei kuitenkaan vähennä parkettiresonanssin vaikutusta. Tämä johtuu siitä, että täyttövalu vaikuttaa värähtelyn etenemiseen pääasiassa suurilla taajuuksilla (kuva 5a), kun taas parkettiresonanssin kannalta merkittäviä ovat keskitaajuuksudet. Paksummilla O32 ja O37 ontelolaatastoilla parkettiresonanssin heikennysvaikutus ilmenee vain muutamissa tapauksissa, joissa vaatimus $D_{nT,W} \geq 55$ dB [7] täyttyy parkettiresonanssista huolimatta. Parkettiresonanssin vaikutus voi kuitenkin olla pienempi tai suurempi riippuen käytetyn parketti- tai laminaattilattian ominaisuuksista.

Askelääneneristävyyden kannalta parkettiresonanssin vaikutus on hieman suurempi. Kun täyttövalua ei ole, parkettiresonanssi heikentää tilojen välistä standardisoitua askeläänitasolukua $L'_{nT,W} + C_{I,50-2500}$ 2 dB riippumatta ontelolaataston paksuudesta. Kun ontelolaatastossa taas on täyttövalu, tilojen välinen askelääneneristävyys heikkenee 1–3 dB ontelolaatastosta riippuen. Täyttövalu ei siis merkittävästi vaikuta parkettiresonanssin aiheuttamaan askelääneneristävyyden heik-

kenemiseen. Laskennan perusteella vaatimus $L'_{nT,W} + C_{I,50-2500} \leq 53$ dB [7] täyttyy kuitenkin kaikissa tarkastelluissa tapauksissa parkettiresonanssista huolimatta.

Johtopäätökset

Ontelolaataston täyttövalua on suositeltu käytettävän tilojen välisen ilmaääneneristävyyden parantamiseksi, kun ontelolaattaväli pohja on tilojen välillä jatkuva. Täyttövalun tarkoitus on pienentää ontelolaattaväli pohjan kautta kulkevaa äänen sivutiesiirtymää. [1] Kenttämittaustulosten perusteella täyttövalu ei kuitenkaan ole ilmaääneneristävyyden kannalta määräävä tekijä, vaan muut tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen vaikuttavat seikat ovat määräävämpiä, kuin lattian kautta tapahtuva äänen sivutiesiirtymä. Mittaustulosten perusteella tilojen välinen askelääneneristävyys ei vaikuta olevan ongelma, sillä askelääneneristävyyden vaatimus $L'_{nT,W} + C_{I,50-2500} \leq 53$ dB [7] täyttyi kaikissa paitsi yhdessä kohteessa.

Ontelolaataston ja kevytrakenteisen tilojen välisen seinän liitoseristävyys suoralle reitille ontelolaatastoa pitkin määritettiin FE-menetelmällä. Ontelolaataston O27 tapauksessa täyttövalu parantaa liitoseristävyyttä taajuusalueella 630–3150 Hz. Ontelolaatastoilla O32 ja O37 puolestaan täyttövalun parannusvaikutus alkaa jo 250 Hz:n terssikaistalta. Laskennan perusteella täyttövalu siis parantaa liitoksen kykyä vaimentaa värähtelyn etenemistä sen yli.

Tilojen väliseen ääneneristävyyteen täyttövalulla taas ei ole juurikaan vaikutusta. Standardisoituun äänitasoeroon $D_{nT,W}$ tilojen välillä täyttövalu vaikuttaa alle desibelin. Tilojen välisen askelääneneristävyyden yksilukuarvoa $L'_{nT,W} + C_{I,50-2500}$ täyttövalu parantaa parhaimmillaan 2 dB. Laskennan mukaan tarkastellut rakenneratkaisut kuitenkin täyttävät vaatimuksen $L'_{nT,W} + C_{I,50-2500} \leq 53$ dB [7] ilman täyttövaluakin. Ontelolaataston täyttövalu ei myöskään sovellu parkettiresonanssin heikennysvaikutuksen korjaamiseen, sillä täyttövalun vaikutus on vähäinen parkettiresonanssin kannalta tärkeällä taajuusalueella. Mittaus- ja laskentatulosten perusteella vaikuttaa siis siltä, että täyttövalun käyttäminen tilojen välisen ääneneristävyyden parantamiseksi ei ole tarpeen.

Lähteet

1. H. Helimäki, M. Kääriäinen, Levyrakenteinen HVS ontelolaatan jänneväliällä, Helimäki Akustikot Oy, Lausunto 5626-1a, Helsinki, Suomi, 2013. Saatavilla (Viitattu 31.1.2022): <https://www.elementtisuunnittelu.fi/rakennejarjestelmat/äänieristys/rakennetyypit-ja-liitokset>.
2. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998, Ympäristöministeriö, Helsinki, Suomi. 1998.
3. V. Hongisto, A case study of flanking transmission through double structures, Applied Acoustics, Vol 62, 2001, s. 589–599.
4. J. Brunsog, Flanking transmission of continuous ground plates, In the proceedings of Inter-noise 2002, Dearborn, Yhdysvallat, 2002.
5. L. Cremer, M. Heckl, B.A.T. Petersson, Structure-borne sound. Structural vibrations and sound radiation at audio frequencies, 3rd edition, Springer, Saksa, 2005.
6. K. Fujiwara, Numerical study on the structure-borne sound propagation through the junctions with blocking-masses, Journal of the acoustical society of Japan, Vol 4, 1983, s. 13–25.
7. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017, Ympäristöministeriö, Helsinki, Suomi, 2017.
8. E. Gerretsen, Vibration reduction index Kij, a new quantity for sound transmission at junctions of building elements, In the proceedings of Inter-Noise 1996, Liverpool, Iso-Britannia, 1996.
9. C. Crispin, L. De Geetere, B. Ingelaere, Extensions of EN 12354 vibration reduction index expressions by means of FEM calculations, In the proceedings of Inter-Noise 2014, Melbourne, Australia, 2014.
10. C. Hopkins, C. Crispin, J. Poblet-Puig, C. Guigou-Carter, Regression curves for vibration transmission across junctions of heavyweight walls and floors based on finite element methods and wave theory, Applied Acoustics, Vol. 113, 2016, s. 7–21.
11. J. Poblet-Puig, C. Guigou-Carter, Using spectral finite elements for parametric analysis of the vibration reduction index of heavy junctions oriented to flanking transmissions and EN-12354 prediction method, Applied Acoustics, Vol. 99, 2015, s. 8–23.
12. J. Riitakangas, Ilmaääneneristävyyden parametrisen laskentamallin validointi, Opinnäytetyö, Savonia-ammattikorkeakoulu, 2020.

11 Ontelolaataston täyttövalua on suositeltu käytettävän tilojen välisen ilmaääneneristävyyden parantamiseksi, kun ontelolaattavälipohja on tilojen välillä jatkuva.

Impact of concrete filled cores of hollow core slabs on sound insulation between rooms

In some projects, the cores of hollow-core slabs have been filled with concrete at the joint between the slab floor and the lightweight partition wall in order to improve sound insulation between rooms. However, the necessity of concrete filling has also been questioned in light of recent sound insulation measurements. In a recent study, the impact of the concrete filling of cores on the performance of the joint and on sound insulation between rooms was analysed based on both field measurements and numerical calculation methods. This article refers to the Thesis that Lauri Talus is completing at Tampere University.

In some construction projects, a structural solution has been used where at least two adjacent rooms are built within the span of a load bearing intermediate hollow-core slab floor using a light-weight panel wall as a partition structure between the rooms. The hollow-core slab floor is then a continuous structure between the rooms. This structural solution has been used in the construction of nursing homes, hotels and residential buildings, for example.

Sound is transmitted between the rooms through the structure separating the rooms as well as via so-called flanking transmission paths. In order to reduce the flanking transmission of sound through the hollow core slab floor, the cores of the slabs have been filled with concrete over a distance of 600 mm at the joint of the partition wall between the rooms (Figure 1).

Concrete filling of cores at the joint between continuous hollow-core slab floor and partition wall between apartments.

The purpose of the concrete-filled cores is to reduce the flanking transmission of sound travelling via the hollow-core slab floor. The results of the field measurements suggest, however, that concrete filling is not the decisive factor in terms of airborne sound insulation between rooms are more decisive than flanking transmission via the floor. Based on the measurement results, impact sound insulation between rooms does not appear to be a problem.



11

The sound reduction index was determined for the hollow core slab floor and the light-weight partition wall between the rooms in a direct path along the hollow core slab floor using the FE method. Based on the calculations, the filling of the cores with concrete improves the ability of the joint to reduce the propagation of vibrations over the joint.

On the other hand, the concrete filling of the cores has hardly any effect on sound insulation between rooms. In other words, it can be concluded based on measurements and calculations that the use of concrete filling to improve sound insulation between rooms is not necessary.