

PARVEKELASIEN JA KAITEEN ILMAÄNENERISTÄVYYDEN MITOITTAMINEN TIELIIKENNEMELUALUEELLE LABORATORIOMITTAUSTEN PERUSTEELLA

Anttoni Kananen

Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy
Tempelikatu 6 B
00100 HELSINKI
anttoni.kananen@helimaki.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää parvekelasien ja lasitetun kaiteen yhteiseen ilmaääneneristävyyteen vaikuttavat tekijät laboratorio- ja kenttämittausten avulla. Laboratoriomittauksien perusteella kehitettiin työkalu, jolla voidaan määrittää tarvittava rakenneratkaisu mielivaltaiselle parvekkeelle, jotta valtioneuvoston päätös melutason ohjeista 993/1992 täyttyisi suunnitellulla parvekkeella.

Laboratoriomittauksissa varioitiin kaide- ja parvekelasitusratkaisuja, kaide- ja parvekelasien paksuuksia sekä tiivistyksiä. Kenttämittauksissa varioitiin ainoastaan tiivistyksiä. Tulosten perusteella suurin ääneneristystä heikentävä tekijä on raot, erityisesti mahdolliset raot alumiiniprofiileissa, mitkä jatkuvat koko profiilin matkalta. Parveke- tai kaidelasien paksuudella ei ollut merkittävää vaikutusta ilmaääneneristävyyteen. Lisäksi huomattiin, että laatan otsapintaan kiinnitettävät kaiteet antoivat huonompia tuloksia kuin laatan päälle asennettavat.

Kehitetty laskuri perustuu standardin ISO 140-5 mittalukuun R'_{45° , joka on tarkoitettu julkisivuelementin ilmaääneneristyluvun mittaamiseen. Laskurille annettavat parametrit ovat julkisivuun kohdistuva melu, erottavan rakenteen pinta-ala, rakenteen ilmaääneneristävyys terssikaistoittain, parvekkeen tilavuus ja absorptiopinta-ala. Laskurin tuloksia verrattiin Helimäki Akustikkojen parvekkeilta tekemiin tieliikennemelumittauksiin.

1 JOHDANTO

Asuinrakennuksia rakennetaan yhä lähemmäs vilkkaita liikenneväyliä, jolloin niihin kohdistuvat melutasot kasvavat. Asuntojen ulko-oleskelualueita, joihin parvekkeet suositellaan luettavan [1], ei voida aina sijoittaa liikennemelulta suojaan, jolloin melua joudutaan eristämään. Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaan ulko-oleskelualueiden tulee täyttää määrätyt raja-arvot melun suhteen [2], mitä kunnalliset rakennusvalvonnat valvovat vaatiin liikennemelumittauksia. Parvekkeet tuleekin suunnitella jo asuinrakennuksen alusta vastaamaan kohteen tarpeisiin.

Parvekelasien ja kaiteen ilmaääneneristävyyden mitoittamiseen on kehitetty aikaisemmin menetelmä Kylliäisen ja Tainan toimesta. Mitoitus on tapahtunut käyttäen hyväksi kentällä tehtyjä julkisivun normalisoitua äänitasoerolumittauksia, joita on korjattu

erottavan pinta-alan ja parvekkeella olevan absorption suhteen. Laskenta on esitetty tehtävän yksilukuarvoilla. [3]

Kenttämittausten tulokset ovat olleet hyvin vaihtelevia, jonka johdosta on ollut vaikea löytää selkeitä parametreja, jotka vaikuttavat parvekkeen ilmaääneneristävyyteen. Ongelma ratkaistiin mittaamalla parvekelasien ja lasisen kaiteen ilmaääneneristävyyksiä R laboratoriossa. Näiden tulosten perusteella kehitettiin uusi laskentamalli, joka perustuu ISO 140-5 standardissa esitettyyn R'_{45° -mittalukuun. Kyseistä mittalukua voidaan verrata paremmin laboratoriosta saatavaan R_w -arvoon [4], jolloin laboratoriomittausten tulokset saavat suoran käyttöpinnan.

2 LABORATORIOMITTAUKSET

Parvekelasit ja lasinen kaide asennettiin kaiuntahuoneiden väliseen testausaukkoon rakenteen ulkopuoli lähetyshuonetta päin. Aukon lattialle asennettiin rakennusharkot, joiden päälle mitatut kaiteet asennettiin. Tämä mahdollisti myös laatan otsapintaan asennettavien kaiteiden mittaamisen. Valmis asennus poikkesi normaalista suunnitelmien mukaisesta kenttäasennuksesta ainoastaan kaidelasien välisten rakojen suhteen. Kaidelasien väliset raot suunnitellaan yleensä 4 mm levyisiksi, mutta asennuksessa ne jäivät keskimäärin 1 mm levyisiksi johtuen kaiteen leveyden tiukasta mitoituksesta. Mittavan rakenteen pinta-ala oli $9,6 \text{ m}^2$.

Mittauksissa mitattiin Lumon Oy:n neljä erilaista kaidetta käyttäen samoja Lumon 5 parvekelaseja. Lisäksi mitattiin täyskorkea parvekelasitus Lumon 6. Kaiteista kaksi oli parvekelaatan päälle ja kaksi otsapintaan kiinnitettäviä. Lasituksina kaiteissa käytettiin 4-1-4, 5-1-5 ja 5-4-5 mm paksuja laminoituja laseja. Lumon 5 parvekelaseina käytettiin karkaistuja 6, 8 ja 10 mm paksuja laseja ja Lumon 6 lasien paksuudet olivat 8 ja 12 mm. Tiivisteinä käytettiin muovisia h-listoja lasielementtien välissä, reunatiivisteitä reunalaseissa ja teippiä alumiiniprofiileissa. Mittauksia tehtiin yhteensä 33 kpl.

3 KENTTÄMITTAUKSET

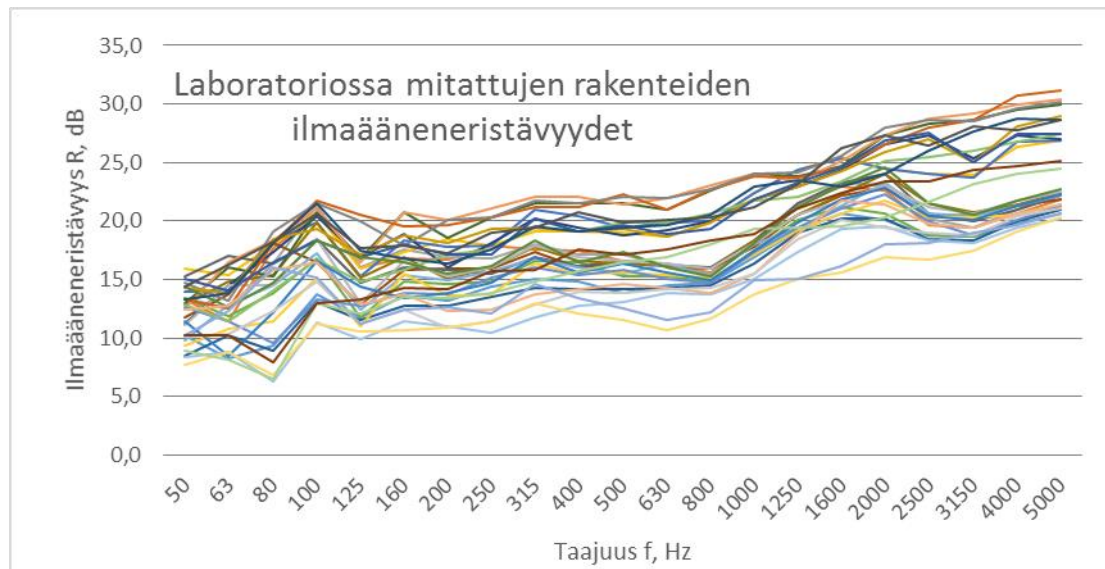
R'_{45° -mittaluvun mittaukset tehtiin Espoossa vuonna 2015 valmistuneessa asuinkerrostalossa. Kohteen parvekkeet olivat sisäänvedettyjä ja kaide oli laatan päälle asennettava. Parvekelasien paksuus oli 10 mm ja kaidelasien 5+5 mm (laminoitikerroksista ei tietoa). Mittaukset suoritettiin kahdella parvekkeella, joiden lasien ja profiilien yhteenlasketut pinta-alat olivat $8,7$ ja $13,8 \text{ m}^2$. Parvekkeet olivat tyhjiä mittaajaa ja mittalaitteistoa lukuun ottamatta. Mittauksia tehtiin 7 kpl ja niissä varioitiin ainoastaan tiivistyksiä.

Helimäki Akustikot ovat tehneet parvekkeiden jälkikaiuntamittauksia vuodesta 2006 alkaen. Suurimmassa osassa mittauksia parvekkeet ovat olleet tyhjiä lukuun ottamatta mittaajaa/mittaajia ja mittalaitteistoa. Mittauksia on yhteensä 49 parvekkeelta, joiden koot ovat vaihdelleet välillä $13\text{-}62 \text{ m}^3$. Mittaukset on tehty standardin ISO 354 mukaisesti.

4 TULOKSET

Laboratoriomittausten tulokset

Kuvassa 1 on esitetty kaikki laboratoriossa mitatut tulokset. Ilmaääneneristyslukumittausten tulokset R_w vaihtelevat välillä 14–25 dB. Tulokset on mitattu terssikaistoilla 50-5000 Hz.



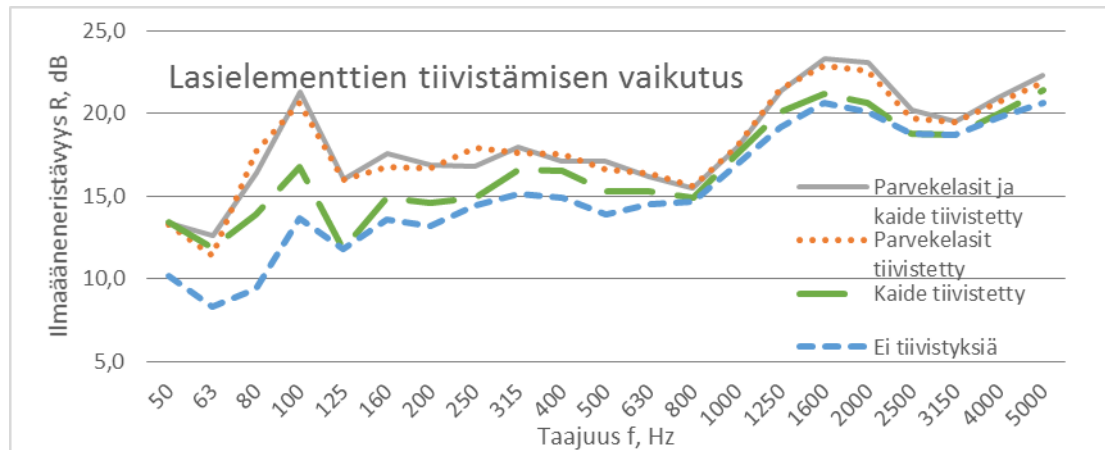
Kuva 1. Laboratoriossa mitatut ilmaääneneristävyydet esitettynä terssikaistoittain taajuusavaruudessa.

Taajuuskaistaisia ääneneristystuloksia tarkasteltaessa voidaan erottaa kolme yhtenevää kuoppaa 125, 800 ja 3150 Hz kohdilta. Pienillä taajuuksilla oleva kuoppa on käytännössä kaikissa tuloksissa kun taas suuremmilla taajuuksilla olevat kuopat ovat tasoittuneet osassa tuloksista. Terssikaistalla 125 Hz sijaitsevan kuopan syytä ei löydetty mittauksissa eikä jälkitarkasteluissa. Suuremmilla taajuuksilla sijaitsevien kuoppien syyksi paljastui Lumon 5 parvekelasien yläprofiilin ja säätöprofiilin välinen rako sekä parvekelasielementin ja yläprofiilin välinen kiinnityskohta, jota suojaa harjatiiviste. Molemmat raot ovat koko rakenteen pituisia ja leveydetkin huomattavia verrattuna lasielementtien välisiin rakoihin.

Mitattujen kaiteiden välillä oli selviä eroja ilmaääneneristävyydessä. Parvekelaatan päälle asennettavat kaiteet olivat laatan otsapintaan kiinnitettäviä parempia, mikä johtuu alaprofiilin tiivyydestä. Päälle asennettavat kaiteet tiivistyvät laatan pintaan, kun taas otsapintaan kiinnitettävissä ratkaisuissa alaprofiili ”leijuu” laatan edessä, eikä näin ollen tiivistä laatan otsapinnan ja alaprofiilin välistä rakoja.

Laboratoriomittauksissa Lumon 5 parvekelasien tiivistäminen h-listoilla paransi tiivistämättömän rakenteen yksilukuarvoa noin kaksi desibeliä. Täyskorkeassa Lumon 6 parvekelasituksessa saatiin 3-4 desibeliä parempi tulos verrattuna tiivistämättömään. Pelkästään kaidelasien tiivistäminen h-listoilla lisäsi tulokseen vain yhden desibelin yksilukuarvoon. Pienempi parannus johtunee kaidelasielementtien suuremmasta leveydestä, jolloin elementtejä on vähemmän ja sen takia rakopinta-ala on pienempi.

Lisäksi rakojen leveys oli suunniteltua pienempi, kuten kappaleessa 2 esitettiin. Kuvassa 2 on esitetty h-listojen vaikutus rakenteen ilmastäneristävyyteen.



Kuva 2. Lasivälien tiivistämisen vaikutukset, kun kaide ja lasien paksuudet pysyvät vakiona.

Profiilien tiivistämistä kokeiltiin Lumon 5 parvekelasien kanssa. Ylä- ja säätöprofiilin välinen rako tiivistettiin teippaamalla, mikä paransi rakenteen ilmastäneristyslukua 3-4 desibeliä verrattuna tilanteeseen, jossa vain parveke- ja kaidelasien väliset raot oli tiivistetty muovisin h-listoin. Lasielementin ja yläprofiilin välisen harjatiivisteen lisätiivistys kumitiivistellä kasvatti yksilukuarvoa vielä 2 desibeliä edelliseen tilanteeseen nähden.

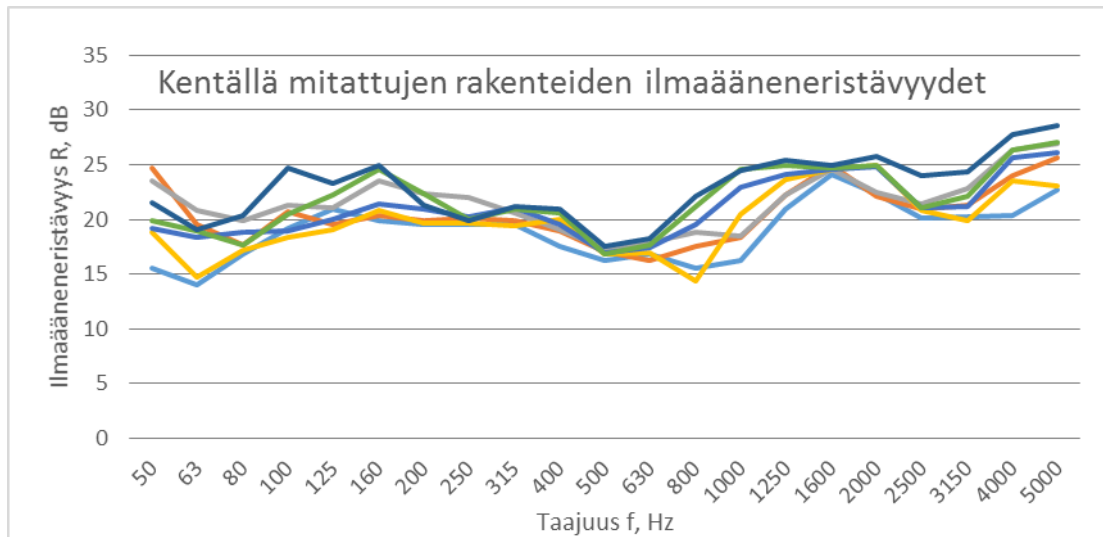
Lasin paksuuden vaikutusta tutkittiin useammassa tapauksessa. Lumon 5 parvekelasien kasvattaminen 6 millimetristä 10 millimetriin ja kaidelasin 4-1-4 millimetrisestä 5-4-5 millimetriseseen paransi tiivistämättömän rakenteen yksilukuarvoa ainoastaan yhden desibelin. Paksuuden vaikutus oli vielä vähäisempi, kun rakenteen tiiveyttä parannettiin. Lumon 6:ssa paksuuden kasvattaminen 8 millistä 12 milliin toi parannusta yksilukuarvoon kaksi desibeliä. Lasien välit tiivistettynä paksumpi lasi oli enää yhden desibelin parempi ilmastäneristysluvultaan.

Kenttämittausten tulokset ja niiden vastaavuus laboratorion tuloksiin

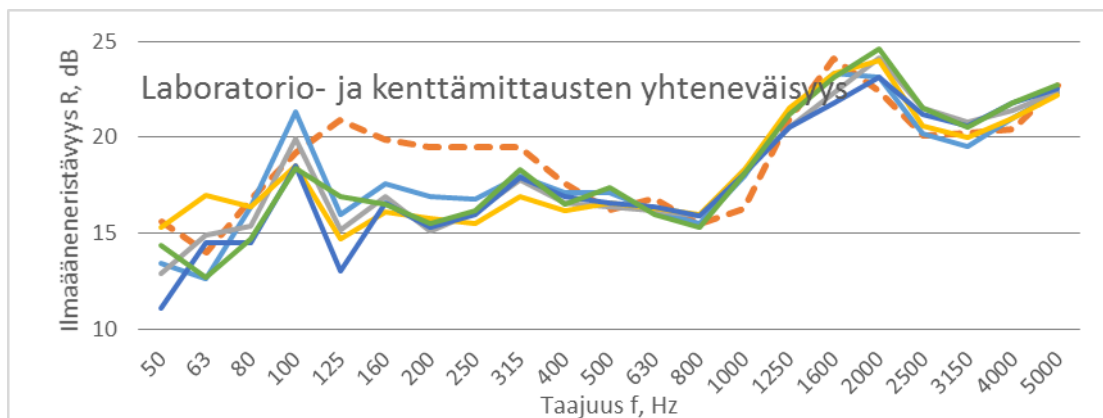
Kenttämittausten tulokset on esitetty kuvassa 3. Mittausten yksilukutulokset olivat välillä 19-23 dB, jotka vastaavat hyvin laboratorion tuloksia. Kaikissa mittauksissa lasien väleissä oli h-listat, mikä selittää heikompien tulosten puuttumiset. Kuvaajista ilmenee laboratoriomittausten kanssa yhtenevät kuopat johtuen Lumon 5 yläprofiilista. Kuoppien kohdat ovat hieman siirtyneet ja sijaitsevat taajuuksilla 500-1000 Hz ja 2500-3150 Hz. Kaikissa tuloksissa on 500 Hertzin kohdalla kuoppa, joka ei tasoittunut vaikka tiivistystä parannettiin. Suuremmilla taajuuksilla oleva kuoppa tasoittui, kun yläprofiilin molemmat raot tiivistettiin. Vaikutus ei ollut kuitenkaan yhtä merkittävä kuin laboratoriossa. Heikomman muutoksen syynä voi olla yläprofiilin tiivistäminen ainoastaan toiselta puolelta, mikä tehtiin käytännön syistä johtuen.

Kuvassa 4 on esitetty viisi laboratoriomittausta ja yksi kenttämittaus, joiden rakenteet ovat lähellä toisiaan. Kaikissa mittauksissa lasielementtien välit oli tiivistetty h-listoin, mutta lasin paksuudet ja kaiderakenteet vaihtelivat. Kaiteet olivat kuitenkin kaikki laatan päälle asennettavia. Suurin poikkeama kentän ja laboratorion välillä on 100-315 Hertzin

terssikaistat, joilla kenttämittaus on huomattavasti parempi. Muuten tulokset ovat hyvin samanlaiset.



Kuva 3. R'_{45° -mittauksen tulokset esitettynä terssikaistaisesti.



Kuva 4. Laboratoriomittauksia on verrattu yhteen kenttämittaukseen, joka on merkitty katkoviivalla. Rakenteissa oli samat tiivistykset ja kaikissa oli laatan päälle asennettava kaide.

Jälkikaiuntamittausten mittausdataa karsittiin johtuen poikkeuksista parvekkeiden olosuhteissa. Osassa mittauksista parvekkeelle oli lisätty absorboivaa materiaalia ja osassa oli enemmän kuin yksi mittaaja. Jäljelle jääneistä jälkikaiuntamittauksista laskettiin absorption määrä terssikaistoittain, mitkä jaettiin parvekkeen tilavuudella. Normeeratut arvot keskiarvoistettiin terssikaistoittain ja tuloksena saatiin parvekkeen tilavuudella kerrottavat kertoimet terssikaistoille.

5 LASKURI

Koko tutkimuksen innoittajana toimi halu mitoittaa parvekkeita nykyistä paremmin. Standardissa ISO 140-5 on esitetty R'_{45° -kaava

$$R'_{45^\circ} = L_{1,s} - L_2 + 10 \log_{10} \frac{S}{A} - 1,5 \text{ dB},$$

jossa $L_{1,s}$ on lasitetun osuuden ulkopinnassa mitattujen äänitasojen keskiarvo, L_2 on parvekkeella mitattujen äänitasojen keskiarvo, S on lasitetun osuuden pinta-ala ja A on parvekkeen absorptioala. Laskurissa $L_{1,s}$ arvona käytetään kohteen meluselvityksestä saatua parvekkeeseen kohdistuvaa yksilukuarvoa, jota korotetaan 6 desibeliä, jotta se vastaisi erottavan rakenteen pinnasta mitattua äänitasoa [5]. Kohdistuva melun spektrinä käytetään Työterveyslaitoksen määrittämiä tieliikennemeluspektrejä [6] ja melulähteen etäisyyden vaikutus spektriin huomioidaan standardin ISO 9613-2 mukaisilla kertoimilla. R'_{45° -arvoina käytetään laboratorion saatuja R_w -tuloksia ja parvekkeen absorptiopinta-alana käytetään parvekkeen tilavuudella kerrottuja terssikaistaisia kertoimia, jotka oli laskettu aiemmin mitatuista parvekkeiden jälkikaiunta-ajoista. Parvekkeen absorptiota voidaan lisätä vielä absorptiomateriaaleilla.

Laskurin laskettua tulosta verrattiin 15 eri tieliikennemelumittaukseen, jotka oli tehty neljässä eri kohteessa. Laskuri aliarvioi melua 9 tapauksessa ja yliarvioi 6 tapauksessa 15:sta. Tuloksen poikkeama mitatusta oli -2,4 - +3,3 dB. Yksi tulos poikkesi +5,6 dB, mutta tässä kohteessa meluselvityksen antama kohdistuva äänitaso oli 3,5 dB suurempi kuin paikanpäällä mitattu. Laskurin tarkkuudeksi voidaan karkeasti arvioida ± 3 dB. Tarkkuuteen vaikuttaa kohdistuvan meluntason poikkeavuus meluselvityksestä, parvekkeen absorption todellinen määrä ja asennuksessa tapahtuvat mahdolliset virheet.

6 YHTEENVETO

Tässä artikkelissa esitettiin tärkeimmät havainnot diplomityöstä, jossa tutkittiin parvekelasien ja lasitetun kaiteen yhteistä ilmajäeneneristävyyttä laboratoriossa ja kentällä sekä lasiturakenteen mitoittamista. Laboratoriomittausten tuloksista voitiin johtaa seuraavat havainnot: rakenteen tiiveys vaikuttaa eniten tulokseen ja lasin paksuuden vaikutus on vähäinen. Kenttämittaukset olivat suppeat, mutta vastasivat hyvin laboratoriomittausten tuloksia. Tuloksissa havaittiin samoja piirteitä kuin laboratoriomittausten tuloksissa. Laboratoriomittausten tulosten pohjalta tehtiin laskuri parvekelasituksen ja lasisen kaiteen ilmajäeneneristävyyden mitoittamiseen, minkä tarkkuudeksi arvioitiin ± 3 dB, kun tuloksia verrattiin aikaisemmin tehtyihin tieliikennemelumittauksiin. Jatkotutkimusta tarvitaan parvekkeen äänikentän ja absorption kanssa sekä vertailumittauksia kentältä.

VIITTEET

- [1] Melun ja värinäntorjunta maankäytön suunnittelussa. Opas 02/2013. Uudenmaan elykeskus. ISBN 978-952-257-771-9.
- [2] Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Suomen säädöskokoelma, nro 993/1992.
- [3] Kylliäinen, M. & Taina, P. Parvekelasitusten ääneneristävyyden mitoitus liikennemelualueilla. Akustiikkapäivät 2013.
- [4] ISO 140-5. 1998. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurement of airborne sound insulation of facade elements and facades. Genève, International Organization for Standardization.
- [5] Hopkins, C. Sound Isolation. Elsevier, Butterworth-Heinemann. 2007. ISBN 978-0-7506-6526-1.

[6] Koskinen, V. & Hongisto, V. Sisäympäristölaboratorio, Turku. Tieliikennemelun taajuusjakauma. Työterveyslaitos, Helsinki. 2011.