

ASUINHUONEISTOJEN VÄLISEN ÄÄNENERISTYKSEN KEHITTYMINEN SUOMESSA VUOSINA 1955–2008

Jesse Lietzén ja Mikko Kylliäinen

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos
PL 600
33101 Tampere
etunimi.sukunimi@tut.fi

Tiivistelmä

Suomessa eri tahot ovat tehneet asuinhuoneistoja koskevia ääneneristystutkimuksia 1950-luvulta lähtien. Tutkimuksissa on selvitetty kenttämittauksin pääasiassa huoneistojen välistä ilma- ja askelääneneristävyttä. Julkaistujen tutkimusraporttien ja säilyneiden kenttämittausraporttien perusteella on mahdollista selvittää, kuinka asuinhuoneistojen välinen ääneneristävyys on kehittynyt. Eri vuosikymmeninä tehtyjen ääneneristysmittausten tulokset eivät kuitenkaan ole suoraan vertailukelpoisia, koska mittalukujen laskentamenetelmät ovat muuttuneet. Tässä tutkimuksessa on selvitetty, miten asuinhuoneistojen välinen ääneneristävyys on kehittynyt vuosina 1955–2008 saatamalla eri aikakausina tehtyjen ääneneristystutkimusten tulokset vertailukelpoiksi. Eri aikakausina noudatetut määräysarvot ja mittaustulokset on muutettu vastamaan nykyisin käytössä olevia eli vuonna 1998 julkaistun Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 määrittelemiä mittalukuja. Lisäksi on selvitetty, kuinka asuinkerrostalojen huoneistoja erottavat rakenteet ja niiden paksuudet sekä asukkaiden kokemukset huoneistonsa ääneneristyksestä ovat muuttuneet. Tutkimus osoittaa, että huoneistojen välinen ääneneristävyys on ollut vuosina 1967–1976 muita aikakausia huonompi. Vuosina 2000–2008 huoneistojen välinen ilmäääneneristävyys on ollut noin 2–6 dB ja askelääneneristävyys noin 6–9 dB parempi kuin aikaisemmin. Vaatimukset täyttävien mittaustulosten osuus on ollut 2000-luvulla 90–100 %, mutta 1960- ja 1970-luvulla tuloksista noin 50–60 % täytti vaatimukset. Lisäksi tutkimus osoittaa, että asukkaiden tyytyväisyys huoneistojen väliseen ääneneristykseen on kasvanut. Asuinhuoneistoja erottavien rakenteiden pintamassa on kasvanut, massiivibetonilaattojen tapauksessa jopa kaksinkertaistunut.

1 JOHDANTO

Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen VTT:n rakennusteknillinen laboratorio suoritti ensimmäiset vertailevat ääneneristystutkimuksensa vuonna 1949 Helsingin pääkadun varrelle rakennetuissa kerrostaloissa. Vaikka tuolloin käytetyt mittaustulokset eivät olleet täysin tutkimukseen soveltuvat, todettiin ääneneristykseen olleen niin huono, että lisäselvityksiä ääneneristyksestä tarvittiin. Tästä johtuen VTT:n rakennusteknillinen laboratorio otti ääneneristystutkimukset 1950-luvulla mukaan ohjelmaansa. [1] VTT:n ja muiden ääneneristystutkimuksia teettäneiden tahojen vuosina 1955–2008 toteuttamissa tutkimushankkeissa mitattiin asuinkerrostaloissa asuinhuoneistojen välistä askel- ja ilmäääneneris-

tävyyttä pysty- ja vaakasuunnassa. [2–12] Mittausten pääasiallisena tarkoituksena oli selvittää kullakin aikakaudella vallitsevia asuinrakennusten ääniolosuhteita ja tuottaa tietoa ääneneristysmäärysten laatimiseksi.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa asuinhuoneistojen välisen ilma- ja askelääneneristyksen kehittymisestä Suomessa. Tutkimuksessa käsiteltiin Suomessa vuosina 1955–2008 julkaistuja ääneneristystutkimuksia sekä tänä aikana voimassa olleita suosituksia ja määräyksiä ääneneristyksestä. Kaikki tutkimuksessa käytetty kirjallisuus on ollut julkisesti saatavilla ja siten esimerkiksi konsulttiyritysten mittaustuloksia ei ole käytetty. Tässä tutkimuksessa käsiteltyjen ääneneristystutkimusten kohteet ovat olleet pääasiassa betonirakenteisia asuinkerrostaloja. [2]

Ääneneristystä säädelleet suositukset ja määräykset ovat muuttuneet ajan saatossa niissä esitettyine menetelmineen ja vaatimustasoineen, minkä takia eri aikakausina saatuja mittalukuja ei aina voida suoraan vertailla keskenään. [3, 13–18] Koska eri aikakausina saadut mittaluvut on johdettu eri tavoin, tulokset on muunnettava vertailukelpoisiksi keskenään. [2] Tässä tutkimuksessa tulokset on muunnettu vastaamaan vuonna 2000 voimaan tulleita Suomen rakentamismääräyskokoelman [18] menetelmiä. Myös määräys- ja suositusarvot on muunnettu vastaamaan nykyisiä menetelmiä. Osassa ääneneristystutkimuksista on tehty mittausten lisäksi myös haastattelututkimuksia, joilla on saatu tietoa siitä, kuinka tyytyväisiä asukkaat ovat olleet huoneistojensa ääneneristävyyteen. Myös huoneistoja erottavien rakenteiden paksuuksien ja pintamassojen muutokset heijastavat ääneneristyksen kehittymistä.

2 ÄÄNENERISTYSMÄÄRYSTEN JA -SUOSITUSTEN KEHITTYMINEN VUOSINA 1955–2008

Ääneneristysmäärysten laatimista ehdotettiin ensi kertaa Suomessa vuonna 1948. Ehdotuksia määräyksiksi annettiin 1950- ja 1960-luvuilla. Tuohon aikaan Suomessa ei ollut rakennusakustiikan oppituolia eikä modernia akustiikan laboratoriota. Siten mahdollisuudet akustiikan tutkimuksen tekoon olivat rajalliset ja yritysten sekä tutkijoiden tuli käyttää muissa maissa saatuja tietoja rakennusakustiikasta. 1950- ja 1960-luvuilla Suomessa otettiin käyttöön muun muassa saksalaisten standardien esittämä vertailukäyrämenettely. Lisäksi Suomelle tärkeää oli teknologian siirto Pohjoismaista, erityisesti Ruotsista. [1]

Vaikka Suomi omaksui saksalaisen mittausmenetelmän ja vertailukäyrämenettelyn, vuonna 1955 julkaistuissa suosituksissa ääneneristyksen vaatimustaso määritettiin kotimaisen tutkimuksen perusteella. Tutkimuksessa tehtiin ääneneristyksen kenttämittauksia asuinrakennuksissa sekä asukkaiden haastatteluja. Myös vuonna 1960 julkaistu ehdotus ääneneristysmääräyksiksi sai vaikutteita saksalaisista standardeista. Molemmat näistä suosituksista esitti määritettäväksi huoneistojen välistä äänitasoeroa ja standardisoitua askeläänitasoa. Mittauslukujen laskentamenetelmät kuitenkin muuttuivat vuonna 1967, kun Ääneneristysnormit julkaistiin. [1]

Ennen vuotta 1967 Suomessa ei ollut teknisinä mittalukuina annettuja vaatimuksia asuinhuoneistojen välisestä ääneneristyksestä, ja tuon aikakauden tutkimusraporteissa esitetyt vaatimukset olivat suositusten asemassa. Vaikka vuoden 1967 Ääneneristysnormeilla ei ollut säädösstatusta, paikalliset rakennusvalvontaviranomaiset kuitenkin edellyttivät niiden noudattamista. Siten teknisinä mittalukuina annettuja vaatimuksia voidaan katsoa olleen Suomessa vuodesta 1967 alkaen. [1–2]

Ennen vuotta 1967 ääneneristysvaatimukset annettiin standardisoituina äänitasoerolukuina ja standardisoituina askeläänitasolukuina. Mitatut äänitasoerot ja askeläänitasot standardisoitiin käyttäen vertailujälkikaiunta-aikaa 0,5 s. [3, 13] Vuonna 1965 julkaistussa tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että suomalaisten asuinhuoneiden jälkikaiunta-aika on yleensä pidempi kuin 0,5 s. Tutkimuksessa esitettiin, että 10 m² vertailuabsorptioalan käyttö johtaisi tarkempiin mittaustuloksiin. [19] Kun Ääneneristysnormit [14] julkaistiin vuonna 1967, mittalukujen laskentamenetelmät muuttuivat: standardisoitujen mittalukujen sijaan vaatimukset annettiin ilmääneneristyslukuina ja askeläänitasolukuina. [2]

Ensimmäiset säädötaoiset ääneneristysmääräykset esitettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ja ne tulivat voimaan vuonna 1976. [16] Määräykset uudistettiin ensimmäisen kerran vuonna 1984. [1–2] Nykyiset Suomen rakentamismääräyskokoelman ääneneristysmääräykset tulivat voimaan vuoden 2000 alussa. Tänä aikana määräysten esittämät mittalukujen laskentamenetelmät ovat pysyneet samoina lukuun ottamatta muutamia muutoksia vertailukäyrämenettelyssä. Tässä tutkimuksessa kaikki vaatimukset on muunnettu vastaamaan nykyisiä vuonna 1998 julkaistuja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitettyjä mittalukujen laskentamenetelmiä vastaaviksi. [2]

Vuosina 1955 ja 1960 julkaistujen suositusten ääneneristysvaatimuksia ei voida yksiksitteisesti muuntaa, koska standardisoitujen ja nykyisten mittalukujen välinen ero riippuu vastaanottohuoneen tilavuudesta ja erottavan rakenteen pinta-alasta. Siksi näiden vaatimusten muunto on esitetty tapauksissa, joissa vastaanottohuoneen tilavuus on 30 m³ ja erottavan rakenteen pinta-ala 10 m² (taulukko 1). [2] Vuosina 1967–2000 suurin sallittu epäsuotuisa poikkeama mitatun ilmääneneristävyuden tai askeläänitason ja vertailukäyrän välillä sai olla enintään 8 dB. Tässä tutkimuksessa tämän aikakauden ilmääneneristysluvat ja askeläänitasoluvat on laskettu ilman 8 dB rajoitusta. Suositusten ja määräysten vaatimukset pienimmälle sallitulle ilmääneneristysluvulle R'_{w} ja suurimmalle sallitulle askeläänitasoluvulle $L'_{n,w}$ on esitetty taulukossa 1. [2]

Taulukko 1: Suositusten ja määräysten esittämien huoneistojen välisten ääneneristysvaatimusten kehittyminen vuosina 1955–2008.

Vuosi	Ilmääneneristysluku R'_{w} vaakasuunnassa	Ilmääneneristysluku R'_{w} pystysuunnassa	Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$
1955	51 dB	51 dB	62 dB
1960	52 dB	52 dB	56 dB
1967	52 dB	53 dB	58 dB
1971	52 dB	53 dB	58 dB
1975	52 dB	53 dB	58 dB
1984	52 dB	53 dB	58 dB
1998	55 dB	55 dB	53 dB

3 MITATUN ÄÄNENERISTYKSEN KEHITTYMINEN

Asuinhuoneistojen väliselle vaakasuuntaiselle ilmääneneristävyydelle saatiin vuosilta 1955–2008 yhteensä 83 tulosta ja ne on muunnettu vuonna 1998 julkaistuja Suomen rakentamismääräyskokoelman mittalukuja vastaaviksi (taulukko 2). Asuinhuoneistojen väliselle pystysuuntaiselle ilmääneneristävyydelle saatiin vuosilta 1955–1960 ja 1967–2008 yhteensä 121 tulosta (taulukko 3). Asuinhuoneistojen väliselle pystysuuntaiselle askelääneneristävyydelle saatiin vuosilta 1955–2008 yhteensä 267 tulosta (taulukko 4). Taulukoissa on esitetty kullekin aikakaudelle saatujen tulosten määrä, mittalukujen kes-

kiarvot ja -hajonnat, aikakaudelle muunnettu vaatimus ja vaatimukset täyttävien ilmaääneneristyslukujen osuus.

Taulukko 2: Asuinhuoneistojen välisten vaakasuuntaisten ilmaääneneristyslukujen lukumäärät, keskiarvot ja -hajonnat, vaatimukset ja vaatimukset täyttävien ilmaääneneristyslukujen osuudet aikakausittain.

Vuodet	Tulosten määrä	Ilmaääneneristysluvun R'_w keskiarvo	Ilmaääneneristysluvun R'_w keskihajonta	Vaatimus (R'_w)	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	21 kpl	53,8 dB	4,4 dB	51 dB	81,0 %
1960–1967	19 kpl	51,8 dB	4,1 dB	52 dB	47,4 %
1967–1976	6 kpl	52,3 dB	3,3 dB	52 dB	50,0 %
1976–1999	22 kpl	55,1 dB	2,5 dB	52 dB	91,0 %
2000–2008	14 kpl	57,4 dB	1,3 dB	55 dB	100,0 %

Taulukko 3: Asuinhuoneistojen välisten pystysuuntaisten ilmaääneneristyslukujen lukumäärät, keskiarvot ja -hajonnat, vaatimukset ja vaatimukset täyttävien ilmaääneneristyslukujen osuudet aikakausittain.

Vuodet	Tulosten määrä	Ilmaääneneristysluvun R'_w keskiarvo	Ilmaääneneristysluvun R'_w keskihajonta	Vaatimus (R'_w)	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	15 kpl	54,7 dB	3,1 dB	51 dB	93,3 %
1960–1967	-	-	-	52 dB	-
1967–1976	22 kpl	52,1 dB	4,0 dB	53 dB	63,6 %
1976–1999	46 kpl	53,9 dB	3,4 dB	53 dB	69,6 %
2000–2008	38 kpl	57,3 dB	1,9 dB	55 dB	94,7 %

Taulukko 4: Asuinhuoneistojen välisten pystysuuntaisten askeläänitasolukujen lukumäärät, keskiarvot ja -hajonnat, vaatimukset ja vaatimukset täyttävien askeläänitasolukujen osuudet aikakausittain.

Vuodet	Tulosten määrä	Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ keskiarvo	Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ keskihajonta	Vaatimus ($L'_{n,w}$)	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	21 kpl	57,1 dB	4,7 dB	62 dB	85,7 %
1960–1967	66 kpl	55,0 dB	4,3 dB	56 dB	65,2 %
1967–1976	33 kpl	57,5 dB	6,1 dB	58 dB	45,5 %
1976–1999	20 kpl	55,4 dB	3,7 dB	58 dB	85,0 %
2000–2008	127 kpl	48,8 dB	3,9 dB	53 dB	92,9 %

4 HUONEISTOJA EROTTAVIEN RAKENTEIDEN MUUTOKSET

Suomessa on käytetty välipohjarakenteina paikalla valettuja betonilaattoja ja ontelolaa-tastoja. 1950- ja 1960-luvulla välipohjarakenteet koostuivat usein kantavasta massiivibe-tonilaatasta ja kelluvasta pintarakenteesta. Tällaiset rakenteet on jätetty tässä esitettävän arvioinnin ulkopuolelle. Huoneistojen väliset seinät ovat olleet pääasiassa massiivibe-tonirakenteisia. Taulukossa 5 on esitetty huoneistoja erottavien välipohja- ja väliseinära-kenteiden keskimääräiset paksuudet ja pintamassat. Taulukossa on oletettu teräsbetonin tiheydeksi 2500 kg/m³.

Taulukko 5: Asuinhuoneistoja erottavien ääntä eristävien rakenteiden paksuuksien ja pintamassojen kehittyminen.

Vuodet	Huoneistojen väliset seinät		Huoneistojen väliset massiivibetonivälipohjat		Huoneistojen väliset ontelolaattavälipohjat	
	[mm]	[kg/m ²]	[mm]	[kg/m ²]	[mm]	[kg/m ²]
1955–1959	167	420	-	-	-	-
1960–1967	160	400	150	380	-	-
1967–1976	180	450	181	450	-	-
1976–1999	176	440	213	530	265	380
2000–2008	187	470	300	750	370	510

5 ASUKKAIDEN KOKEMA ÄÄNENERISTYS

Asukkaiden tyytyväisyyttä huoneistonsa ääneneristykseen on tutkittu haastattelututkimuksin viidessä hankkeessa vuosina 1955–2005 [3, 5, 7, 9, 12]. Tutkimustulosten mukaan asukkaiden tyytyväisyys asuntonsa ääneneristykseen on kasvanut (taulukko 6).

Taulukko 6: Ääneneristykseen tyytyväisten ja tyytymättömien osuudet sekä haastattelututkimukseen vastanneiden asukkaiden määrä eri vuosina.

Vuosi	Vastaaajien määrä	Tyytyväisten osuus	Tyytymättömien osuus
1959	59 kpl	74 %	26 %
1965	262 kpl	60 %	40 %
1977	1182 kpl	67 %	33 %
2005	118 kpl	93 %	7 %

6 YHTEENVETO

Ensimmäiset suomalaiset suositukset asuinkerrostalohuoneistojen väliselle ääneneristävyydelle julkaistiin vuonna 1955. Ne määrittivät ilmaääneneristävyyden asuinhuoneistojen välillä 4 dB ja askelääneneristävyyden 9 dB alhaisemmaksi kuin vuonna 2000 voidaan astuneet määräykset. 1950-luvulla asuinhuoneistojen välillä tehdyt ääneneristysmittaukset täyttivät suosituksissa annetut raja-arvot noin 80–90 % tapauksista. Seuraavalla vuosikymmenellä osuus laski 50–60 prosenttiin, mutta Suomen rakentamismääräyskoelman julkaisemisen jälkeen osuus on kasvanut ja on nykyisin 93–100 %. Vastavalmistuneen suomalaisen asuinkerrostalokannan toteutunut ääneneristävyys on 1950-luvulta 2000-luvulle parantunut kahdella tapaa: ääneneristävyydelle asetetut vaatimukset ovat määräyksissä kasvaneet, mikä on vaikuttanut toisaalta rakenteiden paksuuksiin ja massaan. Samaan aikaan mittaustulosten välillä havaittava keskihajonta on vähentynyt, mistä voidaan päätellä suunnittelu- ja rakennusvirheiden vähentyneen.

VIITTEET

[1] Kylliäinen M, Kansainväliset yhteydet vuoden 1967 ääneneristysnormien muotoutumisessa, *Tekniikan Waiheita*, Helsinki **3**(2009), 29–47.

[2] Lietzén J, Asuinhuoneistojen välisen ääneneristyksen kehittyminen Suomessa vuosina 1955–2008, Kandidaatintyö, Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos, 2011.

- [3] Ääneneristystutkimustoimikunta, Kerrostalojen ääneneristystutkimus, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio, 1955.
- [4] Asuntosäätiö, Vuosina 1955–1957 Tapiolan uudisrakennuksissa suoritettujen ääneneristystutkimusten tulokset, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennusteknillinen laboratorio, 1957.
- [5] Parjo M, Betonikerrostalon ääneneristystä koskevia tutkimuksia, Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, tiedotus 42, 1959.
- [6] Laakso T. K, Ääneneristystutkimuksia Tapiola asuinrakennuksissa, *Rakennustaito* 4–5(1960), 97–109.
- [7] Parjo M, Uusien ja erikoisesti elementtirakenteisten asuinrakennusten ääneneristys, Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio, 1965.
- [8] Malinen U, Ääneneristys kerrostaloissa, Espoo, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio, tiedonanto 37, 1977.
- [9] Malinen U, Sneck T, Viihtyvyys ja ääneneristävyys kerrostaloissa, Espoo, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio, tiedonanto 41, 1978.
- [10] Arkkitehtitoimisto Alpo Halme, Asukas-BES: Kerrostalojen ääneneristys, Helsinki, Suomen betonteollisuuden keskusjärjestö, 1979.
- [11] Kylliäinen M, Helimäki H, Effects of new sound insulation requirements on concrete floors in Finland, *Ultragarsas*, 47(2003), 16–20.
- [12] Sipari P, Nykänen E, Heinonen R, Betonirakenteisten kerrostalojen ääniolot, Helsinki, Suomen ympäristö 777, ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, 2005.
- [13] Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi, Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, tiedotus 42, 1960.
- [14] RIL 55, Ääneneristysnormit, Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 1967.
- [15] RIL 55 b, Ääneneristysnormit, Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 1971.
- [16] Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys – Määräykset, Helsinki, sisäasiainministeriö, 1975.
- [17] Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys – Määräykset, Helsinki, ympäristöministeriö, 1985.
- [18] Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa – Määräykset ja ohjeet, Helsinki, ympäristöministeriö, 1998.
- [19] Parjo M, Kalustetun asuinhuoneen jälkikaiunta-aika ja äänenabsorptio, *Akustinen aikakauslehti* 4(1965), 7–9.