

Asuntoreformi Helsinki 2020

Ulkovaipan ääneneristys, Pasilan kortteli 17130

1614929.1

13.8.2018

Asuntoreformi Helsinki 2020

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	Tilaaja	3
1.2	Tekijä	3
1.3	Kohde.....	3
1.4	Selostuksen tarkoitus.....	3
2	ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYSVAATIMUKSET	4
3	ULKOVAIPAN RAKENNUSOSILTA VAADITTAVA ÄÄNENERISTÄVYYS	4
3.1	Ulkovaipan ääneneristävyyden muodostuminen.....	4
3.2	Laskentamenetelmä	4
3.3	Ulkoseinärakenteiden ääneneristysvaatimukset	5
4	ULKOSEINÄN ILMAÄÄNENERISTYSLUVUN LASKENTA	5
4.1	Laskentamenetelmä	5
4.2	Ulkoseinän rakenneperiaatteita.....	6
	LÄHTEET.....	9

1 JOHDANTO

1.1 Tilaaja

Ympäristöministeriö
PL 35
00023 Valtioneuvosto

Petri Heino
petri.heino@ym.fi

p. 029 5250 203

1.2 Tekijä

A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Puutarhakatu 10, 33210 Tampere
puh. 0207 911 888, fax. 0207 911 778

TkL Mikko Kylliäinen
mikko.kylliainen@ains.fi

p. 0207 911 394

DI Antti Mikkilä
antti.mikkila@ains.fi

p. 0207 911 780

1.3 Kohde

Rakennuspaikka: Pasilan kaupunginosan kortteli 17130

Tehtävä: Ohjeet rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden suunnittelusta

1.4 Selostuksen tarkoitus

Asuntoreformi Helsinki 2020 -kilpailun tavoitteena on uudistaa asuntosuunnittelussa vallitsevia käytäntöjä sekä lisätä asuntotuotannon monipuolisuutta ja asumisvaihtoehtoja. Yksi kilpailun rakennuspaikoista sijaitsee Pasilan kaupunginosan korttelissa 17130. Asemakaavan muutos-ehdotuksessa 12475 (27.3.2018) on annettu rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyttä koskeva kaavamääräys, jonka mukaan rakennuksen julkisivuun kohdistuvan ja sisällä sallittavan äänitasoeron $\Delta L_{A,vaad}$ tulee olla enimmillään 40 dB.

Asemakaavoissa annettava rakennuksen ulkovaipan ääneneristysvaatimus on tavallisesti välillä 28–40 dB [1]. Tässä tapauksessa vaatimus on 40 dB, joka on erittäin suuri. Kun otetaan huomioon se, että kilpailun tavoitteena on ideoida tähän kortteliin puurakenteista asuinrakentamista, on suunnittelussa kiinnitettävä erityistä huomiota ulkoseinien ja ikkunoiden ilmaääneneristävyyteen. Tämän selostuksen tarkoituksena on

- esittää ulkovaipan ääneneristystä koskevat määräykset
- kuvata, miten rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys muodostuu
- esittää esimerkkilaskelmin, millaisia vaatimuksia ikkunoiden ja ulkoseinärakenteiden ääneneristävyydelle voidaan johtaa kaavamääräyksen perusteella
- kuvata rakenneperiaatteita ja ratkaisuja, joilla vaatimustaso voidaan saavuttaa

2 ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYSVAATIMUKSET

Kohteen asemakaavassa on asetettu rakennuksen ulkovaipan äänitasoerovaatimukseksi $\Delta L_{A,vaad}$ 32–40 dB. Eteläisellä julkisivulla vaatimus on 40 dB, itäisellä 38–40 dB ja läntisellä 32–38 dB. Pohjoiselle julkisivulle ei ole asetettu vaatimusta. Asemakaavassa annettu vaatimus tarkoittaa rakennuksen julkisivuun kohdistuvan ja sisällä sallittavan äänitason erotusta. Sisällä sallitut äänitasot on esitetty valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 melutason ohjearvoista [2].

Ympäristöministeriön asetuksessa 796/2017 [3] on annettu rakennuksen ulkovaipan ääneneristystä koskevaksi vähimmäisvaatimukseksi $\Delta L_{A,vaad}$ 30 dB. Vaatimusta on täsmennetty ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä [4]. Ohjeen mukaan asetuksessa annettua 30 dB vähimmäisvaatimusta sovelletaan rakennuksen sijaitessa melualueella, mikä tarkoittaa sitä, että melutasot rakennuspaikalla ylittävät valtioneuvoston päätöksessä [2] annetut sallitut arvot. Tässä tapauksessa näin on, joten korttelin muut kuin kaavassa mainitut julkisivut tulee mitoittaa 30 dB vähimmäisvaatimuksen mukaan.

3 ULKOVAIPAN RAKENNUSOSILTA VAADITTAVA ÄÄNENERISTÄVYYS

3.1 Ulkovaipan ääneneristävyyden muodostuminen

Rakenteiden ääneneristävyys ilmoitetaan pääsääntöisesti ilmaääneneristyslukuna $R_w + C_{tr}$, joka ei ole sama kuin ulkovaipalta vaadittava äänitasoero $\Delta L_{A,vaad}$. Tämä johtuu siitä, että ääni siirtyy ulkoa sisään rakennuksen ulkovaipan kaikkien rakennusosien kautta. Mitä suurempi rakennusosan pinta-ala on, sitä enemmän ääntä sen kautta siirtyy ulkoa sisään, vaikka rakennusosan ilmaääneneristysluku ei pinta-alan muutoksen johdosta muutukaan. Sisälle siirtynyt ääni lisäksi vaimenee tavallisesti sitä enemmän, mitä suurempaan tilaan se on siirtynyt. Näin ollen saavutettava äänitasoero on tilakohtainen ja edellyttää laskentaa jokaisen erilaisen huone-tilan osalta erikseen.

Kussakin tilassa saavutettava äänitasoeroa on edelleen verrattava kaava-määräyksessä asetettuun vaatimukseen. Jotta saadaan määritetyksi ulkovaipan eri rakennusosien yhdessä muodostama äänitasoero, on otettava huomioon kunkin rakennusosan (ikkunat, ovet, seinärakenteet, korvausilmaventtiilit) ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$, pinta-ala sekä arvioitavan tilan tilavuus. Ulkovaipan ääneneristävyyden kannalta vaativimpia ovat tilanteet, joissa pinta-alaltaan pienessä huoneessa on paljon ikkunoita tai ulkoseinärakenne, jonka ääneneristävyys ei ole suuri.

3.2 Laskentamenetelmä

Julkaisussa RIL 243-1-2007 [1] on esitetty kaksi vaihtoehtoista laskentamenetelmää ulkovaipan rakenneosien ääneneristävyyden mitoittamiseen. Laskenta voidaan tehdä käyttämällä joko Ympäristöoppaassa 108 esitettyä taulukkomenetelmää [5] tai oppaassa RIL 243-1-2007 [1] esitettyä äänitasoeromenetelmää. Nämä johtavat pääsääntöisesti samaan lopputulokseen mutta jälkimmäistä käyttämällä on mahdollista optimoida rakennusosien ääneneristävyydet useammalla erilaisella variaatiolla kustannustehokkaan lopputuloksen saavuttamiseksi [6]. Tästä syystä ulkovaipan ääneneristystä käsitellään jäljempänä äänitasoeromenetelmällä.

3.3 Ulkoseinärakenteiden ääneneristysvaatimukset

Edellä on todettu, että saavutettavaan äänitasoeroon vaikuttavat ulkovaipan kaikki rakennusosat ja niiden pinta-alat. Puurakenteisten ulkoseinien ilmaääneneristysluvut $R_w + C_{tr}$ ovat tavallisesti luokkaa 35–45 dB [7]. Jotta puurakenteiselle ulkoseinälle ei tässä tapauksessa muodostuisi kohtuutonta ääneneristysvaatimusta, ikkunat on edullista valita mahdollisimman hyvin ääntä eristäviksi. Tavallisesti ikkunavalmistajien vakiotuotannossa olevilla ikkunoilla voidaan saavuttaa ilmaääneneristyslukuksi $R_w + C_{tr}$ 46 dB. Seuraavassa on tarkasteltu eri kokoisia huoneita, joiden mitat ovat seuraavat:

- lattiapinta-ala 10 m² (2,5 x 4 m) tai 16 m² (4 x 4 m)
- huone voi sijaita nurkassa tai keskellä julkisivua, jolloin sen ulkovaipan leveys on 2,5 m tai 4 m
- huonekorkeus on 2,5 m (puuvälipohjan rakennekorkeudeksi on oletettu 500 mm)
- ikkunan pinta-ala vaihtelee

Taulukossa 1 on esitetty, millainen ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ ulkoseinärakenteella tulisi saavuttaa, jotta kaavamääräyksen äänitasoero $\Delta L_{A,vaad} = 40$ dB toteutuu. Laskennassa on ikkunoiden ilmaääneneristävyyden osalta otettu huomioon vanhenemisesta ja asennuksesta johtuvana käyttökorjauksena 3 dB.

Taulukko 1. Ulkoseinärakenteelta vaadittava ilmaääneneristysluku erilaisissa huonetiloissa.

Huoneen sijainti	Lattiapinta-ala	Ikkunan pinta-ala	Ulkoseinän pinta-ala	Ulkoseinän $R_w + C_{tr}$
Keskellä julkisivua, lyhyt sivu (2,5 m) melun suuntaan	10 m ²	1,4 m ²	4,9 m ²	46 dB
Keskellä julkisivua, pitkä sivu (4 m) melun suuntaan	10 m ²	2,2 m ²	7,8 m ²	49 dB
Nurkkahuone, molemmat sivut (2,5 m ja 4 m) melun suuntaan	10 m ²	1,4 m ²	14,9 m ²	50 dB
Keskellä julkisivua, 4 m sivu melun suuntaan	16 m ²	4,4 m ²	5,6 m ²	49 dB

4 ULKOSEINÄN ILMAÄÄNENERISTYSLUVUN LASKENTA

4.1 Laskentamenetelmä

Taulukon 1 mukaisten ilmaääneneristyslukuvaatimuksen täyttäviä ulkoseinärakenteita on tarkasteltu periaatteellisella tasolla laskennallisesti. Käytetyn laskentamallin ominaisuudet on esitetty lähteessä [8]. Laskentamalli on parametrinen ja perustuu lähteisiin [9–17].

Laskentamallilla voidaan ottaa huomioon rakenteen rakennekerrosten massa ja jäykkyys, mahdollisissa ilmaväleissä olevat ääntä vaimentavat materiaalit, rankarunkoisen seinän renkujen joustavuudet sekä eristerapatun ulkoseinän resonanssi. Laskentamallin validoinnista ja tarkkuudesta on esitetty arvio lähteessä [8]. Laskentatarkkuus vastaa lähteissä [15] ja [18] esitettyjä vastaavien mallien tarkkuutta. Kaikkien laskentamallien tarkkuus riippuu siitä, kuinka monimutkainen rakenne on kyseessä: mitä useampi rakennekerros rakenteessa on, sitä enemmän mittaus- ja laskentatulokset yleensä eroavat toisistaan.

Laskentamallilla määritetään ilmaaneneristävyydet kolmannesoktaavikaistoittain. Kolmannesoktaavikaistoittain lasketuista arvoista saadaan ilmaaneneristysluvut $R_w + C_{tr}$ eli rakenteen ilmaaneneristävyyttä kuvaavat yksilukuarvot vertailukäyrämenettelyllä standardin ISO 717-1 [19] mukaisesti.

4.2 Ulkoseinän rakenneperiaatteita

Alla on lueteltu periaatteellisella tasolla ulkoseinien rakennekerroksia siten, että ulkoseinällä saavutetaan ilmaaneneristysluvun $R_w + C_{tr}$ arvoksi 46 dB, 49 dB tai 50 dB. Rakenteet toimivat myös suuntaa antavina ratkaisuna uusien rakenneratkaisujen kehitystyölle. Julkisivumateriaali voi olla myös muuta kuin puuta. Tällöin on suositeltavaa käyttää mahdollisimman raskasta julkisivuverhousta, kuten muurattua rakennetta (savitiili, kalkkihiikkakivi). Käytettäessä ulkoverhouksena 130 mm paksua savitiiltä voidaan alla esitettyihin ääneneristysarvoihin lisätä 5 dB. Vaihtamalla ulkoverhous puusta raskaampaan rakenteeseen voidaan toisaalta vähentää tarvittavien sisäverhouslevykerrosten määrää. Laskelmat kuitenkin osoittavat, että ulkoseinä rakenne on mahdollista toteuttaa myös puuverhottuna.

$R_w + C_{tr} = 46$ dB, rakennevaihtoehtoja:

US 1:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojakipsilevy TS 9 mm
- puurunko vähintään 200 mm k600, välissä pehmeä lämmöneriste (mineraalivilla)
- CLT-levy vähintään 100 mm
- kipsilevy N 13 mm
- palokipsilevy F 15 mm

US 2:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojalevy TS 9 mm
- puurunko, joka kiinnitetään seinän sisäpuoliskon runkoon vain välipohjan kohdalla. Muilta osin ulkoverhousta ja rakenteen sisäpuoliskoa tukevat rungot ovat erillään toisistaan. Ilmavälin tulee olla vähintään 200 mm ja kauttaaltaan täytetty pehmeällä lämmöneristeellä (mineraalivilla). Ulkoverhousta tukeva runko on mitoitettava niin, että se kestää tuulikuormat.
- CLT-levy vähintään 140 mm

US 3:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojalevy TS 9 mm
- puurunko, joka kiinnitetään seinän sisäpuoliskon runkoon vain välipohjan kohdalla. Muilta osin ulkoverhousta ja rakenteen sisäpuoliskoa tukevat rankarungot ovat erillään toisistaan. Ilmavälin tulee olla vähintään 200 mm ja kauttaaltaan täytetty pehmeällä lämmöneristeellä (mineraalivilla). Ulkoverhousta tukeva runko on mitoitettava niin, että se kestää tuulikuormat. Ulkoverhousta ja sisäverhousta tukevat rungot voidaan toteuttaa myös ns. siksak-runkona, kunhan suoraa kytkentää seinän sisä- ja ulkopuoliskon välille ei synny.
- höyrynsulku

- kipsilevy F 15 mm

$R_w + C_{tr} = 49$ dB, rakennevaihtoehtoja:

US 4:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojakipsilevy TS 9 mm
- puurunko vähintään 200 mm k600, välissä pehmeä lämmöneriste (mineraalivilla)
- CLT-levy vähintään 100 mm
- kipsilevy N 13 mm
- 2 x palokipsilevy F 15 mm

US 5:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojalevy TS 9 mm
- puurunko, joka kiinnitetään seinän sisäpuoliskon runkoon vain välipohjan kohdalla. Muilta osin ulkoverhousta ja rakenteen sisäpuoliskoa tukevat rungot ovat erillään toisistaan. Ilmavälin tulee olla vähintään 200 mm ja kauttaaltaan täytetty pehmeällä lämmöneristeellä (mineraalivilla). Ulkoverhousta tukeva runko on mitoitettava niin, että se kestää tuulikuormat.
- CLT-levy vähintään 100 mm
- kipsilevy N 13 mm

US 6:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojalevy TS 9 mm
- puurunko, joka kiinnitetään seinän sisäpuoliskon runkoon vain välipohjan kohdalla. Muilta osin ulkoverhousta ja rakenteen sisäpuoliskoa tukevat rankarungot ovat erillään toisistaan. Ilmavälin tulee olla vähintään 200 mm ja kauttaaltaan täytetty pehmeällä lämmöneristeellä (mineraalivilla). Ulkoverhousta tukeva runko on mitoitettava niin, että se kestää tuulikuormat. Ulkoverhousta ja sisäverhousta tukevat rungot voidaan toteuttaa myös ns. siksak-runkona, kunhan suoraa kytkentää seinän sisä- ja ulkopuoliskon välille ei synny.
- höyrynsulku
- kipsilevy N 13 mm
- kipsilevy F 15 mm

$R_w + C_{tr} = 50$ dB, rakennevaihtoehtoja:

US 7:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojakipsilevy TS 9 mm
- puurunko vähintään 200 mm k600, välissä pehmeä lämmöneriste (mineraalivilla)
- CLT-levy vähintään 100 mm
- 3 x palokipsilevy F 15 mm

US 8:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600

- tuulensuojalevy TS 9 mm
- puurunko, joka kiinnitetään seinän sisäpuoliskon runkoon vain välipohjan kohdalla. Muilta osin ulkoverhousta ja rakenteen sisäpuoliskoa tukevat rungot ovat erillään toisistaan. Ilmavälin tulee olla vähintään 200 mm ja kauttaaltaan täytetty pehmeällä lämmöneristeellä (mineraalivilla). Ulkoverhousta tukeva runko on mitoitettava niin, että se kestää tuulikuormat.
- CLT-levy vähintään 100 mm
- palokipsilevy F 15 mm

US 9:

- puuverhous 23 mm
- tuuletustila ja koolaus 32 mm k600
- tuulensuojalevy TS 9 mm
- puurunko, joka kiinnitetään seinän sisäpuoliskon runkoon vain välipohjan kohdalla. Muilta osin ulkoverhousta ja rakenteen sisäpuoliskoa tukevat rankarungot ovat erillään toisistaan. Ilmavälin tulee olla vähintään 200 mm ja kauttaaltaan täytetty pehmeällä lämmöneristeellä (mineraalivilla). Ulkoverhousta tukeva runko on mitoitettava niin, että se kestää tuulikuormat. Ulkoverhousta ja sisäverhousta tukevat rungot voidaan toteuttaa myös ns. siksak-runkona, kunhan suoraa kytkentää seinän sisä- ja ulkopuoliskon välille ei synny.
- höyrynsulku
- 2 x kipsilevy F 15 mm

Edellä lueteltujen rakennetyyppien osalta on tarkasteltu vain niiden akustista toimintaa. Rakennesuunnittelijan on tarkastettava rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus ja höyrynsulun tarve sekä rakennetekninen ja palotekninen toimivuus. Akustiikkasuunnittelijan tulee varmistaa lopullisen ulkoseinärakenteen riittävä ääneneristävyys laskennallisesti.

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys toteuttamiseksi on olemassa myös muita ratkaisuja kuin ikkunoiden ja ulkoseinärakenteen ääneneristävyysparantaminen. Esimerkiksi luh-tikäytäväratkaisulla voitaisiin ulkoseinärakenne toteuttaa kevyemmin kuin edellä on kuvattu.

Tampereella 13.8.2018
A-INSINÖÖRIT SUUNNITTELU OY



Mikko Kylliäinen, yksikönjohtaja



Antti Mikkilä, projektipäällikkö

LÄHTEET

1. Kylliäinen, M. & Hongisto, V. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu: akustiikan perusteet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, RIL 243-1-2007.
2. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Suomen säädöskokoelma, nro 993/1992.
3. Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä.
4. Ääniympäristö – Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. 2018. Helsinki, ympäristöministeriö.
5. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristöopas 108.
6. Kylliäinen, M. 2005. Rakennuksen ulkokuoren rakennusosilta vaadittava ääneneristävyys. Akustiikkapäivät 2005. Kuopio, 26.–27.9., Akustinen Seura ry, s. 78–83.
7. Kylliäinen, M., Latvanne, P., Kuusinen, A. & Kekki, T. 2017. Puukerrostalojen ääneneristys – Asiantuntijaselvitys. Joensuu, Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C44.
8. Kovalainen, V. & Kylliäinen, M. 2013. Rakenteiden ilmaääneneristävyyden mallinnusohjelma RAIMO – käyttöohje. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos.
9. Gomperts, M. C. 1964. The “sound insulation” of circular and slit-shaped apertures. *Acustica*. Vol. 14, s. 1–16.
10. Gomperts, M. C. & Kihlman, T. 1967. The Sound Transmission Loss of Circular and Slit-Shaped Apertures in Walls. *Acustica*, Vol. 18, s. 144-150.
11. Sewell, E. C. 1970. Transmission of reverberant sound through a single leaf partition surrounded by an infinite rigid baffle. *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 12, s. 21-32.
12. Sharp, B. H. 1978. Prediction methods for the sound transmission of building elements. *Noise Control Engineering Journal*. Vol. 11, s. 53–63.
13. Kristensen, J. & Rindel, J. H. 1989. Bygningsakustik – teori og praksis. Glostrup, Statens Byggeforskningsinstitut, SBI-anvisning 166.
14. SFS-EN 12354-1. 2000. Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
15. Hongisto, V. 2003. Monikerroksisen seinärakenteen ilmaääneneristävyyden ennustemalli. Helsinki, Työterveyslaitos, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 2.
16. Rauhala, J., Kylliäinen, M. 2009. Eristerapatun betoniseinän ilmaääneneristävyys. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 142. 119 s + 83 s.
17. Virjonen, P., Hongisto, V. 2009. Joustavarankaisen levyrakenneseinän äänenläpäisy. Akustiikkapäivät 2009. Vaasa, 14.-15.5. Akustinen Seura ry.
18. Kylliäinen, M. & Mikkilä, A. 2009. Rakennusosien ilmaääneneristävyyksien mallintaminen rakentamisessa ja tuotekehityksessä. Rakennusfysiikka 2009. Tampere, 27.-29.10., Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitos ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 269-278.
19. SFS-EN ISO 717-1. 2013. Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.