

PUUKERROSTALO

Ulkoseinien, huoneistojen välisten seinien ja välipohjien
ääni- ja palotekninen toiminta

Jokitalo Markus

Opinnäytetyö
Tekniikan yksikkö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2017

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Markus Jokitalo	Vuosi	2017
Ohjaaja	Risto Airaksinen		
Toimeksiantaja	Koto-Kiinteistöt Oy		
Työn nimi	Puukerrostalo		
Sivu- ja liitesivumäärä	38		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää puukerrostalon keskeisten rakennusosien palo- ja äänitekniisiä vaatimuksia. Työssä käsiteltiin puun asemaa materiaalina kerrostalomarkkinoilla, puukerrostalorakentamiseen liittyviä määräyksiä ja haasteita, sekä rakennusosittain rakenteita, joilla vaatimukset täyttyvät. Käsiteltäviä rakennusosia olivat pääasiassa rankarakenteiset seinät ja palkkirakennteiset välipohjat. Tietoa ja teoriaa haettiin rakennusmääräyksistä ja alan kirjallisuudesta sekä tutkimuksista.

Kerrostalojen rakentaminen puusta on Suomessa melko uusi asia. Rakentaminen alkoi koerakennushankkeilla vuonna 1995. Koekohteiden jälkeen vuosituhannen alkupuolella puukerrostaloja ei juuri rakennettu. Määräyksen muuttuessa ja teollisen valmistuksen kehittyessä on puukerrostalorakentaminen viime vuosina kääntynyt nousuun.

Puuta on pidetty palo-ominaisuuksien, ja keveydestä johtuen ääneneristävyysominaisuuksien vuoksi huonona materiaalina kerrostalorakentamisessa. Näihin haasteisiin on olemassa ratkaisut, joten puusta rakennettu kerrostalo on turvallinen ja viihtyisä asua.

Asiasanat:

puukerrostalo, välipohja, huoneistojen välinen seinä, ääneneristys, palosuojaus, liikennemelu

Degree programme
of Civil Engineering

Author	Markus Jokitalo	Year	2017
Supervisor	Risto Airaksinen		
Commissioned by	Koto-Kiinteistöt Oy		
Subject of thesis	Wood apartment house		
Number of pages	38		

The objective of this thesis was to clarify fire technical and voice technical demands of the central building parts of a wood apartment house. The thesis discusses the position of wood as a material as well as the regulations and challenges related to wood apartment house building. In addition, the thesis discusses part by part the structures with which the demands are met. Some of the building parts to be dealt with were mainly the spine structured walls and the beam structured intermediate floors. The information and the theory were searched for from building regulations and literature of the field and from previous studies.

Building of blocks of flats from wood is a fairly new matter in Finland. The building began with construction project test in 1995. After the test targets wood apartment houses were not really built during the first part of the millenium. When the regulations have changed and manufacturing has developed, building wood apartment houses has developed an upward trend during the last few years.

Wood has been considered a bad material for building apartment blocks due to its sound proofing properties deriving from its lightness and due to its fire properties. To these challenges solutions exist and a block of flats built of wood is safe and cosy to live in.

Key words:

wood apartment house, intermediate floor, wall between the flats, sound proofing, fire protection, traffic noise

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 PUUKERROSTALORAKENTAMINEN SUOMESSA	7
2.1 Historiaa.....	7
2.2 Puukerrostalorakentaminen 2017	7
3 PUUKERROSTALON ÄÄNENERISTYS.....	8
3.1 Rakennusmääräyskokoelma C1	8
3.2 Keveiden rakenteiden ääneneristys	8
4 PUUKERROSTALON PALOTURVALLISUUS.....	10
4.1 Paloturvallisuuden täyttymisen osoittaminen	10
4.2 Puun käyttäytyminen palossa	10
4.3 Puu rungon materiaalina.....	11
4.4 Pintojen luokat ja suojaverhoukset.....	11
4.5 Puu julkisivuissa.....	12
5 PERUSTUKSET JA ALAPOHJA	14
5.1 Ryömintätilainen alapohja.....	14
5.2 Maanvarainen alapohja.....	15
6 ULKOSEINÄT	16
6.1 Ulkoseinien paloturvallisuus.....	16
6.2 Julkisivun palokatkot.....	16
6.3 Paloräystäs	18
6.4 Julkisivun ääneneristys liikennemelua vastaan.....	19
6.4.1 Ohjearvot.....	19
6.4.2 Liikennemelun vaikutus	20
6.4.3 Kaavamääräys ja -merkintä.....	20
6.4.4 Ääneneristävyden koostuminen.....	21

6.4.5	Ääneneristävyyden laskenta.....	22
6.4.6	Ulkoseinärakenne liikennemelua vastaan	24
7	VÄLIPOHJA	26
7.1	Lattian pintamateriaali	27
7.2	Kelluva pintalaatta ja askeläänieriste	28
7.3	Kantavat palkit ja jäykistävä levytys	29
7.4	Akustinen jousiranka ja alakattolevytys.....	30
8	HUONEISTOJEN VÄLISET SEINÄT	31
8.1	Paloturvallisuus.....	31
8.2	Ääneneristys	31
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
9.1	Ulkoseinät	34
9.2	Välipohja	34
9.3	Huoneistojen väliset seinät	35
10	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Puurakentamisen suosiota on vuosia yritetty nostaa erilaisilla hankkeilla, kaavoituksella sekä palomääräysten uudistuksilla. Toimet ovat antaneet uusia mahdollisuuksia myös puukerrostaloille. Puukerrostalojen etuina verrattuna betonikerrostaloihin pidetään ekologisuutta sekä nopeampaa rakennusaikaa, ongelmana paloturvallisuutta, korkeampia rakennuskustannuksia ja huonompaa ääneneristävyyttä.

Opinnäytetyöni toimeksiantaja on Koto-Kiinteistöt Oy. Toimeksiantaja rakennuttaa nelikerroksisia asuinkerrostaloja Nivalaan. Opinnäytetyöni tavoitteena on selvittää puuhun liittyviä ongelmia asuinkerrostalon materiaalina ja betonin haastajana. Kaavoitus mahdollistaa kummankin materiaalin käyttämisen.

Betonia pidetään usein ainoana vaihtoehtona kerrostalorakentamisessa. Toimeksiantaja halusi kuitenkin antaa mahdollisuuden myös puulle materiaalina. Koska myös itse pidän puuta miellyttävänä materiaalina ja kannatan sen käytön lisäämistä, otin opinnäytetyön aiheen mielellään vastaan.

Opinnäytetyössä keskitytään nelikerroksisten, rungoltaan puurankarakenteisten, puuverhottujen asuinpuukerrostalojen välipohjiin, huoneistojen välisiin seiniin ja ulkoseiniin. Rakennusosia käsitellään lähinnä paloturvallisuuden ja ääneneristykseen näkökulmasta.

2 PUUKERROSTALORAKENTAMINEN SUOMESSA

Puukerrostalon määritelmä Suomessa: Paloluokka P2, osittain tai kokonaan yli kaksikerroksinen asuinrakennus, jossa julkisivut ja kantava runko ovat pääosin puuta. (Puuinfo 2017a)

2.1 Historiaa

Suomalaiset kaupungit olivat 1800-luvulle saakka puukaupunkeja. Oulun palo (1822) ja Turun palo (1827) saivat kivitalojen suosion nousuun monikerroksisissa rakennuksissa. Asemakaavat ja rakennusjärjestykset perustuivat paloturvallisuutta korostaviin viranomais määräyksiin suurten kaupunkipalojen jälkeen. (Karjalainen 2002, 54, 55.)

Suomen ensimmäisten kerrostalojen rakentaminen puusta aloitettiin Ylöjärven asuntomessuille (Kiinteistö Oy Ylöjärven vuokratalot) 1995-1996. Yhdessä 2-kerroksisessa ja kahdessa 3-kerroksisessa asuinrakennuksessa on 1252 k-m² ja 19 huoneistoa. (Karjalainen 2002, 105.)

Ylöjärven kohde ja neljä seuraavaa puukerrostalohanketta on rakennettu ennen silloista palomääräysten uudistamista (RakMK E1, 1.9.1997). Aiemmin yli 2-kerroksisia puutaloja ei ollut saanut rakentaa palomääräysten vuoksi. Kohteet toteutettiin koeluonteisesti poikkeusluvilla. Hankkeissa tutkittiin taloudellisuuden lisäksi paloturvallisuutta, kosteuskäyttäytymistä sekä akustiikkaa. (Karjalainen 2002, 105.)

2.2 Puukerrostalorakentaminen 2017

Puukerrostalon määritelmän mukaisia puukerrostaloja on valmistunut 23.8.2017 mennessä 59 kpl, asuntoja näissä on 1437 kpl. Lisäksi on valmistunut neljä toimistopuukerrostaloa. (Puuinfo 2017a)

Metsäteollisuuden tulevaisuuden tavoitteena osana biotaloutta on puurakentamisen voimakas kasvu. Lähivuosien tavoite puulle on 10 %:n osuus uusista kerrostaloista. (Kylliäinen, Latvanne, Kuusinen & Kekki 2017, 6.)

3 PUUKERROSTALON ÄÄNENERISTYS

3.1 Rakennusmääräyskokoelma C1

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa C1 annetaan määräyksiä ja ohjeita ääneneristyksestä ja meluntorjunnasta rakennuksessa (taulukko 1). Määräykset ja ohjeet koskevat rakenteellista äänen eristystä ja meluntorjuntaa uudisrakennuksessa. (RakMK C1 1998)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 olennainen vaatimus: *Raken-
nus on suunniteltava ja rakennettava siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen
lähellä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna näiden henkilöi-
den terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riit-
tävän hyvissä olosuhteissa.* (RakMK C1 1998)

Taulukko 1. Asuinrakennuksissa noudatettavia ääneneristysvaatimuksia

<u>Pienimmät</u> sallitut ilmaääneneristysluvun R'_{w} (dB) arvot	dB
Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä	55
Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi	39
<u>Suurimmat</u> sallitut askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ (dB) arvot	
Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön tai muuhun asuinhuoneeseen, yleensä	53
Uloskäytävästä asuinhuoneeseen	63

3.2 Keveiden rakenteiden ääneneristys

Puun keveyden vuoksi puurakenteiden ääneneristävyys ei voi perustua massa-
betonirakenteiden tapaan. Riittävä ääneneristys on mahdollista saavuttaa kerros-
rakenteilla. Ilmaääneneristävyys saadaan puurakenteilla hyvin hallintaan, aske-
lääneneristävyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Askelääneneristävyyss-
määräyksissä ei huomioida alle 100 Hz:n taajuuksia. Keveillä puurakenteilla täy-

tyy huomioida myös tätä matalammat taajuudet, koska taajuuksilla 25 Hz:stä alkaen saattavat askeläänet häiritsevästi kuulua alapuolisessa huoneistossa kumina. (Lahtela 2004, 14.)

Asuinrakennusten äänistä suurin osa on taajuudeltaan korkeaa, esimerkiksi puheäänen taajuus on 50 Hz – 10000 Hz. Korkeilla taajuuksilla puurakenteilla voidaan saavuttaa hyvä ääneneristävyys. Puurakenteiden liitokset ovat joustavia, joten ne välittävät vähemmän värähtelyä kuin jäykät betonirakenteet. Liitosten joustavuuden ja liitoksissa olevien katkojen vuoksi äänen sivutiesiirtymät jäävät vähäisemmiksi. (Lahtela 2004, 14, 15.)

4 PUUKERROSTALON PALOTURVALLISUUS

Rakennukset jaetaan Suomessa kolmeen paloluokkaan: P1, P2, ja P3. Kaksikerroksinen asuinrakennus kuuluu paloluokkaan P3. 3-8 -kerroksiset asuinpuukerrostalot kuuluvat paloluokkaan P2. (RakMK E1 2011, 5, 11.)

4.1 Paloturvallisuuden täyttymisen osoittaminen

Paloturvallisuuden kannalta olennainen vaatimus Suomen rakennusmääräyskoelmassa E1:

- *rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan*
- *palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua*
- *palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa*
- *rakennuksessa olevien henkilöiden on päästävä palon sattuessa poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin*
- *pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.*

4.2 Puun käyttäytyminen palossa

Puuta pidetään yleisesti palavana materiaalina. Tulipalossa puurakenteita voidaan kuitenkin pitää jopa turvallisempina kuin esijännitettyjä betonirakenteita tai teräsrakenteita. Puurakenteet mitoitetaan tunnettujen hiiltymänopeuksien mukaan, ja suojataan osittain tai kokonaan. Kantavien puurakenteiden teräслиittimet on aina suojattava, jos rakenteella on palonkestoavaatimus. (Siikanen 2008, 164.)

Palonkestoaikaa laskettaessa huomioidaan suojaus, hiiltymisnopeus ja -syvyys. Hiiltymisnopeudet suorakaiteen malliselle puiselle rakennusosalle (β) standarditulipalossa ovat:

- $\beta = 0,7 \text{ mm/min}$ kerrosliimatulle puulle

- $\beta = 0,8 \text{ mm/min}$ rakennepuutavaralle.

Hiiltemissyvyys = $\beta \cdot \text{palonkesto aika}$. Hiiltymättä jääneen poikkileikkauksen nurkien kaarevuussäde $r = 0,8 \cdot \beta \cdot \text{palonkesto aika}$ (RakMK B10 2001, 28.)

Hiiltymänopeudet ovat isoille suojaamattomille pinnoille. Levysuojatut rankarakenteet kuumentuvat levyn suojavaikutuksen aikana. Suojauksen loppuessa hiiltyminen on edellä kuvailtua nopeampaa. (Siikanen 2008, 166.)

4.3 Puu rungon materiaalina

Nelikerroksisen P2-luokkaisen kerrostalon toteuttaminen puurunkoisena on mahdollista, kun:

- Rakennus varustetaan vähintään **SFS-5980-standardin 2-luokan** vaatimukset täyttävällä automaattisella sammutusjärjestelmällä
- Räystäskorkeus ei saa olla yli **14** metriä.
- Kantavat rakenteet vähintään luokkaa **R60**
- Osastoivat rakenteet vähintään luokkaa **EI60**
- Parvekkeiden kantavat rakenteet vähintään **R30**, parvekelaatan osastointivaatimus **EI30**
- Rakennuksen eristeiden, muiden täytteiden ja kellarikerroksen kantavat rakenteet vähintään luokkaa **A2-s1, d0**. (Tolppanen, Karjalainen, Lahtela & Viljakainen 2013, 137.)

4.4 Pintojen luokat ja suojaverhoukset

Nelikerroksisen P2-luokkaisen puurunkoisien kerrostalon pintojen suojaverhousten luokkavaatimukset:

- Välipohjan yläpinnan suojaverhous → **ei vaatimusta**
- Seinä- ja kattopintojen suojaverhoukset → **K2 10, A2-s1, d0**
- Rakennusosien ulkotilaan tai tuuletusrakoon rajoittuvien osien suojaverhous (ei yläpohja) → **K2 10, A2-s1, d0**

- Parvekerakenteet (varatie)→ **K2 10, A2-s1, d0**. Vaihtoehtona parvekkeen varustaminen sprinklerillä jolloin riittää **B-s2, d0**, esim. palonsuojamaalilla käsitelty puu. (Tolppanen ym. 2013, 138.)

Nelikerroksisen P2-luokkaisen puurunkoisen kerrostalon sisäpintojen luokkavaatimukset:

- Seinät ja katot, kun sprinkleriluokka: OH (SFS-EN 12845)→ **D-s2, d2**
- Seinät ja katot, kun sprinkleriluokka: 2 (SFS-5980)→ **B-s1, d0**, seinät voivat olla vähäisiltä osin **D-s2, d2**
- Asuntojen lattiat→ **ei vaatimusta**
- Uloskäytävien seinät ja katot→ **A2-s1, d0**
- Uloskäytävien lattiat→ **DFL-s1**
- Kellarin seinät ja katot→ **B-s1, d0**
- Kellarin lattiat→ **DFL-s1**. (Tolppanen ym. 2013, 138, 152.)

4.5 Puu julkisivuissa

Nelikerroksisessa P2-luokkaisessa puurunkoisessa kerrostalossa puujulkisivujen käyttö edellyttää:

- Sprinkleröinti→ **Standardin SFS-5980** -mukainen
- 1. kerroksen julkisivu→ **B-s2, d0**, esim. palonsuojamaalilla käsitelty puu
- 1. kerroksen tuuletusraon ulkopinta→ **B-s2, d0**
- Tuuletusraon sisäpinta→ **A2-s1, d0**
- 2-4 krs. julkisivu, tuuletusraon ulkopinta sekä julkisivun kiinnityskoolaukset→ **B-s2, d0**. Alla olevien edellytysten täytyessä myös luokka **D-s2, d2**.

*Enintään 4-kerroksisessa asuin- ja työpaikkarakennuksessa ja tarkoitukseen so-
pivalla automaattisella sammutuslaitteistolla varustetussa enintään 8-kerroksi-
sessä asuin- ja työpaikkarakennuksessa saa ulkoseinän ja tuuletusraon ulkopin-
noissa käyttää D-s2, d2-luokan rakennustarviketta rakennuksen alinta kerrosta*

sekä uloskäytävien ja varateinä toimivien ikkunoiden tai muiden aukkojen ylä- ja alapuolella olevia pintoja lukuun ottamatta, kun:

- palon leviäminen tuuletusraossa on rajoitettu vähintään kerroksittain riittävän tehokkaasti,*
- palon leviäminen vaakasuunnassa porrashuoneen ulkoseinän tuuletusrakoon on estetty,*
- palon leviäminen julkisivusta ullakkoon ja yläpohjaan on estetty EI 30-rakenteella,*
- julkisivurakenteen laajojen osien putoaminen palon sattuessa on riittävästi estetty ja*
- rakennuksia tai rakennelmia ei sijoiteta alle 8 metrin etäisyydelle julkisivusta, jollei rakenteellisin tai muin keinoin estetä palon leviämistä julkisivuun. (RakMK E1 2011, 23-25.)*

5 PERUSTUKSET JA ALAPOHJA

Betonirakenteiseen kerrostaloon verrattuna puukerrostalon paino on vain 20 %. Joissain tapauksissa tämän ansiosta voi välttää paalutuksen, tai paalutus ja muut perustustyöt ovat ainakin vähäisempiä. Toisaalta kapean ja korkean rakennuksen keveys on tuulikuormien kannalta haasteellinen. (Tolppanen ym. 2013, 52.)

Ryömintätilaisen alapohjan osalla täytyy huomioida osastointivaatimukset viereisiin huoneistoihin. Muutoin puukerrostalon alapohjaratkaisut eivät poikkea muusta rakentamisesta.

5.1 Ryömintätilainen alapohja

Ryömintätilainen alapohja puukerrostalossa mahdollistaa puun käytön myös alapohjassa. Muita etuja ovat soveltuvuus kantamattomalle ja kaltevalle maaperälle sekä radonalueilla ryömintätilan tuuletus poistaa radonongelmat. (Tolppanen ym. 2013, 53)

Ulkopuolen maanpinta on oltava alempana kuin ryömintätilan maanpinta ja ryömintätilan korkeuden vähimmäisvaatimus on 800 mm. Tästä seuraa ongelma sisäänkäyntien pitkinä liikuntaesteisten luiskina. (Tolppanen ym. 2013, 55.)

Paksu puurakenteinen alapohja, ryömintätilan vähimmäiskorkeus, luiskakaltevuusvaatimus yhdessä aiheuttavat pitkät luiskat. Suomen rakennusmääräyskoelman vaatimuksia luiskille: *Luiska saa olla kaltevuudeltaan enintään 8 % (1:12,5) ja pituudeltaan yhtäjaksoisena enintään kuusi metriä, jonka jälkeen kuväylällä edellytetään vaakasuoraa vähintään 2000 mm pituista välitasannetta. Ilman välitasanteita jatkuva luiska saa olla enintään 5 % (1:20) kalteva. Jos ulkotilassa olevaa luiskaa ei voida pitää sisätilassa olevaan luiskaan verrattavassa kunnossa, kaltevuutta vastaavasti loivennetaan.* (RakMK F1 2005, 7)

Alapohja kannattaa suunnitella REI60 rakenteeksi. Näin välttyään ryömintätilan osastoinneilta, mikä haittaisi ryömintätilan tuuletusta. (Tolppanen ym. 2013, 53, 149)

5.2 Maanvarainen alapohja

Kantavalla maaperällä maanvarainen laatta on hyvä vaihtoehto. Etuina ryömintätilaiseen alapohjaan on pienempi korkoero lattiasta rakennuksen viereiseen maanpintaan. Myös viemäröinnit ja lattialämmitys on helppo toteuttaa. Betonin kuivatus voi olla ongelma paksuilla varaavilla laatoilla ja tiukoilla aikatauluilla.

6 ULKOSEINÄT

Puurunkoisen kerrostalon ulkoseinän tulee täyttää paloturvallisuuden, energiatehokkuusvaatimusten ja rakennusfysiikallisen toimivuuden lisäksi vaatimuksia jäykistyksestä sekä mahdollisesta ääneneristyksestä liikennemelua vastaan.

6.1 Ulkoseinien paloturvallisuus

Puukerrostalon rankarakenteisen kantavan ulkoseinän tulee olla R60 rakenne. Palomitoituksessa huomioidaan puun tunnettu käyttäytyminen tulipalossa. Mikäli sisäpuoliset levytykset ja mahdolliset koolaukset eristeineen eivät anna täyttä 60 minuutin palonkestoaikaa, tehdään kantavalle rungolle hiiltymämitoitus. Hiiltymämitoituksessa voidaan huomioida palamaton ja sulamaton lämmöneriste, jolloin mitoitus tehdään ainoastaan palon puolelta kohtisuorassa, ei tolpan kyljille. Jos eristeen suojaus otetaan huomioon, pitää varmistua eristeen paikoillaan pysymisestä palotilanteessa. (Tolppanen ym. 2013, 94, 137, 144)

Asuinpuukerrostalossa yleensä kaikki huoneistojen väliset seinät ja ulkoseinät ovat jäykistäviä (ja kantavia) rakenteita. Sisäpuolisessa palossa levytykset eivät yleensä anna rankarakenteiselle seinälle täyttä palonkestoaikaa. Siksi tuulensuojana on käytettävä jäykistävää levyä.

6.2 Julkisivun palokatkot

Puujulkisivun (D-s2, d2) käytön edellytys 4-kerroksisessa asuinpuukerrostalossa (RakMK E1): *palon leviäminen tuuletusraossa on rajoitettu vähintään kerroksittain riittävän tehokkaasti.*

Suomen puukerrostalorakentamisen alkuaikoina on käytetty 70–200 mm leveitä kerroksittaisia palokatkokoulokkaita (kuva 1) seuraavissa kohteissa: Ylöjärvi 1995 - 1996, Viikki 1997, Tuusula 1997, Raisio 1996-1997, Lahti 1998, Porvoo 1998. (Karjalainen 2002, 166.)



Kuva 1. Suomen ensimmäinen puukerrostalo (Ylöjärvi) näkyvine palokatkoulokkeineen (Puuinfo 2017b)

Kuopion pelastusopistolla (Toteutus: Kuopion pelastusopisto, Oulun yliopisto, Puustudio) tehtiin vuonna 1998 puujulkisivujen koepolttosarja. Kokeesta selvisi mm:

- Palo levisi tuuletusraossa, ei juurikaan julkisivun pinnassa
- Pystykoolaukset estivät hyvin palon leviämistä sivusuunnassa
- Palavat tuulensuojalevyymateriaalit (esim. puukuitulevyt) vauhdittivat paloa palon kiertäessä katkot tuulensuojan puolelta
- Palokatkoulokkeen ollessa alle 100 mm. niistä ei ollut hyötyä. Palon saadessa lisähapetta katkon kohdalla ne voivat jopa edistää paloa
- Lujarakenteiset, 200–300 mm:n levyiset ulokkeet ovat riittävät
- Tuuletusraon vapaa hormi-ilmiö tulee poistaa
- Tuuletusraon sivuttaissuuntainen kaistoitus ja pystysuuntainen kuristus vaakasuuntaisilla reikäpelleillä ovat toimivia ratkaisuja. (Karjalainen 2002, 168-169.)

2000-luvun polttokokeissa (VTT) on todettu myös tuuletusraon vapaan hormi-ilmiön rajoittamisen tarpeellisuus julkisivupalon kannalta. Näissä tutkimuksissa to-

dettiin lisäksi tuuletusraon ilmavirtauksen hidastamisen pidentävän julkisivulaudoituksen käyttöikää tasaisemman lämpö- ja kosteusvaihtelun vuoksi. Tuuletusraon kuristamiseen käytetään rei'itettyä peltiprofilia (kuva 2). Reikien pinta-ala on tuuletusraon pinta-alasta n. 5 %, reiät oltava eri kohdissa profiilin ylä- ja alaosassa. (Puuinfo 2016a, 3.)



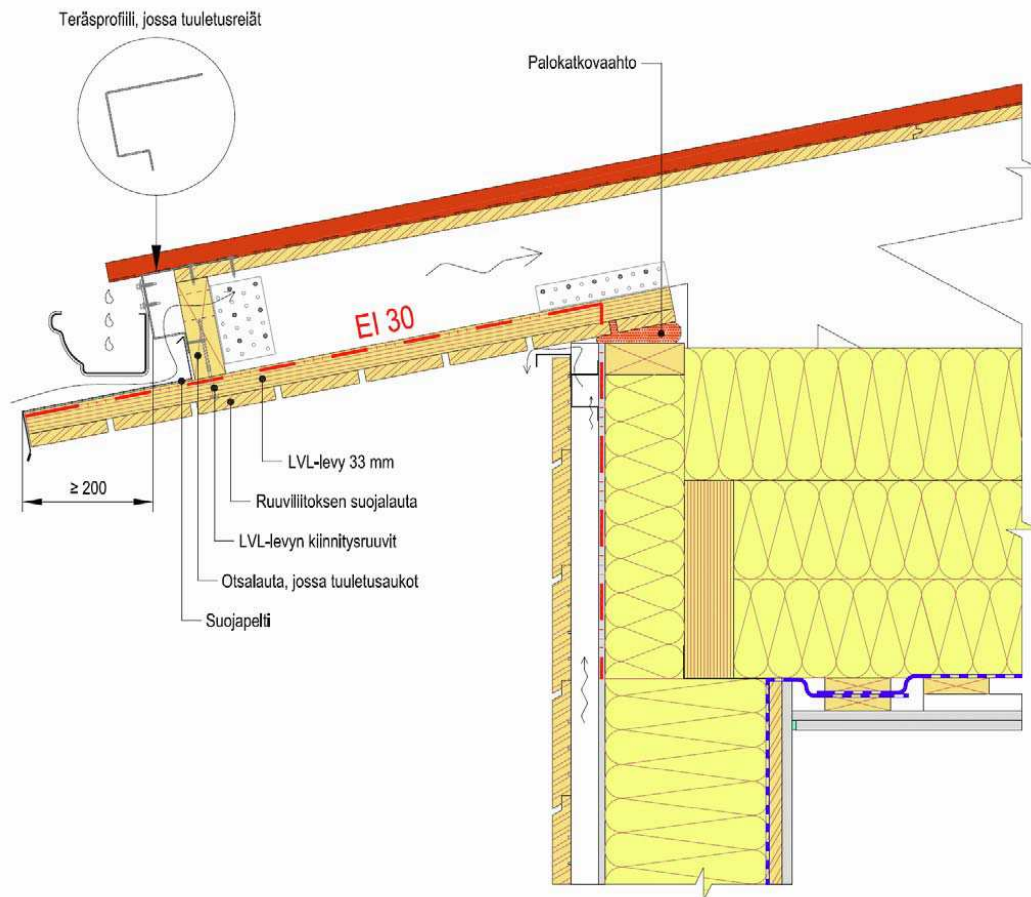
Kuva 2. Rei'itetty palokatko-profilii ulkoseinäelementissä (Puuinfo 2016a)

6.3 Paloräystäs

Suomen rakennusmääräyskokoelman E1:n mukaan P2-paloluokkaan kuuluvissa 3-8 -kerroksisissa puurunkoisissa, julkisivuiltaan puulla verhotussa kerrostalossa tarvitaan paloräystäs. Edellytys D-s2, d2 luokan materiaalin käytölle ulkoverhouksessa: *Palon leviäminen julkisivusta ullakkoon ja yläpohjaan on estetty EI 30-rakenteella.* (RakMK E1 2011, 24.)

Palo-osastoivuuden lisäksi paloräystään suunnittelussa on huomioitava yläpohjan tuuletus. Tuuletus voidaan toteuttaa palotilanteessa sulkeutuvilla palokatko-venttiileillä, tai kuvan 3 mukaisella rakenteella. Räystäään alapintaan asennettu levy ohjaa liekit kauemmas otsalaudasta, ja tuuletusilma otetaan otsalaudan kautta. Polttokokeissa on todettu kauemmaksi ohjattujen liekkien aiheuttavan

imua yläpohjan tuuletusrakoon (yläpohjasta ulospäin), mikä myös parantaa yläpohjan paloturvallisuutta. Liekkejä ohjaava räystään alapinnan levy voi olla esim. 33 mm kertopuuta. (Tolppanen ym. 2013, 155, 156.)



Kuva 3. Paloräystäs EI30 (Puuinfo 2016b)

6.4 Julkisivun ääneneristys liikennemelua vastaan

6.4.1 Ohjearvot

Valtioneuvoston päätös melutasojen ohjearvoista:

Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa on ohjeena, että ulkoa kantautuvasta melusta aiheutuva melutaso sisällä alittaa melun A-painotetun ekvivalenttitason (L_{Aeq}) päiväohjearvon (klo 7-22) 35 dB ja yöohjearvon (klo 22-7) 30 dB. (Valtioneuvosto 1992.)

6.4.2 Liikennemelun vaikutus

Liikennemelu vaikuttaa asumisviihtyisyyteen ja -terveyteen. Liikennemelun tasoon vaikuttaa rakennuspaikka. Tien/kadun etäisyys rakennuksesta, liikennemäärät ja -nopeus, melusteet sekä maaston muodot ja -vaimennuskyky vaikuttavat rakennuksen ulkovaippaan kohdistuvaan melutasoon. Tästä johtuen ei ole olemassa yleisiä vaatimuksia rakennusten ääneneristävydestä liikennemelua vastaan. (Kylliäinen ym. 2017, 56.)

6.4.3 Kaavamääräys ja -merkintä

Rakennuksen koko ulkovaipan (liikenne-, raide- ja lentomelu) tai julkisivun (liikenne- ja raidemelu) ääneneristysvaatimukset annetaan rakennusluvan ehtona tai kaavamerkintänä (kuva 4). Kaavamääräysten tarkoitus on valtioneuvoston antamien melutason ohjearvojen alittaminen. (Ympäristöopas 2003, 8.)

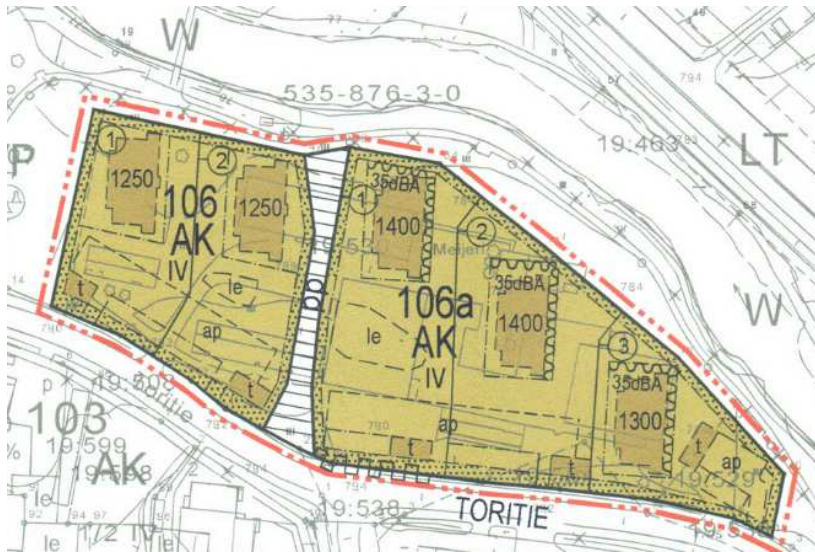
Kaavamääräys tai -merkintä liikennemelua vastaan tarkoittaa koko julkisivun ääneneristävyyttä. Kokonaisuuteen vaikuttaa kaikki rakennusosat: ikkunat, ovet, korvausilmaventtiilit ja ulkoseinärakenteet. Lentomelualueella on kiinnitettävä huomiota yläpohjarakenteeseen. Vaatimusten täytyminen osoitetaan laskelmilla rakennuslupavaiheessa. (Kylliäinen ym. 2017, 56.)



Merkintä osoittaa rakennusalan sivun, jonka puoleisten rakennuksen ulkoseinien sekä ikkunoiden ja muiden rakenteiden ääneneristävyden liikennemelua vastaan on oltava vähintään 00 dBA.

Kuva 4. Kaavamerkintä 132 (Ympäristöministeriö 2000)

Valiorannan asemakaavassa on määräys liikennemelulle korttelissa 106a. Korttelin 4-kerroksisille kerrostaloille (3kpl) on itä- ja pohjoispuolen julkisivuille vaatimus ääneneristävyydelle liikennemelua vastaan 35 dBA (kuva 5). Korttelissa 106 vaatimuksia ei ole.



Kuva 5. Kaavamerkintöjä korttelissa 106 ja 106a (Nivalan kaupunki)

6.4.4 Ääneneristävyyden koostuminen

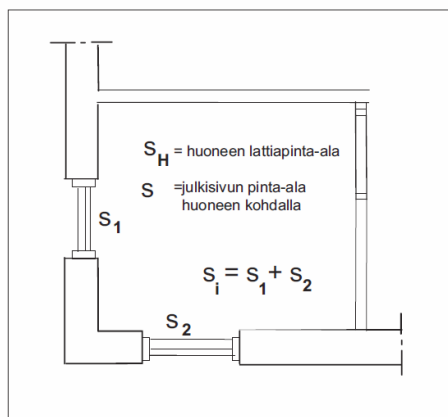
Kaavamerkinnän vaatimus 35 dB rakennuksen julkisivun ääneneristyksestä (äänitasoero ulko/sisä) ei ole sama kuin rakennusosan ääneneristyskyky (ilmääneneristysluku $R_w + C$). Ilmääneneristysluku pysyy samana seinän pinta-alan kasvaessa, rakennuksen sisälle muodostuva keskiäänitaso puolestaan nousee seinän pinta-alan kasvaessa. Esimerkiksi samalla ilmääneneristävyydellä $R_w + C$ arvolla 20 m² seinä läpäisee 3-desibeliä enemmän ääntä kuin 10 m² seinä. (Kylliäinen ym. 2017, 59.)

Rakennuksen sisällä keskiäänitaso siis suurenee huonetilan pienentyessä suhteessa ulkovaippaan. Eri rakennusosien ilmääneneristysluvut ja pinta-alojen suhteet toisiinsa (ikkunat, ovet, seinät) vaikuttavat myös asiaan. Määräyksiä kaavamääräysten toteutumisen osoittamisesta ei ole. Käytössä on kaksi menetelmää, RT-kortissa vuonna 1975 julkaistu *äänitasoeromenetelmä* ja ympäristöministeriön *ympäristöopas 108*. (Kylliäinen ym. 2017, 60.)

6.4.5 Ääneneristävyyden laskenta

Koska keskiäänitaso $LA_{eq,s}$ on huonekohtainen ilmiö, täytyy laskenta tehdä kaikissa rakennuksen melulta eristettävissä tiloissa. Jos pystytään arvioimaan rakennuksen meluherkin tila (kuva 6), voidaan laskenta tehdä vain siihen ja toteuttaa koko rakennus samoilla eristävyyksillä. Menettely ei ole aina taloudellisesti järkevää. (Kylliäinen ym. 2017, 61.)

Valiorannan korttelin rakennusten koilliskulmauksen voi arvioida olevan kohteen meluherkin tila (kuva 7). Pientä 7 m² kulmahuonetta rajaavien julkisivujen ääneneristysvaatimus on 35 dB. Seuraavassa käydään laskenta läpi ympäristöoppaan 108 mukaan. (Ympäristöopas 2003, 8.)

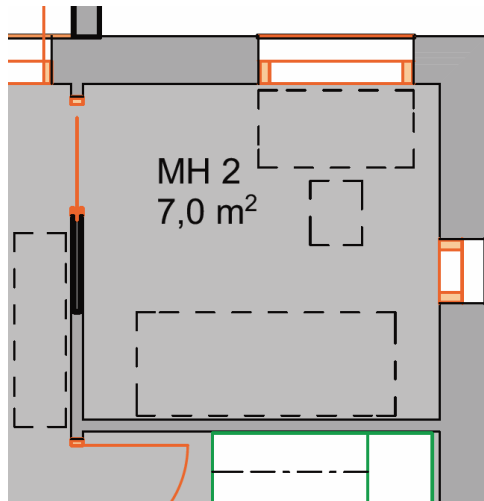


Kuva 1. Pinta-alat kulmahuoneessa, jossa molempiin ulkoseiniin kohdistuu likimain sama äänitaso. S_H on huoneen lattiapinta-ala, $\Sigma S_i = (S_1 + S_2)$ on ikkunoiden yhteispinta-ala ja S on ulkoseinien yhteispinta-ala huoneen sisämittojen mukaan lasketuna.

Kuva 6. Laskennassa tarvittavat pinta-alat. Ulkoseinän ääneneristysvaatimukset samat molemmilla seinillä (Ympäristöopas 2003, 14)

Laskennassa tarvittavia tietoja:

Kaavamerkinnän vaatimus ääneneristävyydelle **35 dB**. Huoneen pinta-ala **7 m²**. Seinien mitat 2.75 m ja 2.55 m, korkeus 2.6m. Toisella seinällä ikkuna 0.7m² ja toisella seinällä ikkuna 1.7 m². Mitoituksessa tarvittava julkisivun pinta-alaan lasketaan kumpikin seinän sisämittojen mukaan (kuva x): $(2.75+2.55) \cdot 2.6 =$ **13.8m²**. Ikkunoiden yhteenlaskettu pinta-ala on **2.4 m²**.



Kuva 7. Tarkasteltava kulmahuoneen luonnoskuva. (Koto-Kiinteistö 2017)

Ulkoseinien yhteenlaskettujen pinta-alojen ja huonealan (taulukko 2) suhteesta (13.8/7) saadaan korjaustekijäksi $K_1 +4 \text{ dB}$ ($S/SH \approx 2$).

Taulukko 2. K_1 arvon määräytyminen (Ympäristöopas 2003, 12)

Julkisivun pinta-ala/lattian pinta-ala	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
Termi K_1	+5	+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

Julkisivun kokonaisääneneristävyydelle ($R_{tr,vaad}$) on kaava:

$$R_{tr,vaad} = \Delta L + K_1 + 7 \text{ (dB)} = 35 + (+4) + 7 = \mathbf{46 \text{ dB}}$$

ΔL = Korttelissa 106a vaatimus 35 dB kulmahuoneen molemmilla ulkoseinillä.

Julkisivun **rakenteellisen osan** (seinärakenteen) pitää olla 3 dB suurempi kuin julkisivukokonaisuudelta vaadittava ääneneristävyys $\rightarrow 46+3 = \mathbf{49 \text{ dB}}$

Ikkunoilta ja ovilta vaadittava ääneneristävyys on riippuvainen niiden pinta-alan suhteesta tarkasteltavan ulkoseinän pinta-alaan. Kaava:

$$R_{A,tr} \geq R_{tr,vaad} + K_2 \text{ (dB), missä:}$$

$R_{A,tr}$ = Laskettavien rakennusosien ääneneristysluvut, tässä tapauksessa ikkunat ja ovet

$R_{tr,vaad}$ = Julkisivun yhteisääneneristysvaatimus, tässä tapauksessa 46 dB

K_2 = Korjaustermi dB, tulee ikkunoiden ja ovien suhteesta ulkoseinän kokonaisalaan (taulukko 3). Tässä tapauksessa $2.4/13.8 \approx 0.15 \rightarrow k_2 = -4$

Ikkunoiden ja ovien ääneneristysvaatimuksille saadaan arvo:

$$R_{A,tr} \geq 46 \text{ dB} + (-4) = \underline{\underline{42 \text{ dB}}}$$

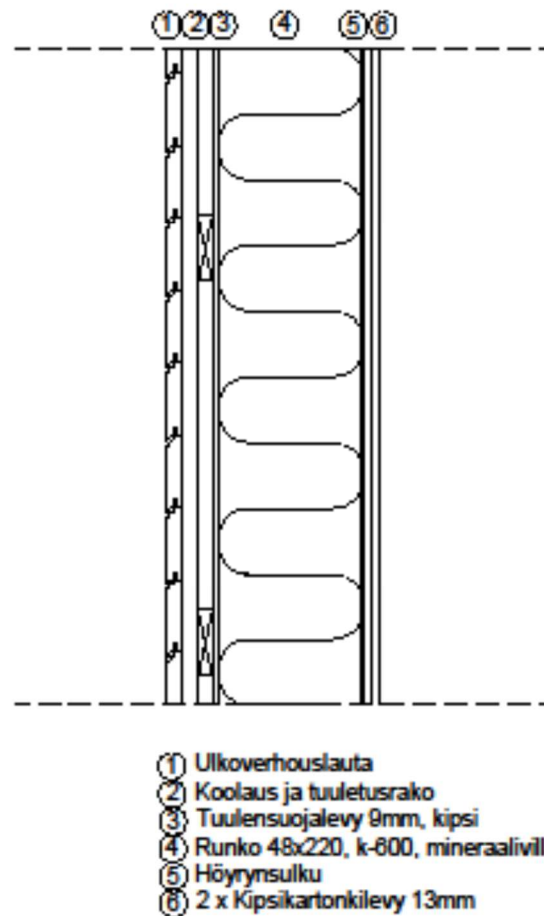
Taulukko 3. Korjaustermien K_2 määräytyminen. (Ympäristöopas 2003, 13)

Ikkunoiden pinta-ala/Julkisivun pinta-ala	$\leq 0,10$	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	$\geq 0,50$
Korjaustermi K_2 , dB	-6	-5	-4	-3	-3	-2	-1	0

6.4.6 Ulkoseinärakenne liikennemelua vastaan

Suuri seinäpinta-alan suhde tilan pinta-alaan on ongelma puurunkoisella ja puu-julkisivuisella rakennuksella liikennemelun vaimentamisessa. Tavanomaisella rankarakenteisella seinällä (kuva 8) päästään ilmaääneneristyslukuun $R_w + C_{tr}$ **44dB**.

Liikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ 44 dB



Kuva 8. Ulkoseinän ääneneristys. (Lahtela 2004, 57)

Suuremmissa tiloissa, jotka rajaavat vain yhdeltä sivultaan liikennemelulta eristettävään julkisivuun (35 dB) rakennusosien ilmaääneneristävyysvaatimukset ovat helpommin toteutettavissa (taulukko 4).

Taulukko 4. Tilojen pinta-aloja ja rakennusosien $R_w + C_{tr}$ dB -vaatimuksia korttelissa 106a.

	ha-m ²	US-m ²	Ikkuna+ovi m ²	Julkisivu dB	Ikkuna dB	Seinära- kenne dB
OH+KK	27	11.7	4.4	39	38	42
MH 2	10	10	1	43	37	46

7 VÄLIPOHJA

Suurin sallittu askeläänitasoluku huoneistojen välillä on $L'_{n,w}$ 53 dB, porrashuoneesta asuinhuoneistoon $L'_{n,w}$ 63 dB (RakMK C1 1998, 5). Täyttämällä askelääneneristysvaatimukset täyttyvät välipohjissa yleensä myös vaatimukset ilmaääneneristykselle, joka on sama kuin huoneistojen välisissä seinissä R'_w vähintään 55dB (Kylliäinen ym. 2017, 38).

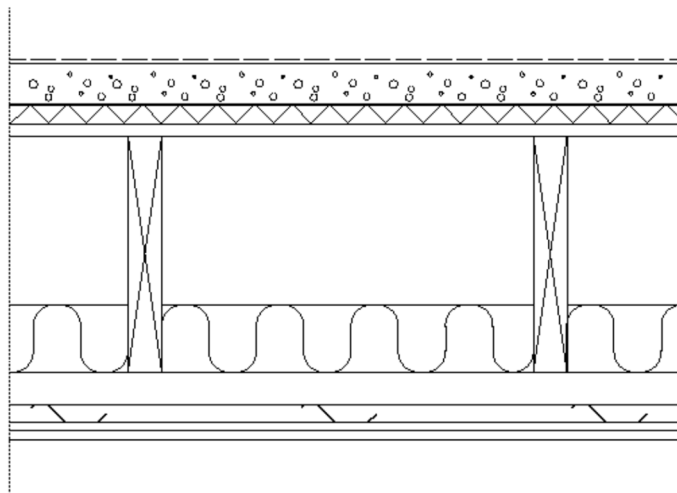
Puukerrostalojen haastaessa betonikerrostalot korostuvat välipohjarakenteiden merkitys. Välipohjan akustisella toiminnalla on suuri merkitys koettuun asumisviihtyisyyteen. Betonirakentamisessa suurella massalla saavutetaan hyvä askelääneneristys. Puurakentamisen etuna pidetään keveyttä, joten massan lisäys välipohjissakaan ei ole järkevää, vaan ääneneristysominaisuudet saadaan kerrosrakenteilla. (Kylliäinen ym. 2017, 36, 41.)

Palkkirakenteisen välipohjan toiminta perustuu jousi-massa-yhdistelmään, tällöin kyseessä on kaksinkertainen välipohja. Siinä palkkien yläpuoliset levytykset tai valut sekä alakattolevytys toimivat massoina, ja massojen välinen ilmatila toimii ”ilmajousena”. Riittävän ääneneristyksen saavuttaminen edellyttää usein alakattolevytyksen asentamista akustisten jousirankojen varaan. Palkkien yläpuolinen rakenne on tehtävä joko riittävän massiivisena käyttäen joustavaa lattian pintamateriaalia, tai kelluvana laattana askeläänieristeen päällä. (Lahtela 2004, 28.) Kelluvan lattian etuna on lisäksi pienemmät äänen sivutiesiirtymät (Tolppanen ym. 2013, 164).

Vaadittu suurin sallittu askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ 53 dB, ei koske WC-, kylpyhuone- ja saunatiloja. Suunnittelussa ja rakentamisessa on kuitenkin huomioitava hyvät ääniolosuhteet myös näiden tilojen osalta. Tämä mahdollistaan ohuemman eristekerroksen käytön märkätilojen kaatovaluissa. (RakMK C1 1998, 5.)

Ääneneristysvaatimukset täyttävä huoneistojen välinen puupalkkivälipohja voi olla esimerkiksi kuvan 8 mukainen. Rakenne on REI 60. Rakennekerrokset yläpinnasta alaspäin:

- Lattianpäällyste
- ≥ 60 mm teräsbetoni-laatta, alla suodatinkangas, saumoissa limitys ja teippaus
- ≥ 30 mm askeläänieristys
- 18 mm rakennuslevy, havuvaneri, liima- ja ruuvikiinnitys
- ≥ 220 mm palkisto, rakennesuunnitelmien mukaan, palkkivälissä eriste luokkaa A2-s1, d0, ilmansulkupaperi
- 40-50 mm puukoolaus k400, tila sprinkleriputkille
- 25 mm akustinen jousiranka, k400
- 30 mm rakennuslevyt, 2-kertainen palonsuojalevy, pintalevy 1/l, palonkesto aika 60 min.
- Pintakäsittely. (RT 83-10902 2007, 32.)



Kuva 8. Ääneneristysvaatimukset täyttävä huoneistojen välinen välipohja (RT 83-10902 2007, 32)

7.1 Lattian pintamateriaali

Ilmaääneneristävyydelle lattiapäällysteellä ei ole suurta merkitystä. Askelääneneristävyydelle kiinteällä pintalaatalla tehdyllä puuvälipohjalla lattiapäällysteellä on

suuri merkitys, kelluvalla lattialla myös pieni askelääntä vaimentava merkitys. Joustavan lattiapäällysteen askelääneneristävyyden parannusvaikutus ΔL_w on määritetty betonivälipohjille, joten puuvälipohjilla parannusvaikutus (taulukko 5) ei ole yhtä suuri. Askeläänieristeen päälle asennettu parketti, jotkin muovimatot yms. ovat joustavia lattianpäällysteitä. (Lahtela 2004, 32.)

Taulukko 5. Lattiapäällysteen askelääneneristävyyden parannusvaikutus eri välipohjilla (Lahtela 2004, 32)

Välipohjan tyyppi	Parannusvaikutus, kun $\Delta L_w = 18$ dB
Betonivälipohja	18 dB
Puuvälipohja, kelluva pintalaatta	0-2 dB
Puuvälipohja, kiinteä pintalaatta	8-10 dB

7.2 Kelluva pintalaatta ja askeläänieriste

Palkkien yläpuolisen jäykistävän levytyksen ja kelluvan pintalaatan väliin asennetaan eristekerrokseksi esim. kovaa mineraalivillaa, joka toimii ääniteknisenä jousena. Eristeen minimivahvuus 30 mm, tai LVS-asennusten mahdollistamiseksi vahvuus 50 mm. Kelluva pintalaatta voidaan tehdä valamalla 50-80 mm:n kerros plaanotasoitetta, kipsiä tai betonia. Valun etuna on suuremman massan vuoksi parempi ääneneristävyys matalilla taajuuksilla. Myös lattialämmityksen kannalta valettava pintalaatta on hyvä ratkaisu. Kelluva pintalaatta on oltava irti ympäröivistä rakenteista 5-10 mm. (Tolppanen ym. 2013, 65.)

Kelluva pinalattia voidaan tehdä myös levytyksillä. Ympäripontattu lattialastulevy on käyttökelpoinen 600 mm:n levyisenä, 1200 mm leveitä ei voi käyttää käyrityksen vuoksi kelluvissa lattioissa. Lastulevyä parempi askelääneneristävyys saadaan kaksi- ja kolmikerroksisilla kipsikuitulevyillä. (Tolppanen ym. 2013, 65.)

Yksinkertaiseen levytykseen verrattuna kipsikuitulevyjen kolminkertaistaminen parantaa välipohjan askelääneneristystä taajuusalueella 63-4000 Hz vähintään 10 dB. Levykerrosten välissä syntyy värähtelyhäviöitä, joka vähentää alapuolisiin palkkeihin siirtyvää värähtelyä. (Kylliäinen ym. 2017, 42.)

7.3 Kantavat palkit ja jäykistävä levytys

Välipohjan kantavina palkkeina voidaan käyttää liima-, viilu-, ohutuuma- ja massiivipalkkeja. Käyttämällä ristikkorakenteita helpotetaan LVIS-asennuksia. Kantavan palkiston yläpintaan liimaruuviliitoksella asennettu rakennuslevy muodostaa rakenteesta ripalaatan, hyvän työtason sekä välipohjatasen levyjäykisteen. Soveltuva rakennuslevy on esimerkiksi 18mm:n havuvaneri. Ripalaatta välipohjan kokonaisvahvuus kasvaa taulukko 6 mukaisesti jännevälin kasvaessa. (Tolppanen ym. 2013, 33, 64, 65.)

Taulukko 6. Välipohjalla saavutettavat jännevälit eri vahvuuksilla (Tolppanen ym. 2013, 33)

Jänneväli m	Välipohjan kokonaispaksuus mm
5	450
6	500
7	550
8	600

Välipohjan palkkien mitoituksessa huomioidaan värähtely ja taipuma. Värähtelymitoitus tehdään kävelystä aiheutuvalle värähtelylle, myös pesukoneen aiheuttama värähtely tulee huomioida. Pistekuormaa jakavat rakennekerrokset voidaan huomioida värähtelymitoituksessa, esim. betonivalu pintalaattana. (Tolppanen ym. 2013, 88, 89.)

Puukerrostalon huoneistojen välinen välipohja pitää olla palonkestoltaan REI60 -rakenne. Palkkien yläpuolisilla valu- ja levytyskerroksilla päästään yleensä vaadittuun palonkestoajan. Jos välipohja tarvitsee palotilanteessa jäykistävää levytystä, on se suojattava koko palonkestoajalle. Alakaton levytyksillä voidaan saada välipohjapalkkeille levytyksestä riippuen esim. 30 min. palonkesto. Lopulle palonkestoajavaatimukselle on palkkeihin tehtävä hiiltymämitoitus. Mitoitus voidaan tehdä palkkeihin alapuolelta kohtisuoraa, mikäli eristeenä käytetään sulaumatonta (kivivilla) eristettä jonka paikoillaan pysyminen on varmistettu. Eristeen

paikoillaan pysyminen varmistetaan esim. koko palonkestolle mitoitetuilla puukoolauksilla. Käytettäessä ohutuumapalkkeja, uumat on suojattava palonsuojalevyillä. (Tolppanen ym. 2013, 145, 146.)

Riittävän ääneneristävyyden saavuttamiseksi tulee kaksinkertaisella puuvälipohjalla ”ilmajousen”, eli etäisyyden kantavan palkin yläpinnasta alakattolevytyksen yläpintaan olla vähintään 200 mm. Välipohjan askelääneneristävyys paranee 2-3 dB etäisyyden kasvaessa 200 mm:stä 450 mm:iin. (Lahtela 2004, 32.)

7.4 Akustinen jousiranka ja alakattolevytys

Puurakenteisten välipohjien ääneneristys perustuu pintalaatan ja alakaton massojen lisäksi rakennekerrosten liitoksissa syntyviin värähtelyhäviöihin. Joustavat kerrokset ja kytkennät vaimentavat askelääniherätteen aiheuttamaa välipohjan värähtelyä. Kelluvan pintalaatan eristyskerroksen lisäksi toinen tärkeä joustava liitos on alakaton kiinnitys. (Kylliäinen ym. 2017, 43.)

Alakaton kiinnityksestä saadaan joustava akustisella jousirangalla, eli peltiprofiililla. Mahdollisimman harva jako jousirangoille on hyvä ääneneristävyyden kannalta, toisaalta jousirankoja tulee levyjen kiinnityksen vuoksi olla yleensä jaolla k400. Vapaan joustamisen mahdollistamiseksi on jousirankojen oltava irti ympäröivistä rakenteista. Kaksinkertaisella välipohjalla jousirankojen ääneneristävyyttä parantava vaikutus alkaa noin 50 Hz:stä, ja taajuudella 100 Hz parannusvaikutus on noin 10 dB verrattuna välipohjaan, jossa alakattolevyt ovat kiinteästi asennettu. (Lahtela 2004, 29.)

8 HUONEISTOJEN VÄLISET SEINÄT

Huoneistojen välisen kantavan seinän palonkestoluokka on REI60. Huoneistojen välillä pienin sallittu ilmaääneneristysluku on R'_{w} (dB) 55 dB. Kaksinkertainen seinä on akustiselta toiminnaltaan jousi-massa -yhdistelmä. Käyttämällä lisäksi toisistaan erillistä tolpparunkoa, päästään riittävään ilmaääneneristävyyteen huoneistojen välisissä seinissä (Lahtela 2004, 23).

8.1 Paloturvallisuus

Huoneistojen välisten seinien palomitoituksessa on oletuksena palon kohdistuminen kerralla vain yhteen huoneistoon. Palotilanteessa jäykistävien levyjen tuhoutuessa siirtyvät välipohjien vaakakuormat kaksoisrunkoisen seinän toiselle puoliskolle. Tolpparunkojen palotilanteen nurjahdustuenta täytyy huomioida. Palikat tolppien välissä lyhentävät nurjahduspituuden. Käytettävien eristeiden tulee olla puukerrostalossa vähintään luokkaa A2-s1, d0. (Tolppanen ym. 2013, 137, 144.)

8.2 Ääneneristys

Kaksinkertaisen rankarakenteisen huoneistojenvälisen seinän ilmatilan eli ”ilmajousen” on oltava vähintään 145 mm, jotta saadaan riittävä ääneneristävyys. Ilmatilaan korkeilla taajuuksilla syntyviä, eristävyyttä huonontavia seisovia aaltoja vähennetään absorboivilla materiaaleilla. Ääneneristävyyden parannus on 5-15 dB käytettäessä pehmeää absorboivaa materiaalia esim. mineraalivillaa. (Lahtela 2004, 24.)

Ääneneristävyyteen vaikuttaa oleellisesti myös pintalevytysten massa. Taulukosta 7 nähdään pintalevytyksen kaksinkertaistamisen vaikutus, kun runkona on 2 x 66 mm puuranka k-600, mineraalivillaeristys ja erillisten runkojen välissä ilmatila 20 mm. Koinvidenssi-ilmiön ääneneristystä heikentävän vaikutuksen välttämiseksi seinälevytyksiä ei tule liimata toisiinsa. (Kylliäinen ym. 2017, 18, 24.)

Taulukko 7. Kipsilevyjen vaikutus ääneneristävyyteen. (Kylliäinen ym. 2017, 24)

Levytytys, sama seinän molemmilla puolilla	Ilmaääneneristävyys R_w dB
Kipsilevy N13	47
Kipsilevy EK13	48
2 x Kipsilevy N13	59
2 x Kipsilevy EK13	60

Erillisten runkojen välillä ei saa olla mekaanista kytkentää. Taulukosta 8 nähdään, että kytketyillä rangoilla ääneneristävyys ei merkittävästi parane runkovahvuuden kasvaessa (Kylliäinen ym. 2017, 28). Käytettäessä ohjauspuita leveämpiä runkotolppia, tolppien päät viistetään, ja tolpat sijoitetaan eri kohdille. Seinäpuoliskot voidaan kiinnittää yhtenäiseen välipohjan jäykistävään levytykseen, jos välipohjassa on kelluva pintalaatta. (Lahtela 2004, 26, 27.)

Taulukko 8. Runkovahvuuden vaikutus kytketyn puurankaseinän eristävyyteen. (Kylliäinen ym. 2017, 28)

Runkovahvuus mm	Rakenne	Ilmaääneneristävyys R_w dB
44	gn13+runko k600/eriste+gn13	39
66	gn13+runko k600/eriste+gn13	40
92	gn13+runko k600/eriste+gn13	40
147	gn13+runko k600/eriste+gn13	40

Tiiveys on erittäin tärkeä ääneneristävyyteen vaikuttava tekijä, joka on huomioitava suunnittelussa ja rakentamisessa. Taulukosta 9 nähdään miten pienikin rako huoneistojen välillä huonontaa ääneneristystä. Rako huoneistojen välisen seinän päädyssä. Raon korkeus 2.5 m., seinärakenne kaksinkertainen puuranka 66 mm, mineraalivilla, ilmaväli runkojen välissä 20 mm, molemmiin puolin kipsilevyt 2 x N13. (Kylliäinen ym. 2017, 34)

Taulukko 9. Raon vaikutus seinän ääneneristykseen. (Kylliäinen ym. 2017, 34)

Rako mm	Ilmaääneneristävyys R_w dB
0	59
0,1	56
0,2	53
0,5	47

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössäni keskityin rungoltaan rankarakenteisten puukerrostalojen keskeisiin rakennusosiin eli ulkoseiniin, välipohjiin ja huoneistojen välisiin seiniin. Näitä rakennusosia käsittelin pääasiassa ääni- ja palotekniikan näkökulmasta.

9.1 Ulkoseinät

Ulkoseinien osalta tuli hieman yllätyksenä liikennemelulta suojautumisen haastavuus keveillä puurakenteilla. Kaavamääräyksen vaatimusta julkisivun ääneneristävyydestä (35 dB) on vaikea toteuttaa kulmahuoneen osalta, jossa on suuri seinäpinta-ala suhteessa lattian pinta-alaan. Ulkoverhouksen vaihtamisella puupaneloinnista tiiliverhoukseen päästäisiin riittävään ääneneristykseen. Se ei kuitenkaan ole puukerrostalorakentamisessa tavoite, joten asia täytyisi ratkaista muilla tavoin.

Puukerrostalorakentamisen alkuaikoina (1995-2000) on julkisivujen palokatkoina käytetty näkyviä ulokkeita. Uusien tutkimusten mukaan tuuletusrakoa kuristamalla päästään parempaan paloturvallisuuteen. Näkymättömät katkot tekevät puujulkisivusta myös esteettisesti miellyttävämmän näköisiä, joten perusteluita näkyvien palokatkojen käytölle tämän päivän puukerrostaloissa ei ole.

9.2 Välipohja

Välipohja lienee ratkaisevin rakennusosa puukerrostalojen pyrkiessä betonin hallitsemille kerrostalomarkkinoille. Välipohjalta vaaditaan pääasiassa hyvää askelääneneristävyyttä, joka on toteutettavissa kerrosrakenteilla. Valettu kelluva pintaatta askeläänieristyksen päällä on hyvä ratkaisu ääneneristävyyden lisäksi myös lattialämmityksen asennuksen kannalta. Toisaalta valut täytyy kuivattaa riittävästi ennen pinnoitusta, joten rakennusaika voi pidentyä. ”Kuiva” rakentamistapa on puukerrostalorakentamisen etuja nopeutensa ansiosta.

Puuvälipohjat monikerrosrakenteina ovat työläitä toteuttaa. Mahdollisimman pitkälle viety elementointi on tärkeää, kun halutaan vähentää työmaalla tehtävää

hidasta ja kallista työtä. LVIS-asennusten vuoksi esivalmistuksen vieminen pitkälle voi olla ongelma.

9.3 Huoneistojen väliset seinät

Huoneistojen väliset seinät on riittävän ääneneristävyyden ja palomitoituksen täyttämisen vuoksi tehtävä kaksoisrunkoisena, eristettynä sekä kaksinkertaisella levytyksellä. Pelkkä oikea rakenne ei riitä, liitokset muihin rakenteisiin on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti. Jo pienikin rako huoneistojen välillä pilaa ääneneristävyyden.

10 POHDINTA

Opinnäytetyössäni pääsin perehtymään puukerrostalorakentamisen nykyaikaan ja historiaan. Puukerrostalorakentaminen on jo saavuttanut jonkinlaisen aseman kerrostalomarkkinoilla, toki alan etujärjestöillä tavoitteet ovat huomattavasti nykyistä korkeammalla. Ympäristöarvojen korostuminen tukee tätä tavoitetta. Rakentamisajan hiilijalanjälki onkin puukerrostalossa huomattavasti pienempi betoniin verrattuna, mutta koko elinkaaren ajalla ero tasoittuu.

Puuta pidetään miellyttävänä materiaalina, joka on ekologinen, lämmin sekä antaa hyvän sisäilmaston. Jälkimmäinen on osittain mielikuvien varassa nykyisillä rakennusmääräyksillä, jotka eivät anna mahdollisuutta käyttää puupohjaisia eristeitä. Puukuitueristeillä olisi mahdollista käyttää muovittomia rakenteita, ja rakennuksesta saataisiin hengittävä.

Vaativuudet lämmön- ja ääneneristävyydestä ovat tiukentuneet monesti puukerrostalojen historian aikana. Puulla on pystytty vastaamaan hyvin kiristyneisiin määräyksiin. Palomääräykset ovat menneet puolestaan puukerrostalojen kannalta edullisempaan suuntaan, mm. mahdollistaen puunkäytön myös sisäpintoina. Tämä on erinomainen asia, koska puu koetaan rauhoittavana pintana myös sisätiloissa.

Vaikka kerrostalojen rakentamisella puusta on lyhyt historia Suomessa, oli tietoa ja lähdemateriaalia opinnäytetyöhöni kohtalaisesti saatavilla. Ennen opinnäytetyöni tekemistä minulla oli jonkin verran tietoa aiheesta, ja paljon opin lisää prosessin aikana. Tavoitteena olleita ääni- ja paloteknisiä asioita onnistuin mielestäni käsittelemään melko hyvin, näihin oleellisesti vaikuttavia rakenteiden liitoksia en aiheen liiallisen laajuuden vuoksi käsitellyt.

LÄHTEET

Karjalainen, M. 2002. Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa. Oulun Yliopisto. Arkkitehtuurin osasto. Väitöstutkimus.

Kylliäinen, M. & Latvanne, P. & Kuusinen, A. & Kekki, T. 2017. Puukerrostalojen ääneneristys, asiantuntijaselvitys. Joensuu: Karelia Ammattikorkeakoulu.

Lahtela, T. 2004 Ääneneristys puutalossa. Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyiden suunnitteluohje. Wood Focus Oy.

Puuinfo 2016a. Kuva 2. Tekninen tiedote. Puujulkisivujen palokatko.

Puuinfo 2016a. Tekninen tiedote. Puujulkisivujen palokatko.

Puuinfo 2016b. Kuva 3. Tekninen tiedote. Paloräystä.

Puuinfo 2017a. Valmistuneet puukerrostalot. Viitattu 24.8.2017

<http://www.puuinfo.fi/articles/valmistuneet-puukerrostalot>

Puuinfo 2017b. Kuva 1. Valmistuneet puukerrostalot. Viitattu 20.10.2017

<http://www.puuinfo.fi/articles/valmistuneet-puukerrostalot#Yl%C3%B6j%C3%A4rvi>

Rakennustietosäätiö RTS 2007. Ohjetiedosto. Välipohjarakenteita. RT 83-10902. Rakennustieto Oy

Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy

Suomen rakentamismääräyskokoelma B10 2001. Puurakenteet, ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö

Suomen rakentamismääräyskokoelma F1 2005. Esteetön rakennus, määräykset ja ohjeet. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 2011. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Tolppanen, J., Karjalainen, M., Lahtela, T. & Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo - rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Tampere: Juvenes Print -Suomen yliopistopaino.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 1992. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö 2000. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Asemakaavamerkinnät ja -määräykset. Helsinki.