

PUUKERROSTALON VÄLIPOHJAN TOTEUTTAMINEN ILMAN KELLUVAA LATTIAA

Mikko Kylliäinen¹, Jussi Björman², Jouni Hakkarainen²

¹ A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Satakunnankatu 23 A
33210 TAMPERE
mikko.kylliainen@ains.fi

² Metsä Wood
Building & Industry
PL 50
02020 METSÄ
etunimi.sukunimi@metsagroup.com

Tiivistelmä

Puurakenteisten asuinkerrostalojen kilpailukyvyn kannalta välipohja on keskeinen rakennusosa, sillä siihen kohdistuu runsaasti erilaisia vaatimuksia. Ääneneristävyyden kannalta askelääneneristävyys tiedetään mitoittavamaksi tekijäksi ilmaääneneristävyyteen verrattuna. Puuvälipohjat on pitkään tehty siten, että kantavaan puurakenteeseen liittyy jollain tavalla toteutettu kelluva lattia ja joustavasti ripustettu alakatto. Tässä kuvatun kehityshankkeen tavoitteena oli saada aikaan puurakenteinen välipohjarakenne, joka täyttää askel- ja ilmaääneneristysvaatimukset ilman kelluvaa lattiaa. Lisäksi tavoitteena oli saada työvaiheita siirrettyksi työmaalta puuelementtitehtaalle. Hankkeen tuloksena saatiin kehitetyksi välipohja, joka täyttää ääneneristysvaatimukset ja jonka lattianpäällysteinä voidaan käyttää samoja tuotteita kuin betonirakenteisissa asuinkerrostaloissa.

1 JOHDANTO

Puurakenteisten asuinkerrostalojen kilpailukyvyn kannalta välipohja on keskeinen rakennusosa, sillä siihen kohdistuu runsaasti vaatimuksia. Niitä asettavat ainakin kantavuus, taipuma, värähtely, palonkesto ja tiiviys sekä ilma- ja askelääneneristävyys [1]. Käytännössä askelääneneristävyys on mitoittavampi tekijä kuin ilmaääneneristävyys: välipohjan täyttäessä askeläänitasolukua $L'_{n,w}$ koskevat määräykset myös ilmaääneneristyslukua R'_w koskevat vaatimukset tavallisesti toteutuvat [2].

Suomessa puukerrostalojen välipohjat on pitkään tehty siten, että kantavaan puurakenteeseen liittyy tavalla tai toisella toteutettu kelluva lattia sekä joustavasti ripustettu alakatto [2]. Jopa aivan tuoreessakin kansainvälisessä tutkimusraportissa todetaan, että puinen välipohjarakenne ilman kelluvaa lattiaa ei voi tuottaa hyväksyttävää askelääneneristävyyttä [3]. Tutkimuskirjallisuudesta on kuitenkin löydettävissä 1990-luvun loppupuolelta

tutkijoiden kokeiluja, joiden tarkoituksena on ollut selvittää sitä, kuinka paljon kelluva lattia ja alakatto vaikuttavat askeläänitasoihin [4–6]. Käytännössä alakaton vaikutus askelääneneristävyyteen todettiin suuremmaksi kuin kelluvan lattian [5]. Tutkijoiden kokeilut eivät kuitenkaan johtaneet siihen, että olisi kehitetty välipohja, jossa kelluva lattia tai alakatto olisi jäänyt pois.

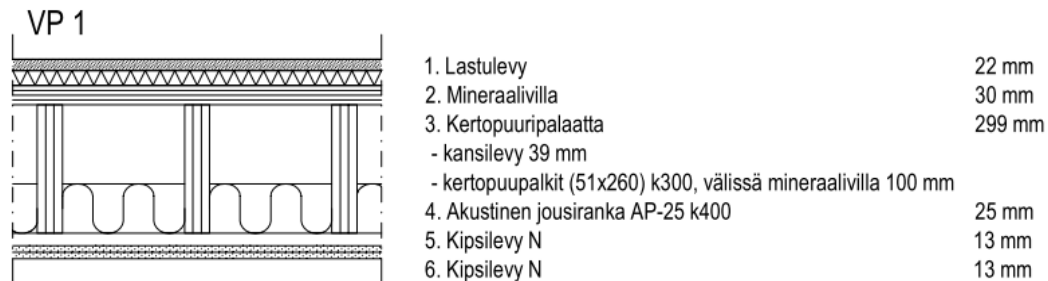
Kelluvan lattian ominaistaajuus toisaalta myös johtaa suuriin askeläänitasoihin pienillä, yleensä alle 100 Hz taajuuksilla, joita askelääneneristävyyden nykyinen mittausselitys ei ota huomioon [7]. Tällä taajuusalueella ilmenevien askeläänien häiritsevyydestä tietyissä tilanteissa on viime aikoina saatu uusia viitteitä [8].

Tämä artikkeli käsittelee kehityshanketta, jonka tavoitteena oli saada aikaan puurakenteinen välipohjarakenne, joka täyttää askel- ja ilmäneristysvaatimukset ilman kelluvaa lattiaa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1-1998 [9] mukaan suurin sallittu askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ mitattuna asuinhuoneistosta toiseen on 53 dB. Pienimmän sallitun ilmäneristysluvun R'_w arvo on asuinhuoneistojen välillä 55 dB. Lisäksi tavoitteena oli saada työvaiheita siirretyksi työmaalta puuelementteille.

2 AIEMMAT TUTKIMUSTULOKSET

1990-luvun loppupuolella Suomessa toteutettiin useita tutkimushankkeita, joiden tarkoituksena oli kehittää puukerrostaloille rakenneratkaisuja, joilla vuoden 2000 alussa voimaan astuvat ääneneristysvaatimukset [9] saataisiin täytetyiksi [esim. 2, 5–6]. Aktiivisia toimijoita näissä hankkeissa olivat Finnforest, nykyinen Metsä Wood, ja Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitos.

Tampereen teknillisen yliopiston toteuttamassa tutkimushankkeessa testattiin Ylöjärven asunomessuille vuonna 1996 valmistuneiden puukerrostalojen rakenteita. Näissä puukerrostaloissa käytettiin pilari-palkkirunkoa, joka jäi levyrakenteisten väli- ja ulkoseinien sisään. Välipohjan kantavana rakenteena oli 299 mm korkea kertopuinen ripalaatta, jonka kansilevyn korkeus oli 39 mm ja vasojen korkeus 260 mm ja k-jako 300 mm (kuva 1). Välipohjan päällä oli pääasiassa kelluvia rakenteita ja kantavien vasojen alapinnassa jousirangoilla ripustettu kaksinkertainen kipsilevytys [5].



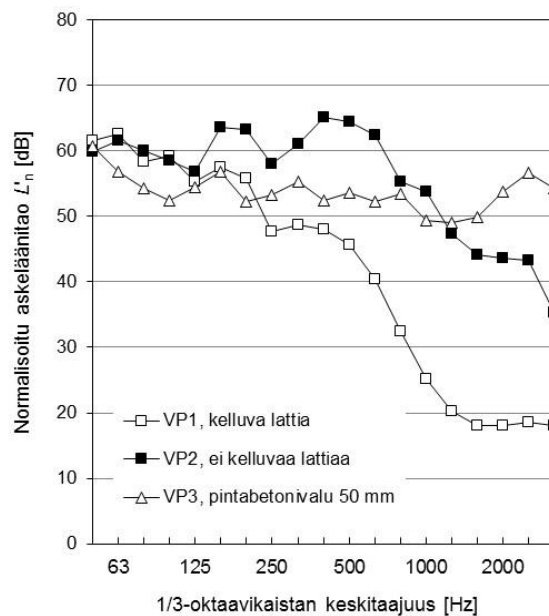
Kuva 1. Koerakennuksessa vuonna 1996 testatut välipohjarakenteet [5].

Tampereen teknillisen yliopiston rakennushalliin rakennettiin täyden mittakaavan koerakennus, jonka kahdessa kerroksessa oli molemmissa kaksi huonetta. Koerakennuksessa mitattiin suuri joukko erilaisten kelluvien lattioiden tuottamia askeläänitasolukuja sekä normalisoituja askeläänitasoja kolmannesoktaavikaistoittain. Koerakennuksen toisessa huoneessa kelluvana lattiana oli jäykän 30 mm paksun mineraalivillakerroksen varassa

22 mm paksu lastulevy. Tässä huoneessa kelluva lattia purettiin myös pois ja askeläänitasot mitattiin suoraan kertopuisen ripalaatan päältä. Samoin tähän huoneeseen valettiin 50 mm paksu pintabetonilaatta kertopuisen kansilevyn päälle ja askeläänitasot mitattiin sen päältä. Taulukossa 1 on esitetty standardin [10] mukaiset askeläänitasoluvut ja kuvassa 2 askeläänitasot kolmannesoktaavikaistoittain.

Taulukko 1. Vuonna 1996 mitatut askeläänitasoluvut.

Rakenne	Ylin rakennekerros	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w}+C_1$	$L'_{n,w}+C_{1,50-2500}$
VP1	Kelluva lattia	48 dB	49 dB	53 dB
VP2	Kertopuu 39 mm	58 dB	57 dB	58 dB
VP3	Betonivalu 50 mm	60 dB	50 dB	52 dB



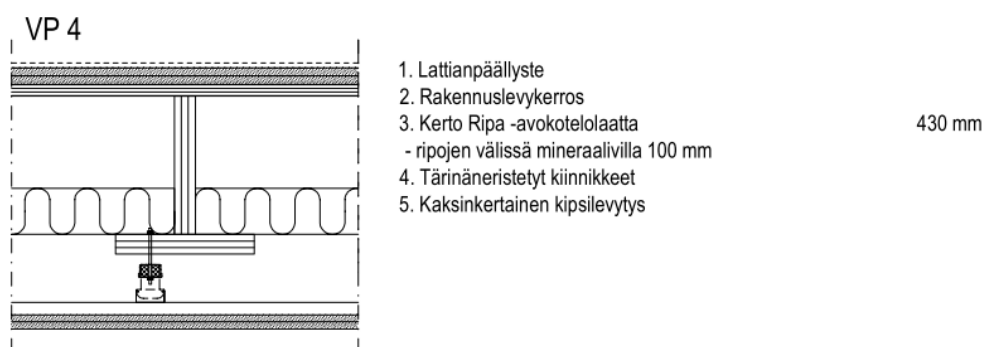
Kuva 2. Koerakennuksessa vuonna 1996 testattujen välipohjarakenteiden normalisoidut askeläänitasot kolmannesoktaavikaistoittain ilman lattianpäällystettä [5].

Kuva 2 osoittaa, että suurilla taajuuksilla noin 200 Hz ylöspäin kelluva lattia pienentää askeläänitasoja, mutta pienillä taajuuksilla sen vaikutus on vähäinen tai tässä tapauksessa askeläänitasoja jonkin verran kasvattava. Joissakin tapauksissa kasvattava vaikutus voi olla huomattavasti suurempikin [7–8].

Sijoitettaessa askeläänikoje kertopuisen kansilevyn päälle askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ oli 58 dB ja sijoitettaessa koje betonivalun päälle askeläänitasoluku oli 60 dB. Lattianpäällysteiden askelääneneristävyyden parannusluvut ΔL_w mitataan tavallisesti siten, että päällysteen alla kantavana rakenteena on 140 mm paksu massiivinen betonilaatta [11]. Puuvälipohjan päälle asetettuna näin mitattu lattianpäällyste ei välttämättä toimi samalla tavalla kuin laboratoriomittauksissa [3]. Tässä tapauksessa kuitenkin välipohjien VP2 ja VP3 tuottamat askeläänitasoluvut olivat niin lähellä määräysten edellyttämää arvoa 53 dB, että joustavien lattianpäällysteiden voitiin päätellä alentavan askeläänitasoja sen verran, että hyväksyttävä arvo on saavutettavissa. Myös toinen 1990-luvulla tehty tutkimus tuki tätä oletusta [6].

3 PUUVÄLIPOHJAN KEHITTÄMINEN JA LABORATORIOMITTAUSTEN TULOKSET

Kohdassa 2 esitettyjen tulosten perusteella päätettiin ryhtyä kehittämään välipohjarakennetta, jossa ei ole kelluvaa lattiaa, vaan lattianpäällyste asennetaan suoraan kantavan rakenteen puisen kansilevyn tai kansilevyille asennetun rakennuslevykerroksen päälle (kuva 3). Lähtökohtana välipohjan kehittämiseksi oli Metsä Woodin kehittämä avokotelolaatta Kerto-Ripa®. Aluksi välipohjan askelääneneristävyyksiä arvioitiin tutkimuskirjallisuudesta saatujen tietojen perusteella sekä laskennallisesti A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n kehittämällä puuvälipohjan askelääneneristävyyden laskentamenetelmällä.



Kuva 3. Tutkittu uusi välipohjarakenne, jota tutkittiin laboratoriossa ja koerakennuksessa.

A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n kehittämä laskentamenetelmä on parametrinen ja ottaa huomioon mm. lattianpäällysteen ja raakavälipohjan ominaisuudet sekä alakaton rakenteen, kiinnitystavan ja kantavan rakenteen vasojen välissä olevan villatäytön. Siten laskentamenetelmä muistuttaa joitakin tutkimuskirjallisuudessa esitettyjä ilmaääneneristävyyden laskentamalleja [12–14]. Lisäksi malliin sisältyy aineksia askelääneneristävyyden laskennan betonirakenteille esittävistä standardista SFS-EN 12354-2 [15] sekä raakavälipohjien osalta standardista SFS-EN ISO 10140-5 [11]. Tuloksena voidaan laskea standardin SFS-EN ISO 717-2 [10] mukaiset askelääneneristävyyden mittaluvut.

Laskennallisesti välipohja osoittautui toimivaksi, joten päätettiin toteuttaa VTT:n askeläänilaboratoriossa askelääneneristävyyksien mittaussarja. Rakenteen periaateratkaisu on esitetty kuvassa 3 (VP4). Taulukossa 2 on esitetty laboratoriossa mitatut askeläänitasoluvut $L_{n,w}$ lattianpäällysteen ja avokotelolaatan pintaan asennetun rakennuslevykerroksen vaihdellessa [16]. Ilmaääneneristysluvut ovat kaikissa tapauksissa yli 60 dB. Alakaton levytyksenä on kaksinkertainen kipsilevy.

Taulukko 2. Välipohjan VP4 eri variaatioiden laboratoriossa mitatut askeläänitasoluvut.

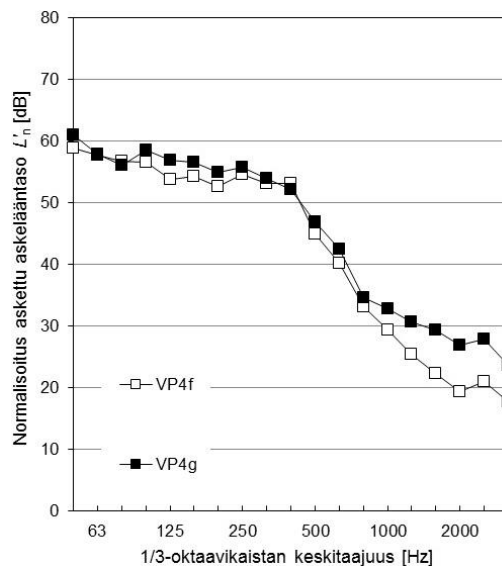
Rakenne	Lattianpäällyste	Avokotelolaatan yläpuolinen kerros	$L_{n,w}$
VP4c	Laminaatti ja Damtec Standard 3 mm	60 mm betoni	48 dB
VP4d	Laminaatti ja Damtec Standard 3 mm	Kipsilevytytys (36 mm)	53 dB
VP4e	Laminaatti ja Damtec Standard 3 mm	Kipsilevytytys (72 mm)	52 dB

4 MITTAUSTULOKSET KOERAKENNUKSESSA JA PÄÄTELMÄT

Laboratoriossa saavutettiin määräykset täyttäviä tuloksia sekä avokotelolaatan Kerto-Ripa® päälle tehdyllä pintabetonivalulla että rakennuslevykerroksia käyttämällä. Näin ollen päätettiin testata välipohjarakenne myös koerakennuksessa, jossa ääni kulkee tilasta toiseen paitsi tiloja erottavan, myös kaikkia muita kulkureittejä pitkin. Koska laboratoriomittausten perusteella oli ilmeistä, että käyttämällä pintabetonivalua askelääneneristystä koskevat määräykset tullaan saavuttamaan myös rakennuksessa, mitattaviksi valittiin välipohjarakenteita, joissa avokotelolaatan päällä oli rakennuslevykerros. Taulukossa 3 on esitetty koerakennuksessa saavutetut askeläänitasoluvut $L'_{n,w}$. Kuvassa 4 on esitetty mitattuja askeläänitasoja kolmannesoktaavikaistoittain [16].

Taulukko 3. Välipohjan VP4 eri variaatioiden laboratoriossa mitatut askeläänitasoluvut.

Rakenne	Lattianpäällyste	Avokotelolaatan yläpuolinen kerros	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$
VP4f	Lautaparketti ja Tuplex	Kuituvahvistelevy Rigidur H 18 mm ja 3 x lattiakipsilevy GL 15 mm	48 dB	51 dB
VP4g	Lautaparketti ja Tuplex	Kuituvahvistelevy Rigidur H 18 mm ja 2 x lattiakipsilevy GL 15 mm	50 dB	52 dB



Kuva 4. Tutkittu uusi välipohjarakenne, jota tutkittiin laboratoriossa ja koerakennuksessa.

Taulukon 3 ja kuvan 4 mittaustuloksissa huomiota herättää se, että ne olivat parempia kuin laboratoriossa mitatut. Aiempien tutkimustulosten [5] valossa tämä ei ole poikkeuksellista. Ero saattaa liittyä siihen, että laboratoriossa voi olla pienillä taajuuksilla huonemoodeja ja toisaalta laboratorion betonirakenteisiin asennettuna välipohja saattaa välittää eri tavalla äänen sivutiesiirtymiä kuin todellisessa rakennuksessa tapahtuu. Kuvan 4 perusteella voidaan todeta, että kehitetyn välipohjan askeläänispektrissä ei esiinny kelloville lattioille tyypillisiä resonanssipiikkejä pienillä taajuuksilla. Lisäksi äänispektri noudattelee hyviksi koettujen betonivälipohjien spektrien muotoa [17].

Artikkelissa kuvatun hankkeen tuloksena saatiin kehitetyksi välipohja, joka täyttää ääneneristysvaatimukset ja jonka lattianpäällysteinä voidaan käyttää samoja tuotteita kuin betonirakenteisissa asuinkerrostaloissa. Kehityshanke kokonaisuutena osoittaa, että puura-

kenteiden kehitystyössä kannattaa hyödyntää tutkimuskirjallisuutta. Kehitystyössä tärkeää on myös se, että tilaajataholla on rohkeutta tarttua uudenlaisiin rakenneideoihin, jotka eivät välttämättä ensi kuulemalta vaikuta toteuttamiskelpoisilta.

VIITTEET

- [1] Keronen A (toim.), Puukerrostalot: rakenteet, Tampereen teknillinen korkeakoulu, talonrakennustekniikan laboratorio, julkaisu 85, Tampere, 1998.
- [2] Kylliäinen M, Ääneneristys. Teoksessa: Keronen A. (toim.), Puukerrostalot: rakenteet, Tampereen teknillinen korkeakoulu, talonrakennustekniikan laboratorio, julkaisu 85, Tampere, 1998, 59–74.
- [3] Villot M et al. (eds.), Net-Acoustics for timber based lightweight buildings and elements, COST Action FP0702 E-Book, Brussels, 2012.
- [4] Keronen A & Kylliäinen M, A beam-to-column frame system from LVL, Proceedings of the first workshop “Timber frame housing in Europe – Current status and development”, Stuttgart, October 3-4, 1996, 51–62.
- [5] Keronen A & Kylliäinen M, Sound insulating structures of beam-to-column framed wooden apartment buildings, Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Publication 77, Tampere, 1997.
- [6] Keronen A & Kylliäinen M, Structural solutions to improve sound insulation in timber frame houses, COST Action E5 workshop “Acoustic performance of medium-rise timber buildings”, Dublin, December 3–4, 1998.
- [7] Kylliäinen M, Askelääneneristysten mittausmenetelmän ongelmien tausta, Rakenteiden Mekaniikka 41(2008), 58–65.
- [8] Lietzén J, Kylliäinen M, Kovalainen V & Hongisto V, Evaluation of impact sound insulation of intermediate floors on the basis of tapping machine and walking, Proceedings of the 42nd International Congress on Noise Control Engineering Inter-noise 2013, Innsbruck, September 15–18, 2013, paper no. 189.
- [9] Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1-1998, Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa.
- [10] SFS-EN ISO 717-2: 2013, Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 2: Impact sound insulation.
- [11] SFS-EN ISO 10140-5: 2010, Acoustics – Laboratory measurements of sound insulation of building elements – Part 5: Requirements for test facilities and equipment.
- [12] Sharp, B H, Prediction methods for the sound transmission of building elements, Noise Control Engineering Journal 11(1978), 53–63.
- [13] Hongisto V, Monikerroksisen seinärakenteen ilmaääneneristävyuden ennustemalli, Työterveyslaitos, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 2, Helsinki, 2003.
- [14] Kylliäinen M & Mikkilä A, Rakennusosien ilmaääneneristävyysien mallintaminen rakentamisessa ja tuotekehityksessä. Teoksessa: Rakennusfysiikka 2009, Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitos ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Tampere, 2009, 269–278.
- [15] SFS-EN 12354-2: 2000, Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 2: Impact sound insulation between rooms.
- [16] Metsä Woodin tiedonannot Mikko Kylliäiselle 16.10.2014 ja 16.12.2014.
- [17] Kylliäinen M, Uncertainty of impact sound insulation measurements in field, Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Research Report 125, Tampere, 2003.