

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennesuunnittelu

Antti Pohjankoski

Puurunkoisen huoneistojen välisen seinäelementin vaatimukset ja tekninen tarkastelu

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Antti Pohjankoski

Puurunkoisen huoneistojen välisen seinäelementin vaatimukset ja tekninen tarkastelu, 67 sivua, 5 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Heikki Vehmas, Saimaan ammattikorkeakoulu, tekninen johtaja, Harri Moilanen, Koskisen Oy, Taloteollisuus

Opinnäytetyö kohdistui puurankaiseen limirunkoiseen huoneistojen väliseen seinäelementtiin. Työn tavoite oli selvittää uusien tuotteiden vaatimukset, laskelmoida kestävyttä puukerrostalorakentamisessa ja määrittää tämän perusteella tuotteet eri rakennuskohteisiin.

Rakentamista ohjaavat ympäristöministeriön uudet asetukset astuivat voimaan 01.01.2018. Isoimmat muutokset liittyivät palo-osastointeihin rakennuskohtaisesti. Huoneistojen välisen seinäelementin kannalta katsottuna palonkestävyys perustuu kipsilevyihin, jotka estävät tolppien nurjahtamisen heikompaan suuntaan.

Ääneneristävyyden kannalta uutena asiana käsiteltiin laskenta- ja mittausmenetelmä, koska vanha menetelmä oli antanut vääristyneitä tuloksia pinta-alaltaan suurissa tiloissa. Ääneneristävyydsvaatimusta oli vaikea perustella laskennallisesti, joten teorian todentamiseksi toteutettiin ilmaääneneristävyydsmittaus yhdessä Koskisen Oy:n toimittamassa rivitalokohteessa.

Työssä käytettiin tietolähteinä ympäristöministeriön asetuksien lisäksi Eurokoodien ohjeita, Puuinfon aineistoa, Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisuja sekä Rakennustiedon kortteja.

Uutena asiana suomalaiseen puurakentamiseen on tullut jatkuvan sortuman mitoitus. Asia kohdistui 2-8-kerroksisiin puukerrostaloihin. Työssä käsiteltiin RIL:n teoksen 201-4-2017 ratkaisuja jatkuvan sortuman estämiseksi.

Mekaniikan laskelmiin käytettiin tietolähteenä RIL:n puurakenteiden suunniteluohjetta 205-1-2017 sekä Eurokoodien ohjeita suunnittelunormien osalta. Määrävänä muuttuvana kuormana toimi hyötykuorma, ja mitoittavana tekijänä yleensä leimapaineen aiheuttama alajuoksun puristusmurto.

Asiasanat: puurakentaminen, elementtirakentaminen, asuntorakentaminen, jäykistys, palomitoitus, huoneistojen välinen seinäelementti

Abstract

Antti Pohjankoski

Apartment intermediate wall elements demands and technical inspection, 67

Pages, 5 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Heikki Vehmas, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Harri Moilanen, Technical director, Koskisen Oy, House industry

The topic for this thesis was apartment intermediate wall element. The purpose of this study was to clarify the new ordinances from Ministry of the environment and make sure that the product was made and planned according to these new demands.

New ordinances for structural construction took effect on the first of January in 2018. The biggest changes were focused on fire prevention. Although the hardest thing to prove was air sound insulation, because it needed testing for the product.

The first two chapters are based on clarifying the new demands. The rest of the thesis are calculations and tests which prove that the product is planned and made according to 2018 ordinances.

The information was gathered from the Ministry of the environment website, Finnish construction engineer's association's publications and construction based standards, for example Eurocodes.

The results of the study show that wood construction can be developed from this point, especially high-rise buildings. For example, progressive collapse is hard to solve at wood construction. It is a difficult subject because you have to connect structures to solve the problem. To pass air sound insulation, you have to avoid structures connection.

Further study is required to make sure how the product is going to break if it is overloaded. Calculations points at breaking of tie beam in common situations, but it does not considerate the effect of plasterboard.

Keywords: wood construction, apartment intermediate wall, element construction, stiffening

Sisällys

Tiivistelmä.....	2
Abstract.....	3
Sisällys.....	4
1 Johdanto.....	6
2 Tuotteiden kehitys ja vaatimukset.....	7
3 Huoneistojen välisen seinäelementin säädösvaatimukset.....	11
3.1 Tuotteiden vaatimuksien täyttäminen asetuksen 848/2017 mukaan....	12
3.1.1 Rakennusten paloluokitukset	13
3.1.2 Palokuorma.....	14
3.1.3 Kantavuus- ja luokkavaatimukset tulipalotilanteessa.....	15
3.2 Rakennustarvikkeiden paloluokkamerkinät.....	17
3.3 Puurungon äänitekniikka.....	19
3.3.1 Ääneneristävyuden uusi terminologia.....	21
3.3.2 Ääneneristävyysvaatimukset.....	22
3.4 Jatkuvan sortuman estäminen	23
3.4.1 Menettelytavat rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistamiseksi ...	24
3.4.2 Menettelytavan valinta seuraamusluokassa CC1	24
3.4.3 Menettelytavan valinta monikerrosrakennuksissa (CC2a ja CC2b)...	24
3.4.4 Sidejärjestelmä, vaakasidonta.....	25
3.4.5 Vaihtoehtoiset kuormansiirtymisreitit	25
4 Vaatimusten yhteenveto	27
5 Huoneistojen välisen seinäelementin tekninen tarkastelu.....	29
5.1 Kantavuus- ja jäykistysvaatimukset	29
5.1.1 Kantavuusvaatimukset	29
5.1.2 Jäykistysmenetelmä.....	31
5.2 Omat painot, pysyvä aikaluokka	33
5.2.1 Muuttuvat kuormitukset, keskipitkä aikaluokka.....	34
5.2.2 Kuormitusyhdistelmät.....	36
5.3 Kuormitusalueet.....	38
5.4 Murtorajatila	44
5.4.1 Runkomateriaalin lujuuksien laskenta-arvot	46
6 Mekaniikan kantavuuslaskelmat	47
6.1 Kattoristikolta tulevan pistekuorman tasaaminen palkilla.....	49
6.2 Yhteenveto.....	50
7 Huoneistojen välisen seinäelementin jäykistyslaskenta.....	51
7.1 Levyjäykistyksen laskenta.....	54
8 Jatkuvan sortuman mitoitus	57
9 Palomitoitus	58
9.1 HVS2-tuotteen palomitoitus	59
9.2 HVS3-tuotteen palomitoitus	59
10 Valmistus- ja asennustoleranssit	60
11 Jatkokehitystarpeet.....	63
12 Tuotevalinnat ja yhteenveto.....	65
12.1 HVS1-tuote	65
12.2 HVS2-tuote	65
12.3 HVS3-tuote	66
12.4 Pohdinta	66

Lähteet.....	67
--------------	----

Liitteet

- Liite 1 Ilmaääneneristävyyden mittausraportti
- Liite 2 Mekaniikan kantavuuslaskelmat
- Liite 3 Palkkilaskelmat
- Liite 3a Ensimmäinen mitoitustilanne ja tulos
- Liite 3b Toinen mitoitustilanne ja tulos
- Liite 3c Mitoitustilanne oviaukon kohdalta
- Liite 4 Esimerkkijäykistyslaskelma
- Liite 5 Toteutusdetaljiikka

1 Johdanto

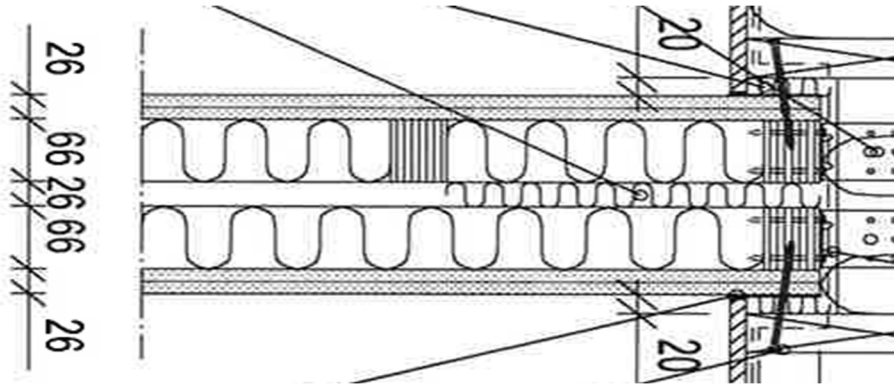
Puurakentamisen koulutusta on pitänyt päivittää kaikilla tasoilla Suomessa, jotta suurimittakaavaisen teollisen puurakentamisen kysyntään on voitu vastata. Eri-tyisesti arkkitehdit ovat nykyisin hyvinkin kiinnostuneita puurakentamisesta. Tätä osoittavat monet uudet puurakenteiset kerrostalot, asuinalueet, koulut ja päiväkodit, musiikkirakennukset, kirkko- ja kappelirakennukset sekä urheiluhallit. Rakennesuunnittelijoilla on opeteltavaa Eurokoodien, CE-merkintöjen sekä alati muuttuvien energiamääräysten kanssa (1.)

Tämä opinnäytetyö käsittelee puurunkoista huoneistojen välistä seinäelementtiä. Kyseinen tuote on limirunkoinen elementti, jota käytetään pääsääntöisesti asuinrakentamisessa pari-, rivi-, luhti- ja kerrostaloissa, mutta satunnaisesti myös koontumis- ja liiketilarakentamisessa sekä ympärivuorokautisissa hoitolaitoksissa. Työn tavoite on tuottaa mitoitusohje ja selvittää tuotteen käyttökelpoisuus, joten tutkittavia aiheita ovat muuttuneiden vaatimusten lisäksi myös kantavuus- ja jäykistysasiat. Ääneneristävyysvaatimuksen todentamiseksi liitteenä on äänimittaustulokset yhdestä rakennuskohteesta.

Työssä viitataan pääsääntöisesti voimassa oleviin eurokoodeihin SFS-EN-1990-1991-1-1...7 ja 1995-1-1...2, Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisuihin 205-1-2017, 244-2007, 201-4-2017 sekä ympäristöministeriön asetuksiin, jotka sisältävät 01.01.2018 voimaan tulleet määräykset.

2 Tuotteiden kehitys ja vaatimukset

Ennen limitetyn rungon keksimistä käytettiin niin sanottua kaksoisrunkoa eli kahta elementtiä rinnakkain vastaamaan huoneistojen välisen seinäelementin vaatimuksia (Kuva 1).



Kuva 1. Kaksoisrunkoinen huoneistojen välinen seinäelementti

Ongelmana oli valmistus-, kuljetus sekä asennushaasteet. Rungot piti kiinnittää yhteen kuljetuksen ajaksi ja irrottaa toisistaan työmaalla ääneneristävyysvaatimuksen saavuttamiseksi.

Uudessa tuotteessa (Kuva 2) on monia hyviä ominaisuuksia verrattuna edeltäjänsä. Yhtenäiset juoksut säästävät aikaa rungon toteutuksessa ja villat pysyvät paikoillaan elementtiä käännettäessä ja nostessa. Paksumpi runko tuo myös lisää jäykkyyttä ja elementit pysyvät suurempina asennettaessa. Mekaniikan näkökulmasta katsottuna tolppadimensioita voi kasvattaa ilman runkopaksuuden suurentamista. Lisäksi yhtenäiset juoksut takaavat sen, että rakennuskohteen ankkuroinnista vastaavat vetotangot pystytään sijoittamaan läpi elementistä, ja näin ollen uusi tuote soveltuu myös edeltäjänsä paremmin puukerrostalorakentamiseen.

Tutkittavat tuotteet ovat kantavia sekä palo-osastoituja huoneistojen välisiä seinäelementtejä. Tutkittavia tuotteita on kolme: HVS1, HVS2 ja HVS3 (Taulukko 1). Rungon materiaalina käytetään yleensä lujuusluokiteltua sahatavaraa C24. Eristeenä käytetään mineraalivillaa paksuudeltaan 50 mm tai 70 mm riippuen tuotteesta.

Levytyks koostuu eri variaatioista käyttäen hyväksi Gyprocin levytysohjetta. HVS1-tuotteessa on kaksi GR-kipsilevyä (Gyproc ERIKOISKOVA) päällekkäin puolta kohti ilmaääneneristävyyden saavuttamiseksi.

HVS2-tuotteessa on GR-kipsilevy, ja sen päällä on GFL-kipsilevy (Gyproc Fire-Line) palonkestävyyden saavuttamiseksi. HVS3-tuote on järeämpi erikoiselementti hissikuilua tai erityistä jäykkyyttä vaativaa seinää varten. Levytyksenä jäykistävällä puolella on 45 mm paksu Kerto-Q-levy, jonka päällä Glasroc F Fire-case- palonsuojalevy. Limirunkoinen elementti tarkoittaa sitä, että vain reunatolpat läpäisevät ala- ja yläjuoksun (Kuvat 2-4.)

Työn taulukoita selventämään olen valinnut tuotteille oman värin. (Taulukko 1)

Tuote	DnT, w [dB]	REI [min]	Valmistus luokat	Yleisimmät Käyttökohteet	Max. korkeus	Max. pituus
HVS1	55	REI30	2	1-2 kerroksiset asuinrakennukset Hoiva- ja päiväkodit, koulut	3,2m	14m
HVS2	55	REI60	3	2-8 kerroksiset asuinrakennukset Hoiva- ja päiväkodit, koulut	3,2m	14m
HVS3	55	REI60-90	3	Puukerrostalorakentaminen	3,2m	14m

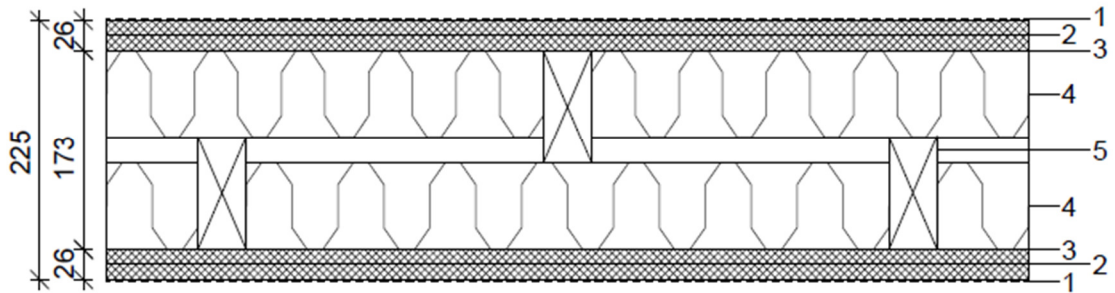
Taulukko 1. Tuotteiden vaatimukset, rajoitukset, valmistusluokat, sekä yleisimmät käyttökohteet.

R'w + Ctr	≥ 55 dB	

	sisäp.	ulkop.
R*	30	30
EI	30	30
K ₂	30	30

NRO	MATERIAALI
1	Sisäpinnoite
2	Erikoiskovakipsilevy GR 13mm (raskas); A2,s1,d0
3	Erikoiskovakipsilevy GR 13mm (raskas); A2,s1,d0
4	Mineraalivilla 50-70mm; A1
5	Kantava runko 173mm; tolpat 98-123mm; D-s2,d2

+



+

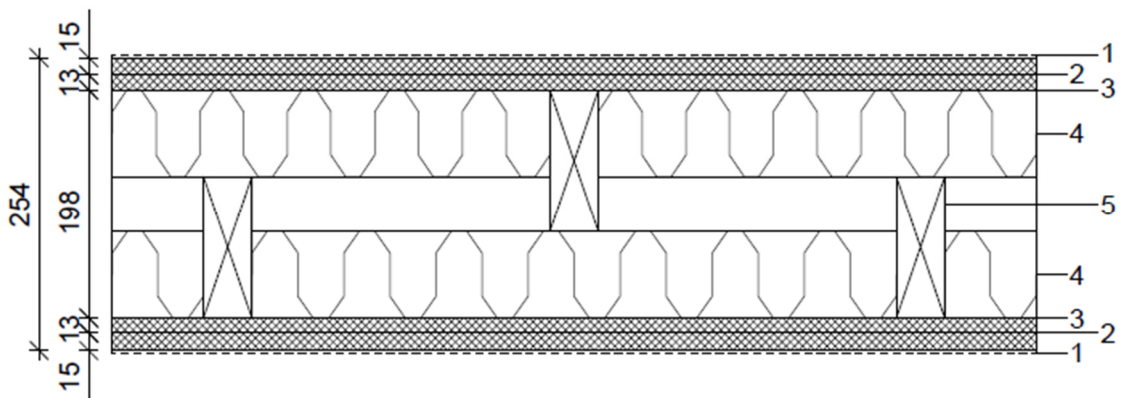
Kuva 2. Leikkauskuva tuotteesta HVS1

R'w + Ctr	≥ 55 dB	

	sisäp.	ulkop.
R*	60	60
EI	60	60
K ₂	30	30

NRO	MATERIAALI
1	Sisäpinnoite
2	Palonsuojakipsilevy GFL 15mm; A2,s1,d0
3	Erikoiskovakipsilevy GR 13mm (raskas); A2,s1,d0
4	Mineraalivilla 50-70mm; A1
5	Kantava runko 198mm; tolpat 123-148mm; D-s2,d2

+



+

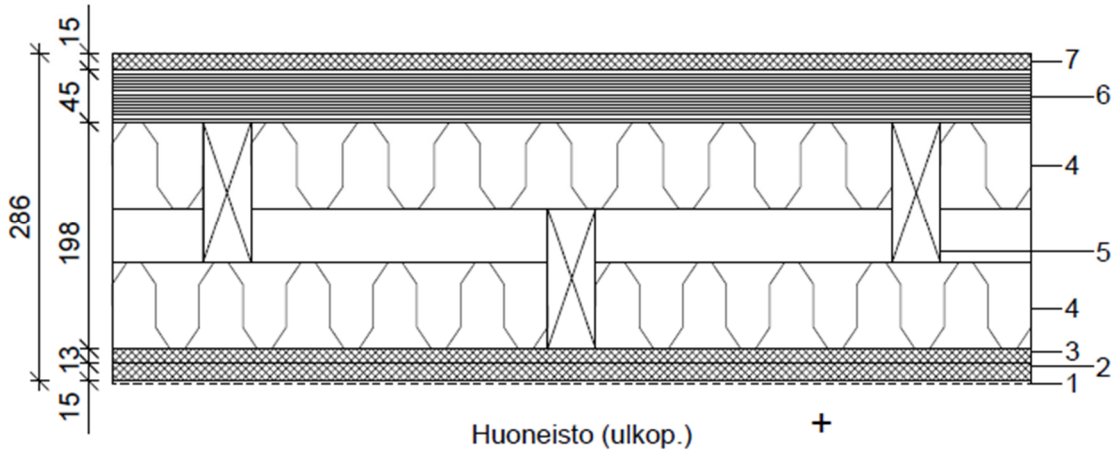
Kuva 3. Leikkauskuva tuotteesta HVS2

R'w + Ctr	≥ 55 dB

	sisöp.	ulkop.
R*	90	60
EI	90	60
K ₂	30	30

NRO	MATERIAALI
1	Sisäpinnoite
2	Palonsuojakipsilevy GFL 15mm (raskas) : A2,s1,d0
3	Erikoiskovakipsilevy GR 13mm (raskas) : A2,s1,d0
4	Mineraalivilla 50-70mm; A1
5	Kantava runko 198mm; tolpat 123-148mm; D-s2,d2
6	Kerto-Q 45mm; D-s2,d2
7	Glasroc F Firecase 15mm; A2-s1,d0

Hissikuilu (sisöp.)



Kuva 4. Leikkauskuva tuotteesta HVS3

3 Huoneistojen välisen seinäelementin säädösvaatimukset

Rakenteiden suunnittelu EN-standardien eli eurokoodien virallinen käyttö alkoi syksyllä 2007, jolloin ns. ensimmäisen paketin kansalliset liitteet valmistuivat. Eurokoodien käyttö on vähitellen yleistynyt ja nykyään eurokoodeihin perustuva rakentamismääräyskokoelma päivitettiin vuonna 2016 (2, s.3).

Teknisen tarkastelun osa (Luvut 5-10) perustuu EN-standardien laskentamalleihin, pääsääntöisesti murtorajatilalaskentaan EN1990, EN1991-1-1...7 mukaisesti ja puurakenteiden standardiin EN 1995-1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt, sekä tämän ohjeeseen, joka on Rakennusinsinööriunionin julkaisu 205-1-2017. Kyseinen teos toimii uusimpana puurakenteiden suunnitteluohjeena. Puurakenteiden palomitoituksesta on oma standardi EN 1995-1-2: Puurakenteiden palomitoitus.

Lisäksi vaatimuksena on tuotteen vaurionsietokyvyn varmistaminen onnettomuustilanteissa. Tämä toteutuu suunnitteleamalla tuote edellä mainittujen standardien lisäksi myös soveltamalla standardia EN 1991-1-7: Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat. Rakennusinsinööriunioni on julkaissut ohjeen 201-4-2017, joka sisältää onnettomuuskuormastandardin EN 1991-1-7 soveltamiseen liittyvät vaatimukset ja suositukset. Ohjeen tarkoituksesta on kerrottu lisää luvussa 3.4.

Huoneistojen välisen seinäelementin ääni- ja palovaatimukset on esitetty vuonna 2018 voimaan astuneissa ympäristöministeriön asetuksissa, jotka ovat osa maankäyttö- ja rakennuslakia (132/1999). Tämä työ tarkastelee pääsääntöisesti asuinrakennuksia, eli huoneistojen välisen seinäelementin osalta määräävät asetukset ovat 796/2017 sekä 848/2017. 796/2017 on ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä ja 848/2017 on ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta.

3.1 Tuotteiden vaatimuksien täyttäminen asetuksen 848/2017 mukaan

Rakennus ja sen rakennusosat eivät saa aiheuttaa vaaraa sortumisen vuoksi määrätynä aikana palon alkamisesta. Jos henkilöturvallisuuden takia tai vahinkojen suuruuteen nähden on tarpeellista, rakennuksen on riittävän luotettavasti kestävä sortumatta koko palokuorman palaminen ja jäähtyminen (3, 11§.)

Kun rakenteelta vaaditaan mekaanista kestävyyttä palotilanteessa, rakenne tulee suunnitella ja rakentaa siten, että se säilyttää kantavuutensa asianomaisen palon kestoajan. Kun osastointia vaaditaan, tulee palo-osaston vaipan muodostavat rakennusosat saumoineen suunnitella ja rakentaa siten, että ne säilyttävät osastoivuutensa asianomaisen palon ajan. Tähän kuuluu tarpeen mukaan varmistuminen siitä, että rakennusosien (4, s.28):

- tiiviys säilyy
- eristävyys säilyy
- tulelle vastakkaisen puolen lämmönsäteily pysyy rajallisena

Lämmönsäteilystä johtuvaa palon leviämisen riskiä ei ole, kun tulelle vastakkaisen pinnan lämpötila on alle 300 °C (4, s.28).

Huoneistojen välinen seinäelementti on aina palo-osaston vaipan osa eli tuotteen on säilytettävä tiiviys ja eristävyys osastointivaatimuksensa ajan. Lisäksi lämmönsäteilystä johtuvaa palon leviämisen riskiä on tarkasteltava. Kun kipsilevyn ja tolpan välinen lämpötila saavuttaa 300 °C rajan, alkaa tolppa hiiltä.

Standardipaloaltistuksessa rakennusosien tulee täyttää vaatimukset R, E ja I seuraavasti (4, s.28):

- vain osastoivuus: tiiviys (Vaatimus E) ja vaadittaessa eristävyys (Vaatimus I)
- vain kantavuus: mekaaninen kestävyys (Vaatimus R)
- osastoivuus- ja kantavuusvaatimukset: vaatimukset R, E ja vaadittaessa I

Vaatimuksen R katsotaan täyttyvän, kun kantavuus säilyy koko vaaditun palonkestävyyssajan (4, s.28). Huoneistojen välisen seinäelementin on täytettävä osastoivuus- ja kantavuusvaatimukset (R, E, I).

Jos kipsilevyn ja tolpan lämpötila on yli 300 °C ennen osastointivaatimuksen täyttymistä, tulee tarkasteltavaksi tolpan hiiltymän vaikutus levytyksen kiinnikkeisiin. Puurakenteiselle huoneistojen väliselle seinäelementille tärkeintä on levytyksen kestävyys tulipalotilanteessa vaaditun ajan. Levytyksen murtuessa tulee tarkastella hiiltymän lisäksi myös tolpan nurjahdus heikompaan suuntaan.

Jos levytys säilyy ehjänä osastointivaatimuksensa ajan, säilyttää tuote edellä mainitut vaatimukset. RIL:n julkaisu 205-2-2009 on taulukoinut kipsilevyjen murtumishetkien arvoja polttokokeiden perusteella. Toinen vaihtoehto on osoittaa omalla polttokokeella tuotteen tulipalonkestävyys. Tuotteiden tulipalonkestävyyttä on tarkasteltu luvussa 9.

Tuotteiden osastointivaatimuksia varten on selvitettävä rakennusten paloluokitukset ja palokuormat.

3.1.1 Rakennusten paloluokitukset

Paloluokkia P1, P2 ja P3 on käytettävä, kun rakennus suunnitellaan asetuksen 848/2017 mukaisten luokkien ja lukuarvojen perusteella (3, 4§.)

Tuotteita käytetään rakennuskohteissa, joiden paloluokka on P2 tai P3. Mikäli rakennuksessa on eri käyttötarkoitusrhyymiin kuuluvia tiloja, rakennuksen turvallisuustaso arvioidaan tarkastelemalla rakennusta kokonaisuutena (3, 8§). Rakennus voi sisältää osia, joiden paloluokitus eroaa toisistaan. Rakennuksien käyttötarkoitusta ja kokoa sisältävät rajoitukset ovat esitetty taulukoissa 2 ja 3.

Rakennus	Kerrosluke enintään	Korkeus ¹⁾ enintään	Kerrosala enintään
1-kerroksinen, yleensä	1	9 m	2 400 m ² (4 800 m ² *)
2-kerroksinen, yleensä	2	9 m	1 600 m ² (2 400 m ² *)
Hoitolaitos	1	9 m	2 400 m ²
Tuotanto- tai varastorakennus	1 ²⁾	14 m	ei rajoitusta
Erillisenä rakennuksena oleva maataloustuotteiden kuivaamo	1	18 m	ei rajoitusta
Autosuoja	1	9 m	ei rajoitusta
Asuinrakennus, jonka päällekkäiset kerrokset kuuluvat eri asuinhuoneistoon	ei sallittu	ei sallittu	ei sallittu

¹⁾ Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkauslinjan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.
²⁾ Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.
* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

Taulukko 2. P3-paloluokan rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa koskevat rajoitukset (3, s.5)

Rakennus	Kerros-luku enintään	Korkeus ¹⁾ enintään	Kerrosala enintään
Yleensä	2	9 m	ei rajoitusta
1-kerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	1 ²⁾	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Palovaarallisuusluokan 2 tuotanto- tai varastorakennus	1 ²⁾	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, hoitolaitos (pois lukien suljettu rangauslaitos), majoitusrakennus ja työpaikkarakennus ³⁾	8 *	28 m *	12 000 m ² *
Yli 2-kerroksinen kokoontumis- ja liikerakennus ³⁾	4 *	14 m *	12 000 m ² *
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, jonka kaikki kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan asuinhuoneistoon ³⁾	4	14 m	12 000 m ²

¹⁾Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkauslinjan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteen korkeuksien keskiarvo.
²⁾Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.
³⁾ Rakennuksessa ei sallita tiloja, joissa on palokuormaa yli 1 200 MJ/m².
* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

Taulukko 3. P2-paloluokan rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa koskevat rajoitukset (3, s.5)

3.1.2 Palokuorma

Rakennuksen tai sen osan eri käyttötarkoituksiin varatut tilat voidaan sijoittaa palokuormaryhmiin käyttötarkoituksen mukaan määräytyvän palokuorman tiheyden perusteella. Palokuormaryhmään alle 600 MJ/m² kuuluvia tiloja ovat asunnot, majoitustilat, hoitolaitokset, työpaikatilat, autosuojat sekä osa kokoontumis- ja liiketiloista, kuten ravintolat, koulut, liikuntahallit, teatterit, kirkot, päiväkodit, päivähoitolaitokset ja palo-osastokooltaan enintään 300 neliömetrin myymälät (3, 7§.)

Palokuormaryhmään vähintään 600 MJ/m² mutta enintään 1 200 MJ/m² kuuluvia tiloja ovat asuinrakennusten irtaimistovarastoja sisältävät palo-osastot, enintään 50 neliömetrin varastot, moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat sekä osa kokoontumis- ja liiketiloista, kuten näyttelyhallit, kirjastot ja palo-osastokooltaan yli 300 neliömetrin myymälät (3, 7§.)

Kaikki tuotteiden käyttökohteet, eli asunnot, kokoontumis- ja liiketilat sekä hoitolaitokset sijoittuvat palokuormaryhmään alle 600 MJ/m². Tuotteiden osastointivaatimus olisi REI90, mikäli käyttökohteen palokuorma olisi yli 600 MJ/m² (Taulukko 5).

3.1.3 Kantavuus- ja luokkavaatimukset tulipalotilanteessa

Tuotteelle asetetut vaatimukset korkeintaan kaksikerroksisissa kohteissa ovat REI 30, vaikka rakennuskohde olisi luokiteltu paloluokkaan kaksi (Taulukko 5). Jos rakennus on yli kaksikerroksinen, niin vaatimus on REI60 (Taulukko 4).

	Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku sekä palokuormaryhmä MJ/m ²					
	P1			P2 yli 2 kerrosta	P21–2 kerrosta	P3
	yli 1 200	600–1 200	alle 600	–	–	–
Kerrokset, yleensä	EI 120 ¹⁾ (EI 60 *) ¹⁾	EI 90 ¹⁾ (EI 60 *) ¹⁾	EI 60 ¹⁾	EI 60 ²⁾	EI 30	EI 30
– yli 56 metriä korkea rakennus	EI 90, A2 *	EI 60, A2 *	EI 60, A2 *	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
– yläpohja, jos osastoivuusvaatimus	EI 60	EI 60	EI 60	EI 60 ²⁾	EI 30	EI 30
– tuotanto- ja varastotilat, palovaarallisuusluokka 1, pinta-alaosastointi	EI-M 90, A1 (EI-M 60, A1 *)	EI-M 90, A1 (EI-M 60, A1 *)	EI-M 90, A1 (EI-M 60, A1 *)	ei mahd.	EI-M 90, A1 (EI-M 60, A1 *)	EI-M 90, A1 (EI-M 60, A1 *)
– tuotanto- ja varastotilat, palovaarallisuusluokka 2, pinta-alaosastointi	EI-M 120, A1 (EI-M 60, A1 *)	EI-M 120, A1 (EI-M 60, A1 *)	EI-M 120, A1 (EI-M 60, A1 *)	ei mahd.	EI-M 120, A1 (EI-M 60, A1 *)	EI-M 60, A1 *
– autosuojat, pinta-alaosastointi	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 60, A2	ei mahd.	EI 60	EI 30
Ullakon osastoivat seinät, pinta-alaosastointi	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30
Kellarikerrokset	EI 120, A2 (EI 90, A2 *)	EI 90, A2 (EI 60, A2 *)	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 30, A2 ³⁾

¹⁾ Yli 2-kerroksisen P1-paloluokan rakennuksen uloskäytävien osastoivat rakennusosat on tehtävä vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista.
²⁾ Huom. 24 §:n 3 momentissa esitetyt vaatimukset.
³⁾ Yhdelle asunnolle kuuluvassa kellarissa luokkavaatimus on EI 30.
A1 Tarvikkeet A1 luokkaa
A2 Tarvikkeet vähintään A2-s1, d0 -luokkaa
* Kun rakennus tai tila on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

Taulukko 4. Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset (3, 12§)

Tämä tarkoittaa sitä, että HVS1-tuotetta voidaan käyttää korkeintaan kaksikerroksisissa kohteissa (Taulukko 2). HVS2-tuotetta voidaan käyttää yli kaksikerroksisissa mutta alle 28 metriä korkeissa rakennuksissa (Taulukko 3). Lisäksi HVS2-tuotteen rakennuskohteen on oltava varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla sekä lämmöneristeiden ja muiden täytteiden oltava A2-s1, d0 -luokkaa (Taulukko 5).

Rakennus	Rakennuksen paloluokka ja palokuormaryhmät MJ/m ²			
	P1			P2
	yli 1 200	600–1 200	alle 600	-
1–2-kerroksinen rakennus, yleensä	R 120 (R60 *)	R 90 (R60 *)	R 60	R 30
– hoitolaitokset, majoitustilat	R 120, A2 (R60 *, A2)	R 90, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 30
– ylin kellarikerros	R 120, A2 (R90 *, A2)	R 90, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 60, A2
– yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne on kantavan rungon olennainen osa ¹⁾	R 60	R 60	R 60	R 30
– yksikerroksinen tuotanto- ja varistorakennus	R 60 (R30 *) (R15, A2 *)	R 60 (R30 *) (R15, A2 *)	R 60 (R30 *) (R15, A2 *)	R 30 (R15 *) (R15, A2)
– yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne ei ole kantavan rungon olennainen osa ¹⁾	R 15	R 15	R 15	R 15
Yli 2-kerroksinen rakennus, jonka korkeus on enintään 28 m, yleensä	R 180, A2 (R90 *, A2)	R 120, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 60 * # ^{3) 4)}
– ylin kellarikerros	R 180, A2 (R90 *, A2)	R 120, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 60 * A2
– asuinrakennus, asunto, ylin kerros	R 60 +	R 60 +	R 60 +	R 60 * # ³⁾
– asuinrakennus, asunto, kaksi ylintä kerrosta ²⁾	R60 * #	R60 * #	R60 * #	R 60 * # ³⁾
– yli 2-kerroksinen asuinrakennus, jonka korkeus on enintään 14 m ja jonka kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan huoneistoon	R 45, A2 (R30, A2 *)	R 45, A2 (R30, A2 *)	R 45, A2 (R30, A2 *)	R 45 # (R30 * #)
Yli 2-kerroksinen rakennus, jonka korkeus on yli 28 m mutta enintään 56 m	R 240, A2 (R180 *, A2)	R 180, A2 (R120 *, A2)	R 120, A2 (R90 *, A2)	ei mahdollinen
Yli 2-kerroksinen rakennus jonka korkeus on yli 56 m	R180 *, A2	R120 *, A2	R 120 *, A2	ei mahdollinen
Ylimmän kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset	R 240, A2 (R180 *, A2)	R 180, A2 (R120 *, A2)	R 120, A2	R 120, A2 (R90 *, A2)
<p>Parvekkeiden palonkestävyysvaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta. Kantavien rakenteiden on oltava vähintään D-s2, d2 -luokan tarviketta, ellei taulukossa toisin mainita.</p> <p>Uloskäytävän porrassyöksen ja -tasanteen luokkavaatimus on R 30. Ylimmän kellarikerroksen alapuolella sijaitsevan kellarikerroksen uloskäytävän porrassyöksen ja -tasanteen luokkavaatimus on R 60. Jos kantaville rakenteille on asetettu luokkavaatimus A2-s1, d0, tämä koskee myös porrassyöksiä ja -tasanteita. Yli 2-kerroksisen P1-paloluokan rakennuksen uloskäytävän porrassyökset ja -tasanteet on tehtävä vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista.</p> <p>Ullakon tai ontelon vesikattorakenteille, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita, ei aseteta palonkestävyysvaatimusta.</p> <p>¹⁾ Kantavan rungon tai jäykisteiden olennaisia osia ovat pääkannattajat, runkoa jäykistävät sekundaarikannattajat ja yläpohjan jäykisteet ja muut sellaiset yksittäiset rakenteet, jotka toimivat yläpohjan stabiliteetin säilyttämiseksi, sekä näiden väliset liitokset.</p> <p>²⁾ Kun kolme ylintä kerrosta, lukuun ottamatta uloskäytävää, on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.</p> <p>³⁾ Huom. 24 § 3 momentissa esitetyt vaatimukset.</p> <p>⁴⁾ Jos käyttötarkoituksen mukainen palokuormaryhmä on 600–1 200 MJ/m², luokkavaatimus on R 90 * # ³⁾</p> <p>* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.</p> <p># Lämmöneristeiden ja muiden täytteiden on oltava vähintään A2-s1, d0 -luokkaa.</p> <p>+ Lämmöneristeiden ja muiden täytteiden on oltava eristävältä osaltaan vähintään D-s2, d2 -luokkaa.</p> <p>A2 Kantavien rakenteiden on oltava vähintään A2-s1, d0 -luokkaa.</p>				

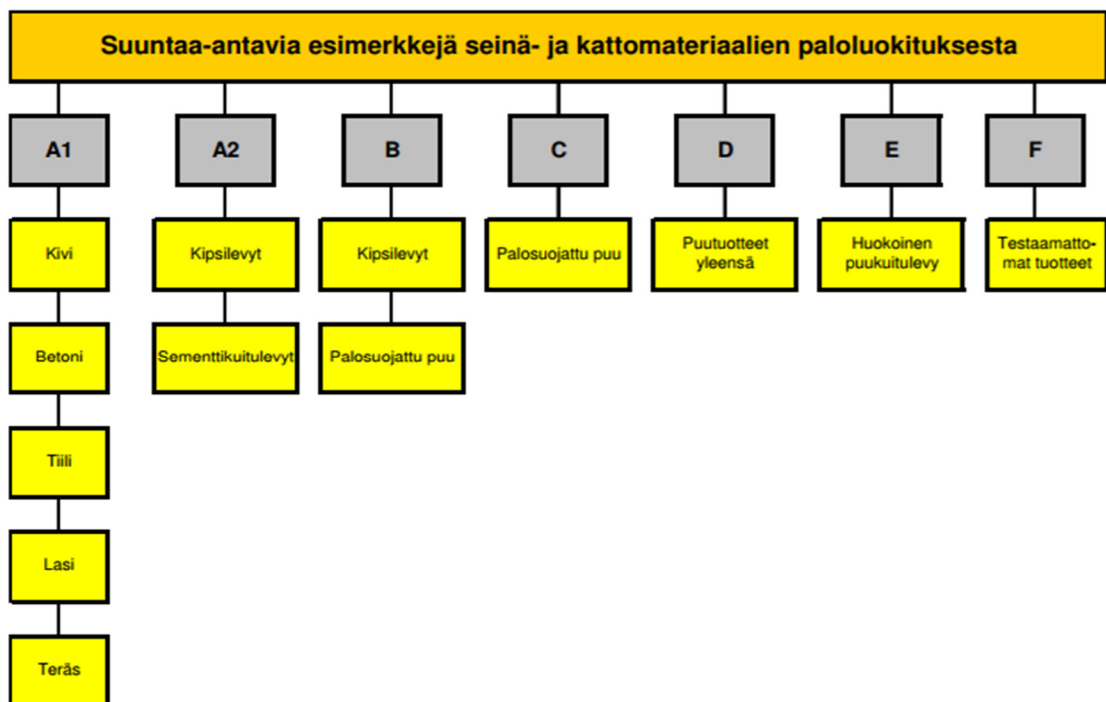
Taulukko 5. Kantavien ja jäykistävien rakenteiden luokkavaatimukset P1- ja P2 paloluokan rakennuksissa (3, 12§)

3.2 Rakennustarvikkeiden paloluokkamerkinnyt

Luvussa 3.1.3 mainitaan, että HVS2-tuotteen lämmöneristeiden ja muiden täytteidien on oltava A2-s1, d0 -luokkaa. Luvussa 4 on tarkasteltu tarkemmin tuotteiden rakennusosien palonsuojaluokituksia. Merkintä A2-s1, d0 tarkoittaa seuraavaa (5, s.1):

- A-F= lämmöntuottoa ja liekin leviämistä kuvaava merkintä
- s0-s2 = savuntuottoa kuvaava merkintä
- d0-d2 = palavien pisaroiden tai osien muodostumista kuvaava merkintä

Tuotteilla pinnan luokkavaatimus on D-s2, d2 (Taulukot 6 ja 7), ellei sitä käytetä palosulun tai uloskäytävän osana tai P1- tai P2 paloluokkaan kuuluvassa rakennuskohteessa, missä palo-osastot ovat pinta-alaltaan yli 300 m². Merkintä DFL on liekin leviämistä kuvaava merkintä. Kuvassa 5 on esitetty suuntaa antavia esimerkkejä seinä- ja kattomateriaalien paloluokituksista.



Kuva 5. Esimerkkejä seinämateriaalien paloluokituksista (5, s.2)

Käyttötarkoitus	Pinta	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot	seinät ja katot	D-s2, d2 ¹⁾	D-s2, d2 ⁴⁾	D-s2, d2 ¹⁾
Majoitustilat	seinät ja katot	D-s2, d2	B-s1, d0 ⁴⁾²⁾ (C-s2, d1* ⁴⁾²⁾	D-s2, d2
Hoitolaitostilat	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ D _{FL} -s1	D-s2, d2 -
Kokoontumis- ja liiketilat				
- enintään 300 m ² palo-osasto: ravintolat, myymälät, koulut, liikuntahallit, teatterit, kirkot, päiväkodit ja päivähoitolaitokset	seinät ja katot	D-s2, d2	D-s2, d2 ⁴⁾	D-s2, d2
- yli 300 m ² palo-osasto: ravintolat, koulut, liikuntahallit, teatterit, kirkot, päiväkodit ja päivähoitolaitokset	seinät ja katot	C-s2, d1 (D-s2, d2*)	C-s2, d1 ⁴⁾ (D-s2, d2* ⁴⁾	D-s2, d2
- yli 300 m ² palo-osasto: myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 (C-s2, d1*) D _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ (C-s2, d1* ⁴⁾ D _{FL} -s1	B-s1, d0 (C-s2, d1*) -
Työpaikkatilat	seinät ja katot	D-s2, d2 ¹⁾	B-s1, d0 ⁴⁾²⁾ (D-s2, d2* ⁴⁾	D-s2, d2 ¹⁾
Tuotanto- ja varastotilat				
- palovaarallisuusluokka 1	seinät katot lattiat	D-s2, d2 D-s2, d2 D _{FL} -s1	D-s2, d2 ⁴⁾ B-s1, d0 D _{FL} -s1	D-s2, d2 D-s2, d2 -
- palovaarallisuusluokka 2	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1
Autokorjaamot ja -huoltamot, autosuojat	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁵⁾ A2 _{FL} -s1
Ullakot ja yläpohjan ontelot				
- ullakot sekä yläpohjan ontelot, jotka on osastoitu alapuolisesta tilasta	ullakon tai ontelon sisäpinnat	D-s2, d2 ¹⁾	D-s2, d2 ¹⁾	-
- asuinrakennuksen irtaimiston säilytystä tai pyykinkuvausta varten tarkoitettu ullakko	lattiat	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1	D _{FL} -s1
- yläpohjan ontelot, joita ei ole osastoitu alapuolisesta tilasta. Vaatimus ei koske lämmöneristeen tuuletusuria.	ontelon sisäpinnat	B-s1, d0 ¹⁾	B-s1, d0 ¹⁾	-
Kellarit	seinät ja katot lattiat	C-s2, d1 D _{FL} -s1	B-s1, d0 D _{FL} -s1	D-s2, d2 D _{FL} -s1
Teknisen huollon tilat	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ D _{FL} -s1	B-s1, d0 D _{FL} -s1
Kattilahuoneet, syöttöhuoneet ja nestemäisen polttoaineen varastot	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ A2 _{FL} -s1	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1

Taulukko 6. Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset osa 1/2 (3, 23§)

Kiinteän polttoaineen varastot	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ A2 _{FL} -s1	D-s2, d2 -
Uloskäytävät ja palosulut	seinät ja katot lattiat	A2-s1, d0 ³⁾ D _{FL} -s1	A2-s1, d0 ³⁾ D _{FL} -s1	B-s1, d0 D _{FL} -s1
Sisäiset käytävät majoitus ja työpaikkatiloissa	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ D _{FL} -s1	B-s1, d0 D _{FL} -s1
Saunat ja kylpyhuonetilat	seinät ja katot	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2
Taulukon vaatimuksia sovelletaan myös putkien, ilmanavien tai niiden eristeiden pintoihin, jollei niiden maara ole vähäinen. Putkimaisten eristeiden osalta taulukon arvoja sovelletaan siten, että seinä ja kattoja koskien paloon osallistumista kuvaavan luokan merkintään lisätään alaindeksi L. Savun tuottoa sekä palavaa pisarointia koskevat lisämäärät pysyvät samoina.				
¹⁾ Vähäisiä osia pinnoista voidaan verhota tarvikkeilla, jotka eivät täytä vaatimusta.				
²⁾ Vähäisiä osia seinäpinnoista voidaan verhota D-s2, d2 -luokan tarvikkeilla. Koskee myös suojaverhottuja seinä.				
³⁾ Vähäisten rakennusosien pintojen luokkavaatimus on B-s1, d0.				
⁴⁾ Kun suojaverhous vaaditaan, pintaluokkavaatimus määräytyy suojaverhouksen tarvikeluokkavaatimuksen mukaan.				
⁵⁾ Enintään 1 000 neliömetrin erillisessä autosuojassa ja rakennuksen osana olevassa enintään 60 neliömetrin autosuojassa luokkavaatimus on kellarikerrosta lukuun ottamatta D-s2, d2.				
* Kun tila on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla - ei vaatimusta				

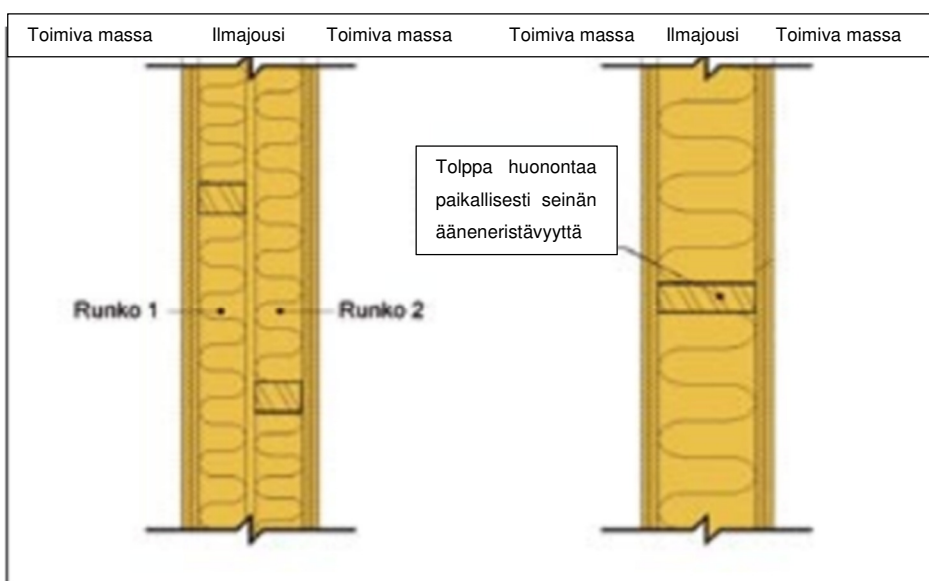
Taulukko 7. Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset Osa 2/2 (3, 23§)

3.3 Puurungon äänitekniikka

Puurakenteisen asuinrakennuksen ääniolosuhteet poikkeavat ”kivirakenteisen” asuinrakennuksen ääniolosuhteista. Puurakenteisessa asuinrakennuksessa matalataajuiset äänet (alle 100 Hz) saattavat kuulua voimakkaampina ”kivirakenteiseen” asuinrakennukseen verrattuna, mutta vastaavasti korkeataajuiset äänet saadaan tehokkaasti eristettyä. Suurin osa asuinrakennuksessa olevista äänistä on korkeataajuisia (puhe 50 Hz – 10000 Hz), jolloin korkeiden taajuuksien tehokkaan eristämisen ansiosta puurakenteisen asuinrakennuksen ääniolosuhteet saadaan kokonaisuudessaan miellyttäväksi (6, s.15).

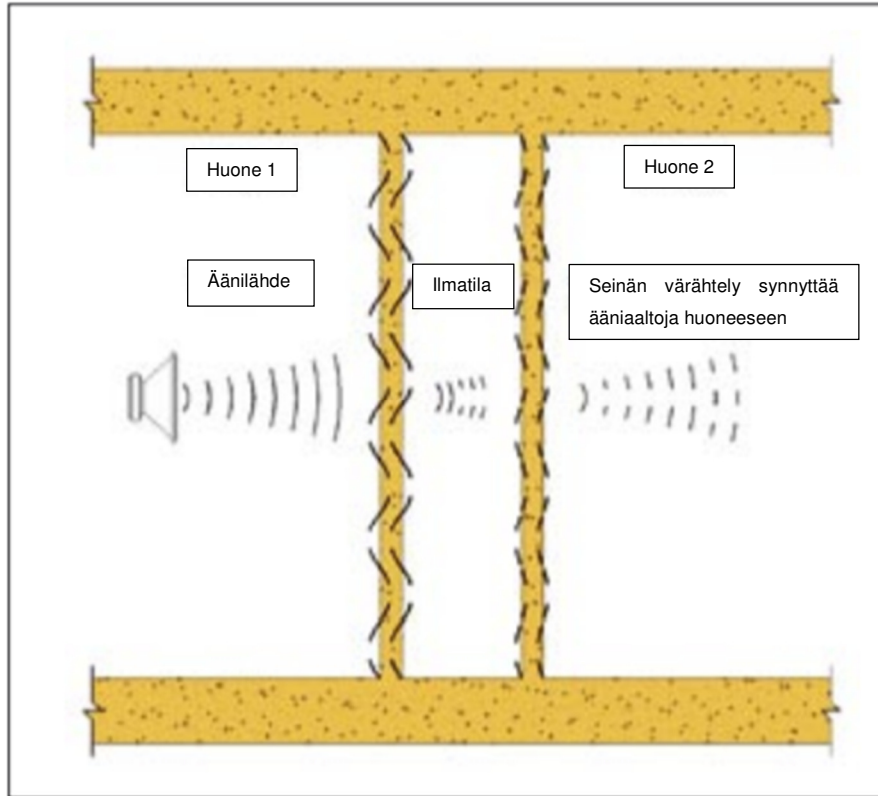
Puu on materiaalina kevyttä, joten asuinrakennuksen ääneneristävyysvaatimusten täyttäminen pelkästään puurakenteen massan avulla on käytännössä mahdotonta. Vaikka huoneistojen välinen seinä olisi 200 mm paksua höylähirttä, saavutetaan sillä vain ilmaääneneristysluku, joka on suuruusluokkaa 40 dB (6, s.14). Tuotteiden ilmaääneneristävyysvaatimukset ovat esitetty luvussa 3.3.2.

Näin ollen puurungoissa asuinrakennuksessa ääneneristävyysvaatimukset saadaan käytännössä täytettyä vain levypintaisilla kaksinkertaisilla rakenteilla (6, s.14.) Kaksinkertainen seinä on jousi-massa -yhdistelmä, jonka ääneneristävyys perustuu toisistaan erillään olevien levyjäisten massojen (toimiva massa) ja niiden välissä olevan ilmatilan eli ”ilmajousen” yhteistoimintaan (Kuva 6) (6, s.24.)



Kuva 6. Kaksinkertaisia levyseiniä (6, s.24)

Kaksinkertaisessa seinässä ääniaallot saavat seinän toisen puoliskon värähtelemään. Levyjen välissä oleva ilmatila toimii "jousena", jonka välityksellä värähtelyliike siirtyy toiselle seinäpuoliskolle (Kuva 7) (6, s.24.)



Kuva 7. Kaksinkertaisen seinän äänitekkinen toiminta (6, s.24)

Liittymät ulkoseinien sekä niin ala- kuin yläpohjan kanssa ovat myös olennaisessa osassa ilmaääneneristävyyden vaatimuksen saavuttamiseksi. Ala- ja yläsidepuut sekä reunatolpat läpäisevät elementin. Nämä liittymät tulee toteuttaa huolellisesti sekä ulkoseinien sisälevyjen on katkettava huoneiston välisen seinän liittymän kohdalla äänen sivutiesiirtymän estämiseksi. Tämä toteutuu ulkoseinään tehdyllä lovella (Liite 5, kuva 9).

3.3.1 Ääneneristävyyden uusi terminologia

Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen äänenympäristöä koskevista aiheista tuli voimaan 01.01.2018. Asetuksen perustelumuihistiossa on kerrottu termien symbolit, sekä niiden tarkoitukset seuraavasti:

- Äänitasoeroluvulla $D_{nT, w}$ tarkoitetaan kahden huoneen tai muun tilan välistä ilmaääneneristystä kuvaavaa suuretta. Ilmaääneneristys on tiloja erottavien rakenteiden kyky eristää äänilähteestä syntyvää ilmaääntä eri taajuuksilla. Ilmaäänellä tarkoitetaan ilman välityksellä ympäristöön leviävää ääntä, kuten puhe, koneet, laitteet ja äänentoistojärjestelmät (7, s.12.)
- Askeläänitasoluvulla $L'_{nT, w} + C I_{, 50-2500}$ tarkoitetaan askelääneneristystä tilojen välillä kuvaavaa suuretta, joka kertoo, kuinka paljon runkoääntä siirtyy rakenteiden välityksellä tilasta toiseen (7, s.12, 13).

3.3.2 Ääneneristävyysvaatimukset

Rakennuksen ääniympäristöä koskeva olennainen tekninen vaatimus täyttyy, jos rakennuksen ääneneristys, melun- ja värinäntorjunta sekä ääniolosuhteet suunnitellaan ja toteutetaan tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti (8, 3§.)

Huonetila	Pienin sallittu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ (dB)	Suurin sallittu askeläänitasoluku $L'_{nT,w} + C_{l, 50-2500}$ (dB)
Asuntojen, majoitus- tai potilashuoneiden välillä	55	53
Uloskäytävästä asuin-, majoitus- tai potilashuoneeseen	39	63

Taulukko 8. Vaatimukset uudisrakennuksen väliseinien ääneneristävyydelle (8, 4§)

3.4 Jatkuvan sortuman estäminen

Yksittäisten rakenneosien ja liitosten kantavuuden menetys ei välttämättä ole katastrofaalista, mikäli vaurio pysyy paikallisena. Rakennusten kattosortumien vauriotutkimukset 2000-luvulla ovat osoittaneet, että kattorakenteiden laajat ns. jatkuvat sortumat ovat johtuneet suunnittelussa ja toteutuksessa tehdyistä virheistä. Suunnittelussa ei ole useinkaan otettu riittävästi huomioon paikallisen vaurion aiheuttamaa ennakoimatonta onnettomuuskuormatilannetta, vaikka määräykset ja ohjeet näin edellyttävät (9, s.3.)

Tuotteiden aiheuttaman jatkuvan sortuman estämisen määrittelyksi käytetään Rakennusinsinööriliiton ohjetta 201-4-2017: Rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistaminen onnettomuustilanteissa. Ohje perustuu eurokoodiin SFS-EN 1991-1-7 Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat /3/ ja sen kansalliseen liitteeseen /4/ ja antaa soveltamisohjeita eurokoodin varsin yleisiin sääntöihin ja suosituksiin (9, s.9.)

Jatkuvan sortuman estämisen määrittely riippuu rakennuksen seuraamusluokasta (Taulukko 9).

<i>Seuraamus-/ alaluokka</i>	<i>Rakennukset ja niiden käyttötarkoitus</i>
CC1	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä, kuten esimerkiksi varastot.
CC2a <i>melko pienen riskin ryhmä</i>	Rakennukset, joissa on korkeintaan 4 maanpäällistä kerrosta tai joiden korkeus maanpinnasta on enintään 16m. Asuinrakennukset, joissa on korkeintaan 2 maanpäällistä kerrosta, voidaan suunnitella onnettomuusmitoitustilanteessa seuraamusluokan 1 mukaisesti.
CC2b <i>melko suuren riskin ryhmä</i>	Kaikki muut rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu alaluokkiin 1, 2a tai 3.
CC3a	9-15 kerroksiset asuin-, konttori- ja liikerakennukset, ja muut 9-15 kerroksiset käyttötarkoitukseltaan ja rungoltaan samantyyppiset rakennukset; kerrosten lukumäärään luetaan kellarikerrokset mukaan.
CC3b	a) muut yli 8-kerroksiset rakennukset kellarikerros mukaan luettuna b) konserttisalit, teatterit, urheilu ja näyttelyhallit, katsomot c) raskaasti kuormitettut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset, joissa usein on suuri joukko ihmisiä d) erikoisrakenteet tapauskohtaisen harkinnan mukaan.

Taulukko 9. Onnettomuustilanteen seuraamusluokkien alaluokat (9, s.34)

Jos rakennuskohde tai rakenne on luokiteltu seuraamusluokkaan CC2, se tulee vaurionsietokyvyn varmistamisen menettelytavan valintaa varten luokitella kansallisen liitteen avulla joko alaluokkaan CC2a tai CC2b (9, s.34.)

Samassa rakennuksessa voi olla onnettomuustilanteen kannalta eri seuraamusluokan rakenneosia. Esimerkiksi yli 8-kerroksisen toimistorakennuksen runko kuuluu seuraamusluokkaan CC3a, mutta rakenteet, jotka eivät toimi koko rakennusta jäykistävänä rakenneosana (esim. erillinen IV-konehuone) voivat kuulua esim. luokkaan CC2b (9, s.34.)

3.4.1 Menettelytavat rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistamiseksi

Standardin SFS-EN 1991-1-7 ja kansallisen liitteen esittämät pääasialliset menettelytavat vaurionsietokyvyn varmistamiseksi ennakoimattomien onnettomuustilanteiden kannalta ovat seuraavat (9, s.34):

- sidejärjestelmä, jossa erotellaan vaaka- ja pystysidonnat
- vaihtoehtoiset kuormansiirtoreitit
- seuraamusluokka CC3b: riskinarviointi
- avainasemassa oleva rakenneosa

3.4.2 Menettelytavan valinta seuraamusluokassa CC1

Seuraamusluokan CC1 kohteissa riittää sellaisenaan normaali murto- ja käyttörajatilatarkastelu. Rakennerratkaisu katsotaan kelvolliseksi, mikäli rakenneosien ja liitosten kestävyys on murtorajatilatarkasteluissa riittävä. Ennakoimattomien onnettomuustilanteiden tarkastelua ei vaadita (9, s.36.)

3.4.3 Menettelytavan valinta monikerrosrakennuksissa (CC2a ja CC2b)

Tyypilliset menettelytavat puurakenteisessa monikerrosrakennuksissa eri seuraamusluokissa on esitetty taulukossa 10. Koskisen Oy:n toimittamat rakennuskohteet on rakennettu puurankarunkoisista suurelementeistä ja rakenneliimatuista kansirakenteisista välipohjista (Liite 5).

Kohteen runkotyyppi	Seur. luokka	Rakenteet		Menettelyt		
		Pystyrakenne	Vaakarakenne	Pääasiallinen	Toissijainen/ täydentävä	Muut ehdot
Puukerros- talo 2-4krs (maanpääl- listä)	CC2a	Suurelementti (ranka)	Puuelementti	Sidejärjestelmä, vaakasidonta	Vaihtoehtoiset kuormansiirto- reitit	
		Suurelementti (CLT)	Puuelementti	Vaihtoehtoiset kuormansiirto- reitit		
		Tilaelementti		Sidonta seinään		
		Pilari	Palkki+ laattarakenne	Sidejärjestelmä, rengassidonta	Vaihtoehtoiset kuormansiirto- reitit	
Puukerros- talo 5-8krs (maanpääl- listä ilman kellaria)	CC2b	Suurelementti (ranka)	Puuelementti (ranka)	Vaihtoehtoiset kuormansiirto- reitit		
		Suurelementti (CLT)		Vaihtoehtoiset kuormansiirto- reitit		
		Tilaelementti		Vaihtoehtoiset kuormansiirto- reitit		
		Pilari	Palkki + laattarakenne	Sidejärjestelmä, vaaka- ja pystysidonta		

Taulukko 10. Puukerrostalon vaurionsietokyvyn varmistaminen onnettomuusti-
lanteessa – suunnitteluperiaatteet (9, s.63)

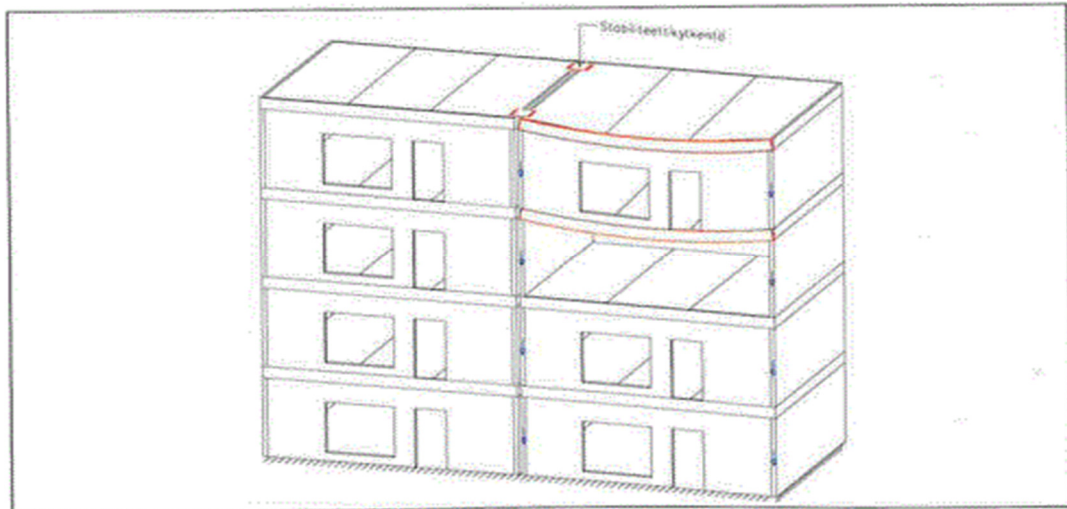
3.4.4 Sidejärjestelmä, vaakasidonta

Vaakasidonnan toteuttaminen puurakenteiseen vaakarakenteeseen voidaan tehdä esimerkiksi vaakarakenteen reunapalkkien avulla (kehäpalkisto). Reunapalkki mitoitetaan kantamaan onnettomuustilanteen kuormitus siten, että se siirtää pystykuormat kyseisen palkin pystytuille. Pystytukina voi toimia palkin päässä oleva pilari tai poikittainen seinä. Lisäpystytukia voidaan järjestää reunapalkin jännevälin alueelle (9, s.63.)

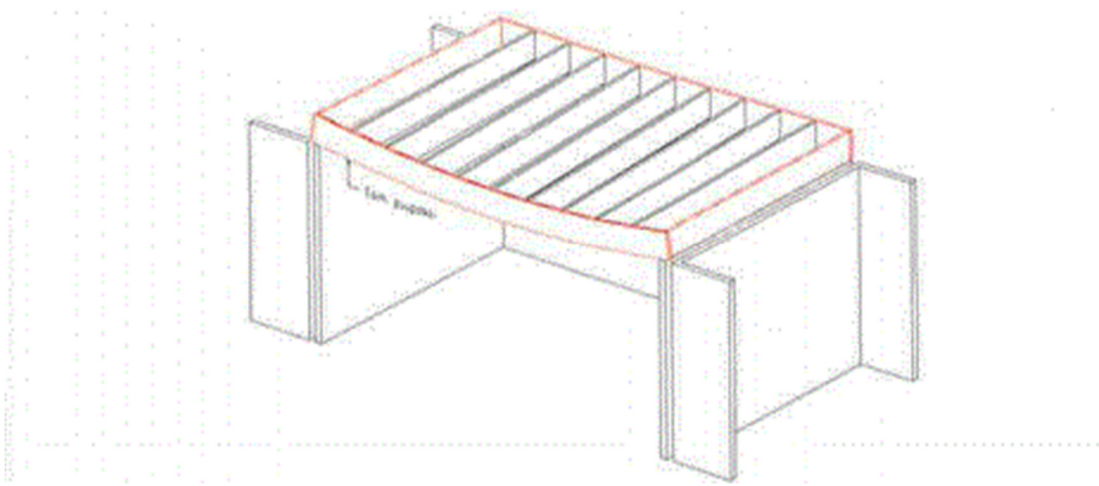
3.4.5 Vaihtoehtoiset kuormansiirtymisreitit

Vaihtoehtoisella kuormansiirtymisreitillä tarkoitetaan, että onnettomuusrajati-
lassa kuormat ohjataan vaurioituneen alueen ohi uutta tai jo olemassa olevaa
kuormansiirtymisreittiä pitkin. Standardin SFS-EN 1991-1-7 mukaan vaihtoehtoi-
sen kuormansiirtymisreittien käyttäminen on vaihtoehto sidontamenetelmille jat-
kuvan sortuman estämisessä. Puurakenteiden kannalta vaihtoehtoisten kuor-
mansiiirtymisreittien käyttäminen on suositeltavaa, koska puurungoissa tällainen

vaihtoehtoinen reitti on suhteellisen helposti löydettävissä. Joissakin tapauksissa mitään erikoistoimenpiteitä ei tarvita tällaisen reitin löytymiseen (9, s.66.)



Kuva 8. Kehäpalkki toimii vaihtoehtoisena kuormansiirtoreittinä (9, s.66)



Kuva 9. Periaate vaakasidonnin toteuttamisesta palkkirakenteisessa vaakarakenteessa (9, s.64)

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että enintään neljäkerroksiset rakennuskohteet varustetaan vaakasidonnalla kehäpalkkistoon (Kuva 9). 5-8-kerroksisissa rakennuksissa käytetään ulkoseinien yläosaan lovettua kehäpalkkistoa vaihtoehtoisina kuormansiirtoreitteinä (Kuva 8). Näin ollen voi poistaa yksittäisen seinän (Kuva 9) ja valitun sidontamenetelmän avulla kuormat johdetaan sivussa sijaitseville ulkoseinille ja vaurio pysyy paikallisena. Jatkuvan sortuman mitoitus on käsitelty Luvussa 8.

4 Vaatimusten yhteenveto

Tuotteiden vaatimusten selvittämisen jälkeen perustellaan joko laskelmilla tai koemenetelmillä vaatimusten läpäisy. Ääneneristävyysvaateen todentamiseksi riittää kepeimmän eli HVS1-tuotteen ääneneristävyysmittaus. Tulipalomitoituksessa olennainen asia on kipsilevytyksen kestäminen vaaditun ajan. Suojaverhoukset ei ole olennainen asia, vaikka huoneiston välinen seinäelementti olisikin määritelty uloskäytäväksi tai palosulun osaksi. Kaikki tuotteissa käytettävät kipsilevyt, kiinnikkeet, eristeet ja muut täytteet ovat vähintään luokkaa A2-s1, d0 (Taulukot 11 ja 12). Pinnat voi olla päällystetty luokittelemattomalla tasoite-, silote- ja maalikerroksella tai tapetilla, joka ei olennaisesti vaikuta pinnalta edellytetyn luokan ominaisuuksiin (3, 23§).

Olennaiset ominaisuudet	Suoritustaso tuotetyypeittäin													Yhdenmukaistetut tekniset eritelmät
	GSE 6	GTS 9	GN 13 GNE 13 GN 13 NW 4PRO	GEK 13 GEKE 13	GR 13 GR 13 W	GRI 13 GRIE 13	GH 13	GL 15	GF 15 GFE 15	GFL 15	GFL 18	GN-S 13	GKBi 13	
CE tyyppi	D-6,5	EH2-9,5	A-12,5	DIR-12,5	DIR-12,5	DIRH2-12,5	A 12,5	DIR-15,5	DFI-15,4	DF-15,0	DF-18,0	A-12,5	AH2-12,5	EN 520:2004 +A1:2009
Euroluokka	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	B-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	EN 13501-1:2002 EN 520:2004 +A1:2009 CWFT
Leikkauslujuus per kiinnike	NPD	290 N	370 N	500 N	500 N	520 N	NPD	520 N	440 N	NPD	NPD	NPD	NPD	EN 520:2004 +A1:2009
Vesihöyrynvastus	10	10*	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	EN 12524:2000 *) EN ISO 12572
Lämmönjohtavuus	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	0,25 W/m•K	EN 12524:2000
Iskunkestävyys	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	EN 520:2004 +A1:2009
Ilmaääneneristävyys	Katso Gyproc Käsikirja													-
Äänenvaimennus	Katso Gyproc Käsikirja													-
Ympäristövaikutukset	Vaaralliset aineet: Ei ole Sisäilmäpäästöt: Ei ole Vaaralliset jätteet: Ei ole													-

10. Kohdissa 1 ja 2 yksilöityjen tuotetyyppien suoritustasot ovat kohdassa 9 ilmoitettujen mukaiset. Tämä suoritustasoilmoitus on annettu kohdassa 4 ilmoitetun valmistajan vastuulla.

Taulukko 11. Gyprocin kipsilevyjen palonsuojaluokitukset (10)

Harmonisoidut tekniset tiedot: EN 13162:2012+A1:2015

Ominaisuus:	Suoritustaso:	Standardi:
Lämmönvastus	Lämmönvastus (m ² K/W) Lämmönjohtavuus (W/mK) Paksuus (mm)	R_D Katso liite B λ_D 0.037 d_N T2 EN 12667 EN 12667 EN 823
Palo-ominaisuus	Palokäyttäytyminen	A1 EN 13501-1
Palokäyttäytymisen pitkäaikaiskestävyyden muuttuminen lämpö- ja ilmasto-olosuhteiden johdosta	Pitkäaikaiskestävyysominaisuudet	A1 EN 13501-1

Taulukko 12. Isoverin luokan KL-37 eristeen palonsuojaluokitus (11, s.2)

Ääneneristävyysvaatimus on sama kaikilla tuotteilla (Taulukko 8, s.22). Ääneneristävyysmittauksen on läpäistävä äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ arvo 55dB.

Tulipalomitoituksen lähtötiedot on selvitetty kohdassa 3.1. HVS1-tuotetta voi käyttää korkeintaan kaksikerroksisissa rakennuskohteissa, sillä rakennusosien vaatimus on REI 30 (Taulukko 4, s.15). HVS2-tuote soveltuu yli kaksikerroksisiin mutta alle 28 metriä korkeisiin rakennuskohteisiin, mikäli se täyttää REI 60 vaatimuksen (Taulukko 5, s.16). HVS3-tuote soveltuu rakennusosaksi, jonka vaatimus on REI90. Tuotteiden kipsilevyt, kiinnikkeet, lämmöneristeet ja muut täytteet täyttävät suojuokitusvaatimukset (Taulukot 11 ja 12).

Rakennuskohteiden seuraamusluokat ovat määritelty taulukossa 9 (s.23). Tuotteet ovat yleensä seuraamusluokaltaan CC2a/b, jolloin jatkuvan sortuman tarkastelu kohdistuu CC2a-luokassa vaakasidontaan, ja CC2b-luokassa vaihtoehtoisin kuormansiirtymisreitteihin (Taulukko 10, s.25).

Tuotteiden säädösvaatimukset on esitetty taulukossa 13

Tuote	$D_{nT,w}$ [dB]	Paloluokka	REI [min]	Suojuokitus (Kipsilevyt, lämmöneristeet ja muut täytteet)	Seuraamusluokka	Jatkuva sortuman tarkastelu
HVS1	55	P3 / P2	REI30	D-s2, d2	CC2a	Sidejärjestelmä, Vaakasidonta
HVS2 *)	55	P2/P1	REI60	A2-s1, d0	CC2a/b	CC2a Sidejärjestelmä
HVS3 *)	55	P2/P1	REI60-90	A2-s1, d0	CC2a/b	CC2b Vaihtoehtoiset kuormansiirtymisreitit

*) Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla

Taulukko 13. Tuotteiden säädösvaatimukset

5 Huoneistojen välisen seinäelementin tekninen tarkastelu

Teknisen tarkastelun tarkoitus on osoittaa HVS-tuotteiden rakennuskelpoisuus maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 vaatimuksien mukaisesti sekä esittää standardien mukaiset laskentamallit tulevaa rakennesuunnittelua varten.

5.1 Kantavuus- ja jäykistysvaatimukset

Huoneistojen välisen seinäelementtien päärakennusosat, eli juoksut ja tolpat tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että se suunnitellun käyttöikänsä ajan tarvittavat luotettavuustasonsa säilyttäen ja taloudellisesti (12, s.44):

- kestää kaikki kuormat ja vaikutukset, joita todennäköisesti esiintyy toteutuksen ja käytön aikana
- lisäksi rakenne tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että esimerkiksi räjähdys, törmäys tai inhimillinen erehdys ei vaurioita sitä alkuperäiseen syyhyin nähden suhteettoman paljon

Seinäelementtien suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta (12, s.48). Vaadittava luotettavuus tulee saavuttaa suunnittelemalla rakenne standardien EN1990...1999 mukaisesti, toteuttamalla kohde asianmukaisesti ja käyttämällä laadunhallintatoimenpiteitä (12, s.46).

Tolpat ja sidepuut ovat pystykuormia välittäviä rakennusosia. Rakennusosat jäykistetään kipsilevytyksellä, millä hallitaan vaakakuormitukset. Rakennusosien mitoitukset ovat esitetty luvuissa 5-9. Toteutus ja laadunhallintatoimenpiteet ovat esitetty luvussa 10.

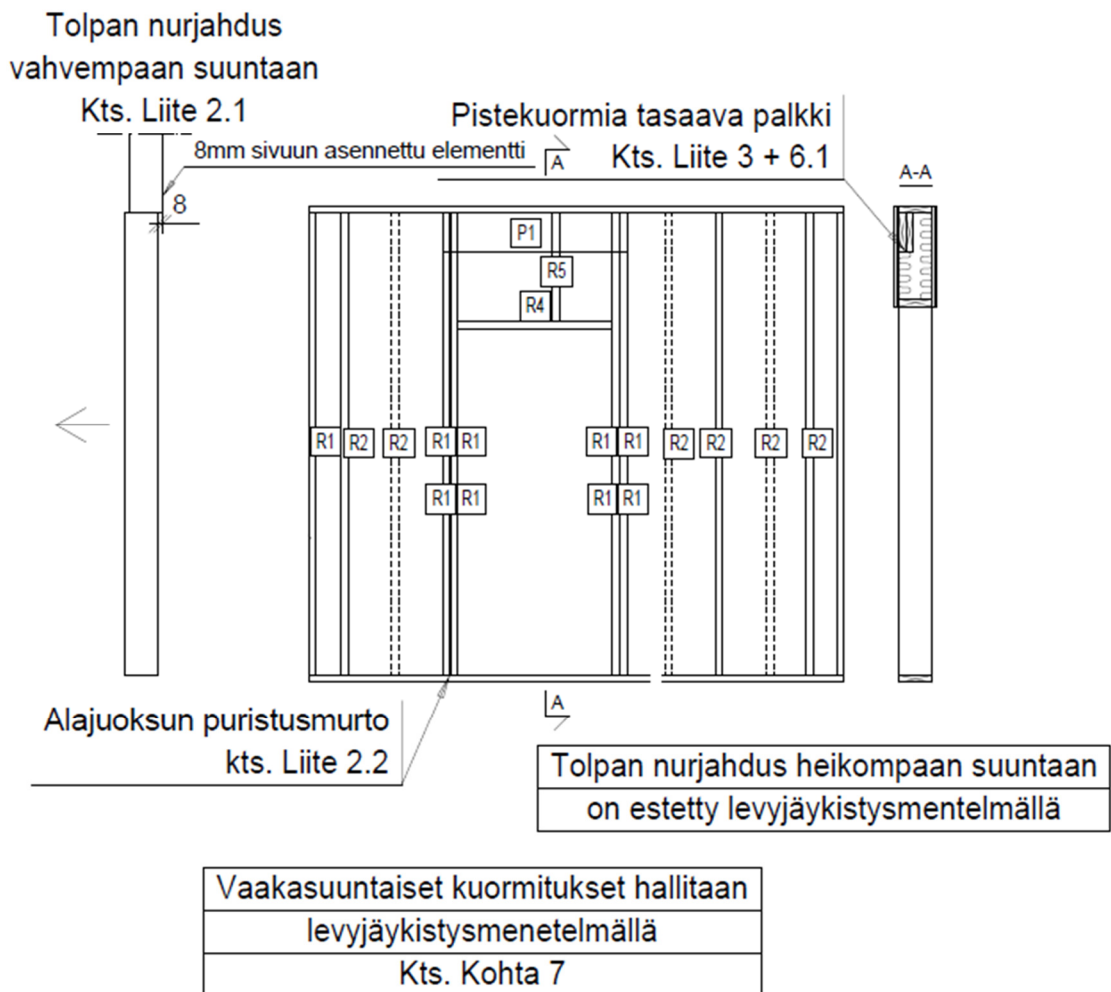
5.1.1 Kantavuusvaatimukset

Tolppien ja sidepuiden tulee kestää pystykuormien aiheuttamat puristus- ja taivutusjännitykset, jotka johtavat tolpan nurjahtamiseen sekä alajuoksun puristumurtoon. Puukerrostalorakentamisessa HVS2-tuote voidaan sijoittaa sivuseinien suuntaisesti kantamaan katolta tulevaa kuormaa. Kattoristikoiden jako on vähintään 900 mm. Pistekuorman tasaamiseksi tarvitaan yläjuoksun alle palkki lovetuna tolppiin koko elementin matkalle. (Liite 5, Kuva 7)

Kun kuormituksena on sarja samansuuruisia pistekuormia, joiden välinen etäisyys on alle 610 mm, kuormitusta voidaan tässä yhteydessä pitää tasan jakaantuneena (2, s.73). Kattoristikoiden lisäksi oviaukot muodostavat sellaisia tapauksia, jolloin tarvitaan palkki pistekuormien tasaamiseksi tolpile.

Alkukaarevuudesta, epäkeskisyyksistä ja laskennallisesta lisätaipumasta aiheutuvat taivutusjännitykset tulee ottaa huomioon poikittaisesta kokonaiskuormituksesta aiheutuvien taivutusjännitysten lisäksi (2, s.78.) Epäkeskisyyttä tuotteen tolppiin aiheuttavat toleranssien puitteissa sivuun asennetut elementit (Kuva 12).

Yläpuolisilta rakennusosilta välittyvät pystykuormat
Liite 2 + Kohdat 5-6



Kuva 12. Havainnollistettu tuotteen suunnittelua standardien EN1990...1999 mukaisesti

5.1.2 Jäykistysmenetelmä

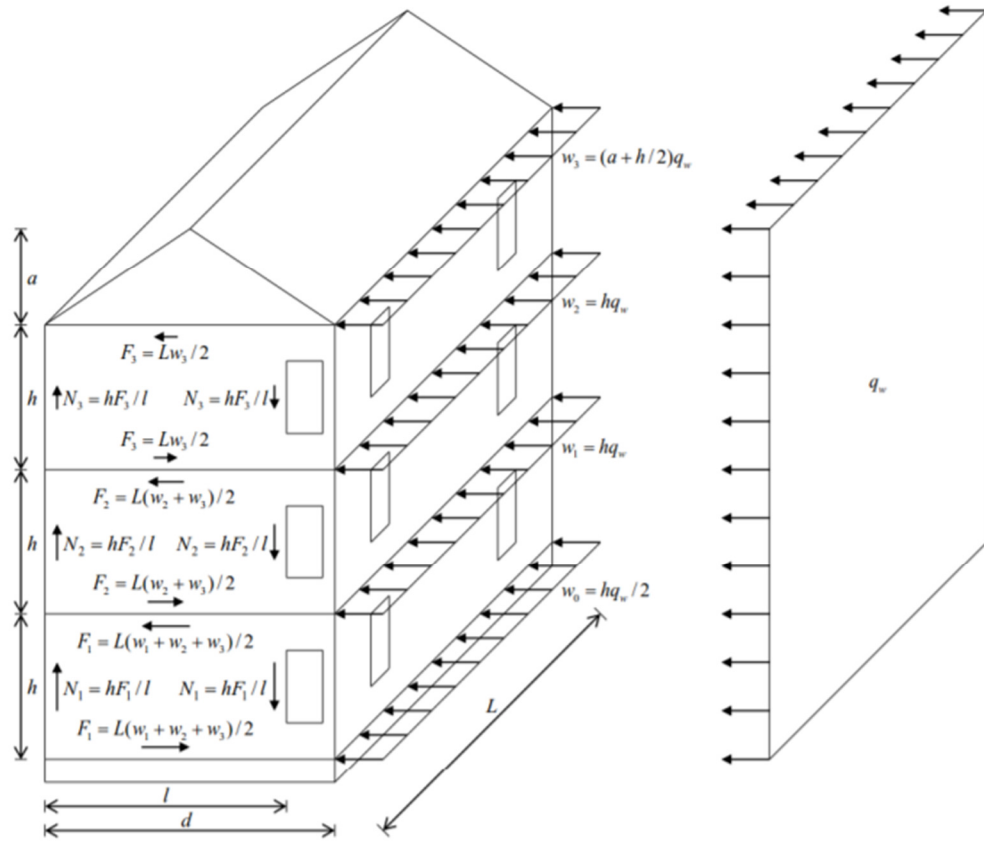
Puurakentamisessa rakennuskohteiden jäykistys tapahtuu jäykistävien seinäelementtien lisäksi jäykistävillä vaakarakenteilla. Jokaisen rakennuskohteen jäykistysmenetelmä tulee tutkia erikseen.

Jäykistävät seinäelementit tulee suunnitella siten, että ne kestävät vaakasuuntaiset ja pystysuuntaiset kuormat (Kuva 13). Jäykistysseinät, joiden on tarkoitus kestää seinän tason suuntaiset vaakaleikkausvoimat, tulee jäykistää tasossaan rakennuslevyä, vinojäykistystä tai momenttia kestäviä liitoksia käyttäen (2. s.156.)

Seinän vaakaleikkausvoimakestävyys tulee määrittää joko kokeellisesti standardin EN 594 mukaisesti tai laskennallisesti käyttämällä tarkoituksenmukaisia analyttisiä menetelmiä tai mitoitusmalleja (2, s.156.)

Puukerrostalorakentamisessa kohteen jäykistyksen lisäksi on tutkittava kohteen ankkurointitarve tuulen aiheuttaman vedon ankkuroimiseksi, jota kuvaavat kuvan 13 voimat N_1 , N_2 ja N_3 .

Tämän työn kaikki tuotteet ovat jäykistetty kartonkipintaisilla kipsilevyillä, paitsi HVS3-tuotteessa käytetään 45 mm paksua Kerto-Q-levyä. Olennaista on, että levytys sekä elementin ja vaakatasorakenteen liittymä kestävät siihen kohdistuvat vaakakuormitukset. Elementin ja vaakatasorakenteen liittymä toteutetaan mekaanisin liittimin (Liite 5 kuvat 5 ja 12).



Kuva 13. Kuormien jakaantuminen puurunkoisissa pientaloissa ja kerrostaloissa (13, s.3)

Liitteessä 3 on esitetty kahdeksankerroksisen esimerkkirakennuskohteen jäykistyslaskelma. Laskelmat on toteutettu käyttäen yksittäistä seinälohkon levyjäykistysmenetelmää D.O.F. tech Oy:n ja Saint-Gobain Finland Oy:n tarjoamalla laskentapalvelut.fi statiikkaohjelmalla.

5.2 Omat painot, pysyvä aikaluokka

Tutkittavat kuormitukset omien painojen osalta huoneistojen välisen seinäelementin näkökulmasta ovat esitetty taulukossa 15. Taulukossa 14 on esitetty, miten kuormitukset jaetaan aikaluokkiin.

Kuorman aikaluokka	Kuormitukset
Pysyvä	Oma paino Pysyvästi rakenteeseen kiinnitetyt koneet, laitteet ja kevyet väliseinät Maanpaine
Pitkäaikainen	Varastotilojen tavarakuormat (luokka E), vesisäiliökuorma
Keskipitkä	Lumi Lattioiden ja parvekkeiden hyötykuorman pintakuormat luokissa A–D Autotallien ja liikennöintialueiden hyötykuormat (luokat F ja G) Kosteuden vaihtelun aiheuttamat kuormitukset
Lyhytaikainen	Portaiden hyötykuormat Hyötykuorman pistekuorma (Q_k) Väliseinien ja kaiteiden vaakakuormat Kunnossapito- tai henkilökuorma katolla (luokka H) Ajoneuvokuormat luokassa E Kuljetusvälinekuormat Asennuskuormat
Hetkellinen	Tuuli Onnettomuuskuorma

Taulukko 14. Esimerkkejä kuormien jaottelusta aikaluokkiin (2, s.32)

Tuotteen päärakennusosien kannalta tutkittavat kuormitukset ovat omat painot, lumi- ja hyötykuorma. Hetkellistä aikaluokkaa käytetään vain jäykistysmenetelmän laskelmissa.

Yläpohjan oma paino on riippuvainen katemateriaalista, joka määrittää yläpohjan rakenneratkaisun. Koskisen Oy on jalostanut kattoristikkotuotantoa yhdistämällä kattoristikoista kattoelementtejä.

<i>Tunnus</i>	<i>Selite</i>	<i>Aikaluokka</i>	<i>Ominaisarvo</i>
g _{k,e}	Elementin oma paino	Pysyvä	<u>0,7 kN/m²</u>
g _{k,vp}	Väli­pohjan oma paino	Pysyvä	<u>2,0 kN/m²</u>
g _{k,yp}	Yläpohjan oma paino	Pysyvä	<u>1,8 kN/m²</u>

Taulukko 15. Omien painojen ominaisarvot, lähtötiedot ovat kerätty Koskisen rakenne- ja elementtisuunnittelusta.

5.2.1 Muuttuvat kuormitukset, keskipitkä aikaluokka

Taulukossa 16 on esitetty asuinrakennuksen hyötykuormat jotka koskevat huoneistojen välistä seinäelementtiä.

Kuormitettujen tilojen luokat	q_k [kN/m ²]			Q_k [kN] (portaat suluissa)
	Välipohjat	Portaat	Parvekkeet	
Luokka A Asunto- ja majoitustilat	2,0	2,0	2,5	2,0 (2,0*)
Luokka B Toimistotilat	2,5	3,0	2,5	2,0 (2,0)
Luokka C Tilat, joihin ihmiset voivat kokoontua				
– C1	2,5	3,0	2,5	3,0 (2,0)
– C2	3,0	3,0	3,0	3,0 (2,0)
– C3	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
– C4	5,0	3,0	5,0	4,0 (2,0)
– C5	6,0	6,0	6,0	4,0 (2,0)
Luokka D Myyvälätilat				
– D1	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
– D2	5,0	6,0	5,0	7,0 (2,0)

* Asunnon sisäiset portaat $Q_k = 1,5$ kN

Taulukko 16. Rakennusten välipohjien, parvekkeiden ja portaiden hyötykuormat, pinta-alakuormat q_k ja pistekuorma Q_k (2, s.34)

HVS2-tuotetta varten tutkitaan lumen aiheuttama kuormitus. Lumikuorman määrittäminen on esitetty standardissa SFS-EN 1993-1-3: Yleiset kuormat, Lumikuormat, sekä tämän ohje RIL:n julkaisussa 205-1-2017 sivuilla 36-41. Lumikuorma laskeaan kaavalla 5.2.1 (2, s.36):

$$q_k, \text{lumi} = \mu_i * C_e * S_k \quad (5.2.1)$$

Lumen aiheuttama kuormitus tulee jokaisen rakennuskohteen osalta tutkia erikseen lähinnä jo siitä syystä, että arvot vaihtelevat paikkakunnittain ja rakennuksen sijainti on olennainen tuulensuojaisuuskerrointa määrittäessä. Työssä tutkitaan esimerkkitapaus, jossa 1:2 kattokaltevuudella (asteina 26,57°) oleva pulpettikattoinen rakennuskohde sijaitsee Kittilässä, normaalilla maastoalueella.

Näillä lähtötiedoilla voidaan määrittää lumikuorman ominaisarvo kaavan 5.2.1 mukaan:

$$Q_{k, \text{lumi}} = 3,0 \text{ kN/m}^2 * 1,0 * 0,8 = 2,4 \text{ kN/m}^2 \quad (5.2.1)$$

Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että esimerkitapauksen lähtötiedot omaavassa puukerrostalossa lumi toimii määräävänä muuttuvana kuormituksena kahden ylimmän kerroksen tuotetta mitoitettaessa. Siitä alemmaksi mentäessä hyötykuorma kertaantuu määräävämmäksi. Tuulen aiheuttama kuormitus käsitellään jäykistysmenetelmän yhteydessä (Luku 7.1).

5.2.2 Kuormitusyhdistelmät

Tässä työssä käytetään murtorajatilan osavarmuuslukumenetelmää (kohta 5.4), jossa tuotteen kohdalta tarkastellaan seitsemää eri kuormitusyhdistelmää. Ensimmäinen kuormitusyhdistelmä on pysyvän aikaluokan yhdistelmä, jossa tarkastellaan pelkästään pysyvien kuormien vaikutusta. Tässä kuormituksen osavarmuusluvun arvo on 1,35, sillä kuormituksen kesto on pysyvä (Liite 2, s.4).

Seuraavat kaksi yhdistelmää ovat keskipitkälle aikaluokalle, jossa tarkastellaan hyötykuorman ja lumen vaikutukset pysyvien kuormien vaikutusten yhteydessä. Pysyvän kuormituksen osavarmuusluku on 1,15 keskipitkässä aikaluokassa ja määräävän, eli suurimman muuttuvan kuormituksen keskipitkän aikaluokan osavarmuusluku on 1,5.

Toiseksi suurimman muuttuvan kuormituksen osavarmuusluku on $1,5 \cdot \psi_0$, mikä on 0,7 ($1,5 \cdot 0,7 = 1,05$) niin hyöty- kuin lumikuormalla, kun käsitellään asuinrakennuksia. Yhdistelmäkerroimet on esitetty standardissa SFS-EN 1990 sivulla 86. (Taulukko 17).

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (ks. EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,6
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, 30 kN < ajoneuvon paino ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Rakennusten lumikuormat (ks. EN 1991-1-3) ^{*)}			
Suomi, Islanti, Norja, Ruotsi	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H > 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H \leq 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,50	0,20	0
Rakennusten tuulikuormat (ks. EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (ks. EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
HUOM. Kertoimien ψ arvot voidaan määritellä kansallisessa liitteessä. ^{*)} Mikäli maata ei ole mainittu, kyseiset paikalliset olosuhteet selvitetään erikseen.			

Taulukko 17. Kertoimien ψ suositusarvot rakennuksille (12, s.86)

Kuormitusyhdistelmät neljä, viisi ja kuusi ovat hetkelliselle aikaluokalle, jossa tarkastellaan kaikkien kuormien yhteisvaikutusta. Kuormituksen osavarmuusluvut eli yhdistelykertoimet muuttuvat riippuen siitä, mikä kuormitus laskelmoidaan määrääväksi kuormaksi. Seitsemäs kuormitusyhdistelmä on onnettomuustilanteiden tarkastelua varten.

Kantavan- ja osastoivan huoneistojen välisen seinäelementin kannalta tärkeimmät tutkittavat yhdistelmät ovat yksi, kolme, kuusi ja seitsemän, joissa määrävänä ovat pysyvät kuormat sekä hyötykuorma ja viimeinen yhdistelmä onnettomuustilanteen tutkimiselle. Tuulen vaikutus on hetkellistä kuormitusta, ja se tutkitaan määrävänä kuormitusyhdistelmässä 6. Tämä kuormitusyhdistelmä määrittelee elementin jäykistyslaskelman.

Kuormitusyhdistelmien määräytyvät seuraavasti (2, s.27-29):

- KY 1: $K_{FI} \cdot (1,35 \cdot g_k + 1,35 \cdot g_{k,m})$ (4, s.27) (5.2.2)

- KY 3: $K_{FI} \cdot (1,15 \cdot g_k + 1,15 g_{k,m} + 1,5 \cdot q_{k, \text{hyöty}} + 1,05 q_{k, \text{lumi}})$ (5.2.3)

- KY 6: $K_{FI} \cdot (1,15 \cdot g_k + 1,15 g_{k,m} + 1,5 \cdot Q_{k, \text{tuuli}} + 1,05 q_{k, \text{lumi}} + 0,75 q_{k, \text{hyöty}})$ (5.2.4)

- K_{fi} = rakennuksen seuraamusluokasta johtuva kerroin,
Tämän työn rakennuskohteiden seuraamusluokka on CC2, eli $K_{fi} = 1,0$

- G_k = pysyvien kuormien ominaisarvo [kN]

- $G_{k,m}$ = epäkeskisyyksistä johtuvan taivutusmomentin ominaisarvo [kNm]

- $Q_k, \text{hyöty}$ = hyötykuorman ominaisarvo [kN/m²]

- Q_k, tuuli = tuulikuorman ominaisarvo [kN]

Mikäli hyötykuorma on määrävä muuttuva kuorma, onnettomuustarkasteluissa käytetään kuormitusyhdistelyä (2, s.29):

- KY 7: $1,15 K_{FI} \cdot g_k + A_d + \psi_{2,j} \cdot q_{k,j}$ (5.2.5)

- A_d = Onnettomuuskuorman laskenta – arvo [kN]

Jäykistysmitoituksessa tarkastellaan pelkästään hetkellisen aikaluokan kuormitusyhdistelmää. Hetkellisen aikaluokan tilanteissa K_{mod} (Taulukko 20) kertoimen arvo on 1,1, eli lujuuden ominaisarvoa korotetaan 10 %. Keskipitkässä aikaluokassa K_{mod} kertoimen arvo on 0,8 eli lujuuden ominaisarvoa vähennetään

20 %. Voidaan siis todeta, että kun jännityksen arvo pysyy vakiona, niin tolpan ja alajuoksun mitoituksessa tarkastellaan keskipitkää aikaluokkaa, jossa hyöty- tai lumikuorma toimii määräävänä kuormituksena.

5.3 Kuormitusalueet

Kun kuormitusten lähtötiedot ovat selvät, määritetään kuormitusalueet eli selvitetään, miten kuormitukset jakautuvat rakennusosille. Koskisen taloteollisuuden toimittamissa rakennuskohteissa pisin välipohjan jänneväli on 8,4 metriä. Tolpat keräävät kuormaa välipohjalta sen jännevälin verran (Kuva 14). Toiseen suuntaan kuormitusleveys riippuu tolppien maksimijakovälistä, joka on 300 mm (Kuva 15). Oven kohdalla kuormitusleveys riippuu oven sijainnista sekä siitä, että kuinka monta tolppaa tarvitaan välittämään pistekuorma alemmille rakennusosille. Tämä tilanne on tutkittava jokaisen rakennuskohteen kohdalla erikseen, sillä arkkitehtisuunnitelmissa pyritään noudattamaan toistuvia pohjia, jolloin ovet sijaitsevat päällekkäin (Kuva 16).

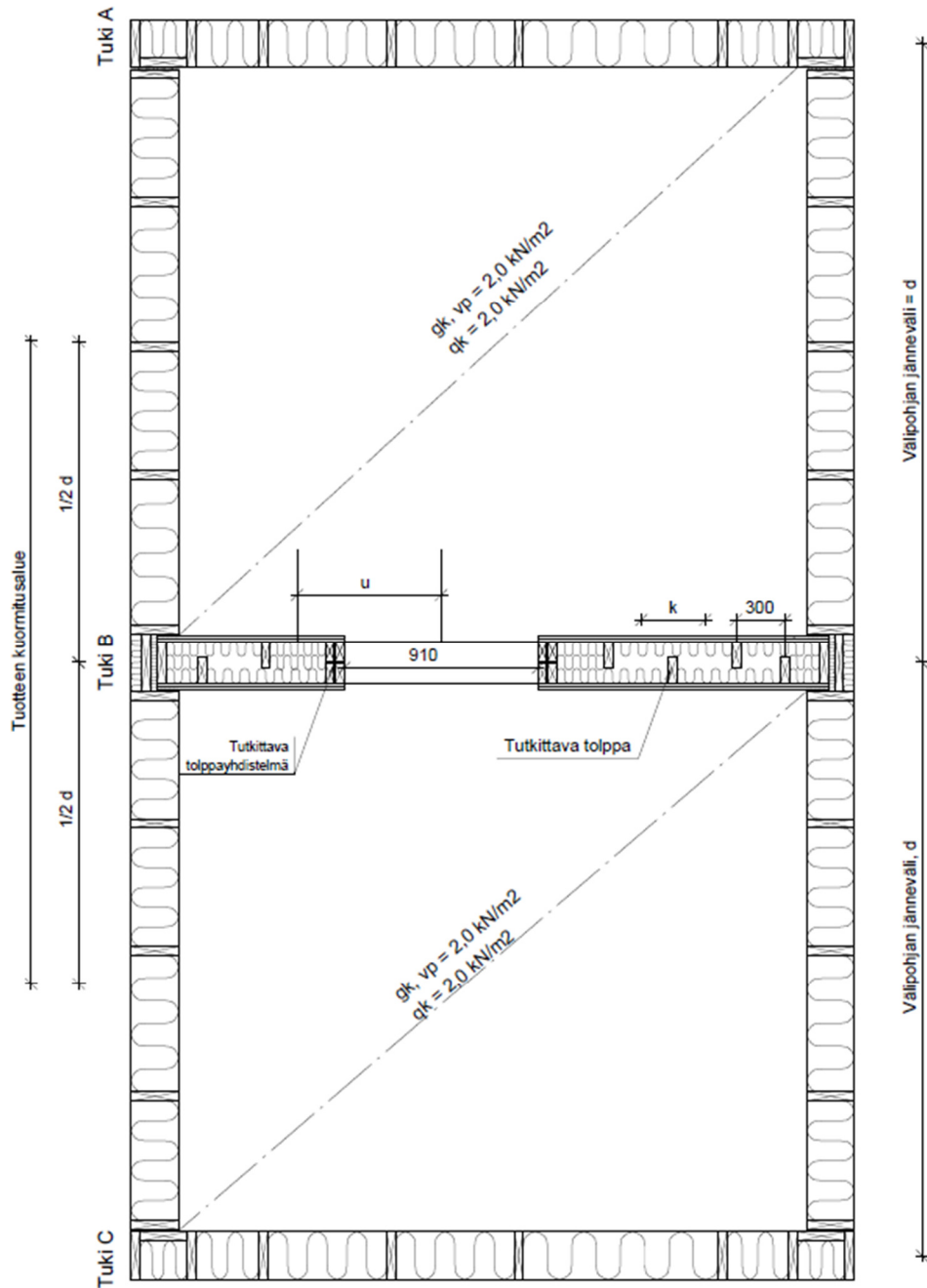
Kerroskorkeutena käytetään 3,2 m, joka on suurin Koskisen toimittamissa puu-kerrostalokohteissa käytettävä kerroskorkeus. Tolpan nurjahduspituus lasketaan seuraavasti, kun oletuksena on, että tolppa on kiinnitetty nivelellisesti molemmista päistään.

3200 mm – 31 mm (kansivanerin paksuus) – 6 mm (askelääneneristävyyskaista)
84 mm (juoksujen paksuudet) = 3079 mm (Liite 5, Kuva 6)

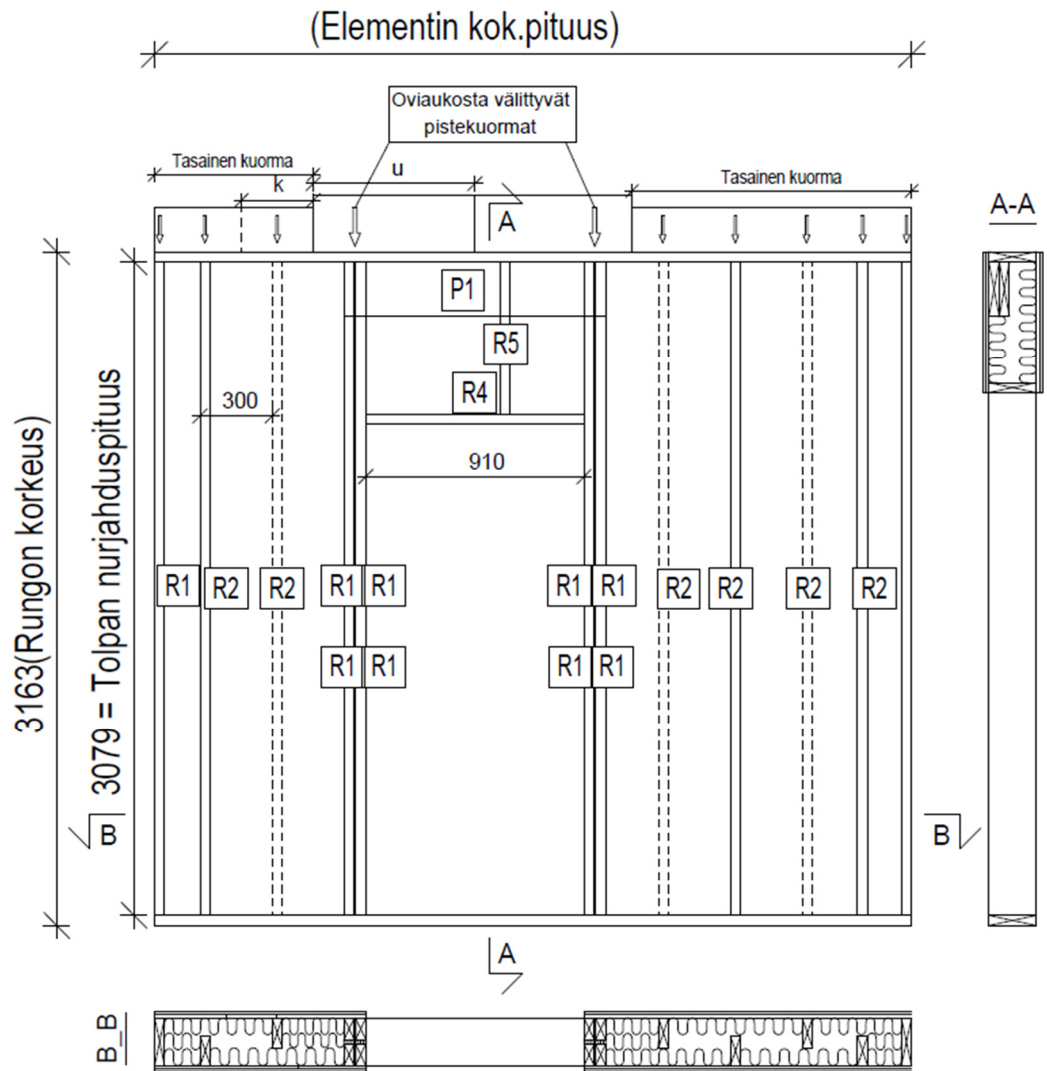
Kuvassa 14 on esitetty, kuinka välipohjan kuormat jakautuvat ½ jänneväliä ulkoseinille (Tuet A ja C) ja jännevälin verran huoneistojen väliselle seinälle (Tuki B). HVS1-tuotteen käyttökohteissa kattotuolit on suunniteltu huoneiston välisen seinäelementin suuntaisesti, jolloin tuote kantaa vain välipohjan ja ylemmän elementin oman painon (Liite 5, kuva 3)

Esimerkiksi kuvan runkotolppa kerää tasaista kuormaa $k \cdot d$ alueelta, jolloin välipohjalta tuleva kuormitus lasketaan keskipitkässä aikaluokassa kaavan 5.2.3 mukaan.

$$(1,15 \cdot g_k, vp + 1,5 \cdot q_k + 1,05 \cdot q_k, lumi) \cdot (k \cdot d) + 1,15 \cdot g_k, m \\ = 1,15 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 + 1,05 \cdot 0 \cdot (k \cdot d) + 1,15 \cdot 0 = 13,4 \text{ kN}$$

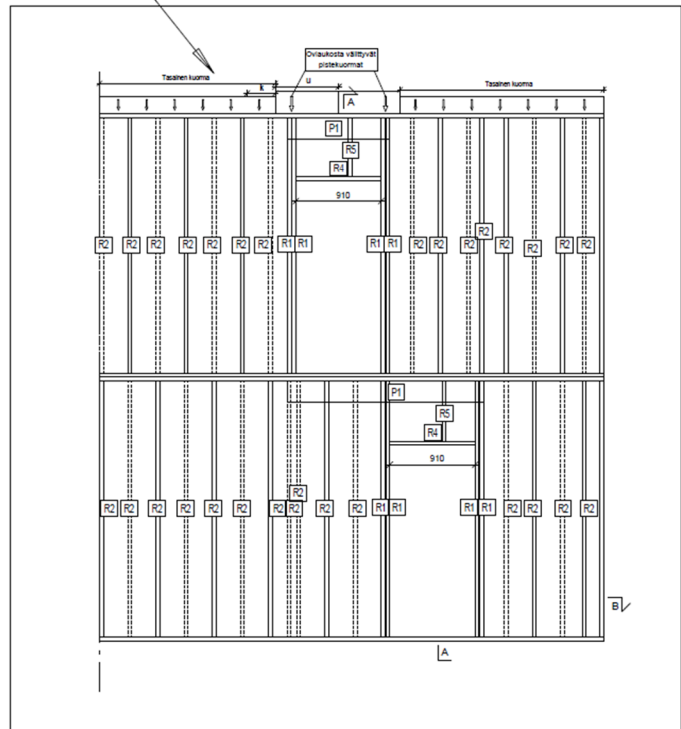


Kuva 14. Tasokuva siitä, kuinka välipohjan kuormitus jakautuu kantaville seinille



Kuva 15. Kuormitusalueiden muodostuminen ja miten kuormitukset välittyvät tol-
pilta alemmille rakennusosille

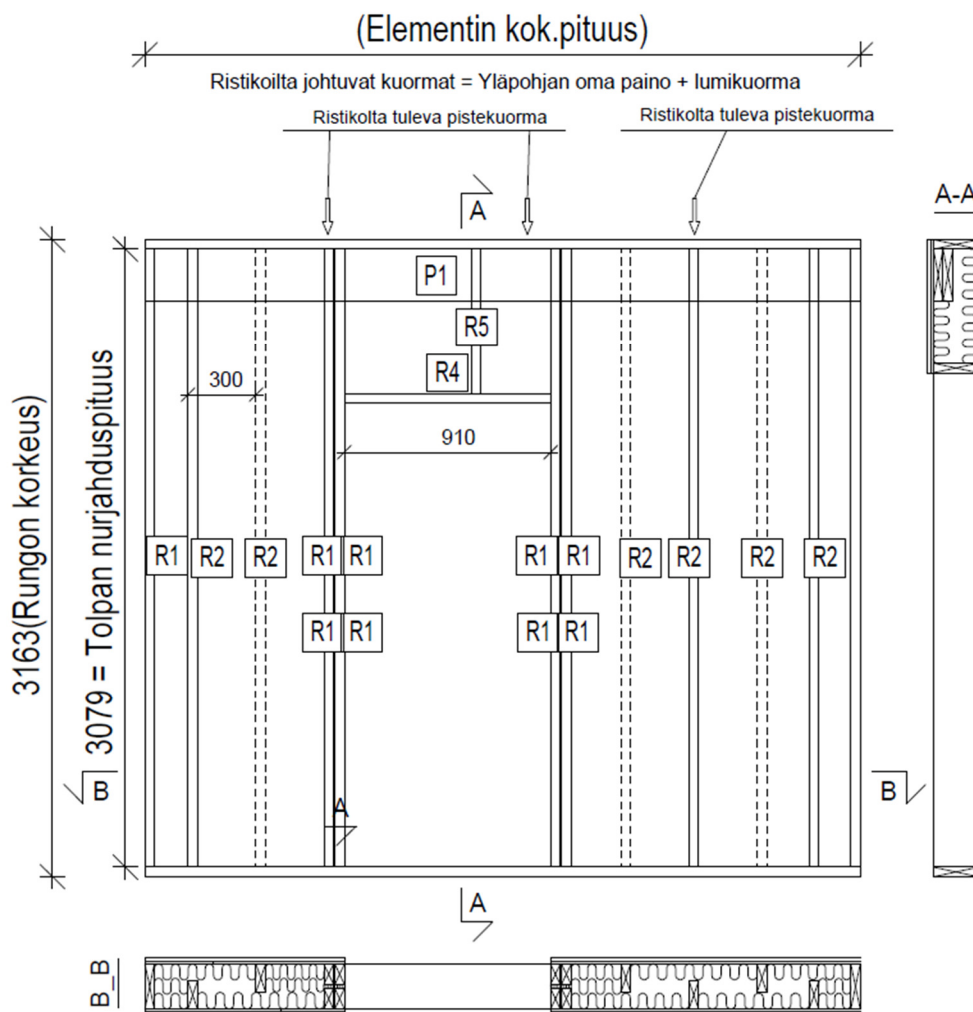
Tutkittava rakennuskohtaisesti



Kuva 16. Ovien sijainti voi vaihdella riippuen arkkitehtisuunnitelmasta. Tämä tilanne on tutkittava erikseen rakennuskohtaisesti

Kun tolpat sijoitetaan toistensa alle, ei kuvan mukaista palkkia tarvita siirtämään kuormia juoksulta tolपालle, sillä tolpat sijaitsevat päällekkäin. Tässä tapauksessa tutkittavaksi tulee juoksujen syyn suunnan vastainen puristusmurto ja tolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan. Elementtipalkki tarvitaan vain aukon kohdalle ja kattoristikoiden pistekuormien tasaamiseksi.

HVS2-tuote mitoitetaan kantamaan myös kattoristikot. Puukerrostalorakentamisessa asuntojen lisäämiseksi tuote voidaan sijoittaa myös katon harjan suuntaisesti. Esimerkiksi liitteen 5 kuvan 2 tasopiirustuksessa, HV2-106 kantaa välipohjat sekä kattotuolit. HV2-108 sekä HV2-107 toimivat pelkästään osastoivina seininä ja ovat näin ollen materiaalitehokkaampia kuin HV2-106.



Kuva 17. Kattoristikoilta välittyvän pistekuorman tasaaminen palkilla, tai palkeilla

Seinäelementti kerää kattotuoleilta kuormaa aina vähintään välipohjan jännevälin verran, riippuen katon kaltevuudesta. Lumikuorman esimerkkitapauksessa kuormitusalue olisi 9400 mm. Toiseen suuntaan kuormitusleveys riippuu kattotuolien jakovälistä, mikä on yleensä 900 mm.

Epäkeskisyydet otetaan huomioon kuormitusyhdistelmissä yksi ja kolme, sillä ne aiheuttavat taivutusta vain z-suunnassa (Kuva 12). Seinäelementin asennustoleranssi sivusijainnin mukaan on ± 8 mm (14, s.23).

Tutkittavassa tilanteessa yläpuolella olevat elementit on asennettu toleranssien salliman rajan puitteissa 8 mm sivuun samalle puolelle alla olevan elementin päälle. Ne ovat pysyvää kuormitusta, joten niiden kuormitusosavarmuuskertoimet ovat kuormitusyhdistelmästä riippuen 1,35/1,15 (Luku 5.2.2).

Elementtien aiheuttama epäkeskisyys on 8mm * käyttörajatilan pistekuorma (Kuva 12).

Palomitoituksen vuoksi HVS1-tuote mitoitetaan enintään kaksikerroksisille rakennuksille, ja HVS2-tuote mitoitetaan enintään 8-kerroksisille rakennuksille. HVS3-tuotetta käytetään niissä tapauksissa, joihin HVS2-tuote ei kantavuudeltaan, jäykistykseltään tai tulipalonkestävyydeltään kykene. Tällainen tilanne voisi olla esimerkiksi hissikuilun ja huoneiston välinen kantava seinäelementti.

Yksinkertaistamisen vuoksi rakennusosien välittävät kuormitusalueet esimerkitapauksessa on esitetty taulukossa 18.

Kuormitusalueet	Tolppa	Oven reuna	Katto
Elementin suuntaan [m]	0,3	0,68	0,90
Kattotuolin suuntaan [m]	8,4	8,4	9,4
Yhteensä [m^2]	2,52	5,71	8,46

Taulukko 18. Rakennusosien kuormitusalueet

5.4 Murtorajatila

Kaikki ihmisten turvallisuuteen tai rakenteiden varmuuteen liittyvät rajatilat tulee luokitella murtorajatiloiksi. Murtorajatiloina voidaan käsitellä rakenteen sortumista edeltäviä tiloja, joita yksinkertaisuuden vuoksi tarkastellaan itse sortuman sijaan (12, s.52.)

Rakenteiden mitoitus voi perustua kokeelliseen mitoitukseen, tai osavarmuuslukumenetelmän mitoitukseen. Tässä työssä keskitytään osavarmuuslukumenetelmään.

Osavarmuuslukumenetelmää käytettäessä tulee osoittaa, että mitään rajatilaa ei ylitetä missään kyseeseen tulevassa mitoitusstilanteessa, kun mitoitusmalleissa käytetään kuormien tai kuormien vaikutusten ja kestävyyksien mitoitusarvoja (12, s.70.)

Lujuusominaisuuksien mitoitusarvot lasketaan kaavalla 5.4.1. Tarvittavat lähtötiedot ovat esitetty taulukoissa 19-21. Taulukossa 19 on esitetty runko-osien materiaalin osavarmuuslukujen Y_m suositusarvot.

Lujuusominaisuuden mitoitusarvo X_d lasketaan seuraavasti (2, s.46):

$$X_d = k_{mod} * \frac{X_k}{Y_m} \quad (5.4.1)$$

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-lastulevy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Naulalevyliitokset:	
-tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1

Taulukko 19. Materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksien osavarmuusluvut Y_m suositusarvot (2, s.47)

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin k_{mod} (Taulukko 20) riippuu tuotteen käyttöluokasta, sekä kuormituksen aikaluokasta (2, s.49). Käyttöluokkaan 1 kuuluu puurakenne, joka on lämmitetyissä sisätiloissa tai vastaavissa kosteusoloissa (2, s.33). Tässä työssä käsitellään vain käyttöluokkaan 1 kuuluvia rakennusosia

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka				
		Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkelinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	1	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
	2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
	3	0,5	0,55	0,65	0,7	0,9

Taulukko 20. Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroimen k_{mod} arvot (2, s.49)

Tuotteiden päärakennusosien runkomateriaalina käytetään C24 lujuusluokiteltua sahatavaraa. Taulukossa 21 on esitetty yleisimpien lujuusluokkien perusominaisuuksia.

Lujuusluokka		C24	C30	GL24c	GL30c	GL32c
Ominaislujuudet (N/mm^2)						
Taivutus	$f_{m,k}$	24	30	24	30	32
Veto	$f_{t,0,k}$	14,5	19	17	19,5	19,5
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,5	0,5	0,45
Puristus	$f_{c,0k}$	21	24	21,5	24,5	25
	$f_{c,90,k}$	2,5	2,7	2,5	2,5	2,5
Leikkaus	$f_{v,k}$	4	4	3,5	3,5	3,2
Jäykkyysominaisuudet (N/mm^2)						
Kimmoduuli	$E_{0,mean}$	11000	12000	11000	13000	13500
	$E_{0,05}$	7400	8000	9100	10800	11200
	$E_{90,mean}$	370	400	300	300	300
Liukumoduuli	G_{mean}	690	750	650	650	650
	$G_{0,05}$	460	500	540	540	540
Tiheydet (kg/m^3)						
Ominaisstiheys	ρ_k	350	380	365	390	400
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	420	460	400	430	440

Taulukko 21. Sahatavaran ja liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet yleisimmissä lujuusluokissa (2, s.51, 53)

5.4.1 Runkomateriaalin lujuuksien laskenta-arvot

Tolpan tai alasidepuun laskentalujuuden mitoitusarvo on riippuvainen lujuuden ominaisarvosta (Taulukko 21) k_{mod} -kertoimesta (Taulukko 20) sekä materiaalin osavarmuusluvusta Y_m (Taulukko 19). Kantavuuslaskelmiin tarvittavat päärakennusosien lujuuksien mitoitusarvot ovat laskelmoitu kaavalla 5.4.1 ja esitetty taulukossa 22.

Lähtötiedot taulukot 19-21

$$f_d = f_k * k_{mod} / Y_m$$

f_x	Aikaluokka	f_k (N/mm ²)	k_{mod}	Y_m	f_d (N/mm ²)
$f_{c,0,d}$	Pysyvä	21	0,6	1,3	9,69
$f_{c,0,d}$	Keskipitkä	21	0,8	1,3	12,92
$f_{c,0,d}$	Hetkellinen	21	1,1	1,3	17,77
$f_{m,0,d}$	Pysyvä	24	0,6	1,3	11,08
$f_{m,0,d}$	Keskipitkä	24	0,8	1,3	14,77
$f_{c,90,d}$	Keskipitkä	2,5	0,8	1,3	1,54
$f_{c,90,d}$	Keskipitkä	2,5	0,8	1,25	1,60

c = puristuslujuus

m = taivutusmomenttilujuus

0 = syyn suuntainen lujuus

90 = syyn suunnan vastainen lujuus

d = mitoitusarvo

Taulukko 22. Laskelmissa tarvittavat rakennusosien lujuuksien mitoitusarvot

6 Mekaniikan kantavuuslaskelmat

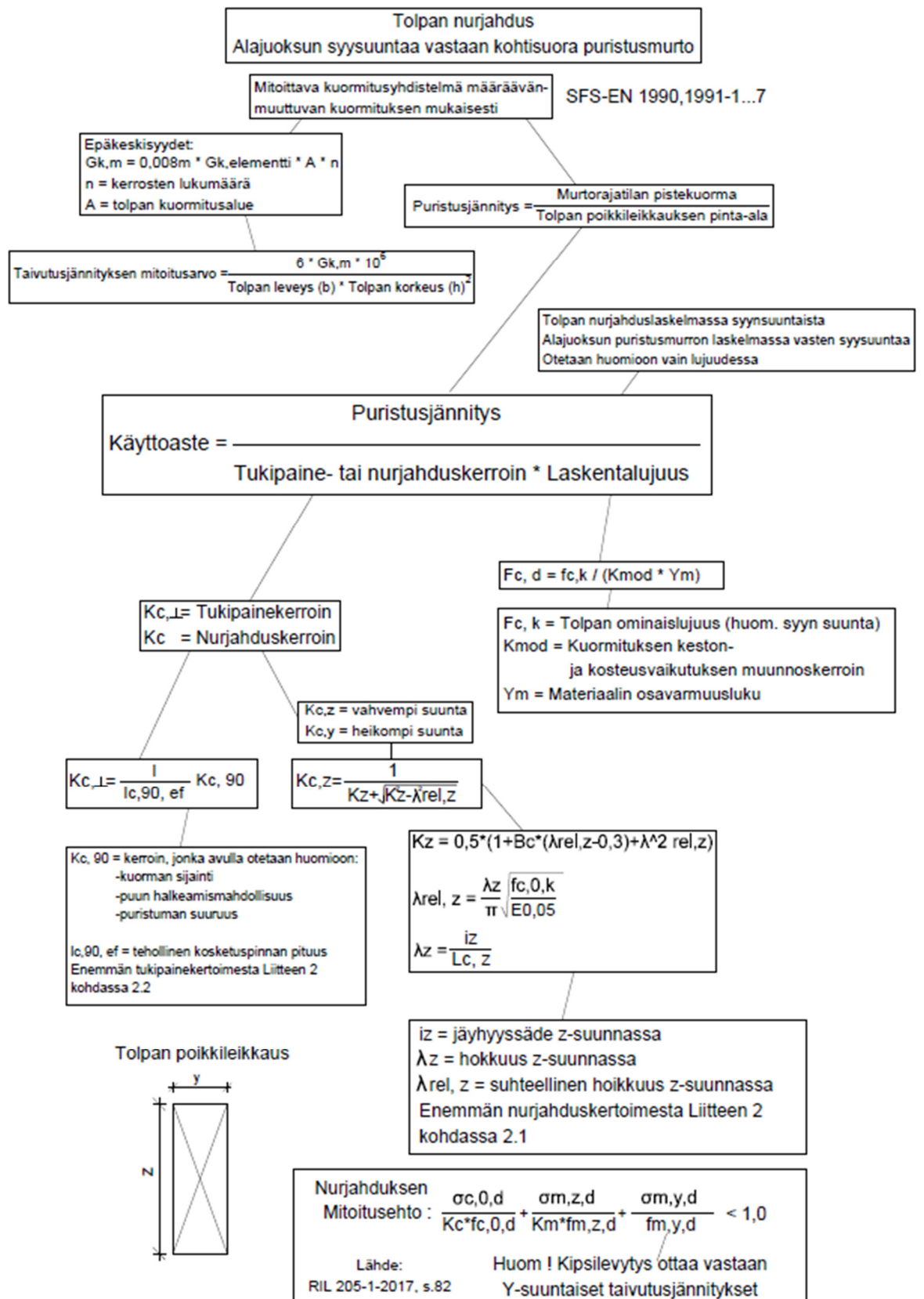
Runkorakennneosien kantavuuslaskelmat EN-standardien mukaan ovat hyvinkin samankaltaisia puurakentamisessa. Ensiksi on tutkittava yksittäisen rakennusosan, tässä tapauksessa tolpan, palkin tai alasidepuun kuormitusalueiden kautta mitoittava kuormitusyhdistelmä.

Tämän jälkeen mitoittavan kuormitusyhdistelmän tasaisesta- tai pistekuormasta voidaan johtaa puristus- tai taivutusjännitys, mikä on syynsuuntaista, kun tutkitaan tolpan nurjahdusta ja kohtisuoraa vasten syyn suuntaa, kun tutkitaan alajuoksun puristumurtoa. Lujutta pienentävä nurjahdus- tai tukipainekerroin on riippuvainen siitä, mikä rakennusosa on kyseessä. Tolpan laskentaluudet on esitetty kohdassa 5.4.1.

Kun epäkeskisyyksistä johtuva taivutus otetaan huomioon, tulee tolpasta puristettu ja taivutettu sauva. Puristusjännityksen mitoituseseen lisätään taivutusjännitys jaettuna laskentaluuden ja K_m kertoimen tulolla. K_m kertoimesta on kerrottu lisää liitteessä 2 sivulla 5.

Tutkittavan rakennusosan käyttöaste on tarkasteltavan rakennusosan jännitys jaettuna laskentaluuden ja nurjahdus- tai tukipainekertoimen tulolla (Kuva 18).

Tuotteiden kantavuuslaskelmat ovat esitetty näiden lähtötietojen perusteella liitteessä 2. Tavoitteena on selvittää tuotteiden mitoittavat tekijät ja sen pohjalta runkorakenne.



Kuva 18. Ajatuskartta tolpan nurjahdus- sekä alajuoksun puristusmurron laskelmasta

6.1 Kattoristikolta tulevan pistekuorman tasaaminen palkilla

Yläpohjan kuormia välittävä elementti tarvitsee palkin lovetuna tolppiin estämään yläjuoksun leikkaus- ja tukipainemurtoa. Tasaisella kuormalla tutkittavat tilanteet ovat esitetty liitteessä 2

Koskisen Oy on jalostanut kattoristikoita tekemällä niistä kattoelementtejä (Liite 5, kuva 7). Kattoelementin tukijuoksu toimii pistekuormia tasaavana rakenneosana. Kun tukijuoksu on mitoitettu välittämään pistekuormat, ei huoneistojen välinen seinäelementti tarvitse palkkeja tasaamaan jo tasattua pistekuormaa. Tukipainekertoimen laskenta on esitetty liitteen 2 luvussa 1.2.

Koskisen Oy toimittaa myös rakennuskohteita, joissa kattoelementtejä ei käytetä, joten kattoristikoilta tulevan pistekuorman tasaaminen palkeilla on tutkittava mitoitettavan tekijän löytämiseksi, ja kattoristikoiden sijainnin optimoimiseksi.

Tässä tapauksessa tilanne on se, että ristikko sijaitsee suoraan reunatuen päällä tai sivussa siitä. Näin tukipainekertoimen tehollinen leveys pienenee 30 mm. Taulukon 18 mukaan tuote kerää kuormaa palkille $8,52 \text{ m}^2$ alueelta kattoristikkoa kohti. Tämä on määritetty 1:2 kattokaltevuuden, välipohjan jännevälin, sekä kattotuolien 900 mm jaon mukaan.

Kuormituksen arvot käyttörajatilassa yhdeltä ristikolta ovat:

- $1,8 \text{ kN/m}^2 * 8,52 \text{ m}^2 = 15,3 \text{ kN}$ (Oma paino)
- $2,4 \text{ kN/m}^2 * 8,52 \text{ m}^2 = 20,5 \text{ kN}$ (Lumikuorma)

Tuon kokoiset kuormat vaativat useampaa tolppaa tueksi palkeille, joten tarkastelin tilanteita Metsä Woodin tuottamalla FINNWOOD mitoitusohjelmalla (Liite 3). Mitoitusohjelma käyttää lähteinään standardia SFS-EN 1995-1-1 ja tämän ohjetta RIL 205-1-2017. Kaikki palkkilaskelmat on lisätty liitteeksi työn loppuun.

6.2 Yhteenveto

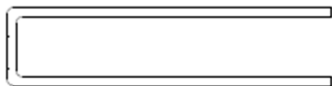
Liitteen 3 kuvissa 1, 2 ja 3 on havainnollistettu mitoitusilanteita, ja saadut mitoitustulokset näyttävät, että kun elementin tolppiin lovetaan 3 kpl 45x225 Kerto-S-palkkia, niin kaksi tolppaa riittää tueksi (Liite 3, Kuva 1). Jos pistekuorma ei ole lähempänä kuin 150 mm, riittää yksi tolppa siinä kohdalla (Liite 3, Kuva 2). Ensimmäisessä mitoitusilanteessa ristikko sijaitsee suoraan tolpan päällä (Liite 3, Kuva 1). Toisessa tilanteessa etäisyys tolppiin on 150 mm (Liite 3, Kuva 2)

Liitteen tulokset voidaan vetää yhteen toteamalla, että ristikoiden tai tolppien sijoittelulla on merkitystä. Samansuuruisien pistekuormien tueksi riittää yksi tolppa, kun pistekuorman sijainti tuelta on yli 150 mm (Liite 3, kuva 2). Toisin sanoen, kun tolppien jakoväli on 300 mm, niin ristikko kannattaa sijoittaa keskitetysti.

Jos pistekuorma, eli ristikon alasidepuu on lähempänä tolppaa kuin 150 mm, niin tässä tapauksessa se vaatii toisen tolpan tueksi. Myös oviaukon kohdalla (Liite 3, kuva 3) mitoittava tekijä on tolpan tukipaine. Huomioitavana asiana myös tukipainekertoimen vaihtuvuus riippuen siitä, onko kyseessä reuna- vai keskituki.

7 Huoneistojen välisen seinäelementin jäykistyslaskenta

Elementin jäykistyksessä otetaan huomioon tuulen aiheuttama vaakakuormitus hetkellisessä aikaluokassa, eli KY6. Kaikki kipsilevyt kiinnitetään ruuvien tai nauhojen sijaan digitaalisen U:n muotoisilla hakasilla. (Kuva 19)



Kuva 19. Kipsilevyjen kiinnike.

Työssä tarkastellaan tuulen aiheuttaman kuormituksen laskenta ja rakennuskoh- teiden kerroslukumäärien vaikutus vaakakuormitukseen. Lisäksi esitellään las- kentapalvelut.fi statiikkaohjelman avulla esimerkkirakennuskohteen kerrosluku- määrien vaikutus ankkurointitarpeeseen sekä kiinnitysjakoihin.

Tuulen kuormitukseen vaikuttavat rakennuksen koko, maastoluokka (Taulukko 23) ja vieressä sijaitsevat rakennukset. Työssä perehdytään standardin EN 1991- 1-4: Yleiset kuormat, Tuulikuormat laskentamenetelmiin. Jokainen rakennus- kohde tulee tutkia erikseen jäykistyksen osalta, sillä rakennuskohteiden koko ja maastoluokat vaihtelevat. Lisäksi kerroslukumäärän kasvaessa mitoittava kuor- mitusyhdistelmä on aina syytä tarkistaa.

Luokka	Maaston rosoisuuden ja pinnanmuodon kuvaus
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko
I	Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä
II	Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta ja erillisiä puita tai rakennuksia, joiden etäi- syys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus. Esim. maatalousmaa
III	Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet ja kylät
IV	Yhtenäiset laajat kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15% on raken- nettu ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15m

Taulukko 23. Maastoluokat (2, s.43)

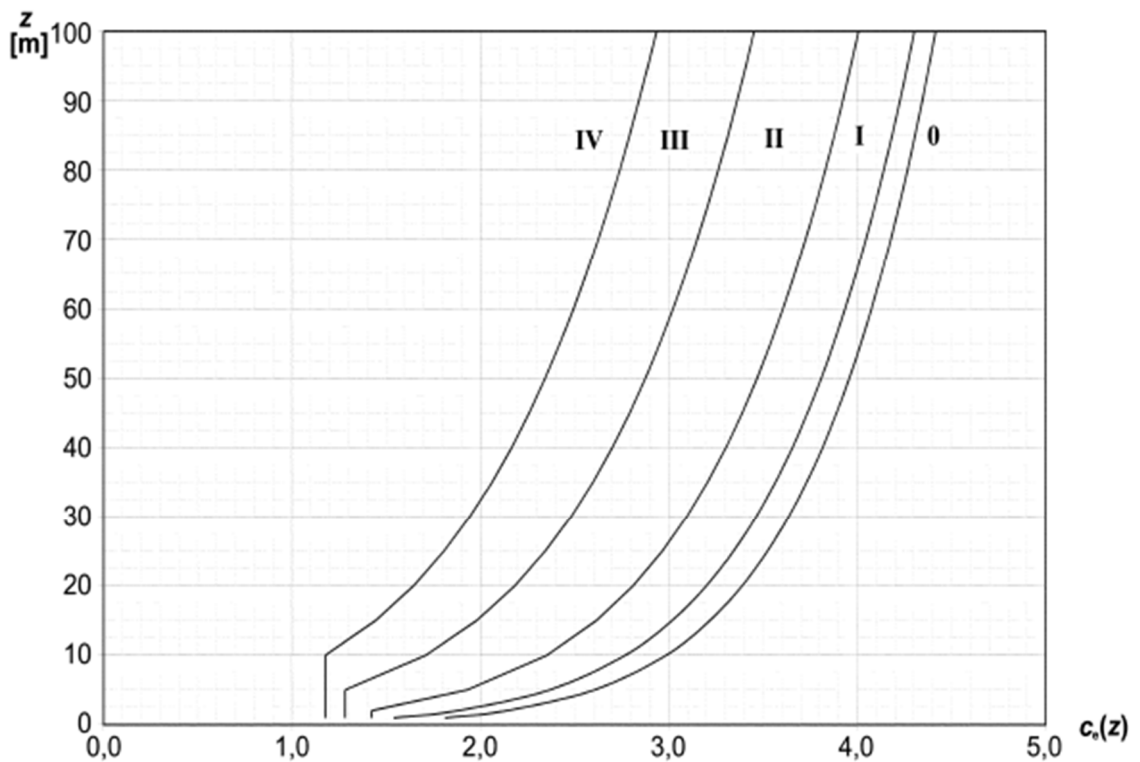
Rakennuksen vaakasuuntainen kokonaistuulikuorma otetaan huomioon levyjäykistyksessä huoneistojen välisen seinäelementin osalta.

Puuskanopeuspaine $qp(z)$ määritetään tuulen nopeuspaineen perusarvon qb , rakennuksen korkeuden z ja maastoluokasta riippuvan alennuskertoimen $ce(z)$ avulla (15, s.40.)

$$qp(z) = ce(z) * qb \quad (7.1.1)$$

Altistuskerroin $ce(z)$ määritetään käyttämällä kuvion 1 kuvaajia (15, s.40.)

Kuvio 1. Altistuskertoimen $ce(z)$ kuvaajia



Ja tuulen nopeuspaineen qb perusarvo kaavasta 7.1.2 (15, s.40):

$$qb = 0,5 * \rho * Vb^2 \quad (7.1.2)$$

missä:

Tiheyden ρ suositusarvo on $1,25 \text{ kg/m}^3$ (15, s.40).

Tuulen nopeuden perusarvo $Vb = 21 \text{ m/s}$ (2, s.42).

Rakennuksen vaakasuuntainen kokonaistuulikuorma voidaan laskea kaavalla 6.1.3, kun rakennuksen korkeus on enintään 50 m ja pienempi kuin sen leveys ($h < b$) (2, s.43.)

$$F_{w,k} = c_f * q_p(z) * A_{ref} \quad (7.1.3)$$

missä:

- c_f on rakenteen voimakerroin (Taulukko 24)
- $q_p(z)$ on rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine [kN/m^2]
- A_{ref} on rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala [m^2]

Taulukko 24. Rakenteen voimakerroin c_f huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Sivumitta d on rakennuksen pituus tuulen suunnassa (2, s.43)

	Sivusuhte d/b								
λ	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Hoikkuus λ lasketaan kaavalla 7.1.4, tai 7.1.5. Sivumitta d on rakennuksen pituus tuulen suunnassa (2, s.43.)

$$\lambda = 2h/b \text{ kun } h \leq 15 \text{ m} \quad (7.1.4)$$

$$\lambda = (2,25 - 0,017h)h/b \text{ kun } 15 \text{ m} < h < 50 \text{ m} \quad (7.1.5)$$

missä;

- h on rakennuksen korkeus [m]
- b on rakennuksen leveys tuulta vastaan kohtisuorassa suunnassa [m]

7.1 Levyjäykistyksen laskenta

Tässä työssä levyjäykistyksen kestävyyslaskelma on laskettu laskentapalvelut.fi-staatiikkaohjelmalla ja tulokset ovat lisätty liitteeksi. Työssä käydään läpi laskelman lähtötiedot. Tuulen aiheuttaman kuormituksen selvittämiseksi on laskettava ensin puuskanopeuspaine. Kaavan 7.1.2 mukaan nopeuspaineen perusarvo lasketaan seuraavasti:

$$0,5 * 1,25 \frac{kg}{m^3} * \left(21 \frac{m}{s}\right)^2 = 275,6 \frac{kg}{ms^2} = 280 N/m^2 \quad (7.1.6)$$

Tämän jälkeen määritetään altistuskerroin $ce(z)$ maastoluokan ja rakennuksen korkeuden avulla. Rakennuksen korkeutta voidaan pitää 27,8 m ja maastoluokkaa 2, mikä antaa altistuskertoimeksi 3,0. Puuskanopeuspaine lasketaan kaavan 7.1.1 mukaan:

$$qp(z) = 3,0 * 0,28 kN/m^2 = 0,83 kN/m^2 \quad (7.1.7)$$

Tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala on huoneistojen välisen seinäelementin kannalta katsottuna suurin välipohjan jänneväli * suurin mahdollinen kerroskorkeus. Koskisen Oy:n toimittamissa kohteissa suurin välipohjan jänneväli on 8,4 m ja kerroskorkeus 3,2 m. Rakennuksen korkeudessa on huomioitu myös harjakaton korkeus 2,2 m. Keskiverto elementin pituus on noin 8 m.

Esimerkkirakennuskohde voisi olla kahdeksankerroksinen, 8 m leveä tuulen suunnassa ja 16 m pitkä tuulta vastaan kohtisuoraan. Rakennuksen voimakertoimen selvittämiseksi on laskettava rakennuksen hoikkuus. Sivusuhte d/b on yleensä välillä 0,5-1, ja tässä tapauksessa se on 0,5.

$$\lambda = \frac{(2,25-0,017h)h}{b} = \frac{(2,25-0,017*27,5m)*27,5m}{16m} = 3,06 \quad (7.1.8)$$

Seuraavaksi rakenteen voimakerroin voidaan määrittää taulukosta 26, tässä tapauksessa sarakkeesta 0,5 ja 3,0 riviltä saadaan arvo 1,48. Ongelmatilanteissa väliarvot interpoloidaan.

$$Fw, k = 1,48 * 0,83 \frac{kN}{m^2} * ([3,2 m + 2,2 m] * 8,4 m) = 55,6 kN \quad (7.1.9)$$

Tai vaihtoehtoisesti HVS2-tuotteen vaakakuormitus 27,8 m korkeassa rakennuskohteessa.

$$F_{w,k} = 1,48 * 0,83 \frac{kN}{m^2} * (27,8 m * 8,4 m) = 286 kN \quad (7.1.10)$$

Tarkoittaa käytännössä sitä, että kun tarkastellaan kahdeksankerroksista rakennuskohdetta, niin alimman kerroksen vaakakuorma on 286 kN. Yksi kerros alaspäin aiheuttaa rakennuskorkeuden muutoksen -3,2 m joka tuo kuormaan muutoksen:

$$F_{w,k} = 1,48 * 0,83 \frac{kN}{m^2} * (24,6 m * 8,4 m) = 253 kN \quad (7.1.11)$$

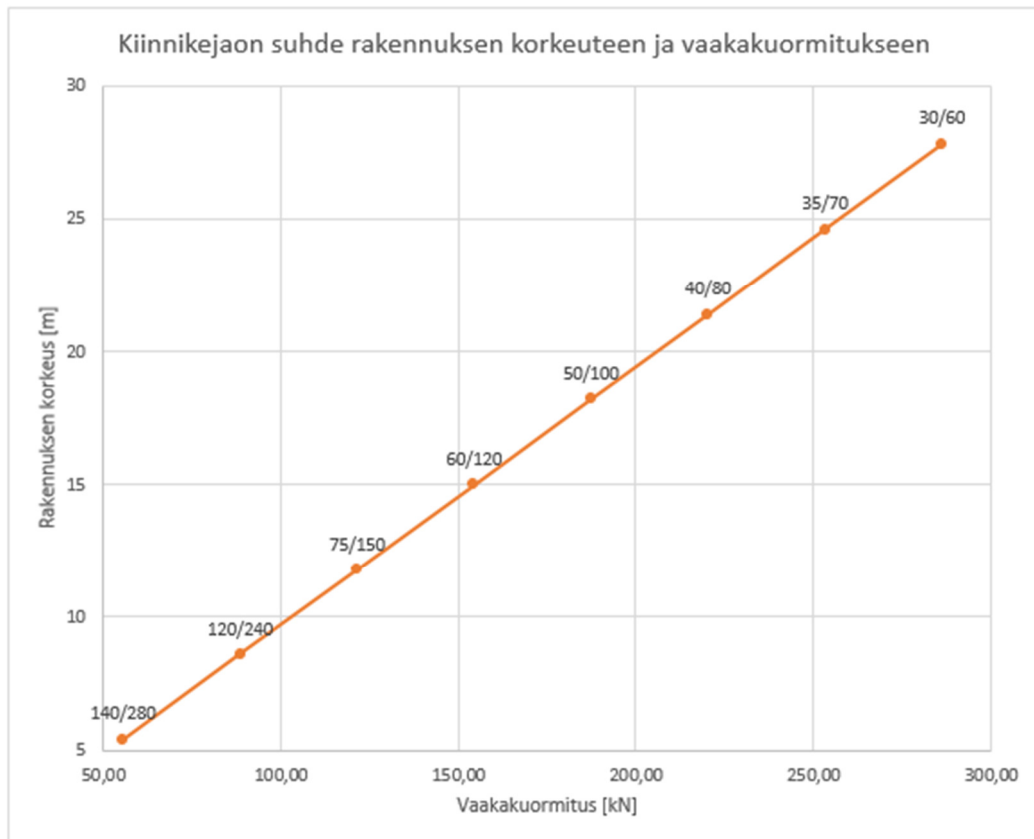
Liitteessä 4 on esitetty kahdeksankerroksisen esimerkkirakennuskohteen yksinkertaisen seinälohkon jäykistyslaskelma. Laskentaohjelman tolppajakona käytetään arvoa 600 mm, sillä elementissä tolpat ovat 600 mm jaolla, kun tarkastellaan vain kipsilevyn puolta.

Yksinkertaistamisen vuoksi taulukosta 25 on tehty kuvat havainnollistamaan vaakakuormituksen sekä ankkurointitarpeen suhdetta rakennuksen korkeuteen (Kuvat 2 ja 3).

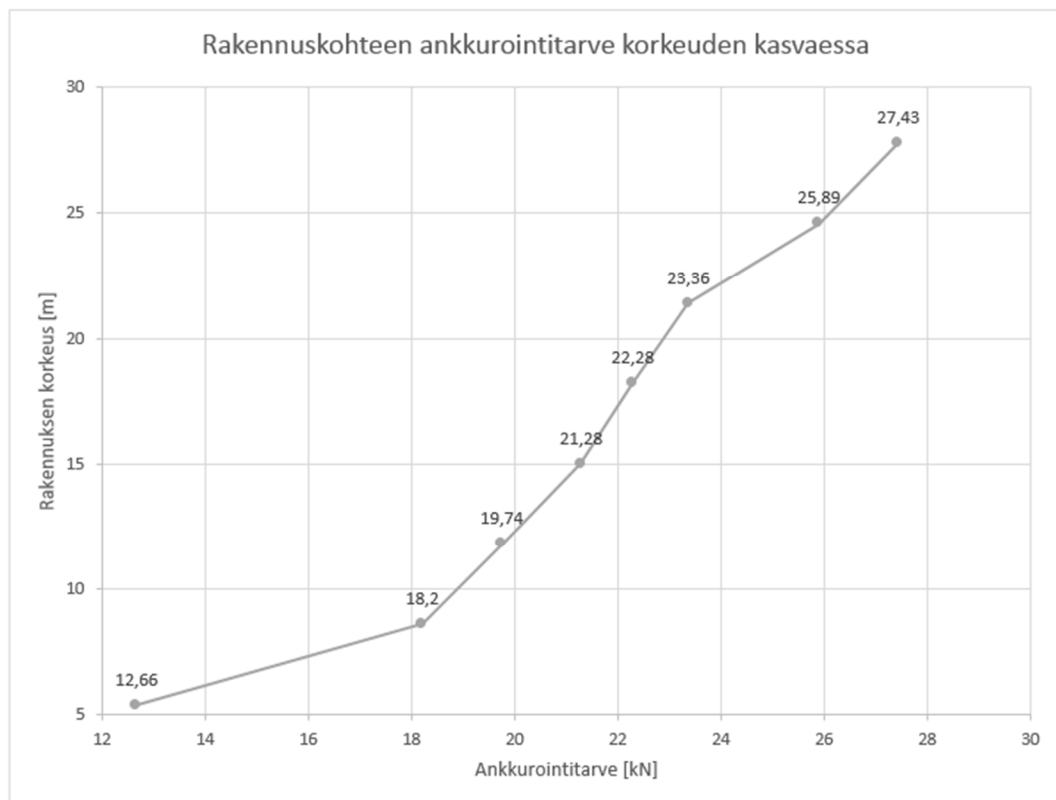
Kiinnikejaon vaikuttaessa ankkurointitarpeeseen huomaa, että se ei ole suhteellinen rakennuksen korkeuteen verrattuna. Taulukon arvoja ei voi käyttää jatkossa, sillä jokainen rakennuskohde on geometrialtaan erilainen ja siten jäykistysmenetelmien kannalta tutkittava erikseen. Taulukon arvot antavat suuntaa jäykistävän seinäelementin mitoitusta varten.

Kerroskkm.	Rakennuksen korkeus [m]	Vaakuorma [kN]	Ankkurointitarve [kN]	Kiinnikejako [mm]
1	5,4	55,59	12,66	140/280
2	8,6	88,53	18,2	120/240
3	11,8	121,47	19,74	75/150
4	15	154,41	21,28	60/120
5	18,2	187,35	22,28	50/100
6	21,4	220,29	23,36	40/80
7	24,6	253,22	25,89	35/70
8	27,8	286,16	27,43	30/60

Taulukko 25. Yhteenveto jäykistyslaskelmien tuloksista



Kuvio 2. Kiinnikejaon suhde rakennuksen korkeuteen ja vaakakuormitukseen



Kuvio 3. Ankkurointitarpeen suhde rakennuksen korkeuteen

8 Jatkuvan sortuman mitoitus

Jatkuvan sortuman estäminen on esitetty taulukossa 26. 2-4 kerroksisissa rakennuksissa käytetään vaakasidontamenetelmää. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että välipohjat kiinnitetään kehäpalkistoon vaakavoimalle T1 (8.1.1) (11, s.110). Kehäpalkit kiinnitetään nurkissa toisiinsa vaakavoimalle T2 (8.1.2) ja T3 (8.1.3), T2 on lyhyemmän sivun suuntainen vaakavoima ja T3 pidemmän sivun suuntainen vaakavoima. Liitokset voidaan toteuttaa normaaleina ruuvi- ja kulmalevyliitoksina (11, s.110). Kehäpalkin jänneväli on enintään $2,25 \cdot H$, missä H on kerroskorkeus metreinä, eli tässä tapauksessa $2,25 \cdot 3,2 \text{ m} = 7,2 \text{ m}$

$$T1 = \frac{3kN}{m}, \text{ kun } (g \leq \frac{2,0kN}{m^2}) \quad (8.1.1)$$

$$T2 = \frac{3kN}{m} * \frac{L1}{2}; \text{ min. } 10kN, \text{ kun } (g \leq \frac{2,0kN}{m^2}) \quad (8.1.2)$$

$$T3 = \frac{3kN}{m} * \frac{L2}{2}; \text{ min. } 10kN, \text{ kun } (g \leq \frac{2,0kN}{m^2}) \quad (8.1.3)$$

Yli 4 kerroksisissa rakennuskohteissa käytetään vaihtoehtoisia kuormansiirtymisreittejä. (Taulukko 28) Kehäpalkki mitoitetaan kantamaan välipohjan kuormat onnettomuustilanteessa. Kehäpalkin päihin järjestetään ylimääräisiä tolppia tai hyödynnetään mahdollista välipohjan jännevälin suuntaista seinää siirtämään kehäpalkin pään tukireaktio alaspäin (9, s.110).

Koskisen Oy:n toimittamissa rakennuskohteissa kyseinen asia toteutetaan välipohjan kansirakenteella. Kansirakenne on rakenneliimattu välipohjan palkkeihin, sekä kiinnitetty vinosti ruuvaten (Liite 5, Kuva 6) kantaviin ulko- ja väliseiniin. Riippuen kantosuunnasta, välipohjajaelementin reuna- tai päätypalkki toimii kehäpalkin korvikkeena jatkuvan sortuman mitoituksessa. Näin ollen yksittäisen huoneistojen välisen seinäelementin voi poistaa ilman jatkuvan sortuman aiheutumista.

Seuraamusluokka	Kerroslukumäärä	Jatkuvan sortuman huomiointi	Huomiot !
CC1	1-2	Rakenne on suunniteltu standardien mukaisesti	CC1 sisältää asuinrakennukset, joissa on korkeintaan 2 maanpäällistä kerrosta (Pari- rivi- luhtitalot)
CC2a	3-4	Rakenne on suunniteltu standardien mukaisesti, sekä varustettu vaakasidonnalla	Yksikerroksinen oppilaitos menee CC2a luokkaan.
CC2b	5-8	Käytetään vaihtoehtoisia kuormansiirtoreittejä.	Kaksikerroksinen oppilaitos menee CC2b luokkaan.
CC3	9-15	Tapauskohtainen riskinarviointi on tarpeen.	

Taulukko 26. Jatkuvan sortuman estäminen tapauskohtaisesti

9 Palomitoitus

Tuotteiden palomitoitus perustuu standardin EN 1995-1-2: Puurakenteiden palomitoitus laskentamenetelmiin sekä tämän ohjeeseen RIL 205-2-2009. Tuotteiden palonkestävyys on riippuvainen kipsilevyjen kestävydestä, sillä niillä estetään tolppien nurjahtaminen heikompaan suuntaan. Tämä erottaa limirunkoisen seinäelementin palomitoituksen ulkoseinään verrattuna, sillä ulkoseinässä on aina taustalla oleva levy estämässä tolpan nurjahduksen vahvempaan suuntaan.

Tuotteet voidaan vaatimusten perusteella luokitella kolmeen luokkaan:

- REI30 (HVS1)
- REI60 (HVS2)
- REI60-90 (HVS3)

Ensimmäistä tuotetta, jonka vaatimuksena on REI 30 voidaan käyttää enintään kaksikerroksisissa kohteissa. Vaatimus täyttyy pelkästään tuotteen levytyksen avulla, sillä kaksi 13 mm paksua kipsilevyä antavat palonsuoja-aikaa 40 minuuttia, ennen levytyksen murtumista ja rakenteen vahingoittumista. (Taulukko 27)

Levytyks	t_{ch} min	k_2	t_f min	k_3
A	15	–	15	1,5
2 x A ¹⁾	40	–	40	1,0
A + F ^{1,2)}	55	0,85	> 60	–
F ⁴⁾	20	0,85	50	3,8
2 x F ⁴⁾	65	0,85	> 60	–
PI + F ^{2,3)}	55	0,85	> 60	–
PI + A ^{1,3)}	40	–	40	1,0

¹⁾ A-levy 13 mm paksu kipsilevy

²⁾ F-levy 15 mm paksu palokipsilevy

³⁾ PI-levy 12 mm paksu vaneri tai muu puulevy. Mikäli vanerin tai puulevyn paksuus d on suurempi kuin 12 mm, lisätään taulukon t_{ch} - ja t_f -arvoja määrällä Δt , kun $\Delta t = (d - 12) / \beta_0$.

Taulukko 27. Hiiltymisen alkamishetki t_{ch} ja levyjen murtohetki t_f , sekä kertoimet k_2 ja k_3 seinärakenteissa (16, s.87)

9.1 HVS2-tuotteen palomitoitus

HVS2-tuote vaatii tarkastelua rakenteen hiiltymisen suhteen. Levytys antaa Taulukon 29 mukaan palonsuoja-aikaa 55 minuuttia, mikä tarkoittaa sitä, että laskennallisesti runko hiiltyy viiden minuutin ajan ennen vaatimuksen täyttymistä.

Toinen vaihtoehto on osoittaa testituloksella, että tuote kestää kuormitettuna tulipaloa vaaditun ajan. Olennaista on, että levytys estää tolppien nurjahtamisen heikompaan suuntaan.

9.2 HVS3-tuotteen palomitoitus

HVS3-tuotteen tulipalovaatimuksen täyttäminen Kerto-Q- ja Glassroc F Firecase-levy-yhdistelmän puolella voidaan laskea taulukon 27, kohdan 3) mukaan. Edellä mainitun kohdan mukaan on määritelty, että mikäli vanerin tai puulevyn paksuus d on suurempi kuin 12 mm, lisätään taulukon t_{ch} - ja t_f -arvoja määrällä Δt , kun $\Delta t = (d-12) / \beta_0$ (16, s.87). Kerto-Q levyille voi käyttää LVL-levyn β_0 arvoa 0,65 (16, s.24).

t_{ch} saa 12 mm vanerilla arvon 55 min palonsuojalevyn kanssa. Tätä arvoa saa korottaa kaavan 9.2.1 mukaan.

$$\Delta t = \frac{(d-12)}{\beta_0} = \frac{45-12}{0,65} = 50,7 \text{ min} \quad (9.2.1)$$

Yhteenlaskettu arvo, ennen tolpan hiiltymisen alkamista on siis $55 + 50,7 \text{ min} = 105,7 \text{ min} > 90 \text{ min}$.

10 Valmistus- ja asennustoleranssit

Koskisen Oy:n toimittamissa rakennuskohteissa noudatetaan standardin mukaisia asuin- ja työpaikkarakennusten seinäelementtien valmistus- ja asennustarkkuuksia. Kyseiset toleranssit on esitetty puurakentamisen toteutusstandardissa SFS-EN 5978. Tuotteiden valmistustarkkuudet riippuvat sen valmistusluokasta. Valmistusluokka valitaan seuraavasti (14, s.35):

Valmistusluokan 3 mukaisia elementtejä käytetään

- yli kaksikerroksisessa puurakenteisessa asuin- ja työpaikkarakennuksessa (mittatarkkuus kerrosrakentamisessa)

Valmistusluokan 2 mukaisia elementtejä käytetään

- enintään kaksikerroksisessa asuin-, liike-, toimisto- ja kokoontumisrakennuksessa tai näitä vastaavissa rakennuksissa

Valmistusluokan 1 mukaisia elementtejä käytetään

- kylmissä varastorakennuksissa ja joissakin maatalousrakennuksissa.

Koskisen Oy:n toimittamissa kohteissa jokaiselle seinäelementille valmistetaan oma laadunvalvonta-asiakirja (Taulukko 28), mikä täytetään tuotannossa elementin valmistuksen aikana. Tämä menetelmä on osa luotettavuuden hallintaa, mikä mainitaan luvussa 5 sivulla 31.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1
Pituus (rakennuksen pituussuunnassa)			
< 3 m	±3 mm	±4 mm	±7 mm
3-10 m	±0,10 %	±0,15 %	±0,25 %
> 10 m	±10 mm	±15 mm	±25 mm
Korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa)			
< 3 m	±3 mm	±4 mm	±7 mm
3-10 m	±0,10 %	±0,15 %	±0,25 %
> 10 m	±10 mm	±15 mm	±25 mm
Paksuus			
— ilman tuuletusrakoa ja ulkoverhousta	±3 mm	±3 mm	±5 mm
— julkisivuverhouksen kanssa	±6 mm	±6 mm	±8 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero			
< 3 m	±3 mm	±4 mm	±7 mm
3-10 m	±0,10 %	±0,15 %	±0,25 %
> 10 m	±10 mm	±15 mm	±25 mm
Suoruus (koko elementin pituus)			
— pituus (rakennuksen pituussuunnassa)	±0,1 %	±0,15 %	±0,25 %
— korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa)	±0,1 %	± 0,15 %	±0,15 %
Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	±5 mm	±10 mm	±15 mm
Liittyvien rakenteiden loveus			
— loven pituus, syvyys, leveys	+2 mm	+4 mm	+6 mm

Taulukko 28. Seinäelementtien valmistusluokkien toleranssit (14, s.34)

Laadunvalvontatoimenpiteiden lisäksi toteutuksen on oltava asianmukainen. Tuotteiden asennustarkkuudet riippuvat käyttökohteiden toleranssiluokasta. Toleranssiluokka valitaan seuraavasti (14, s.22):

- Toleranssiluokka 3
 - rakennusosat joilta vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joille asetetaan erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset
- Toleranssiluokka 2
 - asuin- liike ja toimistorakennusten tai niitä vastaavien rakennusten rakennusosat. Luokka 2 on yleisimmin käytetty asennustarkkuusluokka
- Toleranssiluokka 1
 - hallirakennusten yms. tilojen rakennusosat, joille voidaan sallia luokkaa 2 alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset.

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama		
	Toleranssiluokka 3	Toleranssiluokka 2	Toleranssiluokka 1
<i>Seinät</i>			
Sivusijainti perussuorasta	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Runkotolppien väli	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Ikkuna- ja oviaukon koko	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Ikkuna- ja oviaukon sijainti	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Vapaa väli (vastakkaiset seinät)	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Seinärungon suoruus ¹⁾	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
Seinärungon poikkeama pystysuorasta			
— korkeus enintään 3 m	±5 mm	±5 mm	±5 mm
— korkeus yli 3 m	±8 mm	±8 mm	±8 mm
<i>Ala- ja välipohjakannatteet</i>			
Kannatteiden väli	±3mm	±5 mm	±10 mm
Porrasaukon tms. koko	±3mm	±5 mm	±10 mm
Porrasaukon tms. sijainti	±3mm	±5 mm	±10 mm
Palkiston ylä- tai alapinnan suoruus ¹⁾	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
<i>Yläpohjakannatteet</i>			
Kannatteiden väli	±3 mm	±5 mm	±10 mm
Palkiston ylä- tai alapinnan suoruus ¹⁾	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
<i>Pilarirunko</i>			
Sivusijainti	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Vapaa väli	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Pilarin yläpäähän ja/tai tukipintojen korkeusasema	±4 mm	±8 mm	±12 mm
Suoruus ¹⁾	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
Poikkeama pystysuorasta			
— korkeus enintään 6 m	±3 mm	±5 mm	±8 mm
— korkeus yli 6 m	±4 mm	±8 mm	±2 mm
<i>Palkkirunko</i>			
Sivusijainti perussuorasta	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Vapaa väli	±6 mm	±12 mm	±20 mm
Korkeusasema tuella	±4 mm	±8 mm	±12 mm
Suoruus ¹⁾ ja poikkeama esikorotuksesta, kun palkkia kuormittaa sen oma paino	±1,5 ‰	±1,5 ‰	±1,5 ‰
<i>Seinäelementtien asennustarkkuus</i>			
Seinän sivusijainti perussuorasta	±5 mm	±8 mm	±12 mm
Vapaa väli (vastakkaiset seinät)	±5 mm	±8 mm	±12 mm
Seinän poikkeama pystysuorasta			
— korkeus enintään 3 m	±3 mm	±5 mm	±8 mm
— korkeus yli 3 m	±5 mm	±8 mm	±12 mm
Sauman leveys, poikkeama nimellimitasta	±3 mm	±5 mm	±8 mm
Elementtisauman hammastus	3 mm	5 mm	8 mm

¹⁾ 1,5 ‰ mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

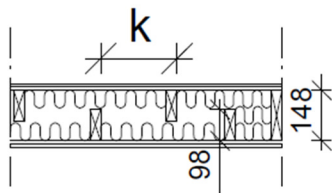
Taulukko 29. Puurakenteiden asennustoleranssit (14, s.23)

11 Jatkokehitystarpeet

Mekaniikan laskelmat osoittavat, että alajuoksun puristusmurto mitoittaa HVS2-tuotteen, kun tuotteen runko-osat ovat samaa laatua. Nykyinen laskentamalli ei ota huomioon levytyksen vaikutusta, vaikka se todellisuudessa ottaa pystykuormaa vastaan. Olisi mielenkiintoinen asia testata, onko myös käytännössä näin vai nurjahtaako tolppa vahvempaan suuntaan ennen alajuoksun puristusmurtoa.

Ääneneristävyysvaade on ratkaistu näiden tuotteiden osalta. Seuraava kehityskohde voisi olla tavanomaisissa asuinrakennuksissa käytettävä tuote, jonka kokonaispaksuus olisi pienempi, mikä parantaisi sen kilpailukykyä muita tuotteita vastaan. Kyseinen tuote voisi olla runkopaksuudeltaan 148 mm, jonka levytyks olisi samanlainen kuin HVS1-tuotteella eli kaksinkertainen GR-kipsilevy. Tuotteen kokonaispaksuus olisi näin ollen 200 mm.

HVS-1b



Kuva 20. Jatkokehitystarve, HVS-1b tuote

Mekaniikaltaan tämä tuote olisi yhtä hyvä kuin HVS1-tuote, jos perustolppadimensiona käytettäisi samaa kuin HVS1-tuotteessa, eli 98 mm. Yksikerroksisissa kohteissa, joissa tuote toimii vain osastoivana seinänä, tolppadimensiota voidaan pienentää 25 mm. Kyseinen kohde voisi esimerkiksi paritalo, mutta tilanne pitää tarkastella erikseen. Ääneneristävyysvaateen toteuttaminen vaatii erillisen ääneneristävyysmittauksen.

Hyödyllisinä jatkokehitystarpeina tuotteelle on myös varustelut eli sähköistyksen ja tekniikan läpivientien aiheuttamat toimenpiteet. Tuotteella on aina osastointivaatimus, joten läpiviennit tulee suunnitella sen mukaisesti.

Tuotteen näkökulmasta ääneneristävyysvaatimuksen läpäisemiseksi rakenne suunnittelussa olisi syytä sijoittaa läpiviennit eri tolppaväleihin.

Märkätilat osuvat myös satunnaisesti tuotteen kohdalle, joten elementin valmiusasteen parantamiseksi ja siten työmaan toiminnan nopeuttamiseksi märkätilojen kohdalle voisi suunnitella vaatimukset täyttävän ratkaisun vedeneristyksen ja liittymien kohdalta. Lisäksi elementtirakentamisen aiheuttamat toimenpiteet eli nostojen ja kuljetuksien tuomat rajoitteet sekä liittymien sisältämät vaatimukset ovat vielä selvitettäviä asioita.

12 Tuotevalinnat ja yhteenveto

12.1 HVS1-tuote

HVS1-tuote toimii enintään kaksikerroksisessa rakennuskohteessa ja se täyttää niin ääneneristävyys- kuin tulipalonkestävyys sekä kantavuusvaatimukset. Tuotetta voi käyttää niin asuin- kuin hoiva- ja koulurakennuksissa. Tuote ei kannata kattotuoleilta tulevaa pistekuormaa, vaan on aina kattotuolien suuntainen ja osastoiva elementti. Välipohjan kantosuunta voi vaihdella, jos kyseessä on esimerkiksi kaksikerroksinen luhtitalo. Mekaniikaltaan tuotteen sisältö on esitetty taulukossa 30.

HVS1 tuotteen yhteenveto

Kohde	Runko	Tolpitus	Min.villa, A1	Levytyt	Palkki	Palonkestävyys	Ilmaääneneristävyys
1.krs	173mm	98mm	70mm	2x GR	Ei	REI30	59dB
2 krs	173mm	123mm	50mm	2x GR	Ei	REI30	59dB

Asennustoleranssit

Tuote	Toleranssi luokka	Vapaa väli	Poikkeama pystysuorasta	Sivusijainti perussuorasta	Sauman leveys	Elementtisauman hammastus
			$H < 3m / H > 3m$			
HVS1	2	8mm	5mm / 8mm	8mm	5mm	5mm

Valmistustoleranssit

Tuote	Valmistus luokka	Pituus [L < 10m / L > 10m]	Korkeus [3,2m]	Paksuus Runko / Elementti	Ristimitta [L < 10m / L > 10m]	Aukkojen sijainti
HVS1	2	4mm / 0,15%	4,8mm	3mm / 6mm	0,15% / 15mm	10mm

Taulukko 30. HVS1-tuotteen rakenne, sekä valmistus- ja asennustoleranssit

12.2 HVS2-tuote

HVS2-tuotetta käytetään 2-8-kerroksisissa rakennuskohteissa. Elementin voi sijoittaa kattotuolien suuntaisesti osastoivaksi elementiksi tai kantavaksi elementiksi ottamaan kattotuolien pistekuormia vastaan. Näistä johtuen HVS2-tuotteen rakenne muuttuu aina riippuen kerroslukumäärästä ja siitä, onko elementti kantava vai pelkästään osastoiva seinä.

Osastoiva elementti kantaa vain yläpuolella olevat elementit. Osastoivan elementin runkorakenne on määritelty kerroskohtaisesti Liitteessä 2. Lisäksi tuotetta on mitoitettu murtorajatilan viivakuormien osalta Liitteen 2 viimeisessä kappaleessa.

12.3 HVS3-tuote

HVS3-tuote soveltuu puukerrostalorakentamiseen erinomaisesti täyttämään hissi-kuilujen ja porraskäytävien- ja palo- ja jäykistysvaatimuksia. Kerto-Q-levy on tehnyt mahdolliseksi sen, että puukerrostalo on todellakin pelkästään puusta tehty kerrostalo.

12.4 Pohdinta

Työ osoittautui erittäin mielenkiintoiseksi jo suurimmaksi osaksi siitä syystä, että limirunkoinen huoneistojen välisen seinäelementti on uusi tuote. Näin ollen työn sisällön rajaamisen kanssa riitti pohdittavaa. Säädosvaatimusten läpäisy ja selkeän mitoitusohjeen tuottaminen päätyivät loppuratkaisuksi. Tuotanto ja asennus ovat nopeasti oppineet tuotteen sisältämät hyödyt. Paljon tutkittavaa eli jatkokehitystarpeita jäi, mitkä ovat mainittuna kohdassa 12.1.

Itse työssä pääsin syvemmälle puurakenteiden mitoittamiseen ja mekaniikan lisäksi tutkimaan myös palo- ja ääneneristysvaatimuksia. Jatkuva sortuma oli helppoin aihe, sillä vaatimukset ovat ruuvi- ja kulmalevyliitoksille, joten rakenneliimattun välipohjan kanssa on aina varman puolella. Tulipalotilanteen osastointi- ja kantavuusvaatimus osoittautui haastavaksi. Taustalla olevaa levyä ei ole, eli tulen puolella sijaitsevan levytyksen on estettävä tolppien nurjahtaminen osastointivaatimuksensa ajan.

Puukerrostalorakentamisessa jäykistysratkaisut vaihtelevat varsinkin seinien ankkuroinnin osalta. Työssä käsitelin esimerkkilaskelman jäykistävän huoneistojen välisen seinäelementin kannalta ja esittelin muutamaa ankkurointitapaa liitteessä 5. Parhaan mahdollisen ankkurointiratkaisun selvittämiseksi on työtä vielä tehtävä. Asentajien antama palaute on tärkeässä osassa tässä jatkokehitystarpeessa.

Lähteet

1. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa.
<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa> Luettu 06.02.2018
2. RIL-205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje, 2017
3. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta, 2017
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B66288BFB-A697-4FCB-B602-CE0316F2C37B%7D/134002> Luettu 06.02.2018
4. SFS-EN 1995-1-2 + AC Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus, 2004.
5. Pintojen ja katteiden paloluokat, 2012. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/pintojen-ja-katteiden-paloluokat.pdf> Luettu 15.02.2018
6. Ääneneristys puutalossa, Tero Lahtela (2004)
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf> Luettu 07.02.2018
7. Perustelumuuisto ympäristöministeriön asetukseen rakennuksen ääniympäristöstä. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BF6E5844B-3349-4573-A17C-92FD38E6420E%7D/132684> Luettu 09.03.2018
8. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä, 2017
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796> Luettu 06.02.2018
9. RIL 201-4-2017. Rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistaminen onnettomuustilanteissa.
10. Suoritustasoilmoitus DoP Nr. G520 – Gyproc kipsilevyt.
<http://www.gyproc.fi/Download/24414/Suoritustasoilmoitus%20DoP%20Nr.%20G520%20-%20Gyproc%20Kipsilevyt%2019.12.2016.pdf> Luettu 07.11.2018
11. Suoritustasoilmoitus DoP Nr. 0615, ISOVER KL-37
https://www.isover.fi/sites/isover.fi/files/assets/documents/dop_isover_kl-37_fi_16.1.2017.pdf Luettu 19.11.2018
12. SFS-EN 1990 + A1 + AC. Rakenteiden suunnitteluperusteet, 2006.
13. Gyproc: Kipsilevyjäykistysrakenteiden suunnitteluohje.
http://www.gyproc.fi/Download/24828/Gyproc_jaykistysertifikaatti_suunnitteluohjeet_012017.pdf Luettu 20.02.2018
14. Puurakenteiden toteuttaminen SFS 5978, 2014.
15. SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1. Yleiset kuormat. Tuulikuormat, 2011.

16.RIL 205-2-2009 Puurakenteiden suunnitteluohje.

TILAAJA: Koskisen Oy
Veli-Matti Mäkelä
p. 040 823 4145
Urajärventie 125
19110 Vierumäki
veli-matti.makela@koskisen.com

TEKIJÄT: Marko Oksanen | FL
020 7118 695 | marko.oksanen@helimaki.fi
Erno Huttunen | DI, Fise A akustiikka
020 7118 694 | erno.huttunen@helimaki.fi

Marko Oksanen
Erno Huttunen

Mittausraportti

Attendo Otava rivitalo, Mikkeli



MUUTOKSET:

Versio
6932-5c
6932-5b
6932-5a

Päiväys
28.11.2018
23.8.2018
20.8.2018

Muutokset
Laskettu äänitasoerolukuna $D_{nT,w}$
Limirankaseinän rakennetyyppi korjattu
Dokumentti luotu.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Helimäki Akustikot Oy:n kirjallisella luvalla.

1 Kohde

Rakennusliike Koskisen Oy:n tilauksesta mitattiin 27.6.2018 asuinhuoneistojen välisiä äänitasoerolukuja $D_{nT,w}$ rivitalokohteessa Attendo Otava (Rytkösentie 2, 50600 Mikkeli). Mittausten tarkoitus oli selvittää limirunkoisen huoneiston välisen seinän ilmaääneneristys.

2 Ilmaääneneristysluku

2.1 Mittaustapa

Äänilähteenä käytettiin vaaleanpunaisen kohinan tuottavaa kohinageneraattoria, tehovahvistinta ja aktiivikaiutinta. Äänenpainetasojen erot mitattiin lähetys- ja vastaanottohuoneissa standardin ISO 140-4 mukaan. Äänitasoeroluku määritettiin mittaustuloksista standardin ISO 717-1 mukaan. Äänilähteen lähetys- ja vastaanottohuone, erottava rakenne sekä taajuuskaistoittain mitatut ääneneristävydet on esitetty liitteessä 1.

2.2 Määräykset

Pienimmät sallitut äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ arvot Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan on esitetty alla. Määräykset koskevat kohteita, joille on haettu rakennuslupaa 1.1.2018 tai sen jälkeen.

Tila	$D_{nT,w}$ [dB]
Asuntojen, majoitus- tai potilashuoneiden välillä	55
Uloskäytävästä asuin-, majoitus tai potilashuoneeseen	39

2.3 Tulokset

Äänitasoerolukujen $D_{nT,w}$ mittaustulokset on esitetty alla.

Nro	Vaaka/ Pysty	Mistä	Mihin	$D_{nT,w}$ [dB]
1	V	As 4	As 5	59
2	V	As 6	As 5	54

Mitattu äänitasoeroluku nro 1 täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1-1998 määräyksen. Mittaustulos nro 2 ei täytä määräystä.

Liitteet

1. Taajuuskaistoittain mitatut ilmaääneneristävydet (2 s.)

Standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$



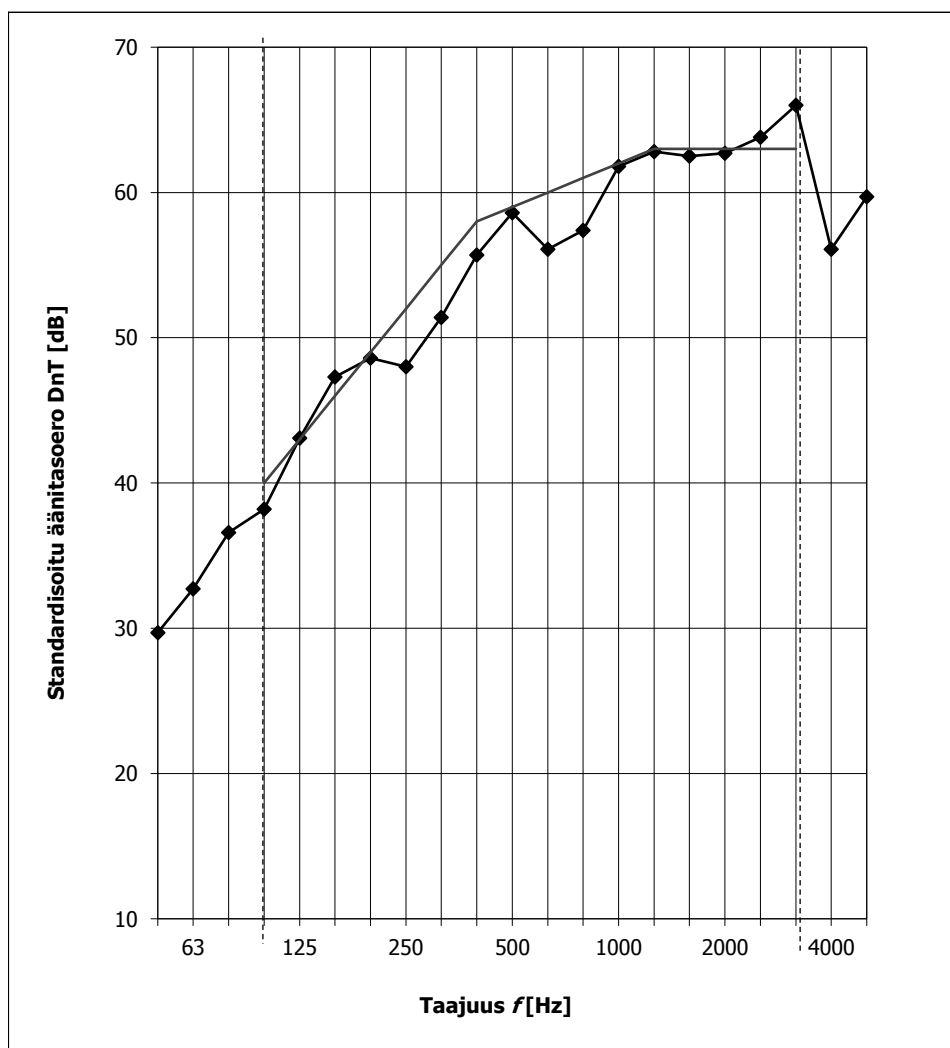
Mittattu kohde: Rytkösentie 2, Mikkeli
 mistä: As 4
 mihin: As 5
 Erottava rakenne: HVS2: 2 x GR13, 173 mm kantava runko 42 mm tolpitus limittäen eri puolilla seinää + mineraalivilla, 2 x GR13

Mittausaika: 27.6.2018
 Mittaaja: Marko Oksanen, FL
 Mittaustapa: ISO 16283-1

Lähetysruuven tilavuus: $V_L =$ m³
 Vastaanottohuoneen tilavuus: $V_V =$ 84 m³

f [Hz]	D_{nT} [dB]
50	29,7
63	32,7
80	36,6
100	38,2
125	43,1
160	47,3
200	48,6
250	48,0
315	51,4
400	55,7
500	58,6
630	56,1
800	57,4
1000	61,8
1250	62,8
1600	62,5
2000	62,7
2500	63,8
3150	66,0
4000	56,1
5000	59,7

—●— Mittaus
 — Vertailukäyrä (ISO 717-1)



ISO 717-1 mukaisesti määritetyt

Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ (C_i ; C_{tr}): **59** (-1 ; -5) **dB**

Laskenta perustuu kolmannesosaoktaavikaistaisiin kenttämittaustuloksiin.

Standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$

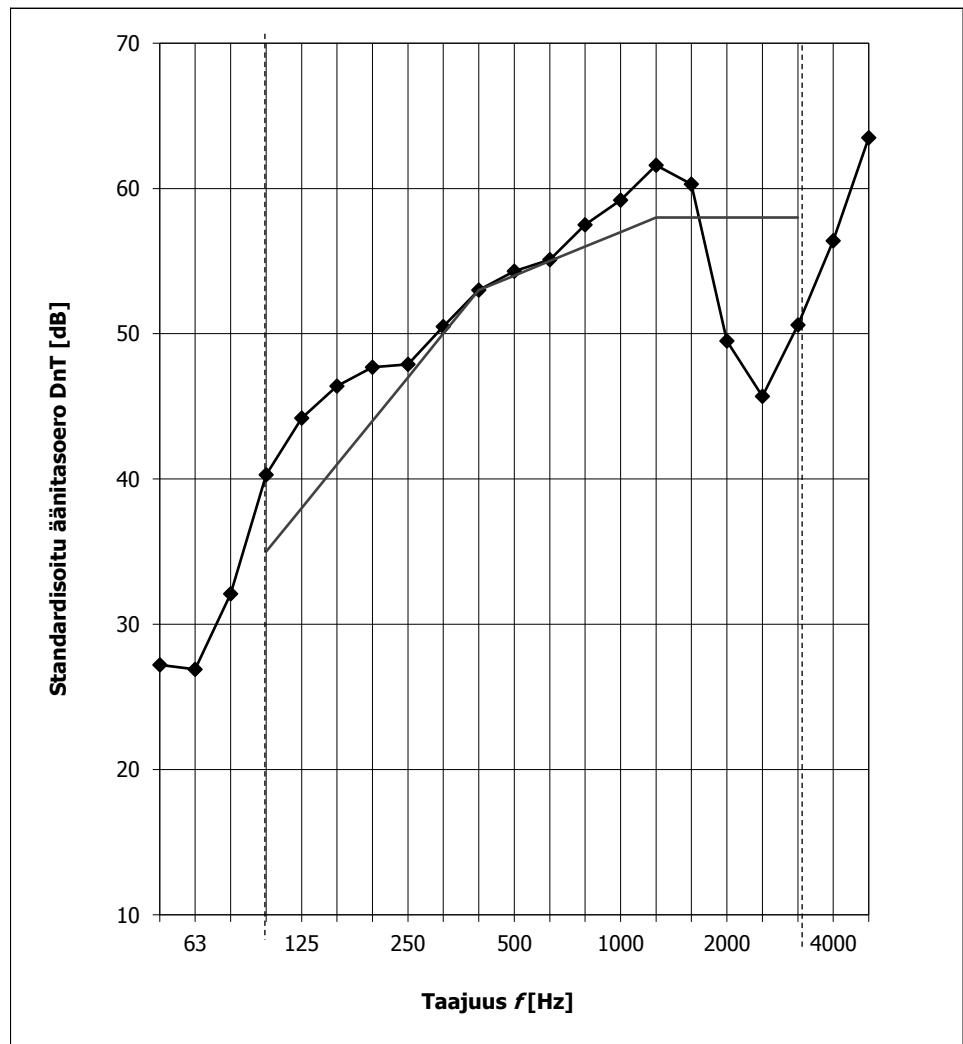


Mittattu kohde: Rytkösentie 2, Mikkeli
mistä: As 6
mihin: As 5
Erottava rakenne: HVS3: GR13+GN13, 66 mm runko + mineraalivilla, 26 mm ilmarako, 66 mm runko + mineraalivilla, GR13+GN13
Mittausaika: 27.6.2018
Mittaja: Marko Oksanen, FL
Mittaustapa: ISO 16283-1

Lähetysruuven tilavuus: $V_L =$ m³
Vastaanottohuoneen tilavuus: $V_V =$ 84 m³

f [Hz]	D_{nT} [dB]
50	27,2
63	26,9
80	32,1
100	40,3
125	44,2
160	46,4
200	47,7
250	47,9
315	50,5
400	53,0
500	54,3
630	55,1
800	57,5
1000	59,2
1250	61,6
1600	60,3
2000	49,5
2500	45,7
3150	50,6
4000	56,4
5000	63,5

—●— Mittaus
— Vertailukäyrä (ISO 717-1)



ISO 717-1 mukaisesti määritetyt

Äänitasoeroluku $D_{nT,w} (C; C_{tr})$: 54 (-3 ; -2) dB

Laskenta perustuu kolmannesosaoktaavikaistaisiin kenttämittauksiloksiin.

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennesuunnittelu

Antti Pohjankoski

Liite 2 Mekaniikan kantavuuslaskelmat

Opinnäytetyö 2019

Sisällys

1	Lähtötiedot.....	3
2	Tuotteiden kantavuuslaskelmat	3
2.1	HVS1-tuotteen runkotolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan.....	3
2.1.1	HVS2 tuotteen runkotolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan	7
2.2	Alajuoksun syyn suunnan vastaisen puristusmurron laskenta	10
2.2.1	HVS1-tuotteen alajuoksun puristusmurto	11
2.2.2	HVS2-tuotteen alajuoksun puristusmurto	11
2.2.3	Käyttöasteet	11
2.2.4	Ongelman ratkaisu	12
2.2.5	Kestävyys tarkastaminen	12
3	Osastoivan huoneistojen välisen seinäelementin tarkastelu.....	15
3.1	Lähtötiedot	15
3.2	Tolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan.....	15
3.3	Osastoivan seinäelementin alajuoksun puristusmurto.	17
3.4	Yhteenveto.....	18

1 Lähtötiedot

Liitteessä käydään läpi murtorajatilan laskentamalli varsinaisen työn tuotteille ja laskelmoidaan osastoivan seinäelementin runkorakenne. Laskelmien lähtötiedot ovat esitetty varsinaisen työn kappaleissa 5-6.

HVS1-tuote mitoitetaan enintään kaksikerroksisille rakennuskohteille. Tuotteesta tutkitaan ylempi ja alempi elementti ja mitoittavana tilanteena on se, että alempi elementti toimii tukena ylempään elementtiin lisäksi myös välipohjille.

HVS2-tuotteesta esitetään laskelma esimerkkirakennuskohteesta. Laskelmassa tutkitaan kahdeksankerroksisen rakennuskohteen alinta seinäelementtiä mitoittavan tekijän selvittämiseksi.

2 Tuotteiden kantavuuslaskelmat

2.1 HVS1-tuotteen runkotolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan

HVS1 tuotteessa käytetään 42x98 runkotolppaa ja 42x173 ala- ja yläjuoksua (kuva 2), mitkä ovat sahatavaraa lujuusluokaltaan C24 (Taulukko 21). HVS1-tuotetta ei mitoiteta oviaukolle, tai kattotuoleille, joten kuormitusalueeksi muodostuu toiselta suunnalta tolppajako $k = 300\text{mm}$ (Kuva 14). Satunnaisesti on tapauksia, jolloin HVS1-tuote toimii välipohjan tukena.

Yhden tolpan johtama käyttörajatilan kuormitus pysyvien kuormien osalta on tuotteesta riippuva elementin oma paino * elementin korkeus * tolppien jakoväli, sekä välipohjan oma paino $2,0\text{ kN/m}^2$ * välipohjan jänneväli * tolppien jakoväli. Hyötykuorman osuus on $2,0\text{ kN/m}^2$ * välipohjan jänneväli * tolppien jakoväli.

$$G_{k, HVS_n} = G_{k, e} * h * k + G_{k, vp} * d * k \quad (2.1.1)$$

- $G_{k, e}$ = elementin oma paino [kN/m^2]
- h = elementin korkeus [m]
- k = tolppajako [m]
- $G_{k, vp}$ = välipohjan oma paino [kN/m^2]
- d = välipohjan jänneväli [m]

$$G_{k, HVS1} = 0,6 \text{ kN/m}^2 * 3,165\text{m} * 0,3\text{m} + 2,0 \text{ kN/m}^2 * 8,4\text{m} * 0,3\text{m} = 5,61 \text{ kN} \quad (2.1.1)$$

$$G_{k, HVS2} = 0,7 \text{ kN/m}^2 * 3,165\text{m} * 0,3\text{m} + 2,0 \text{ kN/m}^2 * 8,4\text{m} * 0,3\text{m} = 5,70 \text{ kN} \quad (2.1.1.1)$$

$$Q_{k, \text{hyöty}} = Q_k, \text{hyöty} * d * k \quad (2.1.2)$$

$$Q_{k, \text{hyöty}} = 2,0 \text{ kN/m}^2 * 8,4\text{m} * 0,3\text{m} = 5,04 \text{ kN} \quad (2.1.2)$$

$$G_{k,m} = s * G_k$$

- $Q_{k,m} = \text{Epäkeskisyyden aiheuttama taivutusmomentti [kNm]}$
- $s = \text{Ylemmän elementin sivusijainnin suurin sallittu toleranssi [m]}$
- $G_k = \text{Yhden tolpan käyttörajatilan pistekuorma [kN]}$

$$G_{k,m} = 0,008\text{m} * 5,61\text{kN} = 0,045 \text{ kNm} \quad (2.1.3)$$

Oletetaan, että rakennuskohde kuuluu seuraamusluokkaan CC2, eli KFI kertoimen arvo on 1,0. Kuormitusyhdistelmät määräytyvät niin kuin kappaleessa 5.3.1 on määritelty.

- $KY1 : 1,35 * 1,0 * 5,61\text{kN}$
 $+ 1,35 * 1,0 * 0,045 \text{ kNm pysyvät kuormat}$
 $= 7,57 \text{ kN} + 0,061\text{kNm} \quad (2.1.4)$

- $KY3 : 1,15 * 1,0 * 5,61\text{kN}$
 $+ 1,15 * 1,0 * 0,0450 \text{ kNm pysyvät kuormat}$
 $+ 1,5 * 1,0 * 5,04 \text{ kN muuttuva kuorma}$
 $= 14,01 \text{ kN} + 0,052 \text{ kNm} \quad (2.1.5)$

Puristusjännitykset murtorajatilassa saadaan jakamalla kuormitusyhdistelmien pistekuormien laskenta-arvot tolpan poikkileikkauspinta-alalla. Taivutusjännitystä aiheuttavat pelkästään ylempien seinäelementtien sivusijainnit, sillä tuulen aiheuttama taivutusjännitys estetään levyjäykistyksellä.

$$\sigma_{c, 0, d, \text{pysyvä}} = \frac{KY1}{b * h} = \frac{7,57 * 10^3 \text{ N}}{42\text{mm} * 98\text{mm}} = 1,84 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.14)$$

$$\sigma_{m,z,d,pysyvä} = \frac{6 \cdot KY1m \cdot 10^6}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 0,061 \text{ kNm} \cdot 10^6}{42 \cdot 98^2} = 0,91 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.15)$$

$$\sigma_{c,0,d,keskipitkä} = \frac{KY3c}{b \cdot h} = \frac{14,01 \cdot 10^3 \text{ N}}{42 \text{ mm} \cdot 98 \text{ mm}} = 3,40 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.16)$$

$$\sigma_{m,z,d,keskipitkä} = \frac{6 \cdot KY3m \cdot 10^6}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 0,052 \text{ kNm} \cdot 10^6}{42 \text{ mm} \cdot 98 \text{ mm}^2} = 0,78 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.17)$$

Nurjahduskerroin lasketaan hoikkuuden avulla. Hoikkuuden laskentaan (2.1.7) tarvitaan vahvemman suunnan jäyhyysäde, mikä lasketaan kaavalla 2.1.6. Tämän jälkeen pystytään tarkastelemaan lujuutta pienentävä nurjahduskerroin K_c , mikä ottaa huomioon sauvan alkukäyryyden ja laskennallisen lisätaipuman (4, s.79).

$$i_z = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{98 \text{ mm}}{\sqrt{12}} = 28,29 \text{ mm} \quad (2.1.6)$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,z}}{i_z} = \frac{3079 \text{ mm}}{28,29 \text{ mm}} = 108,84 \quad (2.1.7)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{108,84}{3,14} * \sqrt{\frac{21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} = 1,85 \quad (2.1.8)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + B_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad (2.1.9)$$

missä B_c kerroin on sauvan alkukäyryydestä riippuva kerroin, (4, s.82):

- 0,2 Sahatavaralla
- 0,1 Liimapuu- ja LVL- ja CLT- sauvalla

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,22 - 0,3) + 1,22^2) = 2,36 \quad (2.1.10)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,336 + \sqrt{1,336^2 - 1,22^2}} = 0,26 \quad (2.1.11)$$

Tällä samalla menetelmällä on laskettu tolppien 42x123 ja 42x148 nurjahduskerroimet ja ne on esitetty taulukossa 1.

	Kc-nurjahduskertoimet			K _{c,z}	Dimensio
	λ _z	λ _{rel, z}	k _z		
1. Hoikkuus λ _z					
2. Suhteellinen hoikkuus λ _{rel, z}	108,8	1,85	2,36	0,26	42x98
3. k _z kerroin	86,7	1,47	1,70	0,39	42x123
4. K _{c,z}	72,1	1,22	1,34	0,53	42x148

Taulukko 1. Tolppien nurjahduskertoimet.

Epäkeskisyyksistä aiheutuvan taivutusmomentin vuoksi tolpasta tulee puristettu ja taivutettu sauva, minkä vuoksi lujuutta pienennetään Km kertoimella.

Kertoimella Km otetaan huomioon jännitysjakautuman ja materiaalin epähomogeenisuuden vaikutus kahteen suuntaan taivutetun poikkileikkauksen taivutuskestävyyteen. (4, s.74)

Kertoimen Km arvo valitaan seuraavasti: (4, s.74)

- Sahatavaralle, liimapuulle, LVL:lle ja CLT:lle:
 - Suorakaidepoikkileikkaukset $Km = 0,7$

Tolpan käyttöaste lasketaan kaavalla 2.1.12 pysyvässä aikaluokassa, ja 2.1.13 keskipitkässä aikaluokassa (4, s.82).

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{K_m \cdot f_{m,z,d}} < 1,0 \quad (2.1.12)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{K_m \cdot f_{m,z,d}} < 1,0 \quad (2.1.13)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{1,84 \text{ N/mm}^2}{0,26 \cdot 9,69 \text{ N/mm}^2} + \frac{0,91 \text{ N/mm}^2}{0,7 \cdot 11,07 \text{ N/mm}^2} = 0,85 \quad (2.1.12)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{3,4 \text{ N/mm}^2}{0,26 \cdot 12,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{0,78 \text{ N/mm}^2}{0,7 \cdot 14,77 \text{ N/mm}^2} = 1,089 \quad (2.1.13)$$

Tämä tarkoittaa sitä, että mitoitusaste ei täyty, sillä keskipitkässä aikaluokassa käyttöaste ylittyy 8,9%. Tuotteet voidaan sijoittaa kaksikerroksisissa taloissa siten, että alemmassa kerroksessa käytetään 42x123 tolppadimensiota, mutta ylemmän kerroksen elementissä tolppadimension voi säilyttää. 42x98 Tolppakoa voi käyttää myös, jos välipohjan ratkaisu on erilainen tai sen jänneväli pienenee, mutta tämä tilanne on tarkasteltava erikseen.

Laskentamenetelmä 42x123 tolppalle on sama, mutta nurjahduskerroin ja jännitykset muuttuvat. Tolpan nurjahduskerroin on 0,39 (Liite 2, Taulukko 1). Pysyvää kuormitusyhdistelmää (2.1.12) ei tarvitse tarkastaa, sillä se ei ole mitoittava kuormitusyhdistelmä. Se voi kasvaa mitoittavaksi yhdistelmäksi HVS2 tuotteen laskennassa, kun pysyvät kuormat kasvavat. Käyttöasteet tarkastetaan uusien jännityksien avulla seuraavasti:

$$\sigma_c, 0, d, \text{keskipitkä} = \frac{KY3}{b \cdot h} = \frac{14,01 \cdot 10^3 N}{42 \text{ mm} \cdot 123 \text{ mm}} = 2,71 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.16)$$

$$\sigma_m, z, d, \text{keskipitkä} = \frac{KY3}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 0,052 \text{ kNm} \cdot 10^6}{42 \text{ mm} \cdot 123 \text{ mm}^2} = 0,491 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.17)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{2,71 \text{ N/mm}^2}{0,39 \cdot 12,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{0,491 \text{ N/mm}^2}{0,7 \cdot 14,77 \text{ N/mm}^2} = 0,59 \quad (2.1.13)$$

HVS1 tuote saa 42x123 tolppadimensiolla käyttöasteen 59% kun kyseessä on enintään kaksikerroksinen rakennuskohde.

2.1.1 HVS2 tuotteen runkotolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan

HVS2 tuotteen runko koostuu 42x123, tai 42x148 runkotolpista (Kuva 2) sekä 42x198 ala- ja yläjuoksuista, mitkä ovat sahatavaraa lujuusluokaltaan C24.

Nurjahdusmitoitus eroaa HVS1 tuotteen mitoituksesta sen verran, että tutkittavan tuotteen päällä voi olla katon painon lisäksi 7 elementtiä ja välipohjaa. Lisäksi lumikuorma toimii mitoittavana kuormituksena kahdessa ylimmässä kerroksessa.

Hyötykuormaa voi kertoa pienennyskerroimella α (19, s.32). Pienennyskerroin on laskettu kaavalla 2.1.18 ja se on perusteltua siksi, koska on epätodennäköistä, että samaan aikaan jokaisessa kerroksessa on suurin mahdollinen määrä ihmisiä.

$$\alpha = \frac{2+(n-2) \cdot \psi_0}{n} = \frac{2+(8-2) \cdot 0,7}{8} = 0,775 \quad (2.1.18)$$

missä:

- n on kuormitettujen kantavien osien yläpuolella olevien samaan luokkaan kuuluvien kerrosten lukumäärä (> 2)

- ψ_0 on määritelty RIL:n julkaisun 205-1-2017 sivulla 29 Taulukossa 2.2-FI

ψ_0 kerroin on 0,7 kaikissa Koskisen Oy:n toimittamissa kohteissa.

Alin elementti kerää katolta yläpohjan omaa painoa, sekä lumikuormaa tolppien jakovälin verran elementin suunnassa ja 9,4 metrin matkalta kattotuolin suunnassa (kohta 5.3). Yläpohjan oma paino, sekä lumikuorma on esitetty taulukossa 21.

$$Gk, \text{yläpohja} = 1,8 \frac{kN}{m^2} * 0,3m * 9,4m = 5,1kN \quad (2.1.19)$$

$$Qk, \text{lumi} = 2,4 \frac{kN}{m^2} * 0,3m * 9,4m = 6,8 kN \quad (2.1.20)$$

Myös epäkeskisyyden laskelma pitää tarkastaa, kun tuote vaihtuu. Epäkeskisyyttä aiheuttaa toleranssien sallimat sivusijaintipoikkeamat ± 8 mm.

$$Gk, m = 0.008m * Gk, hvs2 * n \quad (2.1.21)$$

- $n = \text{välipohjien lukumäärä}$

$$Gk, m = 0,008m * 5,70 kN * 7 = 0,32 kNm \quad (2.1.21)$$

Oletetaan, että rakennuskohde kuuluu seuraamusluokkaan CC2, eli KFI kerroin on 1,0. Kuormitusyhdistelmät määräytyvät seuraavasti:

- $KY1 = 1,35 * Kfi * Gk, hvs2 * n$
 $+1,35 * Kfi * Gk, yp$
 $+1,35 * Kfi * Gk, m$
- $KY3 = 1,15 * Kfi * Gk, hvs2 * n$
 $+1,15 * Kfi * Gk, yp$
 $+1,15 * Kfi * Gk, m$
 $+1,5 * Kfi * Qk, hyöty * n * \alpha$
 $+1,05 * Qk, lumi$
 - $\alpha = \text{hyötykuorman pienennyskerroin}$
- $KY1 : 1,35 * 1,0 * 5,70kN * 7$

$$\begin{aligned}
&+ 1,35 * 1,0 * 5,1 \text{ kN pysyvät kuormat} \\
&+ 1,35 * 1,0 * 0,32 \text{ kNm} = 60,75 \text{ kN} + 0,43 \text{ kNm} \quad (2.1.4)
\end{aligned}$$

- KY3 : $1,15 * 1,0 * 5,70 \text{ kN} * 7$

$$\begin{aligned}
&+ 1,15 * 1,0 * 5,1 \text{ kN pysyvät kuormat} \\
&+ 1,5 * 1,0 * 5,04 \text{ kN} * 7 * 0,775 \text{ määräävä muuttuva kuorma} \\
&+ 1,05 * 1,0 * 6,8 \text{ kN} \\
&+ 1,15 * 1,0 * 0,32 \text{ kNm} = 51,75 \text{ kN} + 48,15 \text{ kN} + 0,368 \text{ kNm} \\
&= 99,9 \text{ kN} + 0,37 \text{ kNm} \quad (2.1.5)
\end{aligned}$$

Murtorajatilan jännitykset lasketaan samalla tavalla kuin HVS1 tuotteen jännitykset on laskettu:

$$\sigma_{c, 0, d, pysyvä} = \frac{KY1}{b*h} = \frac{60,75*10^3 N}{42mm*148mm} = 9,77 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.14)$$

$$\sigma_{m, z, d, pysyvä} = \frac{6*KY3m*10^6}{b*h^2} = \frac{6*0,43 \text{ kNm}*10^6}{42*148^2} = 2,8 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.15)$$

$$\sigma_{c, 0, d, keskipitkä} = \frac{KY3}{b*h} = \frac{99,9*10^3 N}{42mm*148mm} = 16,07 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.16)$$

$$\sigma_{m, z, d, keskipitkä} = \frac{6*0,368 \text{ kNm}*10^6}{42mm*148mm^2} = 2,40 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.17)$$

Pysyvän aikaluokan käyttöaste lasketaan kaavalla 2.1.12 Keskipitkän aikaluokan käyttöaste lasketaan kaavalla 2.1.13.

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{9,77 \text{ N/mm}^2}{0,53*9,69 \text{ N/mm}^2} + \frac{2,8 \text{ N/mm}^2}{0,7*11,07 \text{ N/mm}^2} = 2,26 \quad (2.1.12)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{16,07 \text{ N/mm}^2}{0,53*12,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{2,40 \text{ N/mm}^2}{0,7*14,77 \text{ N/mm}^2} = 2,58 \quad (2.1.13)$$

Tässä huomataan, että mitoittavan kuormitusyhdistelmän (2.1.13) mukaan tolpan käyttöaste on 258%, eli ylittyy 158 prosenttia.

Ongelmaa voi ratkaista usein keinoin. Käyttöasteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi tolpan pituus, välipohjan jänneväli, puun materiaali ja puun laatu. Kustannustehokkaimman ratkaisun selvittämiseksi tarkistaisin, että hajoaako tolppa ensimmäiseksi, vai tulee alajuoksun puristusmurto mitoittavaksi tekijäksi.

2.2 Alajuoksun syyn suunnan vastaisen puristumurrin laskenta

Alajuoksun puristusmurto, eli toisin sanoen syysuuntaa vastaan kohtisuora puristusmurto. Laskelma suoritetaan murtorajatilassa, ja tilannetta tarkastellaan keskipitkässä aikaluokassa. Kuormituksessa otetaan huomioon rakenteiden omat painot, sekä hyötykuorma. Mitoitettava kuormitusyhdistelmä on esitetty kaavassa 2.1.5:

- $KY3 = 14,01\text{kN}$, kun on kyseessä kaksikerroksinen rakennuskohde ja HVS1 tuote. $99,9\text{kN}$, kun on kyseessä kahdeksankerroksinen rakennuskohde ja HVS2 tuote.

Puristusjäännitys saadaan jakamalla pistekuormat tolpan poikkileikkauspinta-alalla. Symboli on erilainen kuin kaavassa 2.1.14, sillä nyt tarkastellaan syyn suuntaa vastaan kohtisuoraa puristusta.

$$\sigma_{c, 90, d, \text{keskipitkä}} = \frac{KY3}{b \cdot h} = \frac{14,01 \text{ kN} \cdot 10^3}{42\text{mm} \cdot 98\text{mm}} = 3,40 \text{ N/mm}^2 \quad (2.2.1)$$

$$\sigma_{c, 90, d, \text{keskipitkä}} = \frac{KY3}{b \cdot h} = \frac{99,9\text{kN} \cdot 10^3}{42\text{mm} \cdot 148\text{mm}} = 16,07 \text{ N/mm}^2 \quad (2.2.2)$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus $l_{c,90,ef}$ määritetään lisäämällä kosketuspinnan pituuteen l molemmin puolin 30mm (4, s.72). Tämä tarkoittaa sitä, että kun tolpan leveys on 42mm , niin sen tehollinen kosketuspinnan pituus on 102mm ($42\text{mm} + 30\text{mm} + 30\text{mm}$). Tehollista kosketuspinnan pituutta tarvitaan tukipainekertoimen $K_{c, \perp}$ laskennassa.

Tukipainekerroin $K_{c, \perp}$ lasketaan seuraavasti (4, s.72):

$$K_{c, \perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * K_{c, 90} \text{ missä;} \quad (2.2.3)$$

- $K_{c, 90}$ on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman sijainti, puun halkeamismahdollisuus ja puristuman suuruus.
- $l_{c,90,ef}$ on tehollinen kosketuspinnan pituus
- l on kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$$K_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * K_{c,90} = \frac{102mm}{42mm} * 1,25 = 3,04 \quad (2.2.3)$$

Mitoitusehtona käytetään kaavaa 2.2.4 (4, s.72):

$$\sigma_{c,90,d} \leq K_{c,\perp} * f_{c,90,d} \quad (2.2.4)$$

Käyttöastetta laskettaessa puristusjännitys jaetaan lujuuden ja tukipainekertoimen tulolla. Alajuoksun puristuslujuuden laskenta-arvo syyn suuntaa vastaan on esitetty varsinaisen työn taulukossa 22.

2.2.1 HVS1-tuotteen alajuoksun puristusmurto

Puristusjännitys $\sigma_{c,90,d}$ on esitetty kaavassa 2.2.1. Tukipainekerroin $K_{c,\perp}$ pysyy samana HVS1- ja HVS2-tuotteen mitoittavassa tilanteessa (Kuva 28).

$$\sigma_{c,90,d} \leq K_{c,\perp} * f_{c,90,d} = \frac{\sigma_{c,90,d}}{K_{c,\perp} * f_{c,90,d}} \leq 1,0 \quad (2.2.5)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{\sigma_{c,90,d}}{K_{c,\perp} * f_{c,90,d}} = \frac{3,40 \text{ N/mm}^2}{3,04 * 1,54 \text{ N/mm}^2} = 0,73 \quad (2.2.5)$$

2.2.2 HVS2-tuotteen alajuoksun puristusmurto

Puristusjännitys $\sigma_{c,90,d}$ on esitetty kaavassa 2.2.2. Tukipainekerroin $K_{c,\perp}$ pysyy samana HVS1- ja HVS2-tuotteessa.

$$\sigma_{c,90,d} \leq K_{c,\perp} * f_{c,90,d} = \frac{\sigma_{c,90,d}}{K_{c,\perp} * f_{c,90,d}} \leq 1,0 \quad (2.2.6)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{\sigma_{c,90,d}}{K_{c,\perp} * f_{c,90,d}} = \frac{16,07 \text{ N/mm}^2}{3,04 * 1,54 \text{ N/mm}^2} = 3,43 \quad (2.2.6)$$

2.2.3 Käyttöasteet

HVS1 tuotteen käyttöasteet tolpan nurjahtamisen suhteen, sekä alajuoksun puristumurrin suhteen ovat:

- Tolpan nurjahtaminen vahvempaan suuntaan
 - Pysyvä aikaluokka: 85%
 - Keskipitkä aikaluokka, 42x98 dimensio: 108,9%
 - Keskipitkä aikaluokka, 42x123 dimensio: 59%

- Alajuoksun puristusmurto 73%

HVS2 tuotteen käyttöasteet tolpan nurjahtamisen suhteen, sekä alajuoksun puristumurron suhteen ovat:

- Tolpan nurjahtaminen vahvempaan suuntaan:
 - Pysyvä aikaluokka: 226%
 - Keskipitkä aikaluokka: 258%
- Alajuoksun puristusmurto 343%

Edellä mainittu tarkoittaa käytännössä sitä, että C24 laatua oleva alajuoksu kestää syytä vastaan kohtisuoraa puristusta noin 29 kN, kun tarkastellaan yhtä 42*148 tolppaa. Puristuskestävyyttä voi kasvattaa esimerkiksi laatua vaihtamalla, tai runkotolpan dimensiota vaihtamalla.

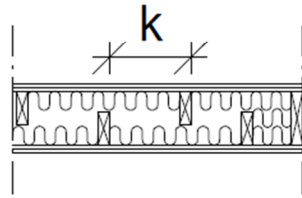
2.2.4 Ongelman ratkaisu

Tilanteen ratkaisua pohtiessa on syytä pohtia tolppien sijoittelua, sekä välipohjan painoa, ja sen vaikutusta alajuoksun puristusmurtoon, sekä tolpan nurjahtamiseen. Vaihtoehtoja ongelman ratkaisemiseen oli useita, joista tehokkain ratkaisu on käyttää kaksoistolppia läpi elementin. Tämä lisää elementin painoa, mutta laskelmissa käytetty $0,7 \text{ kN/m}^2$ arvo ei ylity. Lisäksi välipohjan jänneväli vähennetään 7,8 metriin. Kaksoistolppien käyttäminen johtaa puristumurron laskelmassa puristuspinta-alan kasvamiseen ja nurjahtamisessa kuormitusleveyyden- ja siten pistekuormien puolittumiseen. Välipohjan jännevälin 0,6 m vähennys, sekä kaksoistolppien lisääminen pienentää pistekuorman edellä lasketuilla tavalla 41,02 kN.

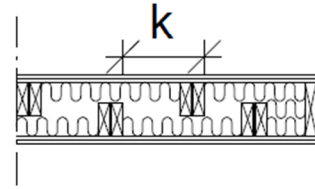
2.2.5 Kestävyyden tarkastaminen

Kaavan 2.2.2 mukaan puristusjännitys on $16,07 \text{ N/mm}^2$. tolppia vaihdettaessa kaksoistolppiin puristusjännitykset puolittuvat, kun tarkastellaan yhden tolpan nurjahdusta (Kuva 1)

Alkuperäinen tilanne:



Lopputilanne :



Kuva 1. Alku- ja lopputilanne

Alajuoksun puristusmurron laskelmassa tolppien aiheuttama puristusjännitys puolittuu, kun kaksoistolpat sijoitetaan 300 mm välein. Lisäksi vaihdetaan ala- ja yläjuoksu koivuvaneriin, millä saavutetaan kymmenkertainen puristuslujuus syyn suuntaa vastaan, kun verrataan sahatavaraan tai liimapuuhun.

$f_{c,90,k} = 25,3 \text{ N/mm}^2$, arvo on peräisin RIL 205-1-2017 julkaisun sivulta 56, taulukosta 3.6S.

Käyttöaste alajuoksun puristusmurron suhteen kaksoistolppia käytettäessä on laskelmoitu kuin luvussa 2.2 on esitetty.

$$\sigma_{c,90,d,keskipitkä} = \frac{KY3}{b \cdot h} = \frac{41,02 \text{ kN} \cdot 10^3}{42 \text{ mm} \cdot 148 \text{ mm}} = 6,60 \text{ N/mm}^2 \quad (2.2.2)$$

$$K_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * K_{c,90} = \frac{102 \text{ mm}}{42 \text{ mm}} * 1,5 = 3,64 \quad (2.2.3)$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,90,k}}{\gamma_m} = \frac{0,8 * 25,3 \text{ N/mm}^2}{1,3} = 15,57 \text{ N/mm}^2 \quad (2.2.7)$$

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{\sigma_{c,90,d}}{K_{c,\perp} * f_{c,90,d}} = \frac{6,60 \text{ N/mm}^2}{3,64 * 15,57 \text{ N/mm}^2} = 0,12 \quad (2.2.6)$$

Nurjahduksen suhteen on otettava myös epäkeskisyydet huomioon. Yhtä tolppaa tutkittaessa kuormitusleveys puolittuu, mikä aiheuttaa pistekuorman puolittumisen. Kaava 2.1.21 muuttuu seuraavasti:

$$G_{k,m} = 0,008 \text{ m} * 2,67 \text{ kN} = 0,021 \text{ kNm} \quad (2.1.21)$$

Taivutusmomentin aiheuttava taivutusjännitys kaavan 2.1.17 mukaan:

$$\sigma_{m, z, d, \text{keskipitkä}} = \frac{6 * 0,021 \text{ kNm} * 10^6}{42 \text{ mm} * 148 \text{ mm}^2} = 0,14 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1.17)$$

Täten kaavan 2.1.12, sekä 2.1.13 mukainen käyttöaste määritetään seuraavasti:

Alkuperäinen tilanne:

$$\frac{9,77 \text{ N/mm}^2}{0,532 * 9,69 \text{ N/mm}^2} + \frac{2,8 \text{ N/mm}^2}{0,7 * 11,07 \text{ N/mm}^2} = 2,26 \quad (2.1.12)$$

$$\frac{16,07 \text{ N/mm}^2}{0,532 * 12,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{2,40 \text{ N/mm}^2}{0,7 * 14,77 \text{ N/mm}^2} = 2,58 \quad (2.1.13)$$

Lopputilanne:

$$\frac{6,60 \text{ N/mm}^2}{0,532 * 12,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{0,14 \text{ N/mm}^2}{0,7 * 14,77 \text{ N/mm}^2} = 0,98 \quad (2.1.13)$$

HVS2 tuotteen käyttöasteet kaksoistolppien lisäämisen jälkeen:

- Tolpan nurjahtaminen vahvempaan suuntaan:
 - Keskipitkä aikaluokka: 98%
- Alajuoksun puristusmurto 14%

Tarkoittaa sitä, että koivuvanerin käyttö ala- ja yläjuoksuna johtaa tolpan nurjahtamiseen ennen alajuoksun puristusmurtoa. Osastoivan elementin runkorakenne, mikä kantaa pelkästään yläpuolella olevat elementit voidaan laskelmoida käyttökohteesta riippumatta.

3 Osastoivan huoneistojen välisen seinäelementin tarkastelu

3.1 Lähtötiedot

Osastoiva elementti ei kanna välipohjalta tulevia kuormituksia, vaan pelkästään yläpuolella olevat elementit. Osastoiva seinäelementti voi toimia jäykistävänä seinänä, jolloin liittymät on tarkasteltava rakennuskohtaisesti. Määräävä kuormitusyhdistelmä on siis ensimmäinen kuormitusyhdistelmä (5.2.2) missä tarkastellaan pelkästään pysyvien kuormien vaikutusta.

- KY 1: $K_{FI} \cdot (1,35 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,35 \cdot K_{FI} \cdot G_{k,m})$ (4, s.27). (5.2.2)

3.2 Tolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan

Yhtä tolppaa tutkittaessa kuormitusalue on tolppien jakoväli * kerroskorkeus * n, missä n on kerroslukumäärä, kun tilannetta tutkitaan kerroskohtaisesti. Taivutusjännitystä aiheuttavat sivuun asennetut elementit toleranssien sallimassa puitteissa. Seinäelementin asennustoleranssi sivusijainnin mukaan on ± 8 mm (Kuva 12).

Kahdeksankerroksisessa rakennuskohteessa kuormitusyhdistelmä määräytyy seuraavasti:

$$G_k = 0,7 \text{ kN/m}^2 * 0,3\text{m} * 3,165\text{m} * 8 = 5,32\text{kN} \quad (3.2.1)$$

$$G_{k,m} = 5,32\text{kN} * 0,008\text{m} = 0,043\text{kNm} \quad (3.2.2)$$

$$\begin{aligned} KY1 &= 1,35 * 1,0 * 5,32\text{kN} + 1,35 * 1,0 * 0,043\text{kNm} \quad (3.2.3) \\ &= 7,2\text{kN} + 0,058\text{kNm} \end{aligned}$$

Puristusjännitykset murtorajatilassa saadaan jakamalla kuormitusyhdistelmien pistekuormien laskenta-arvot tolpan poikkileikkauspinta-alalla. Taivutusjännitystä aiheuttavat pelkästään ylempien seinäelementtien sivusijainnit, sillä tuulen aiheuttama kuormitus estetään levyjäykistyksellä.

$$\sigma_{c, 0, d, pysyvä} = \frac{KY1}{b \cdot h} = \frac{7,2 \cdot 10^3 \text{ N}}{42\text{mm} \cdot 98\text{mm}} = 1,75 \text{ N/mm}^2 \quad (3.2.4)$$

$$\sigma_{m, z, d, pysyvä} = \frac{6 \cdot KY1 \cdot m \cdot 10^6}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 0,058 \text{ kNm} \cdot 10^6}{42\text{mm} \cdot 98\text{mm}^2} = 0,87 \text{ N/mm}^2 \quad (3.2.5)$$

Tolppien laskentalujuudet on esitetty varsinaisen työn taulukossa 22 (s.46).

Mitoitusehto määräytyy niin kuin luvussa 2.1 on esitetty.

$$\text{Mitoitusehto: } \frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{K_m * f_{m,z,d}} < 1,0 \quad (2.1.12)$$

Kun tutkitaan 42x98 tolppaa, nurjahduskerroin $K_c = 0,26$ (taulukko 1, s.5).

Epäkeskisyyksistä aiheutuvan taivutusmomentin vuoksi tolppasta tulee puristettu ja taivutettu sauva, minkä vuoksi lujuutta pienennetään K_m kertoimella. K_m kertoimen arvo on esitetty tämän liitteen sivulla 5-6.

Tämän jälkeen voidaan laskea pysyvän aikaluokan käyttöaste kaavalla 3.2.8

$$\frac{1,75 \text{ N/mm}^2}{0,26 * 9,69 \text{ N/mm}^2} + \frac{0,87 \text{ N/mm}^2}{0,7 * 11,07 \text{ N/mm}^2} = 0,81 \quad (3.2.8)$$

Tolppa saa käyttöasteeksi 81%, joten ainakin nurjahduksen puolesta 42x98 on sopiva dimensio.

3.3 Osastoivan seinäelementin alajuoksun puristusmurto.

Alajuoksun puristusmurto, eli toisin sanoen syysuuntaa vastaan kohtisuora puristusmurto. Laskelma on esitetty tässä liitteessä luvussa 2.

$$K_{c, \perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * K_{c, 90} \text{ missä; } \quad (3.3.1)$$

- $K_{c, 90}$ on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman sijainti, puun halkeamismahdollisuus ja puristuman suuruus.
- $l_{c,90, ef}$ on tehollinen kosketuspinnan pituus
- l on kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$$K_{c, \perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * K_{c, 90} = \frac{102mm}{42mm} * 1,25 = 3,04 \quad (3.3.2)$$

Mitoitusehtona käytetään kaavaa 2.2.4 (4, s.72.)

$$\sigma_{c, 90, d} \leq K_{c, \perp} * f_{c, 90, d} \quad (2.2.4)$$

Käyttöastetta laskettaessa puristusjännitys jaetaan lujuuden ja tukipainekertoimen tulolla. Alajuoksun puristuslujuuden laskenta-arvo syyn suuntaa vastaan on esitetty varsinaisen työn Taulukossa 22 (s.46).

$$\bullet \quad f_{c, 90, d, keskipitkä} = \frac{f_{c,90,k} * K_{mod}}{\gamma_m} = \frac{2,5N/mm^2 * 0,8}{1,3} = 1,54 \text{ N/mm}^2 \quad (3.3.4)$$

Tämä on keskipitkälle aikaluokalle, pysyvän aikaluokan laskenta-arvo eroaa siten, että K_{mod} arvoksi vaihtuu 0,6 (Taulukko 20, s.45).

$$\bullet \quad f_{c, 90, d, pysyvä} = \frac{f_{c,90,k} * K_{mod}}{\gamma_m} = \frac{2,5N/mm^2 * 0,6}{1,3} = 1,15 \text{ N/mm}^2 \quad (3.3.5)$$

Puristusjännitys $\sigma_{c, 90, d}$ 42x98 tolपालle

$$\sigma_{c, 90, d, keskipitkä} = \frac{KY3}{b * h} = \frac{7,2 \text{ kN} * 10^3}{42mm * 98mm} = 1,75 \text{ N/mm}^2 \quad (3.3.6)$$

Ja käyttöaste määritetään tämän liitteen kaavan 2.2.4 mukaan.

$$\frac{1,75N/mm^2}{3,04 * 1,15N/mm^2} = 0,5 \quad (3.3.7)$$

3.4 Yhteenveto

HVS1 tuotteen runkorakenne koostuu 42x123 runkotolpista. aina kun se kantaa vähintään yhden kerroksen välipohjia. Pelkästään osastoivan seinäelementin ja kaksikerroksisissa rakennuskohteissa ylemmän kerroksen seinän voi suunnitella 42x98 dimensioisilla runkotolpilla.

HVS2 tuote toimii normaalitilanteissa kahdeksankerroksisissa rakennuskohteissa 42x148 kaksoistolpilla (Kuva 2). Välipohjan jänneväli voi näin olla suurimmillaan 7,8 metriä. Tuotteen mitoittava tekijä on alajuoksun puristusmurto, kun rakennusosat ovat samaa materiaalia. Kun tuotteen juoksuina käytetään koivuvaneria, tulee tolpan nurjahdus mitoittavaksi tekijäksi. Ovien aiheuttama tilanne on tutkittava erikseen.

Osastoivan elementin alajuoksun puristumurron käyttöasteella 50% voidaan todeta, että elementin mitoittaa tolpan nurjahdus vahvempaan suuntaan ja vasta kun välipohjan omat painot, sekä hyötykuorma tulevat mukaan, niin alajuoksun puristusmurto tulee mitoittavaksi tekijäksi. Pelkästään osastoivaa tuotetta voi hyvin suunnitella 42x98 tolppadimensioilla kerroslukumäärästä riippumatta, mutta tulee muistaa aina tarkastaa rakennuskohtaiset jäykistysmenetelmät huoneistojen välisen seinäelementin kohdalta.

Kun mitoittavat tekijät ovat selvillä, pystytään laskemaan tuotteille runkorakenneratkaisut viivakuormien mitoitusarvojen perusteella (Taulukko 2). Oranssilla värillä merkitty koivuvanerin tuomat hyödyt. Tuote tarvitsee elementtipalkin oviaukon kohdalle ja kattoristikolta tulevan pistekuorman tasaamiseksi. Tämä tilanne on tutkittava erikseen.

Tuote	Reuna / runkotolpitus [mm]	Sidepuut	Tolpan nurjahdus [Pd]	Alasidepuun tukipaine [Pd]	Runkorakenteen Pd		
HVS1	173 / 98	C24	39,1 kN/m	54,4 kN/m	39,1 kN/m		
	173 / 123	C24	73,7 kN/m	68,3 kN/m	68,3 kN/m		
	Osastoiva seinäelementti => 198 / 98						
HVS2	198 / 123	C24	73,7 kN/m	68,3 kN/m	68,3 kN/m		
	198 / 148	C24 Koivuvaneri	120,6 kN/m	82,2 kN/m	830 kN/m	82,2 kN/m	120,6 kN/m
	198 / 2x 148	C24 Koivuvaneri	241,2 kN/m	120,9 kN/m	1220 kN/m	120,9 kN/m	241,2 kN/m
	Osastoiva seinäelementti => 198 / 123						
HVS3	Samat runko-ominaisuudet kuin HVS2 tuotteella						
*Lähtötiedot varsinaisen työn kappaleiden 5-6 ja liitteen 2 mukaan							
*Pelkästään osastoiva seinä => (Kts. Liite 2 kohta 3)							
*Oviaukon palkki tutkittava tilannekohtaisesti							
*Tuotteet mitoitettu käyttöasteelle 85% millä otetaan huomioon epäkeskisyyksien aiheuttamat Z-suuntaiset taivutusjännitykset							

Taulukko 2. Tuotteiden runkorakenteiden kestävyudet

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennesuunnittelu

Antti Pohjankoski

Liite 3 Palkkilaskelmat

Sisällys

1	Palkkilaskelmat	3
---	-----------------------	---

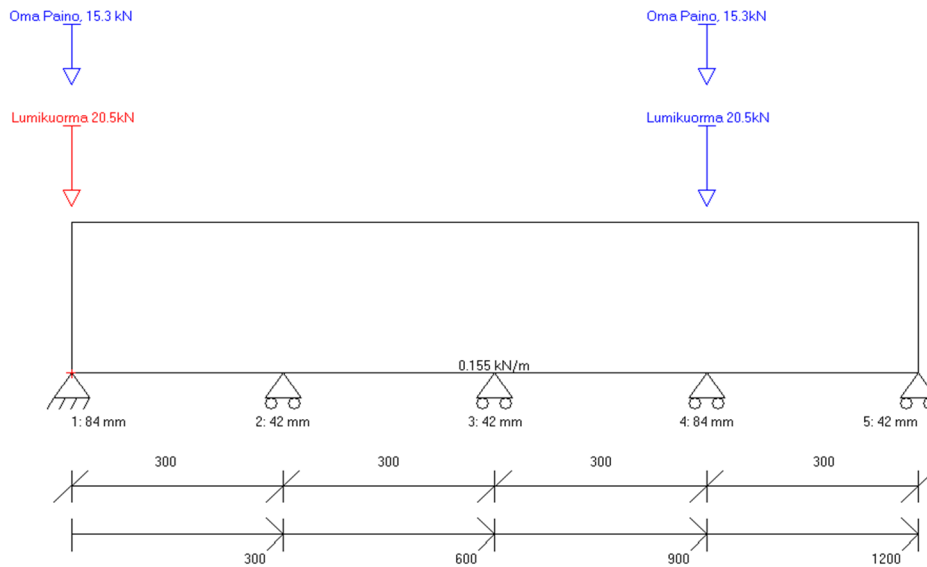
Liitteet

Liite 3a Ensimmäinen mitoitustilanne ja tulos

Liite 3b Toinen mitoitustilanne ja tulos

Liite 3c Mitoitustilanne oviaukon kohdalta

1 Palkkilaskelmat



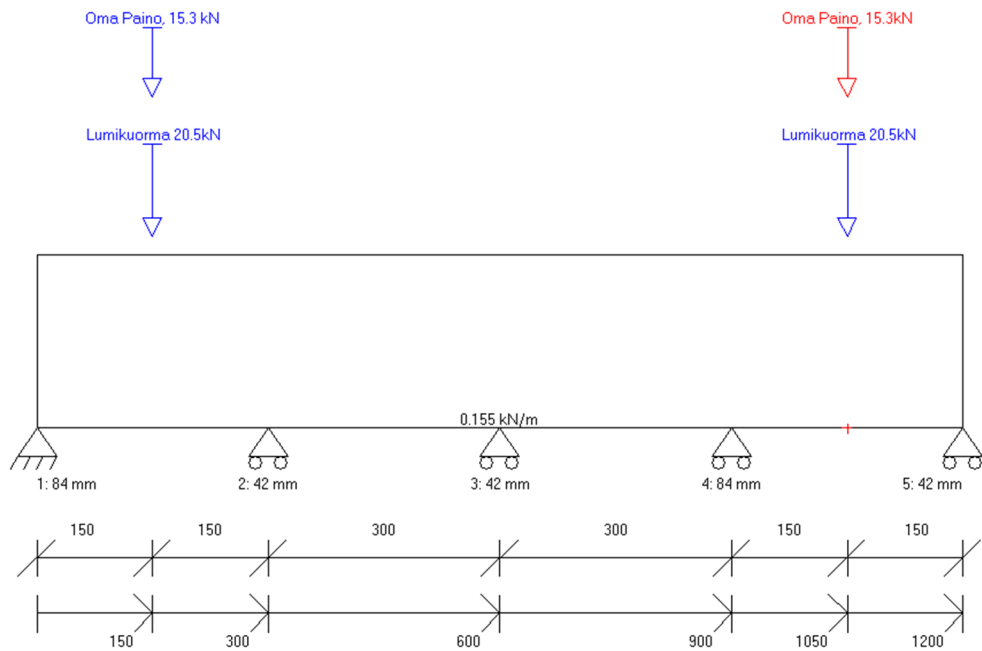
MITOITUSTULOS

KOKONAISKÄYTTÖASTE = 90.5 %

[-] [i] [+ -] [+ +]

- [-] **RAKENNEMITOITUS (90 %)**
 - [-] **MURTORAJATILA (MRT): (90 %)**
 - Leikkaus (V_z): 0.04 kN, (0 %), $x = 900$ mm
 - [-] **Taivutus (M_y): 0.00 kNm, (0 %), $x = 300$ mm**
 - (ilman kiepahdusta): 0.00 kNm, (0 %), $x = 300$ mm
 - Tukipaine, tuki 1: (90 %), tukipainekerroin = 1.18
 - Tukipaine, tuki 2: (0 %), tukipainekerroin = 1.71
 - Tukipaine, tuki 3: (0 %), tukipainekerroin = 1.71
 - Tukipaine, tuki 4: (79 %), tukipainekerroin = 1.36
 - Tukipaine, tuki 5: (0 %), tukipainekerroin = 1.36

Kuva 1. Ensimmäinen mitoitusilanne ja tulos



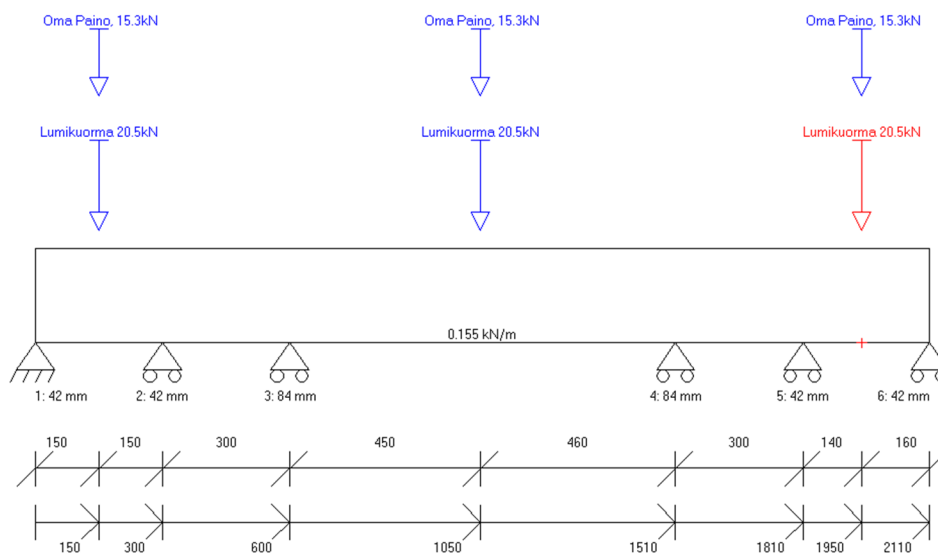
MITOITUSTULOS

● KOKONAISKÄYTTÖASTE = 95.6 %

ⓘ
→ -
→ +

- ☐ ● RAKENNEMITOITUS (96 %)
 - ☐ ● MURTORAJATILA (MRT): (96 %)
 - Leikkaus (V_z): 29.38 kN, (53 %), $x = 900$ mm
 - Taivutus (M_y): 2.85 kNm, (8 %), $x = 1050$ mm
 - (ilman kiepahdusta): 2.85 kNm, (8 %), $x = 1050$ mm
 - Tukipaine, tuki 1: (36 %), tukipainekerroin = 1.18
 - Tukipaine, tuki 2: (96 %), tukipainekerroin = 1.71
 - Tukipaine, tuki 3: (0 %), tukipainekerroin = 1.71
 - Tukipaine, tuki 4: (60 %), tukipainekerroin = 1.36
 - Tukipaine, tuki 5: (62 %), tukipainekerroin = 1.36

Kuva 2. Toinen mitoitustilanne ja tulos



MITOITUSTULOS

KOKONAISKÄYTTÖASTE = 76.2 %

- RAKENNEMITOITUS (76 %)**
 - MURTORAJATILA (MRT): (76 %)**
 - Leikkaus (V_z): 26.72 kN, (48 %), $x = 1810$ mm
 - Taivutus (M_y): 6.52 kNm, (19 %), $x = 1050$ mm
 - (ilman kiepahdusta): 6.52 kNm, (19 %), $x = 1050$ mm
 - Tukipaine, tuki 1: (76 %), tukipainekerroin = 1.36
 - Tukipaine, tuki 2: (27 %), tukipainekerroin = 1.71
 - Tukipaine, tuki 3: (63 %), tukipainekerroin = 1.36
 - Tukipaine, tuki 4: (62 %), tukipainekerroin = 1.36
 - Tukipaine, tuki 5: (33 %), tukipainekerroin = 1.71
 - Tukipaine, tuki 6: (70 %), tukipainekerroin = 1.36

Kuva 3. Mitoitustilanne oviaukon kohdalta

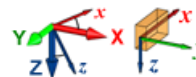
12.11.2018

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenne ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.1 (2.4.086)

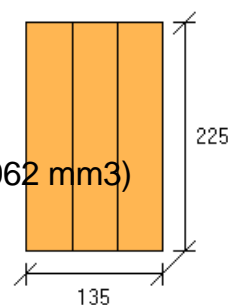
RIL 205-1-2017 (29.03.2018)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta

**PROJEKTITIEDOT:**

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Lattiapalkki/laatta
 Materiaali: KERTO-S syrjällään
 Poikkileikkaus: 3x45x225
 (B=135 mm, H=225 mm, A=30375 mm², I_y=128144531 mm⁴, W_y=1139062 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

**Uloke-/jännevälipituudet:**

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 300.0
 Jänneväli 2: 300.0
 Jänneväli 3: 300.0
 Jänneväli 4: 300.0
 Yhteensä: 1200.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]	Tyyppi:
1:	0	84	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	300	42	Liukutuki (Z)
3:	600	42	Liukutuki (Z)
4:	900	84	Liukutuki (Z)
5:	1200	42	Liukutuki (Z)

 f_{m,k} (M_y): 45.55 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 50.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 35.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 6.00 N/mm²
 f_{t,0,k}: 36.98 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.80 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.10 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 2.30 N/mm²
 E_{mean}: 13800 N/mm²
 G_{mean}: 600 N/mm²
 E 0.05: 11600 N/mm²

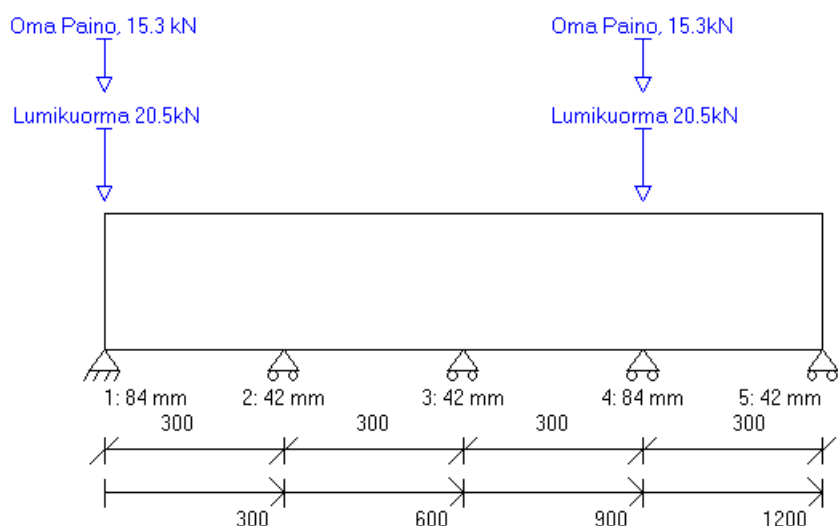
12.11.2018

G 0.05: 400 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.10 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)
 km-kerroin: 0.70
 kcr-kerroin: 1.00

 Osavarmuusluku: 1.20

Aikaluokka: kmod:
 Pysyvä: 0.600
 Pitkäaikainen: 0.700
 Keskipitkä: 0.800
 Lyhytaikainen: 0.900
 Hetkellinen: 1.100

 kdef: 0.800



KUORMITUSTIEDOT:

 Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1: FZ = 15.30 kN x = 0.0 mm (Oma Paino, 15.3 kN)

Pistekuorma: 2: FZ = 15.30 kN x = 900.0 mm (Oma Paino, 15.3 kN)

Rakennesosan paino: QZ = 0.155 kN/m = 0 - 1200 mm

 Lumikuorma (Lumikuorma Sk < 2.75 kN/m², Keskipitkä):

12.11.2018

Pistekuorma: 1: FZ = 20.50 kN x = 0.0 mm (Lumikuorma 20.5kN)
 Pistekuorma: 2: FZ = 20.50 kN x = 900.0 mm (Lumikuorma 20.5kN)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

 Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

MITOITUS:

 Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017

Kokonaiskäyttöaste: 90.5 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 300.00$ mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Päätukien välimatka

$L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu: Mitoitusarvo: Raja-arvo: Käyttöaste *)Sijainti x:

Leikkaus (z): 0.04 kN 41.51 kN 0.1 % 900 mm Yhdistelmä 1/1, Pysyvä

Taivutus (M_y): 0.00 kNm 25.94 kNm 0.0 % 300 mm Yhdistelmä 1/1, Pysyvä

12.11.2018

(ilman kiepahdusta):	0.00 kNm	25.94 kNm	0.0 %	300 mm	Yhdistelmä 1/1, Pysyvä
Tukipaine, tuki 1:	48.37 kN	53.46 kN	90.5 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin =	1.18				
Tukipaine, tuki 2:	0.07 kN	29.16 kN	0.2 %	300 mm	Yhdistelmä 1/1, Pysyvä
Tukipainekerroin =	1.71				
Tukipaine, tuki 3:	0.06 kN	29.16 kN	0.2 %	600 mm	Yhdistelmä 1/1, Pysyvä
Tukipainekerroin =	1.71				
Tukipaine, tuki 4:	48.41 kN	61.56 kN	78.6 %	900 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin =	1.36				
Tukipaine, tuki 5:	0.02 kN	23.09 kN	0.1 %	1200 mm	Yhdistelmä 1/1, Pysyvä
Tukipainekerroin =	1.36				

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 1/1 (Pysyvä):

1.35*Omapaino

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	0.04 kN	900 mm
My,max	0.00 kNm	300 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	48.37 kN	13.79 kN	35.82 kN	15.32 kN
2:	0.07 kN	0.05 kN	0.05 kN	0.05 kN
3:	0.06 kN	0.04 kN	0.04 kN	0.04 kN
4:	48.41 kN	13.82 kN	35.85 kN	15.35 kN
5:	0.02 kN	0.02 kN	0.02 kN	0.02 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	15.32
2:	0.05
3:	0.04
4:	15.35
5:	0.02

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	20.50

2:	-0.00
3:	0.00
4:	20.50
5:	0.00

HUOMIOT:

-
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
 - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
 - MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
 - *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
 - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
 - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
 - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakenneosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
-

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole mitoitettu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käytettyjen kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjeiden perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

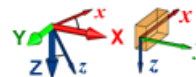
12.11.2018

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenne ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.1 (2.4.086)

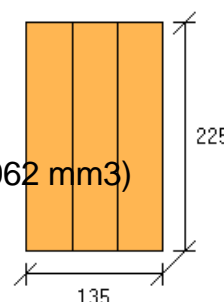
RIL 205-1-2017 (29.03.2018)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta

**PROJEKTITIEDOT:**

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Lattiapalkki/laatta
 Materiaali: KERTO-S syrjällään
 Poikkileikkaus: 3x45x225
 (B=135 mm, H=225 mm, A=30375 mm², I_y=128144531 mm⁴, W_y=1139062 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

**Uloke-/jännevälipituudet:**

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 300.0
 Jänneväli 2: 300.0
 Jänneväli 3: 300.0
 Jänneväli 4: 300.0
 Yhteensä: 1200.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Leveys [mm] Tyyppi:
 1: 0 84 Kiinteä niveltuki (X,Z)
 2: 300 42 Liukutuki (Z)
 3: 600 42 Liukutuki (Z)
 4: 900 84 Liukutuki (Z)
 5: 1200 42 Liukutuki (Z)

 f_{m,k} (M_y): 45.55 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 50.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 35.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 6.00 N/mm²
 f_{t,0,k}: 36.98 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.80 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.10 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 2.30 N/mm²
 E_{mean}: 13800 N/mm²
 G_{mean}: 600 N/mm²
 E 0.05: 11600 N/mm²

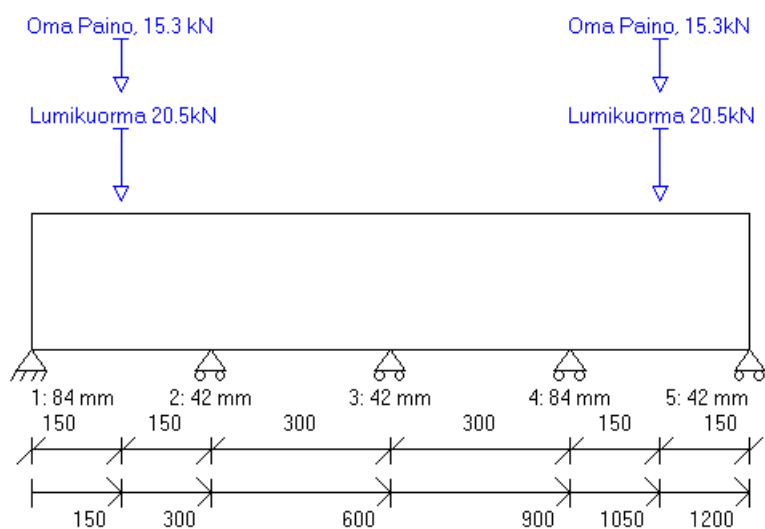
12.11.2018

G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00

 Osavarmuusluku: 1.20

Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

 kdef: 0.800



KUORMITUSTIEDOT:

 Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1: FZ = 15.30 kN x = 150.0 mm (Oma Paino, 15.3 kN)

Pistekuorma: 2: FZ = 15.30 kN x = 1050.0 mm (Oma Paino, 15.3 kN)

Rakennesosan paino: QZ = 0.155 kN/m x = 0 - 1200 mm

 Lumikuorma (Lumikuorma Sk < 2.75 kN/m², Keskipitkä):

12.11.2018

Pistekuorma: 1: FZ = 20.50 kN x = 150.0 mm (Lumikuorma 20.5kN)
 Pistekuorma: 2: FZ = 20.50 kN x = 1050.0 mm (Lumikuorma 20.5kN)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017
 Kokonaiskäyttöaste: 95.6 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 300.00$ mmKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Päätukien välimatka $L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$ **MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *)	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	29.38 kN	55.35 kN	53.1 %	900 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	2.85 kNm	34.59 kNm	8.2 %	1050 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä

12.11.2018

(ilman kiepahdusta):	2.85 kNm	34.59 kNm	8.2 %	1050 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	19.01 kN	53.46 kN	35.6 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin =	1.18				
Tukipaine, tuki 2:	37.18 kN	38.88 kN	95.6 %	300 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin =	1.71				
Tukipaine, tuki 3:	0.00 kN	29.16 kN	0.0 %	600 mm	Yhdistelmä 1/1, Pysyvä
Tukipainekerroin =	1.71				
Tukipaine, tuki 4:	37.18 kN	61.56 kN	60.4 %	900 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin =	1.36				
Tukipaine, tuki 5:	19.01 kN	30.78 kN	61.8 %	1200 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin =	1.36				

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 1/1 (Pysyvä):

1.35*Omapaino

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
V _{z,max}	29.38 kN	900 mm
M _{y,max}	2.85 kNm	1050 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	19.01 kN	5.43 kN	14.08 kN	6.03 kN
2:	37.18 kN	10.62 kN	27.54 kN	11.80 kN
3:	-4.39 kN	-15.49 kN	-4.87 kN	-11.46 kN
4:	37.18 kN	10.62 kN	27.54 kN	11.80 kN
5:	19.01 kN	5.43 kN	14.08 kN	6.03 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	6.03
2:	11.80
3:	-4.87
4:	11.80
5:	6.03

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:

1:	8.05
2:	15.74
3:	-6.59
4:	15.74
5:	8.05

HUOMIOT:

-
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
 - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
 - MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
 - *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
 - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
 - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
 - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
-

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennuslisäetuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole mitoitettu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava.

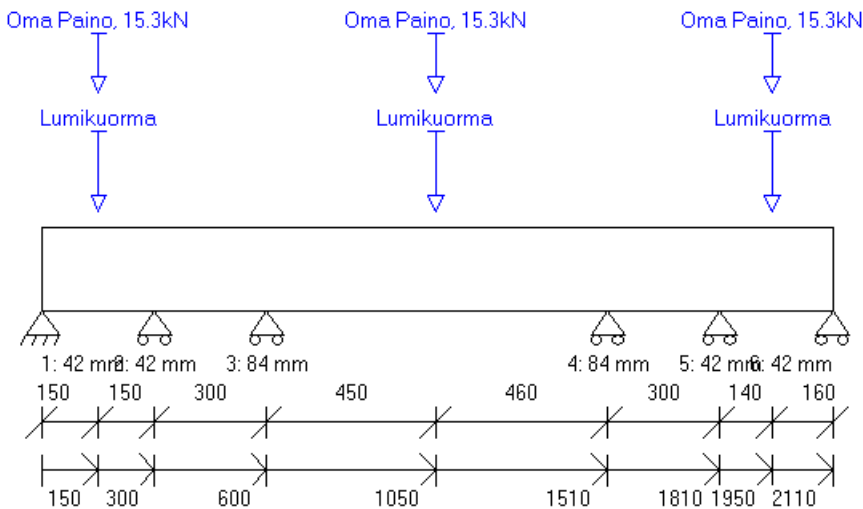
Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjien kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

G,mean:	600 N/mm ²
E 0.05:	11600 N/mm ²
G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00

 Osavarmuusluku: 1.20

Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

 kdef: 0.800



KUORMITUSTIEDOT:

 Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 15.30 kN	x = 150.0 mm	(Oma Paino, 15.3kN)
Pistekuorma: 2:	FZ = 15.30 kN	x = 1050.0 mm	(Oma Paino, 15.3kN)
Pistekuorma: 3:	FZ = 15.30 kN	x = 1950.0 mm	(Oma Paino, 15.3kN)

13.11.2018

Rakennesosan paino: $QZ = 0.155 \text{ kN/m} = 0 - 2110 \text{ mm}$

Lumikuorma (Lumikuorma $Sk < 2.75 \text{ kN/m}^2$, Keskipitkä):

Pistekuorma: 1: $FZ = 20.50 \text{ kN}$ $x = 150.0 \text{ mm}$ (Lumikuorma)

Pistekuorma: 2: $FZ = 20.50 \text{ kN}$ $x = 1050.0 \text{ mm}$ (Lumikuorma)

Pistekuorma: 3: $FZ = 20.50 \text{ kN}$ $x = 1950.0 \text{ mm}$ (Lumikuorma)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017

Kokonaiskäyttöaste:

76.2 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 300.00 \text{ mm}$

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Pätukien välimatka

$L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$

13.11.2018

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *)	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	26.72 kN	55.35 kN	48.3 %	1810 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	6.52 kNm	34.59 kNm	18.8 %	1050 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	6.52 kNm	34.59 kNm	18.8 %	1050 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	23.44 kN	30.78 kN	76.2 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.36					
Tukipaine, tuki 2:	10.62 kN	38.88 kN	27.3 %	300 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.71					
Tukipaine, tuki 3:	39.00 kN	61.56 kN	63.4 %	600 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.36					
Tukipaine, tuki 4:	37.87 kN	61.56 kN	61.5 %	1510 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.36					
Tukipaine, tuki 5:	12.80 kN	38.88 kN	32.9 %	1810 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.71					
Tukipaine, tuki 6:	21.68 kN	30.78 kN	70.4 %	2110 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.36					

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
V _{z,max}	26.72 kN	1810 mm
M _{y,max}	6.52 kNm	1050 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	23.44 kN	6.69 kN	17.36 kN	7.43 kN
2:	10.62 kN	3.03 kN	7.87 kN	3.37 kN
3:	39.00 kN	11.18 kN	28.90 kN	12.42 kN
4:	37.87 kN	10.86 kN	28.06 kN	12.06 kN
5:	12.80 kN	3.65 kN	9.48 kN	4.06 kN
6:	21.68 kN	6.19 kN	16.06 kN	6.88 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	7.43
2:	3.37
3:	12.42
4:	12.06

5:	4.06
6:	6.88

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	9.93
2:	4.50
3:	16.48
4:	16.00
5:	5.42
6:	9.18

HUOMIOT:

-
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
 - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
 - MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
 - *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
 - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
 - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
 - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
-

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole mitoitettu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käytettyjen kolmannen osapuolen muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmistossa perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

SEINÄN JÄYKISTYSLASKELMA

Rakennuskohde: Rakennuskohde

Seinän nimi: HVS8

Lisätiedot:

Tutkittavana elementtinä kahdeksankerroksisen rakennuskohteen alin seinäelementti.

Kuormituksen lähtötiedot kohdan 7 mukaan.

Laskelman tekijä:

Antti Pohjankoski

Päiväys:

18.02.19

LASKENNAN SYÖTTÖARVOJA:

Kuormitukset:

Vaakakuorma Fv,Ed (kN):	286,16
Pystykuorma F1,Ed (kN):	86,9
Pystykuorma F2,Ed (kN):	86,9
Viivakuorma Q1,Ed (kN/m):	1
Kuorman aikaluokka:	Hetkellinen

Seinän tiedot:

Seinän tyyppi:	Sisäseinä
Seinän leveys, L (mm):	7800
Seinän korkeus, H (mm):	3200
Runkosyvyyys, B (mm):	197
Runkotolpan leveys, b1 (mm):	42
Yläjuoksun korkeus, h1 (mm):	42
Alajuoksun korkeus, h2 (mm):	42

Levytyksen tiedot:

1. puolen levytys ja liitin:

Levytys:	Levy GFL 15 + GR 13, kiinnike hakanen Verpa Senco B.V. N21BXBB, k.I. 1
Levyn leveys (mm):	1200
Levyn korkeus (mm):	3194
Kiinnikejako (mm):	30

2. puolen levytys ja liitin:

Levytys:	Levy GFL 15 + GR 13, kiinnike hakanen Verpa Senco B.V. N21BXBB, k.I. 1
Levyn leveys (mm):	1200
Levyn korkeus (mm):	3194
Kiinnikejako (mm):	30

TULOKSET:

Laskennan lähtöarvoja:

Kiinnikkeen 1 ominaislujuus: 778 N
Kiinnikkeen 2 ominaislujuus: 778 N
Levytyksen 1 siirtymäkerroin: 434 N/mm
Levytyksen 2 siirtymäkerroin: 434 N/mm
Levytyksen 1 liukumoduli: 690 N/mm²
Levytyksen 2 liukumoduli: 690 N/mm²
Levytyksen 1 kmod: 1.10
Levytyksen 2 kmod: 1.10
Levytyksen 1 materiaalin varmuuskerroin: 1.30
Levytyksen 2 materiaalin varmuuskerroin: 1.30

TULOKSET:

Levytysten kapasiteetit:

Levytyksen 1 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,1}=160.1$ kN
Levytyksen 2 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,2}=160.1$ kN
Seinän jäykistyskapasiteetti $F_{v,Rd}=320.2$ kN

Levytyksistä huomioon otettavat osakapasiteetit:

Levytys1:

Levytyksen 1 kapasiteetista voidaan ottaa huomioon 100 % 160.1 kN / 160.1 kN,

Levytys2:

Levytyksen 1 kapasiteetista voidaan ottaa huomioon 100 %, 160.1 kN / 160.1 kN,

Huomioon otettavat levytysten leveydet:

Levytyksen 1 leveydestä otetaan huomioon 7.2 m,
koska osa levyistä on kapeampia kuin neljäsosa levytyksen korkeudesta
Levytyksen 2 leveydestä otetaan huomioon 7.2 m,
koska osa levyistä on kapeampia kuin neljäsosa levytyksen korkeudesta

Leikkausvoimakapasiteetin riittävyys:

Seinän leikkausvoimakapasiteetti $F_{v,Rd}=320.2$ kN on suurempi (tai yhtä suuri)
kuin seinään vaikuttava voima $F_{v,Ed}=286.0$ kN

Kaatumisvarmuus:

Seinän kaatumisvarmuus ei ole riittävä,
koska pystykuormien stabiloiva momentti: $E_{d,stab}=701.2$ kNm
on pienempi kuin vaakavoiman aiheuttama kaatava momentti: $E_{d,stab}=915.2$ kNm
Tarvitaan ankkurointivoima 27.43 kN stabiloimaan rakenne.

Seinän leikkausjäykkyys ja siirtymä:

Seinän jäykkyys on $ks=22072$ N/mm

Seinän siirtymä on: $w=8.639$ mm

KIINNIKEJAKO, MINIMI- JA MAKSIMIMITAT:

Levyt tulee kiinnittää kaikilta reunoiltaan lasketuin kiinnikevälein.

Seinän välitolpissa suurin liitinväli on 2xliitinväli reunalla kuitenkin enintään 300 mm.

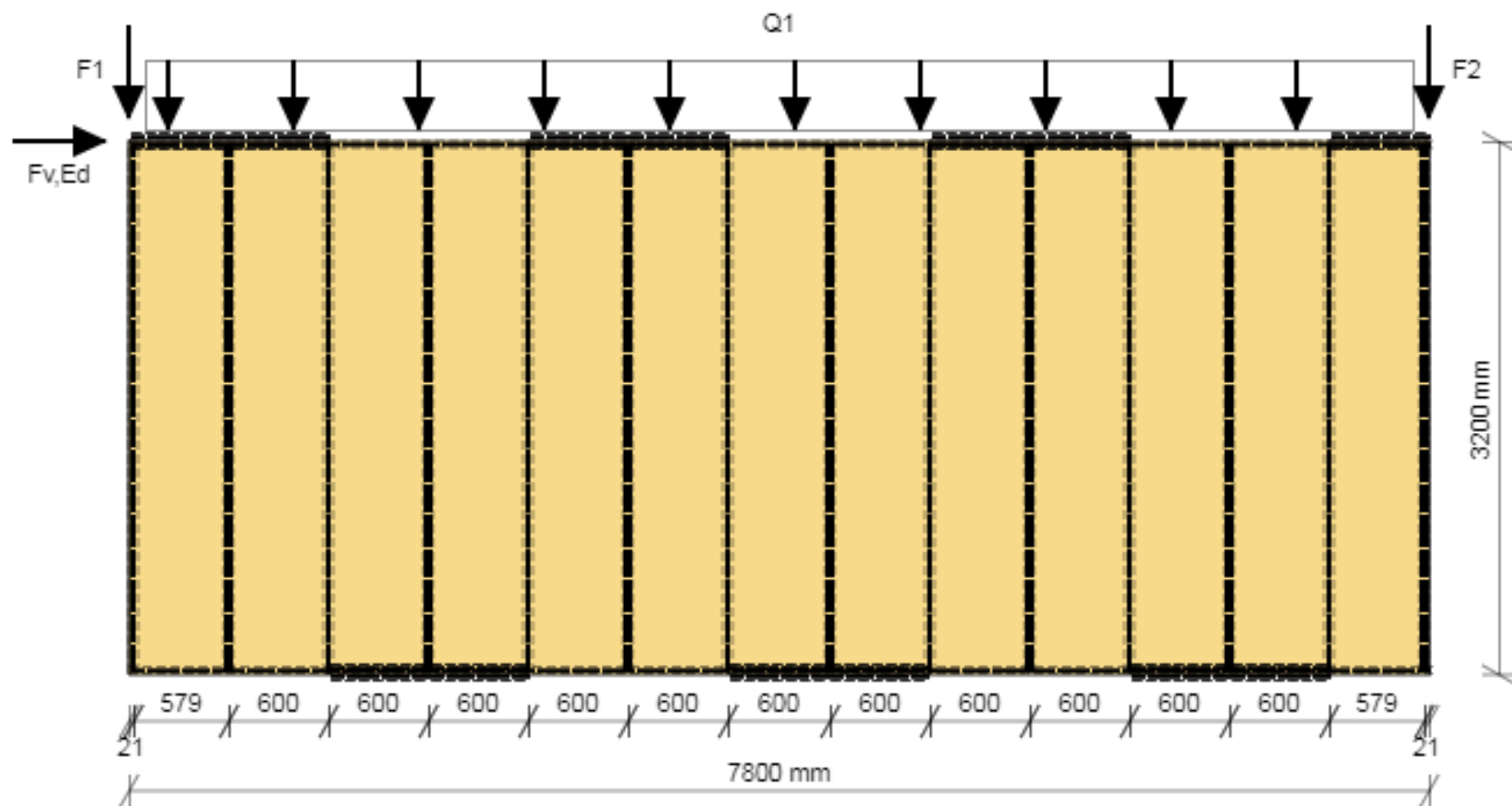
Seinissä levyn reunoilla suurin naulaväli on enintään 150 mm tai ruuviväli enintään 200 mm.

Pienin sallittu kiinnikeväli saa olla kartonkipintaisilla ja lasikuitumattovahvistetuilla.

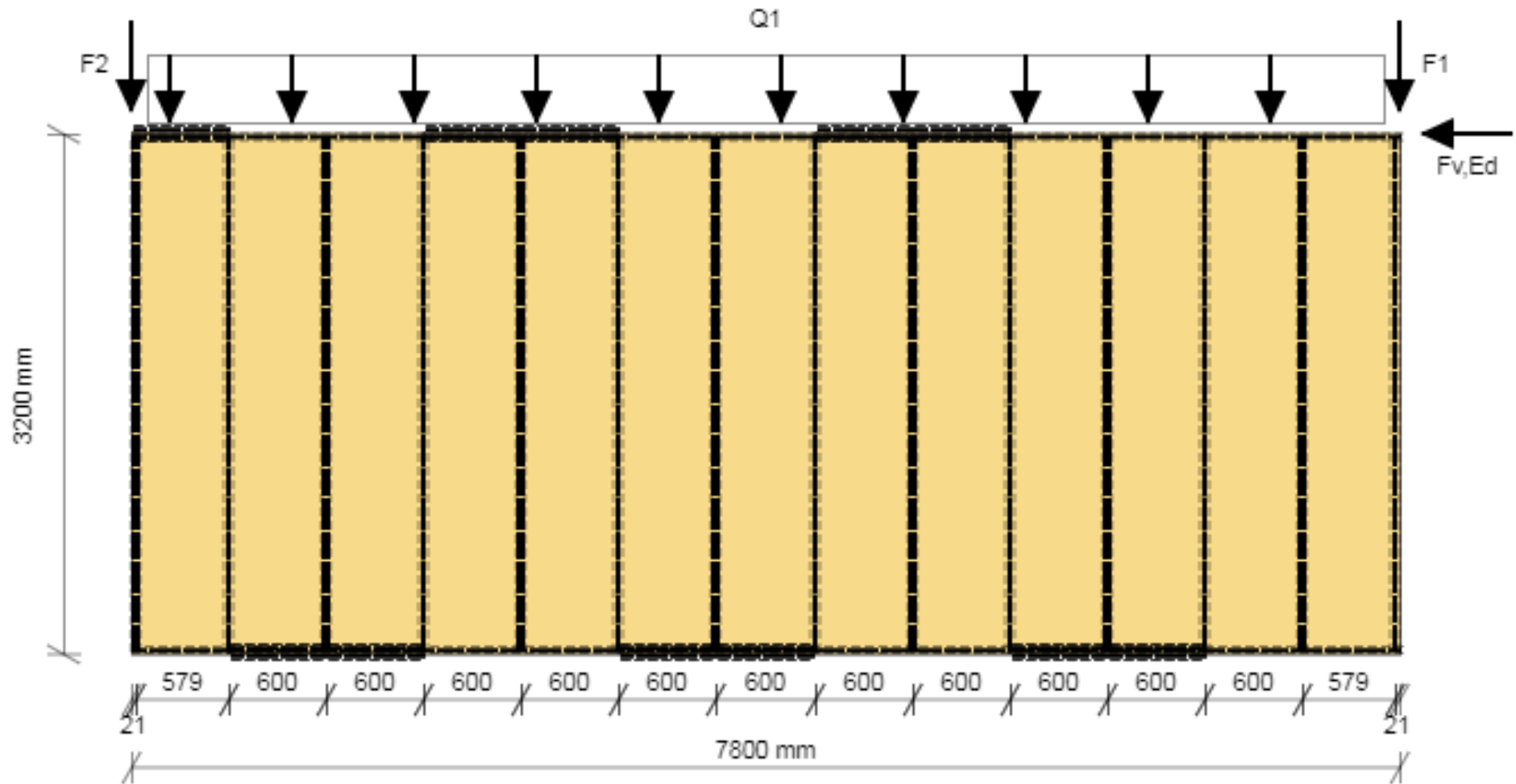
kipsilevyillä k 70 mm. Kuituvahvistetuilla kipsilevyillä konenaulat saa olla k 60 mm.

ja muut kiinnittimet k 80 mm välein.

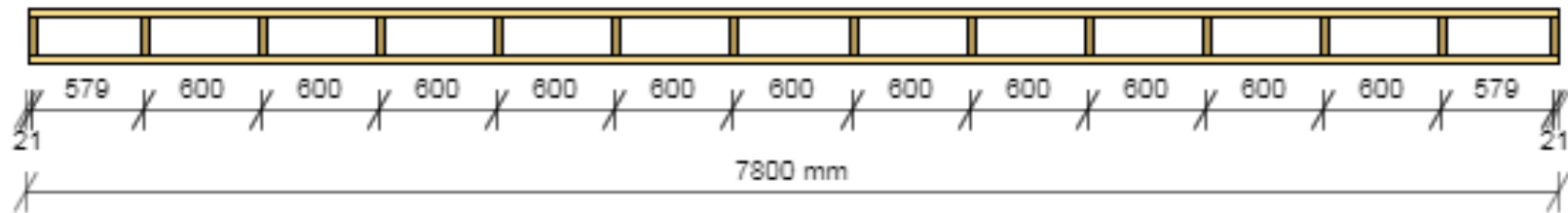
Seinän levytys 1. puolelta



Seinän levytys 2. puolelta



Seinän leikkauskuva



Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennesuunnittelu

Antti Pohjankoski

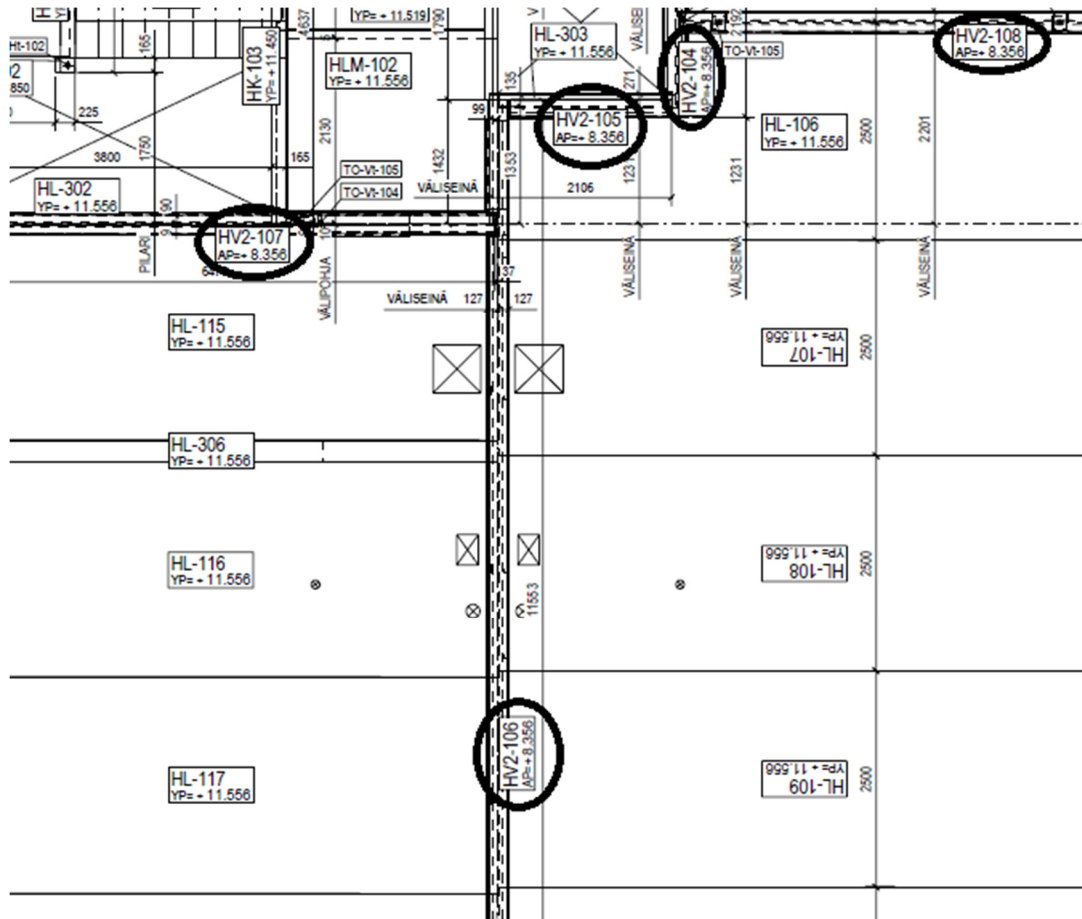
Liite 5 Toteutusdetaljiikka

Sisällys

1	Toteutusdetaljiikka.....	3
1.1	Pystyleikkaukset	5
1.2	Vaakaleikkaukset.....	11

HVS2- ja HVS3 tuotteiden liittämätaljiikka on peräisin neljäkerroksisesta rakennuskohteesta, mikä on toteutettu pelkästään Koskisen Oy:n toimittamilla elementeillä, pois lukien kohteen perustukset (Kuva 2).

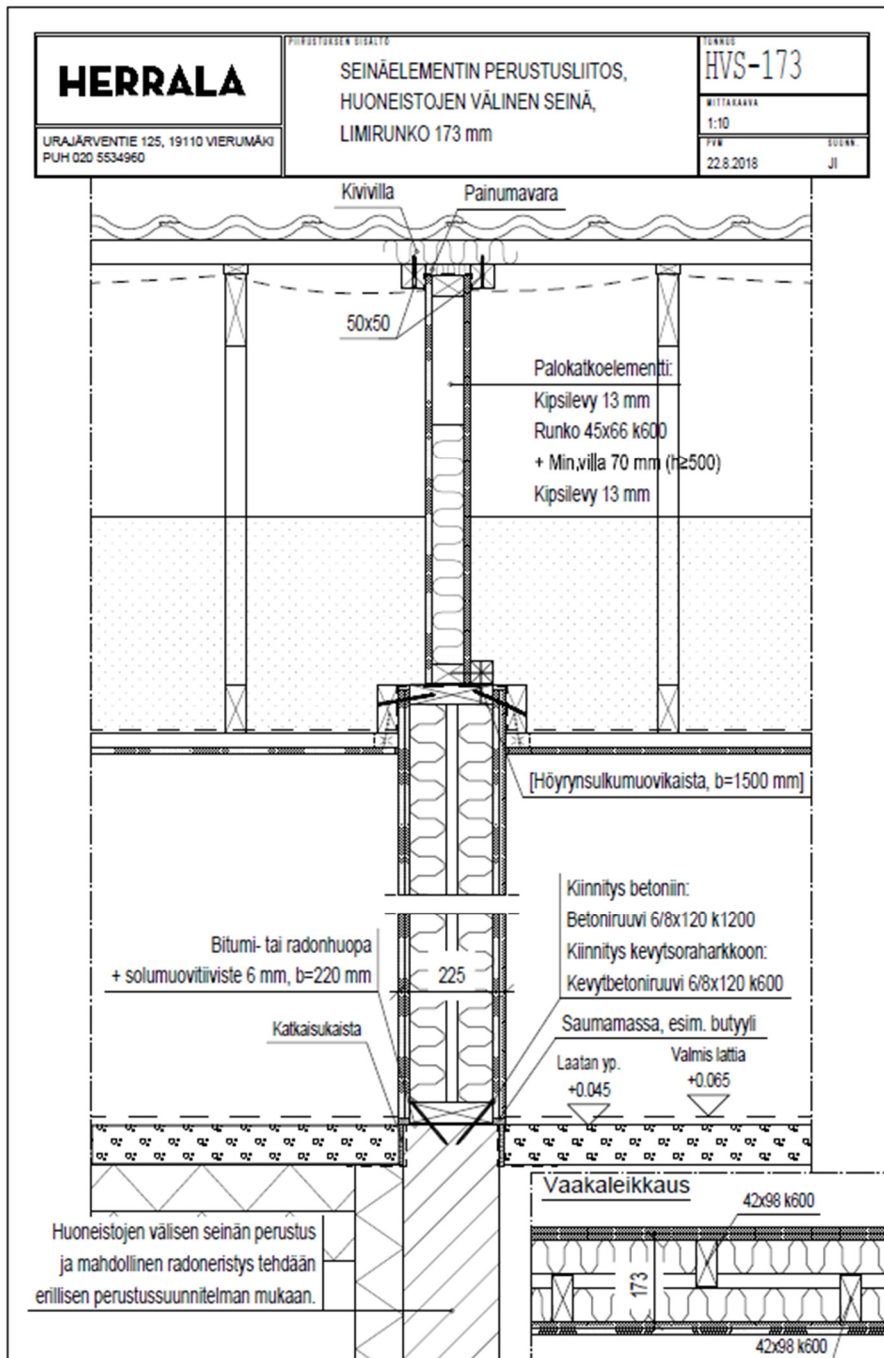
Kuva 2. Kuvakaappaus toisen kerroksen mitta- ja asennuspiirustuksesta



1.1 Pystyleikkaukset

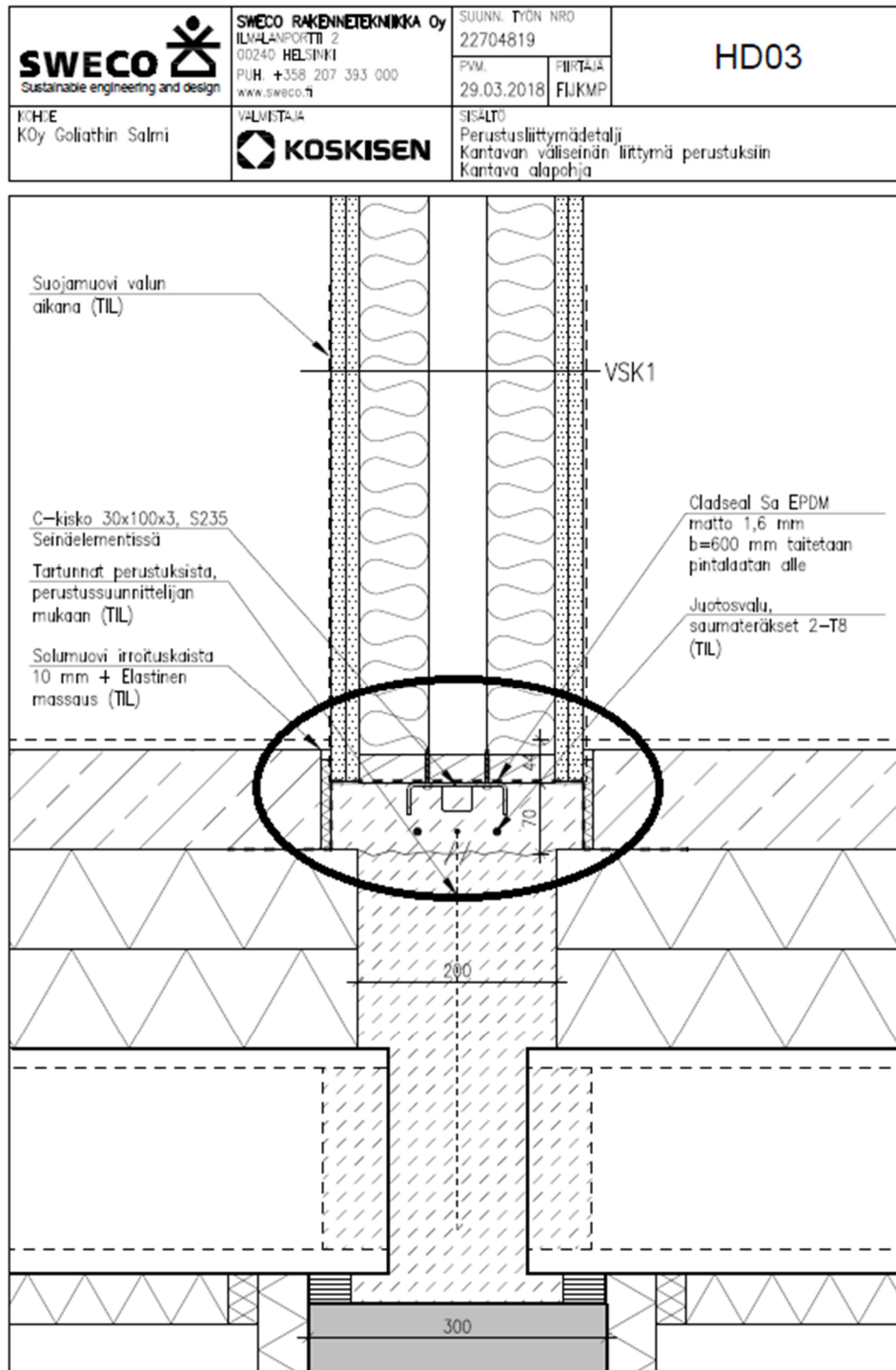
HVS1 tuotetta käytetään yksi- sekä kaksikerroksisissa rakennuskohteissa. Pystyleikkaus yksikerroksisesta rakennuskohteesta on esitetty kuvassa 3. Huomioitavaa HVS1-tuotteen liittymästä alapohjaan (kuva 3) on se, että kiinnikkeen tarunnan vuoksi betoniruuvin- tai kevytbetoniruuvin on oltava uppokantainen, sekä osakierteinen.

Kuva 3. HVS1-tuotteen liittymä ala- ja yläpohjaan yksikerroksisessa rakennuskohteessa

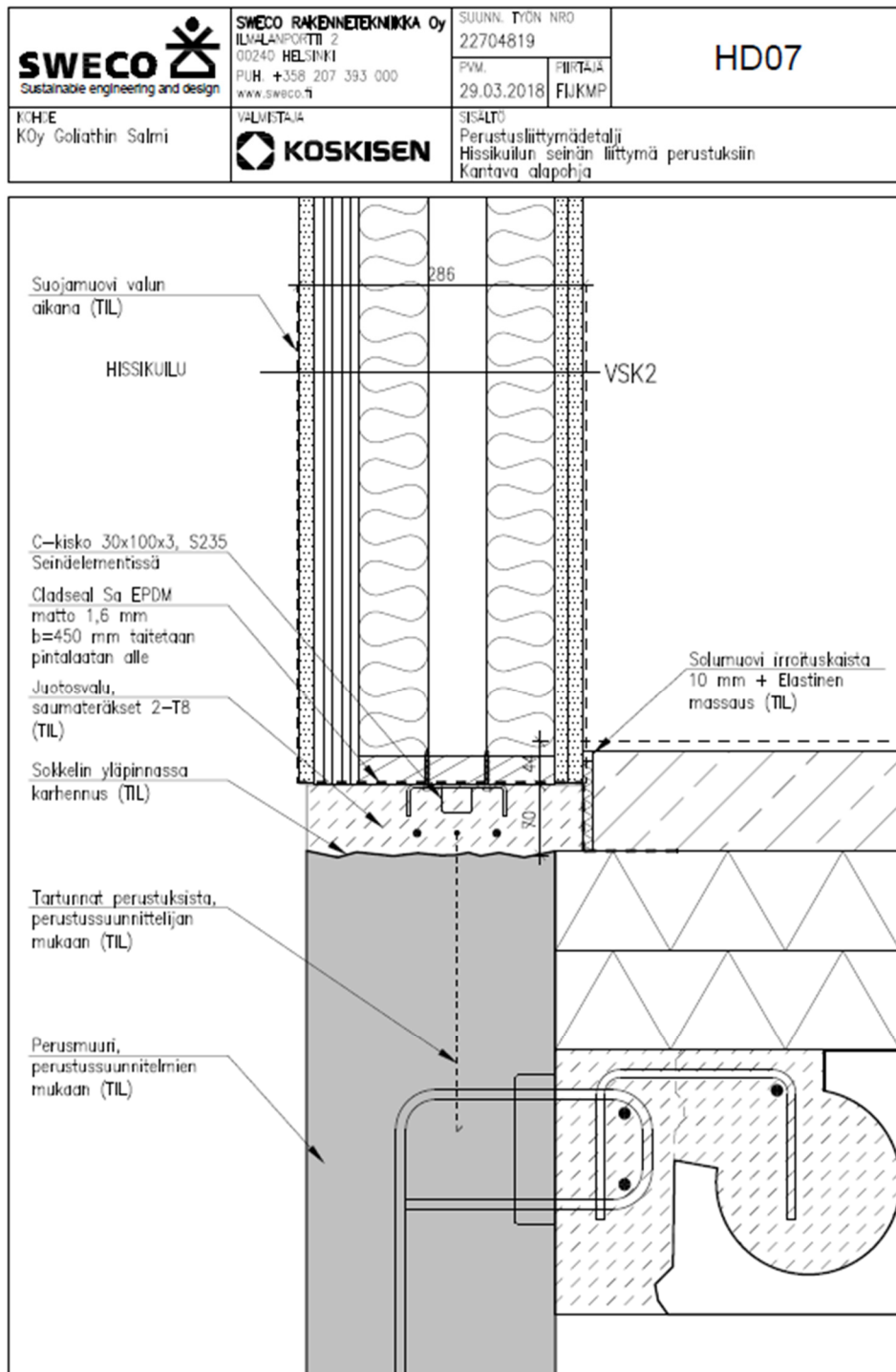


Alapohjan liittymässä (Kuva 4) on huomioitavaa se, että seinäelementin upotus lattialaatan alapinnan alle ei ole tarpeellista ilmajäneneristävyyden parantamiseksi.

Kuva 4. Kantavan HVS2-tuotteen liittymä alapohjaan

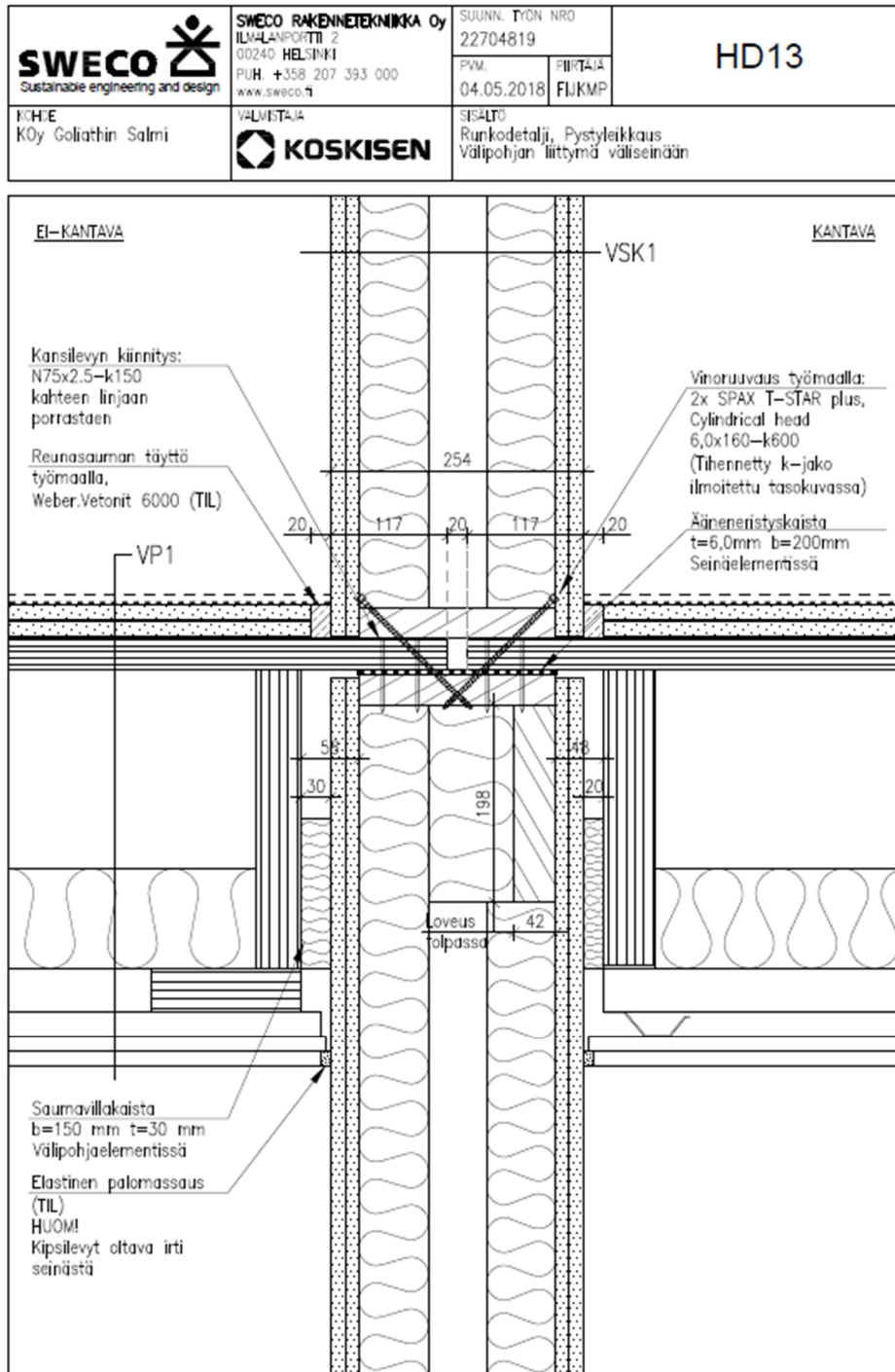


Kuva 5. HVS3-tuotteen liittymä alapohjaan

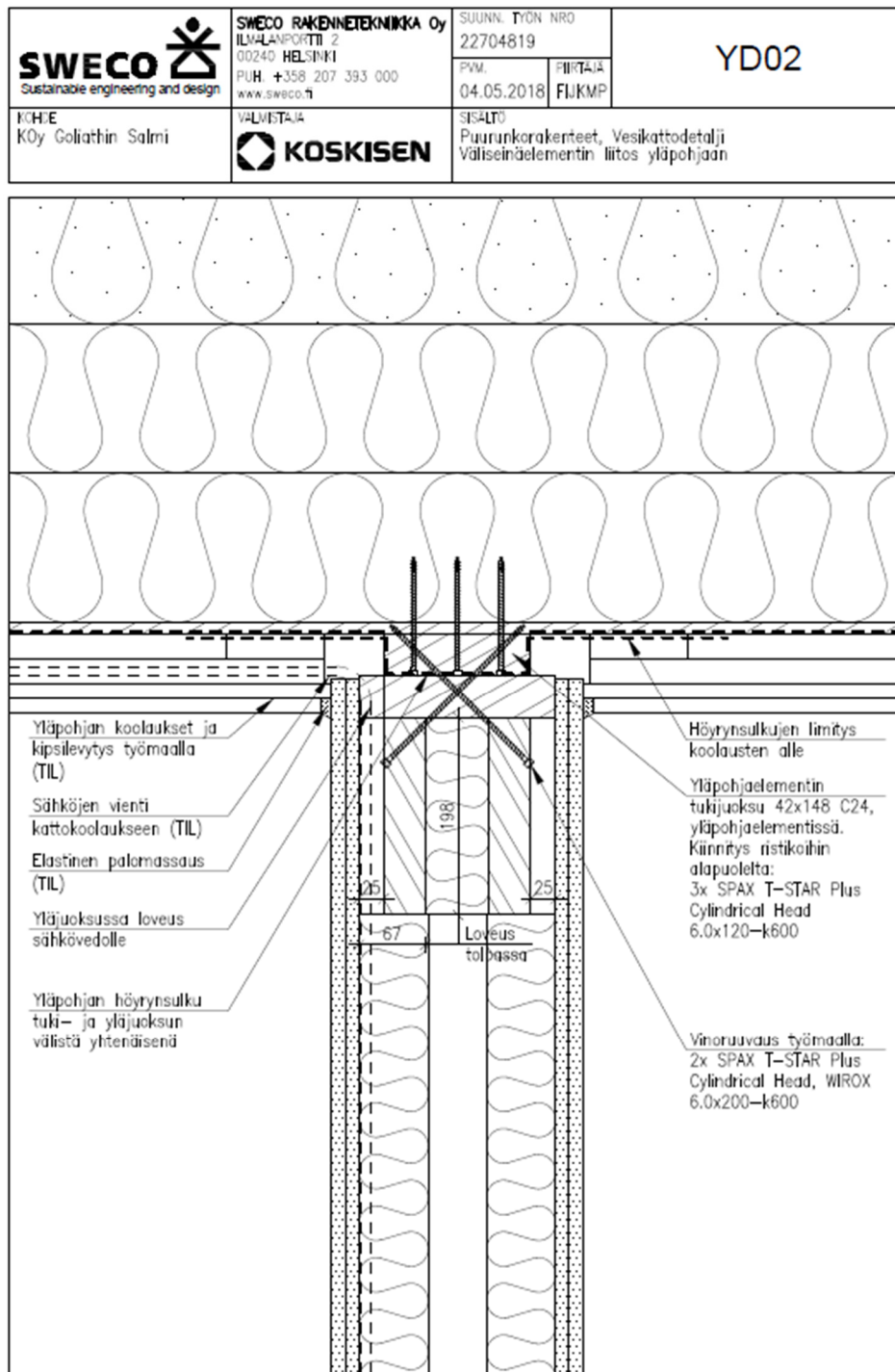


Välipohjan liittymässä ääneneristävyys-, sekä saumavillakaistat on oltava valmiina elementeissä työmaan asennustyön nopeuttamiseksi (Kuva 6). Tuotteiden liittymät välipohjaan eivät eroa toisistaan muuten kuin kokonaispaksuudeltaan. HVS-3 tuotteen hissikuilun yläpohjan liittymä on mahdollista toteuttaa Kerto-Q levyllä (Kuva 8).

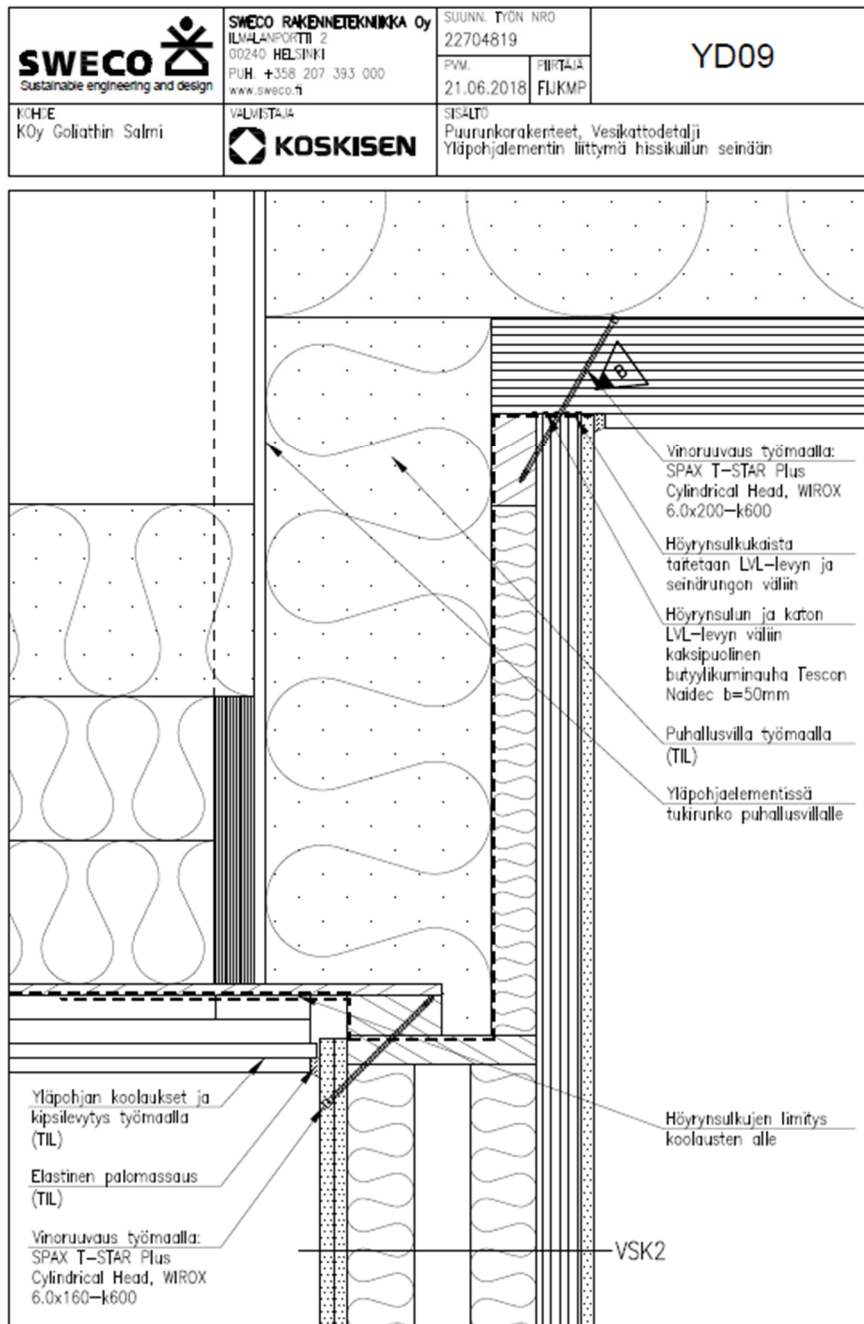
Kuva 6. HVS1-tuotteen liittymä välipohjaan



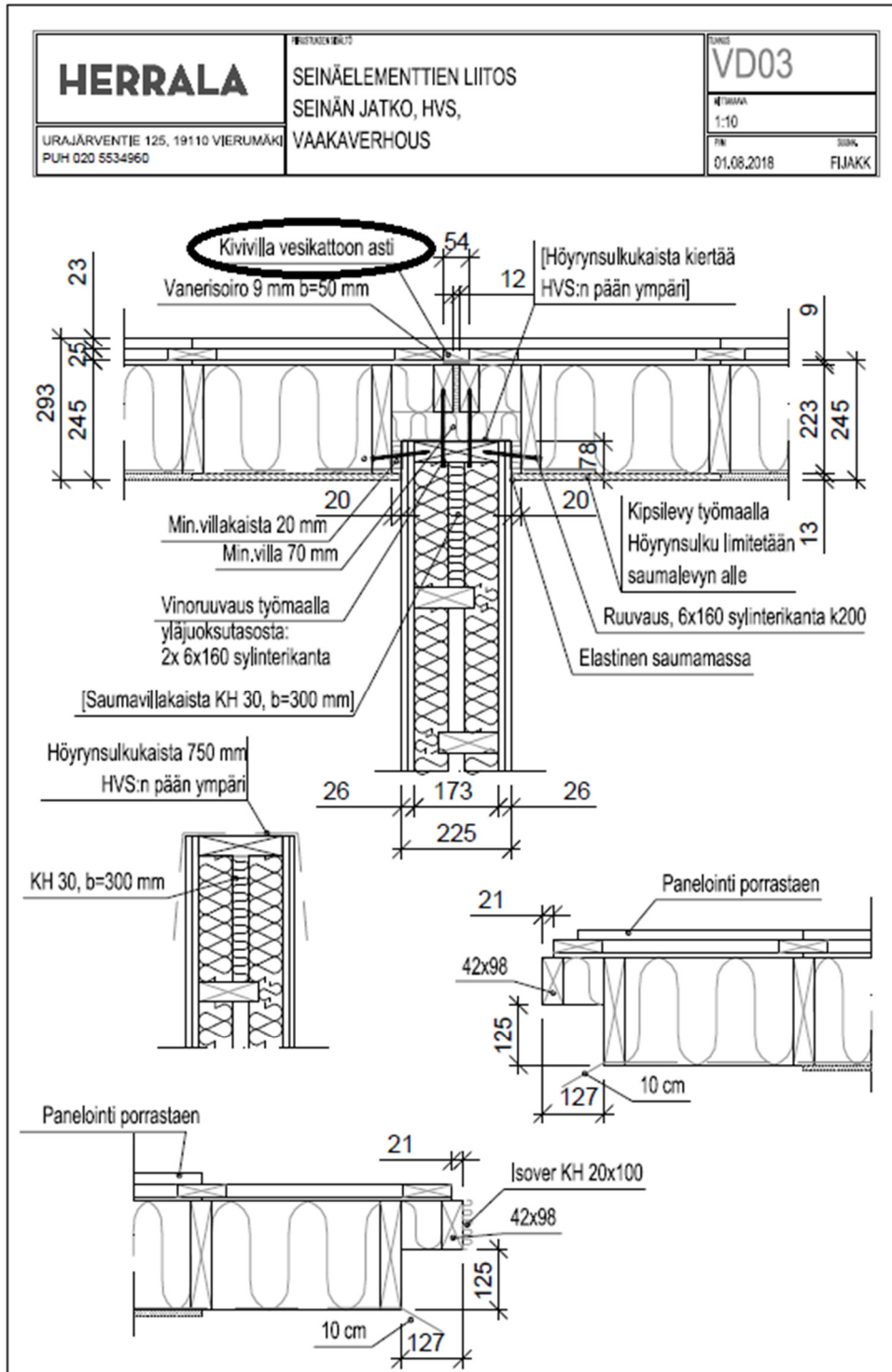
Kuva 7. HVS2-tuotteen liittymä yläpohjaan



Kuva 8. Pystyleikkaus HVS3-tuotteen liittymästä yläpohjaan

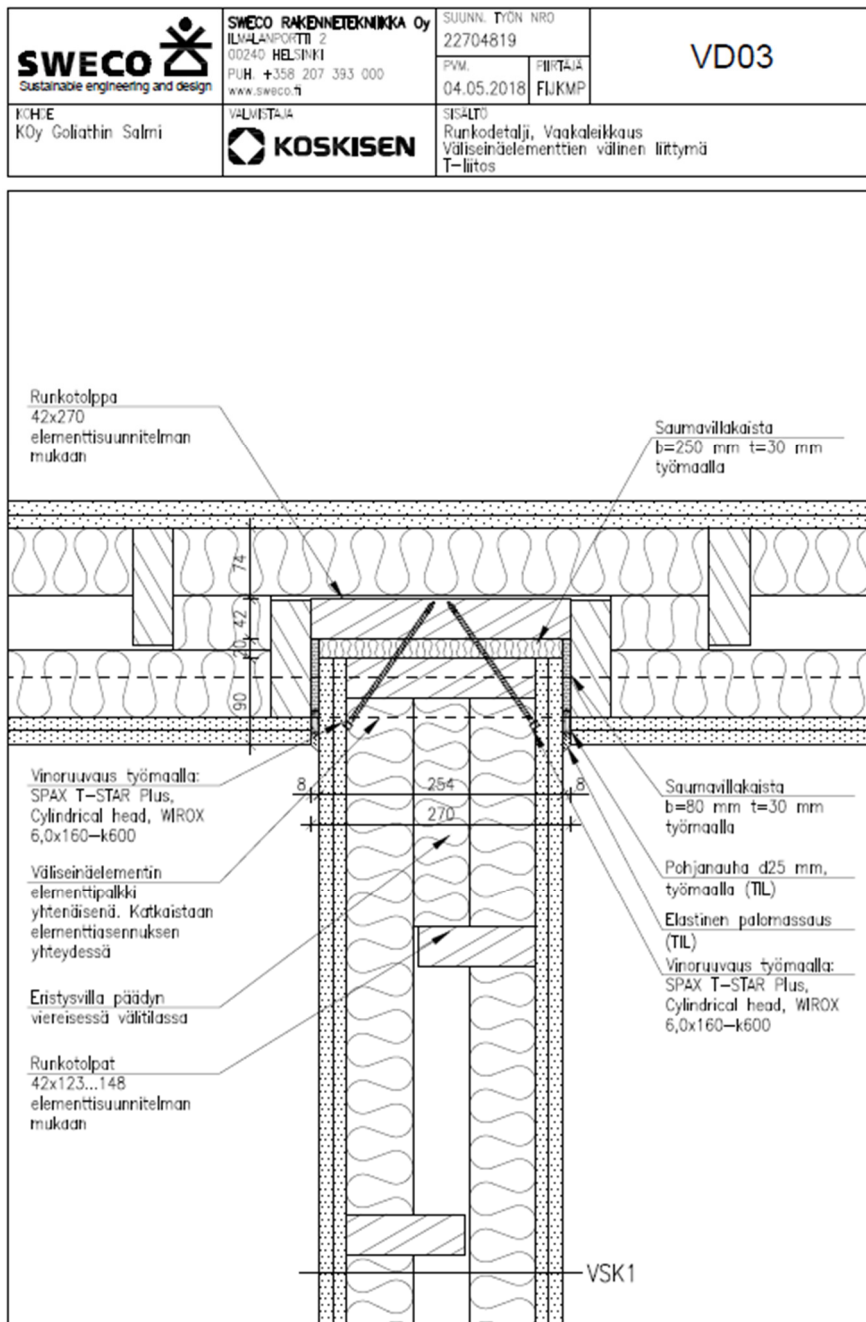


Kuva 10. HVS1-tuotteen liittymä ulkoseinä-elementtiin jatkoksen kohdalla

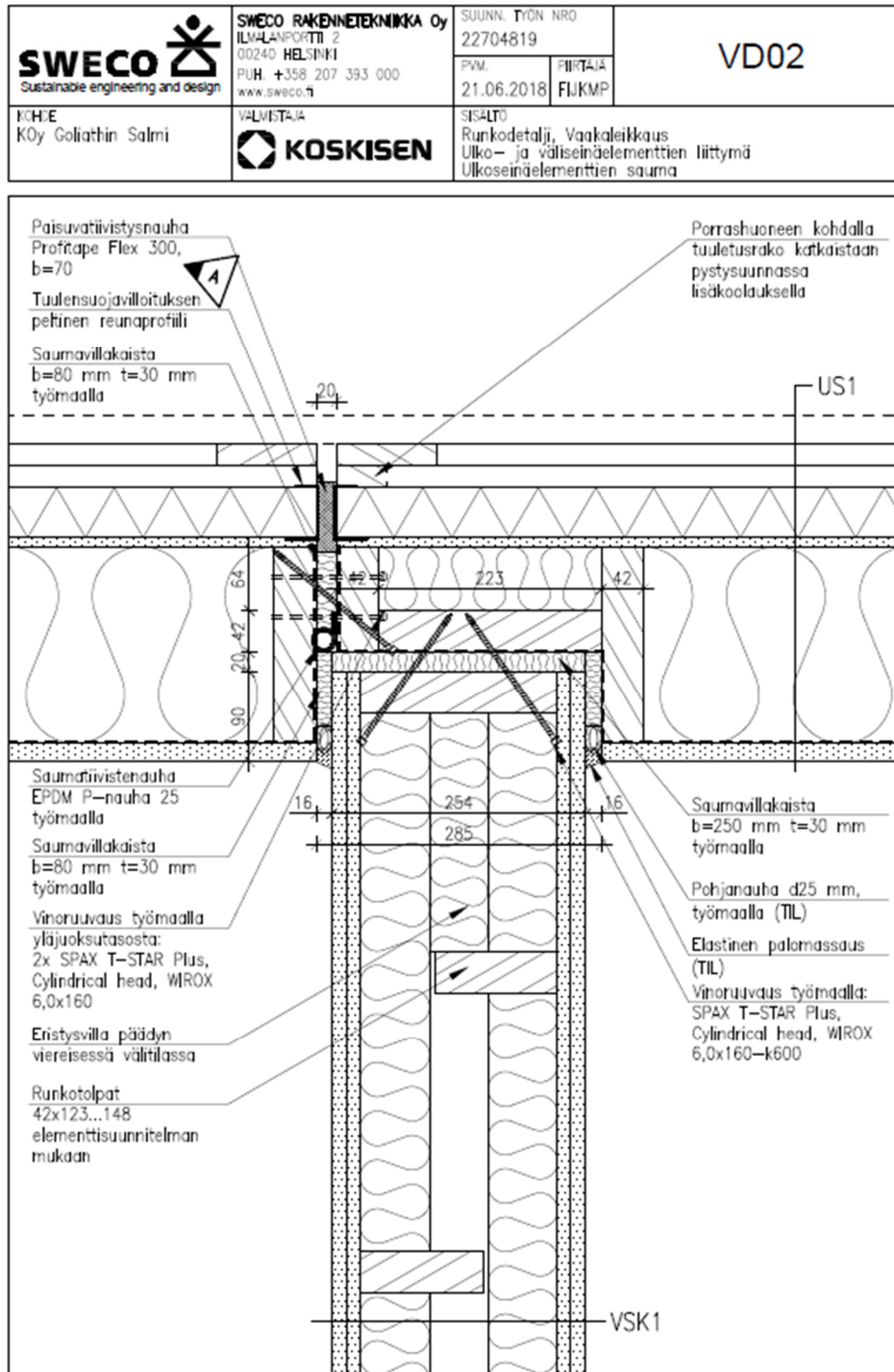


Puukerrostalorakentamisessa rakennusten leveyden kasvaessa tuotteita voidaan sijoittaa myös sivuseinien suuntaiseksi, jolloin liittymä toiseen huoneiston väliseen seinäelementtiin on toteutettava ns. upottamalla (Kuva 11) ilmaääneneristävyysvaatimuksen saavuttamiseksi. Ulkoseinäelementtien sauma on hyvä suunnitella HVS2-tuotteen reunaan (Kuva 12). Kun vertaa kuvia 10 ja 12, tuotannon tarvitsee tehdä vain yksi lovi kahden sijaan. HVS3-tuotteilla ja Kerto-S otsapalkilla toteutetun hissikuilun vaakaleikkaukset ovat esitetty kuvissa 13 ja 14.

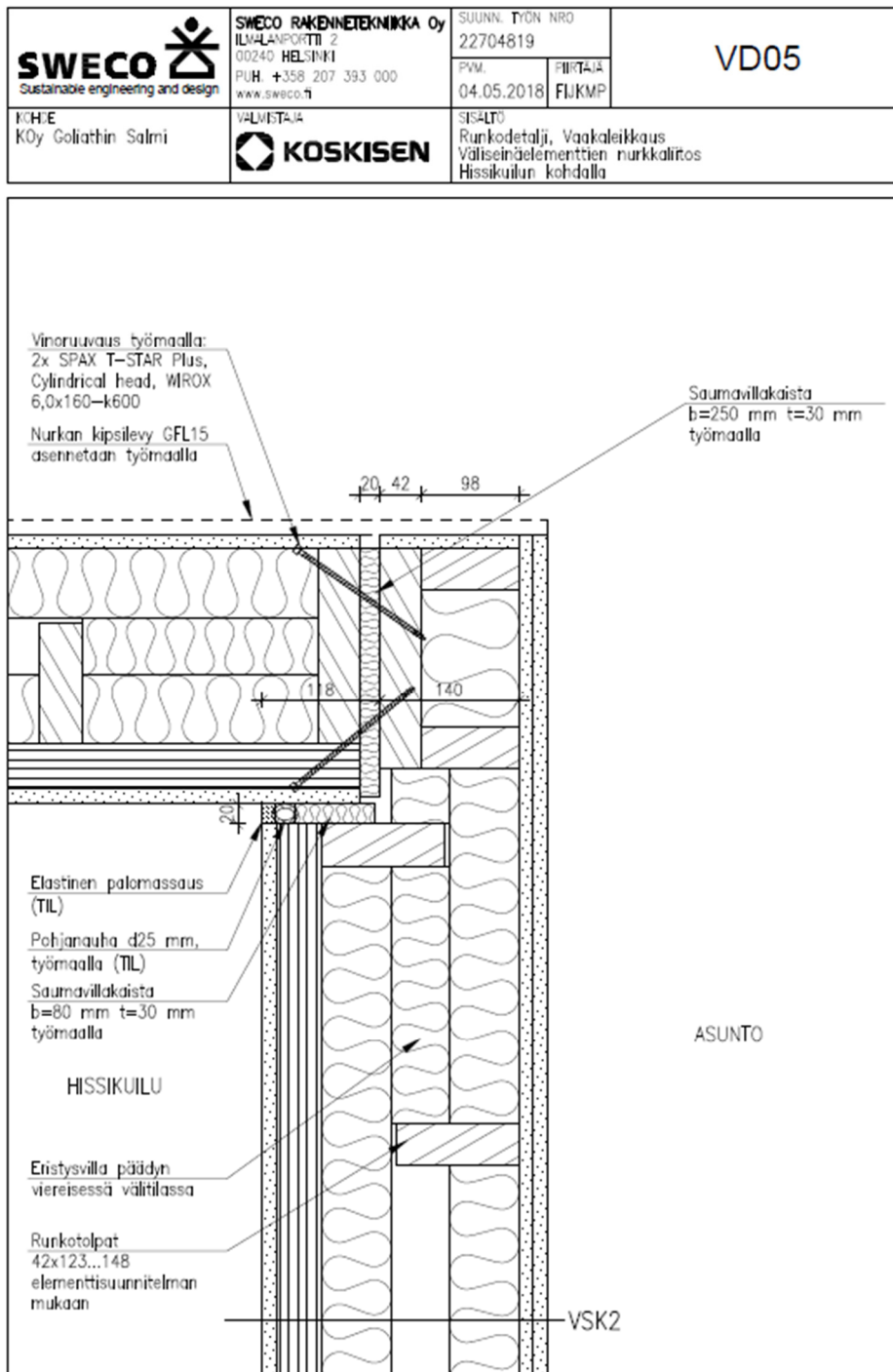
Kuva 11. HVS2-tuotteiden liittymä



Kuva 12. HVS2-tuotteen liittymä ulkoseinään. Kuvan 10 eroavaisuus on, että vasemmanpuoleisen ulkoseinäelementin reuna on helpompi ja nopeampi toteuttaa.



Kuva 13. HVS3-tuotteiden liittymä, eli hissikulun nurkka



Kuva 14. HVS3-tuotteen liittymä HVS2-tuotteeseen, sekä hissikuilun otsapalkkiin

