

Seppo Kivelä

PUURANKARUNKOISEN HALLIN LEVYJÄYKISTYS

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2017

PUURANKARUNKOISEN HALLIN LEVYJÄYKISTYS

Kivelä, Seppo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
MAALISKUU 2017
Sivumäärä: 46
Liitteitä: 1

Asiasanat: puurunkoinen, halli, levy, jäykistys

Opinnäytetyössä tarkasteltiin puurankorakenteisen hallin levyjäykistystä RIL 205-1-2009 eurokoodi EN 1995-1-1 Puurakenteiden suunnitteluohjeen mukaisesti. Levyjäykistys on edullisin tapa estää rakennuksen muodonmuutoksia, mikäli tekniikka hallitaan. Lopuksi tarkastelussa lähestyttiin aihetta esimerkkihallin avulla. Esimerkkihallin levyjäykistystä suunniteltiin Hämeenlinnaan.

Esimerkkihallin suunnittelu alkoi pääpiirustusten laatimisella. Hallin arkkitehtuuri määrittyi tilaajan toiveiden mukaisiksi. Aukot, ulkomitat ja korkeus määrittyivät toiminnan mukaan. Halliin piti saada mahtumaan ainakin traktori ja vene suurimpina esineinä. Hallista piti myös suunnitella lämmin rakennus.

Tämä työ rajattiin levyjäykistykseen suunnitteluun ja suunnittelun mukanaan tuomaan detaljiikkaan. Työn ajatuksena oli tutkia mitä haasteita suunnittelu loppuunvietynä toi tullessaan. Muutoin halli suunniteltiin voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaisesti.

Päätavoitteena oli selvittää, onko mahdollista saada pienehkö halli jäykistettyä kipsilevyillä eurokoodien mukaisesti huomioiden kaikki reunaehdot. Selvityksen aikana huomattiin, että levyjäykistykseen liittyvät suuret linjat on ratkaistu nyt ja on ratkaistu aiemminkin. Laskelmien lopputuloksena oli, että esimerkkihallin jäykistys ei onnistu kipsilevyillä. Vanereiden avulla jäykistys juuri ja juuri onnistuu. Detaljiikkaan liittyvää yksityiskohtaista ohjeistusta ja mallia ei helposti löydy, jos ollenkaan.

BOARD STIFFENING OF TIMBER FRAME HALL

Kivelä, Seppo

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

March 2017

Number of pages: 46

Appendices: 1

Keywords: board, stiffening, timber frame, wall, panel

The purpose of this thesis was to study how board stiffening could be applied in a timber frame hall. Methods of planning was Eurocode EN 1995–1–1. Board stiffening is the most inexpensive way to control deformations. The case hall of this this thesis was in the City of Hämeenlinna.

Planning of case hall started with drawing a master plans. The client gave architectural designs to the hall. Holes, dimensions and height of the building were planned according to the end-users' requirements. The hall was insulated and the heating system of the building is renewable energy, most probably geothermal heating.

This study dealt only with the board stiffening and the challenges faced when Eurocode EN 1995–1–1 was applied. Other structures and planning details were performed according to the code of building regulations.

The results showed that the Eurocode EN 1995–1–1 calculation method is applicable in the case of a small building. The usability in large buildings, however, still needs more research. Gypsum boards were not able to stiffen the case hall but plywood was ok.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT	7
2.1	Arkkitehtisuunnittelu	7
2.2	Rakennesuunnittelu.....	7
2.2.1	Yleistä	7
2.2.2	Tuulikuorman määrittäminen RIL 205-1-2009 mukaan	8
2.3	Gyprocin taulukkomitoitus	11
2.4	Jäykistysseinät RIL 205-1-2009 mukaisesti	15
2.4.1	Jäykistysseinien yksinkertaistettu analyysi (Menetelmä A).....	17
2.5	Yläpohjan levyjäykistys ja jäykistyksen siirtyminen pystyrunkoon.....	19
3	ESIMERKKIHALLIN SUUNNITTELU EUROKOODEILLA.....	21
3.1	Arkkitehtisuunnittelu	21
3.2	Rakennesuunnittelu.....	22
3.3	Tuulikuormat.....	22
3.4	Gyprocin taulukkomitoitus käyntioven puoleiseen päätyseinään.....	25
3.5	Käyntioven puoleisen päätyseinän jäykistys sisäpuolisella vanerilla ja ulkopuolen Gyprocin tuulensuojalevyllä.....	28
3.6	Gyprocin taulukkomitoitus nosto-oven puoleiseen pitkään seinään.....	31
3.7	Kaatuminen	31
3.7.1	Päätyseinän, sokkelin ja anturan omat painot nostetta vastaan.	33
3.7.2	Kaatumista vastustavien teräsosien suunnittelu	34
3.7.3	Kaatumista vastustavien teräsosien laskenta	36
3.8	Yläpohjan levyjäykistys kipsilevyllä ja jäykistyksen siirtäminen pystyrunkoon	39
3.9	Yläpohjan levyjäykistys vanerilla.....	40
3.9.1	Yläpohjan vanerin ja ulkoseinän liitoksen suunnittelu.....	43
4	POHDINTAA.....	44
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Pienukkien rakennusten jäykistäminen on tullut esille enenevässä määrin viimeisen vuosikymmenen aikana. Rakennukset on aina jäykistetty jollakin tavalla. Se on vaihdellut, kuinka paljon siihen on suunnittelussa kiinnitetty huomiota. Paljon kuulee maallikoiden ja joskus ammattilaistenkin vähättelevän asiaa. On totta, ettemme ole nähneet montaakaan tuulen takia kaatunutta pientä rakennusta. Kuitenkin niitä joskus sattuu, kuten kuvassa 1 ilmenee.



Kuva 1. Tapanimyrskyn joulukuussa 2011 kaatama rakenteilla olevan kahdeksan huoneiston rivitalon puurunko Porissa (Seppo Kivelä, 2011)

Rakennuksen kaatuminen on vakavin uhka huonosti suunnitellulle jäykistykselle. Pienempi ongelma on rakennuksen natiseminen. Iso ongelma on rakennuksen kallistuminen. Se aiheuttaa aukkojen muodonmuutoksen suunnikkaan muotoiseksi. Edellinen aiheuttaa monenlaista ongelmaa, tiiviysongelmia, rikkoontumisia ja ovien kanssa ongelmia.

Rakennusvalvonnat maaseutukuntia myöden olettavat, että jokaiseen pienimpäänkin rakennukseen on suunniteltu jäykistys. Työtä tehdessä ilmeni jonkin verran eroavaisuuksia kuormien laskentatavassa aiempiin Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisiin verrattuna. Eri levyvalmistajien tyyppihyväksynnöissä ja ohjeissa havaittiin eroja. Knauf Oy:n ohje perustui suoraan RIL 205 – 1 – 2009 Puurakenteiden suunnitteluohjeen (eurokoodi EN 1995 – 1 – 1) mukaiseksi. Gyprocin levyihin laadittu ohje on myös laadittu samojen ohjeiden mukaisesti, mutta oletuksessa voimien, lähinnä tuulikuormien, syntymisessä ja siirtymisessä rakennuksessa on eroa eurokoodeihin. Suomen kuitulevy Oy:n internetistä löytynyt ohje on puurakenteiden suunnitteluohje RIL-205-1997 mukainen, joka on vanha ohje. Kuitulevyjen jäykistysohjeessa oli annettu ohje vinolaudalla jäykistyksen varmistaminen. Lautojen 22 x 100 ja 22 x 125 dimensioille ohjeen mukaisesti asennettuna on annettu kilonewtoneina valmiiksi lasketut arvot 1,41 ja 1,70 osuutena laskentatuulikuormasta. Tämä oli mainittu kyseisessä ohjeessa jäykistyksen varmistamiseksi.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

2.1 Arkkitehtisuunnittelu

Arkkitehtisuunnittelu määrää rakennusten ulkonäön, käytettävyyden ja tulevat kustannukset myös puurakenteisten hallien tapauksissa. Yleensä tilaajan tarpeet ja toiveet määrittelevät hallien arkkitehtisuunnittelun. Suuret aukot, kuten ikkuna- ja oviaukot julkisivuissa vähentävät ehjien levyjen määrää. Edellä mainittu luonnollisesti heikentää levyjäykistyksen kokonaiskapasiteettia.

2.2 Rakennesuunnittelu

Arkkitehtisuunnittelu siis määrittää rakennesuunnittelun reunaehdot. Tämä on tärkeää tietää, sillä näin on kaikissa hankkeissa. Arkkitehdin ammattitaito rakennesuunnittelun näkökulmasta on erittäin merkittävä. Myös rakentamisen kustannusvaikutukset luki-taan arkkitehtisuunnitteluvaiheessa. Kaikki lähtötiedot ja varsinainen suunnittelu tehtiin viimeisimmän ja voimassa olevien eurokoodien mukaisesti. Helpommin ja nopeammin levyjäykistyksen voi suunnitella esimerkiksi Gyprocin taulukkomitoituksella.

2.2.1 Yleistä

Jäykistämisen ideana on siirtää päätyyn tulevat kuormat sivuseinille ja sivulle tulevat kuormat päätyseinille kattorakenteen kautta. ”Kattorakenteeseen suunnitellaan jäykistävää vaakasuuntainen levyrakenne räystäskorkeudelle. Tämä levyrakenne suunnitellaan palkkirakenteena, jonka korkeus on rakennuksen syvyys ja jänneväli rakennuksen pituus, kun tarkastellaan pitkille seinille tulevaa vaakakuormaa”. (Puurakenteiden jäykistysuunnittelun ohje, 21). ”Jäykistysseinät tulee suunnitella siten, että ne kestävät vaakasuuntaiset ja pystysuuntaiset kuormat. Seinän tulee olla riittävästi tuettu kaatumista ja liukumista vastaan.

Jäykistysseinä, joiden on tarkoitus kestää seinän tason suuntaiset vaakaleikkausvoimat, tulee jäykistää tasossaan rakennuslevyä, vinojäykistystä tai momenttia kestäviä

liitoksia käyttäen”. (RIL 205 – 1 – 2009, 148). Tässä opinnäytetyössä pyritään saamaan rakennuksen jäykistys aikaiseksi rakennuslevyillä.

Jäykistysysteemi pienehköissä rakennuksissa suunnitellaan ja rakennetaan lähinnä tuulikuormia vastaan.

2.2.2 Tuulikuorman määrittäminen RIL 205-1-2009 mukaan

Tuuli on merkittävin kuorma, jonka takia jäykistystä tarvitaan. ”Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa taulukon 1 mukainen maastoluokka. Tasaista maastoa vastaava nopeuspaineen ominaisarvo $q_k(h)$ esitetään kuvassa 2. Rakennuksen kaikissa tuulikuorimatarkasteluissa käytetään samaa nopeuspaineen ominaisarvoa, joka määritetään rakennuksen korkeuden h mukaan”. (RIL 205-1-2009, 38).

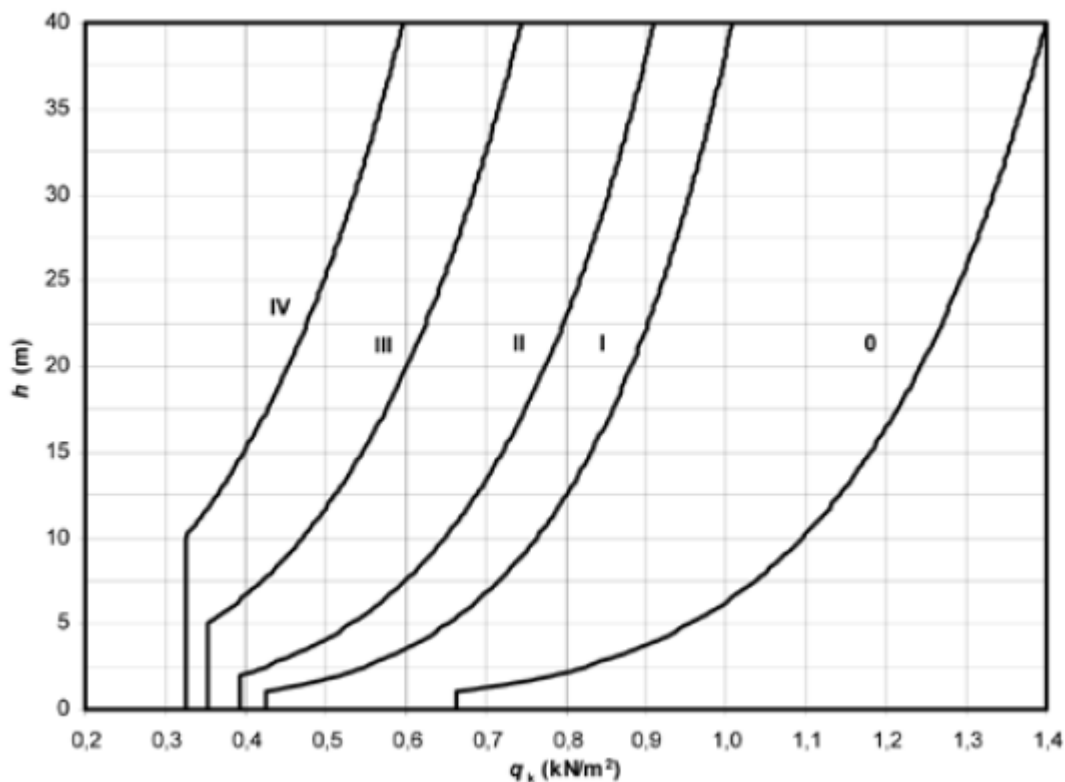
”Ohjeessa RIL 205-1-2009 esitetään yksinkertaistettu menetelmä rakennuksen kokonaistuulikuorman määrittämiseen. Kyseisessä menetelmässä määritetään kokonaistuulivoima $F_{w,k}$, joka sijaitsee korkeudella $0,6H$. Kokonaistuulivoima $F_{w,k}$ voidaan jakaa tasaiseksi kuormaksi, joka alkaa korkeudesta $0,2H$. Edellä esitettyä kokonaistuulikuormaa käytetään rakennuksen jäykistävän rungon ja perustusten mitoituksessa.” (EC5 Sovelluslaskelmat, Hallirakennus, 16.)

Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa taulukon 1 mukainen maastoluokka.

Taulukko 1. Maastoluokat (Lyhennetty suunnitteluohje, 12)

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 etäisyys 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 rakennettu ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15 m.

Tasaista maastoa vastaava nopeuspaineen ominaisarvo $q_k(h)$ esitetään kuvassa 2.



Kuva 2. Nopeuspaineen ominaisarvot $q_k(h)$ eri maastoluokissa, kun tuulennopeuden perusarvo $v_b = 21$ m/s. Nopeuspaineen laskentakaavat on esitetty RIL 201-1-2008:ssa. (RIL 205-1-2009, 39)

”Rakennuksen tai erillisen seinämän vaakasuuntainen kokonaistuulikuorman ominaisarvo saadaan tavallisissa tapauksissa kaavasta” (Lyhennetty suunnitteluohje, 13).

RIL 205-1-2009 Puurakenteiden suunnitteluohjeessa on täsmennetty lyhennetyn suunnitteluohjeen sanontaa ”tavallisissa tapauksissa”. Siis kaavaa 1 voi käyttää ”rakennuksen tai erillisen seinämän **vaakasuuntaisen kokonaistuulikuorman** laskennassa seuraavissa tapauksissa:

- rakennuksen korkeus on enintään 15 m tai
- rakennuksen seinät ovat kantavia ja rakennuksen leveys on kaikilta kohdilta suurempi kuin $\frac{1}{4}$ rakennuksen korkeudesta tai
- kun erillisen seinämän ominaistaajuus on ≥ 5 Hz.” (RIL 205-1-2009, 38.)

$$F_{w,k} = c_f q_k(h) A_{ref} \quad (\text{kaava 1, 39})$$

missä

c_f on rakenteen voimakerroin (ks. taulukko 2)

$q_k(h)$ on rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine (ks. kuva 1) [kN/m^2]

A_{ref} on rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala

Taulukko 2. Yksinkertaistetussa menettelyssä käytettäviä voimakertoimia c_f (Lyhennetty suunnitteluohje, 13)

Kuvaus	c_f
Umpinainen rakennus yleensä	1,3
Pulpettikattoinen umpinainen rakennus tarkasteltaessa kattolapteen suuntaista tuulta, kun katon kaltevuus on $5^\circ \dots 40^\circ$ (toisessa suunnassa $c_f = 1,3$)	1,5
Osittain avoin rakennus, kun tuulen puoleisella sivulla olevien aukkojen pinta-ala on enintään 30 % rakennuksen ulkoseinien kokonaispinta-alasta.	1,6
Erillinen seinämä	2,1

”Kokonaistuulikuorman resultantin oletetaan vaikuttavan 0,6h:n korkeudella maasta. Huom. Tuulikuorman resultantin oletetaan vaikuttavan 0,6h:n korkeudella, koska tässä yksinkertaistetussa kokonaistuulikuorman laskennassa rakennuksen katolla paikallisesti esiintyvät tuulenpaineen huippuarvot ja tuulen aiheuttama katon kitkavoima voivat aiheuttaa katto-osalle rakennuksen keskimääräistä ominaistuulenpainetta ($=c_f q_k$) suuremman tuulikuorman.” (RIL 205-1-2009, 40.)

”Mitoitettaessa rakenteita tuulikuormalle erotetaan mitoituspaukset A ja B:

- A) rakennuksen tuulta jäykistävien rakenteiden mitoitus kokonaistuulikuormalle (rakennuksen kokonaisstabiliteetti). (RIL 205-1-2009, 38).

B) rakennuksen tai rakenteen osapintojen ja niiden kiinnitysten mitoitus paikalliselle tuulenpaineelle.

”Muiden kuin tuulta jäykistävien kantavien puurakenteiden mitoituksessa ei yleensä tarvitse tarkastella tuulikuormaa yhdessä muiden muuttuvien kuormien kanssa; hetkellinen aikaluokka ei tule mitoittavaksi esimerkiksi lumi- ja tuulikuormalla rasitetuissa kattorakenteissa.” (RIL 205-1-2009, 38.)

Koska tässä työssä tarkastellaan vain tuulta jäykistävien rakenteiden mitoitusta, vain mitoitus tapaus A) tulee kysymykseen.

2.3 Gyprocin taulukkomitoitus

Tämä on helpoin ja nopein tapa levyjäykistämisen toteuttamiseksi. Ongelmana on usein, että rakenteisiin ei saa mahtumaan riittävää määrää levyjä kattamaan jäykistystarvetta. Puhelinkeskusteluiden perusteella Gyprocin asiantuntijoiden kanssa selvisi, että jäykistysasia ja siihen liittyvät ohjeet muuttuvat ja elävät kaiken aikaa. Toki voimassa olevia ohjeita sallitaan käyttää.

Gyprocin jäykistyslaskentaohjeessa voimien siirtyminen oletetaan, että “ylimmän välipohjan yläpuolisiin rakennuksen osiin kohdistuva tuulikuorma siirtyy kokonaan ylä/välipohjaan, ja siltä edelleen yläpohjan ja seinien liittymän kautta seiniin niiden yläreunan tasossa. Ylä/välipohjan ja sokkelin väliselle alueelle kohdistuvasta tuulikuormasta puolet siirtyy suoraan sokkeliin, puolet ylä/välipohjaan. Seinien yläreunaan kohdistuva resultoiva vaakavoima saadaan siten laskemalla yhteen koko ylä/välipohjan yläpuolisiin rakenteisiin ja puolet sen ja sokkelitason väliin kohdistuvista tuulikuormista.” (Gyproc taulukkomitoitusohje, 3.)

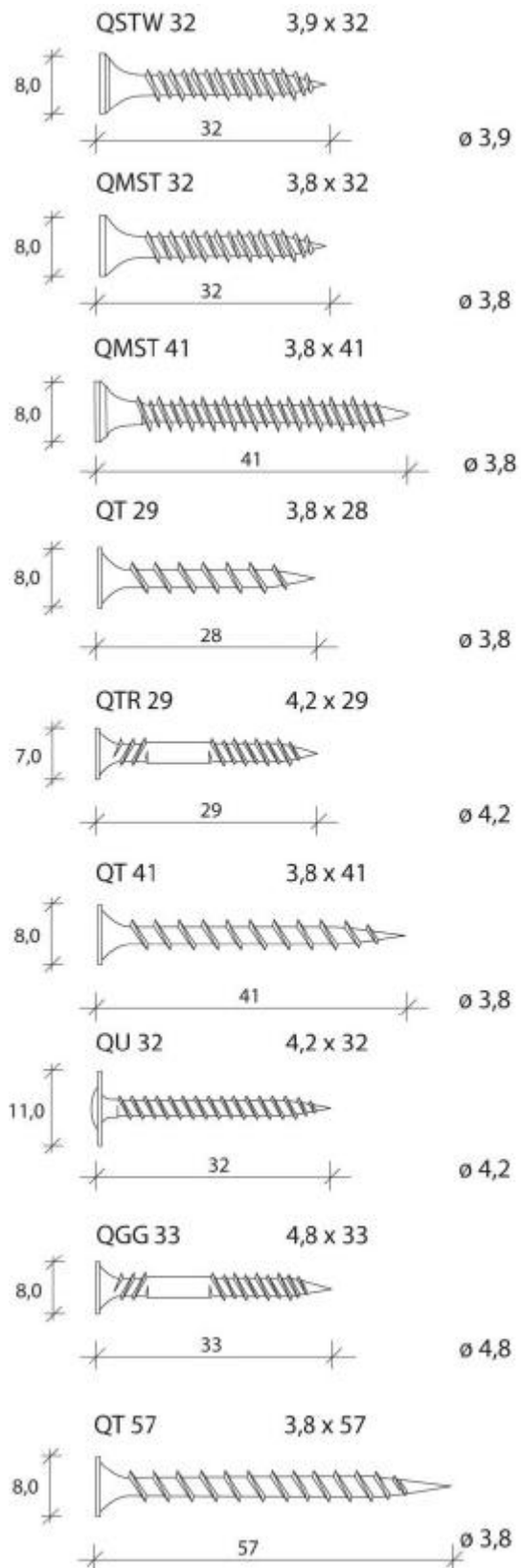
”Seinälohkoille, joissa on levytys molemmilla puolilla runkoa, noudatetaan seuraavia sääntöjä:

- Jos levyt ja liittimet ovat tyypiltään ja mitoiltaan samanlaiset, niin seinän vaakaleikkauksvoimakestävyys lasketaan molempien levytysten summana.

- Jos käytetään eri tyyppisiä levyjä, mutta siirtymäkertoimeltaan samanlaisia liittimiä, voidaan yleensä ottaa huomioon 75% heikomman puolen vaakaleikkausvoimakestävydestä. Muissa tapauksissa vahvemman puolen vaakaleikkausvoimakestävydestä saadaan lisätä enintään 50 % heikomman puolen kestävydestä.” (Gyproc taulukkomitoitusohje, 3.)

Tavallisimmissa tapauksissa seinien sisäpintaan suunnitellaan GN 13 tai GEK 13-levy ja ulkopintaan GTS 9-levy. Levytys on molemmilla puolilla runkoa. Edellisten sääntöjen mukaan taulukosta kolme voidaan päätellä, että kiinnikkeiden siirtymäkertoimet voivat olla joissain tapauksissa samanlaiset, joka aiheuttaa sen, että heikomman puolen kapasiteetista saa ottaa huomioon vain 75%. Tämä tulee suunnittelussa ottaa huomioon. Vaikeammaksi asia muuttuu toteutuksessa. Harvat ammattilaisetkaan ovat jäykistämiseen perehtyneet syvällisemmin. Pelkkä kiinnikevälien toteutus ja valvonta voi tuottaa vaikeuksia. Vaikka suunnitelmiin olisi kirjoitettu selvästi kiinniketyyppi ja –jako, niin kokemus on osoittanut, että yleensä työmaalla toteutus on jotain muuta.

Rakennusfysiikan näkökulmasta pohdittavaksi jää, miten hyvä pelkkä yhdeksänmillinen kipsilevy tuulensuojana on. Asiantuntemusta pitää olla paljon, johtuen kiristyneistä ja vielä tulevaisuudessa lisää kiristyvistä lämmöneristysvaatimuksista. Lämmöneristyspaksuudet ovat kasvaneet ja kasvavat vielä lisää, joka aiheuttaa puurakenteiden ulkopintojen kylmenemistä verrattuna aikaisempiin eristyspaksuuksiin. Edellinen voi tulla ongelmaksi, jollei sitä osata tiedostaa. Oikeanlaisella suunnittelulla tämäkin haaste on ratkaistavissa. Tässä työssä ei puututa varsinaisesti rakennusfysikaalisiin seikkoihin. Koska rakenteet ovat vielä määräykset täyttäviä ja entuudestaan paljon käytettyjä rakenteita, niiden toimivuuteen voi luottaa.



Kuva 3. Gyproc-ruuvityypit (Gyproc, Taulukkomitoitusohjeet, 10)

Taulukko 4. Gyproc-kiinnikkeiden ominaislujuudet (kN) (Gyproc, Taulukkomitoitus-ohjeet, 6)

Kiinnike	Levytyypit ja käyttöluokka											
	GN 13 kl 1	GEK 13 kl 1	GL 15 kl1	GF 15 kl 1	GTS 9 kl 2	GTS 9 kl 3	GHO 13 kl1	GHU 13 kl 2	GHU 13 kl 3	GHS 9 kl2 ja kl3	GFH13 kl1	GF15+ GEK13 kl1
Puu- ranka- ruuvit	QMST 32	0,4	0,65					0,4				
	QGG33			0,65								
	QT 29	0,4						0,4				
	QTR 29		0,55									
	QTR 41										0,95	
	QT 41 ja MST 41				0,55							
	QSTW 32							0,3	0,2	0,43		
	QT57											1,14
	QU 32					0,45	0,3		0,45	0,3	0,49	
Puu- ranka- naulat	BTC (NK- R)		0,45								0,79	
	DF		0,45								0,79	
	SENCO		0,45								0,79	
	Huopanaula (HJ15, DPN 31x32 KS.)					0,4	0,25		0,4	0,25	0,18	
	BTC (NKS)		0,5									

2.4 Jäykistysseinät RIL 205-1-2009 mukaisesti

“Jäykistysseinät tulee suunnitella siten, että ne kestävät vaakasuuntaiset ja pystysuuntaiset kuormat. Seinän tulee olla riittävästi tuettu kaatumista ja liukumista vastaan.

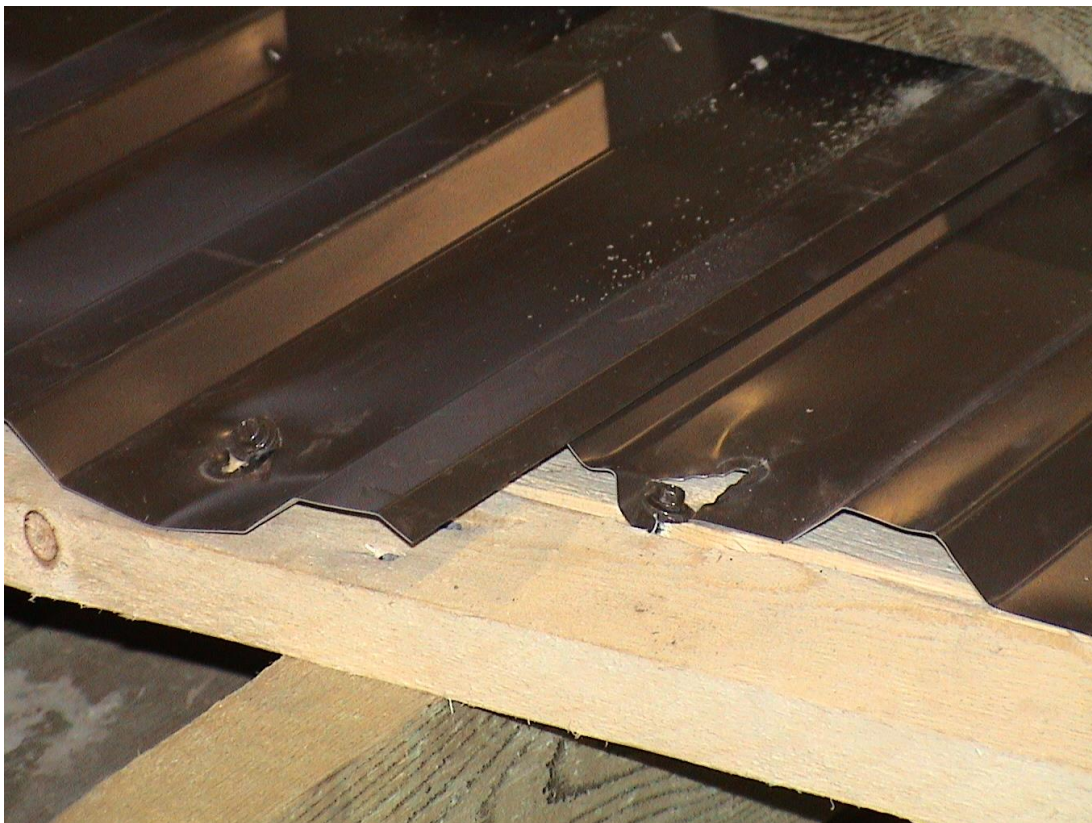
Jäykistysseinät, joiden on tarkoitus kestää seinän tason suuntaiset vaakaleikkausvoimat, tulee jäykistää tasossaan rakennuslevyä, vinojäykistystä tai momenttia kestäviä liitoksia käyttäen.

Seinän vaakaleikkausvoimakestävyys tulee määrittää joko kokeellisesti standardin EN 594 mukaisesti tai laskennallisesti, käyttämällä tarkoituksenmukaisia analyttisiä menetelmiä tai mitoitusmalleja. Jäykistysseiniä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon seinien materiaali ja rakenne.” (RIL 205-1-2009, 148.)

Kuvassa 4 esitetään kokeellisesti tehtyä seinälohkon jäykistystestiä. Kuvan 2 testi ei perustunut mihinkään standardiin, vain ns. maalaisjärkeen.



Kuva 4. Vuonna 2003 tehty testi profiilipellin lujuusominaisuuksista jäykistyksen suhteen (Seppo Kivelä, 2003)



Kuva 5. Tässä testissä ensimmäiseksi repeytyivät pellit (Seppo Kivelä, 2003)

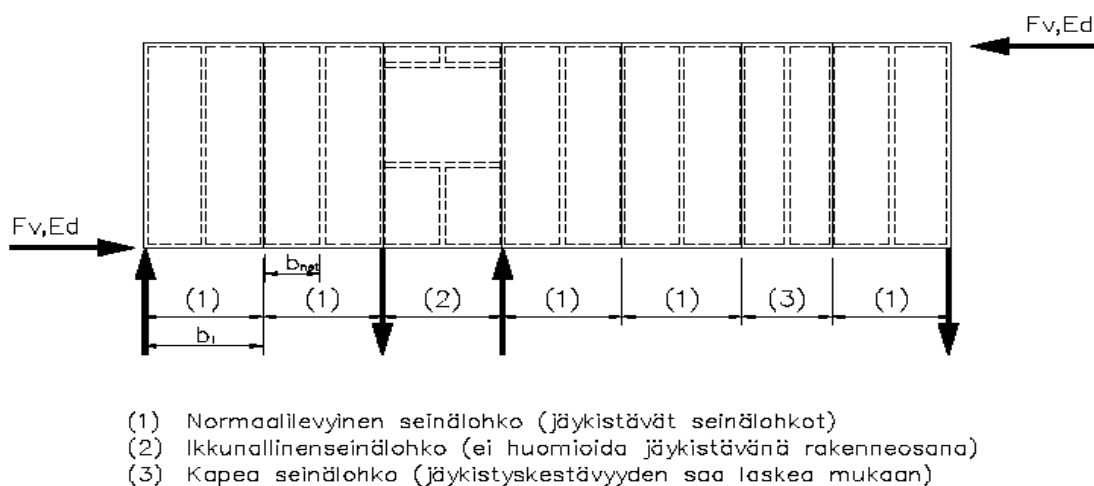
”Käyttörajan kuormat eivät saa aiheuttaa jäykistysseinien halkeamia eikä haitallisen suuria taipumia.

- Jäykistävien rakennuslevyjen kiinnittämiseen käytetään nauvoja, ruuveja, tai hakasia. Hakasliitokset mitoitetaan SFS-EN 1995-1-1 standardin mukaan.
- Jäykistysseinät, joissa jäykistykseen käytetään huokoisia kuitulevyjä tai muita kuin puulevyjä (esim. kipsilevyt), tulee mitoitaa kyseisen levyn tyyppihyväksynnässä esitettyjen ohjeiden mukaan.” (RIL 205-1-2009, 148.)

2.4.1 Jäykistysseinien yksinkertaistettu analyysi (Menetelmä A)

RIL 205-1-2009 mukaisesti tätä menetelmää käytetään vain ”sellaisten jäykistysseinien yhteydessä, jotka on ankkuroitu kunkin jäykistävän osaseinän päästä (ks. kuva 4)

tai kunkin seinälohkon kohdalta. Tällöin jäykistävän osaseinän päässä oleva pystysauva on ankkuroitu tasavälein siten, että vähintään yksi kiinnityspiste tulee kunkin lohkon eli jäykistävän levyn kohdalle.” (RIL 205-1-2009, 148.)



Kuva 6. Esimerkki kaksiosaisesta jäykistysseinästä, johon kuuluu ikkunallinen ja muita kapeampi seinälohko (RIL 205-1-2009, 150)

”Seuraavassa tarkastellaan kuormitusta, jossa voima $F_{v,Ed}$ vaikuttaa seinän yläreunaan, kun pystykuormat tai ankkurointi estävät samalla seinän nousemisen paikaltaan. Seinän vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo $F_{v,Rd}$ voidaan määrittää yksinkertaistetulla menetelmällä, kun

- seinä koostuu yhdestä tai useammasta lohkoista, joihin jokaiseen kuuluu levy, joka on kiinnitetty puurungon toiselle puolelle,
- liitinväli on vakio pitkin jokaisen levyn reunoja ja kun
- jokaisen levyn leveys on vähintään $h/4$.

Kun seinä koostuu useasta seinälohkosta, seinän vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo

$$F_{v,R,d} = \sum F_{i,v,R,d}$$

missä $F_{i,v,R,d}$ on seinälohkon vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo seuraavien kohtien mukaisesti.

Seinälohkoa rasittaa kuvan 4 mukaista vaakavoimaa $F_{i,v,Ed}$ vastaava vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo

$$F_{i,v,R,d} = \frac{F_{f,R,d} b_i c_i}{s}$$

missä

$F_{f,R,d}$ on yksittäisen liittimen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo

b_i on seinälohkon leveys

s on liitinväli

$$c_i = \begin{cases} 1, & \text{kun } b_i \geq h/2 \\ 2b_i/h, & \text{kun } b_i < h/2 \end{cases}$$

missä h on seinän korkeus.

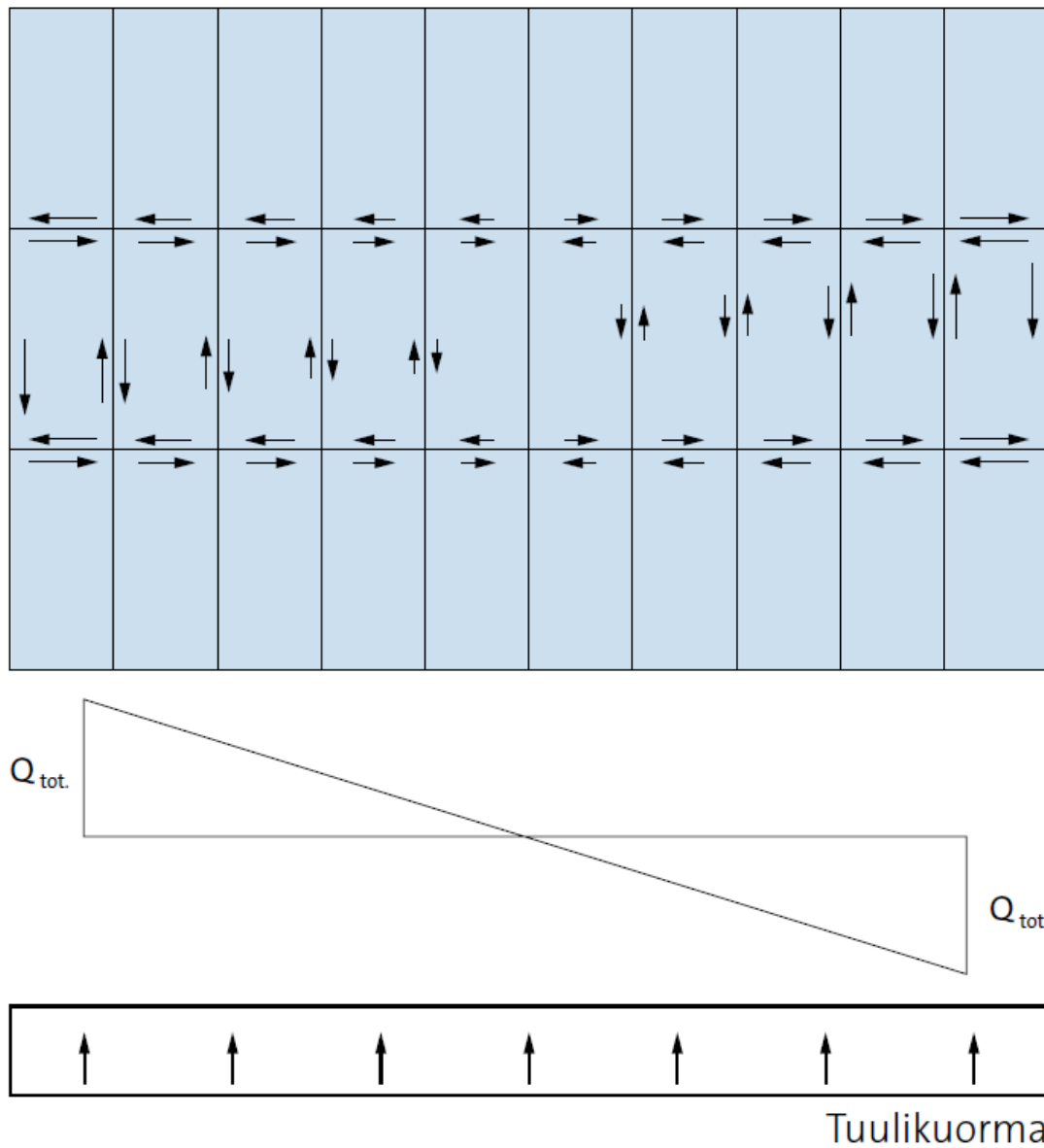
Levyn reunoilla olevien liittimien leikkauskestävyyden mitoitusarvoa saa suurentaa kertomalla liittimen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo luvulla 1,2. Määritettäessä liittimen etäisyyksiä mekaanisten liittimien suunnitteluohjeiden mukaisesti sekä levyn että puutavaran reunojen oletetaan olevan kuormittamattomia.

Ovi- tai ikkuna-aukollisen seinälohkon ei katsota lisäävän seinän vaakaleikkausvoimakestävyyttä (ks. kuva 6).” (RIL 205-1-2009, 148-149.)

2.5 Yläpohjan levyjäykistys ja jäykistyksen siirtyminen pystyrunkoon

Tiedetään, että mikäli käytetään koolausta ristikon alapaarteiden alla, koolauksen kiinnitystä ei saada yhtä lujaksi kuin levyn kiinnitystä ohjeiden mukaisesti. Siksi levy tulee kiinnittää suoraan ristikkoon. Ristikon alapaarteen alapinnan tasossa olevat leikkaus-

voimat on siirrettävä kiinnikkeiden ja levyjen avulla pystyseiniin. Leikkausvoima lasketaan statiikan sääntöjen mukaisesti ja oletusten tuulikuormien siirtymisten mukaisesti. Leikkausvoiman arvona käytetään tuulikuorman laskenta-arvoa.

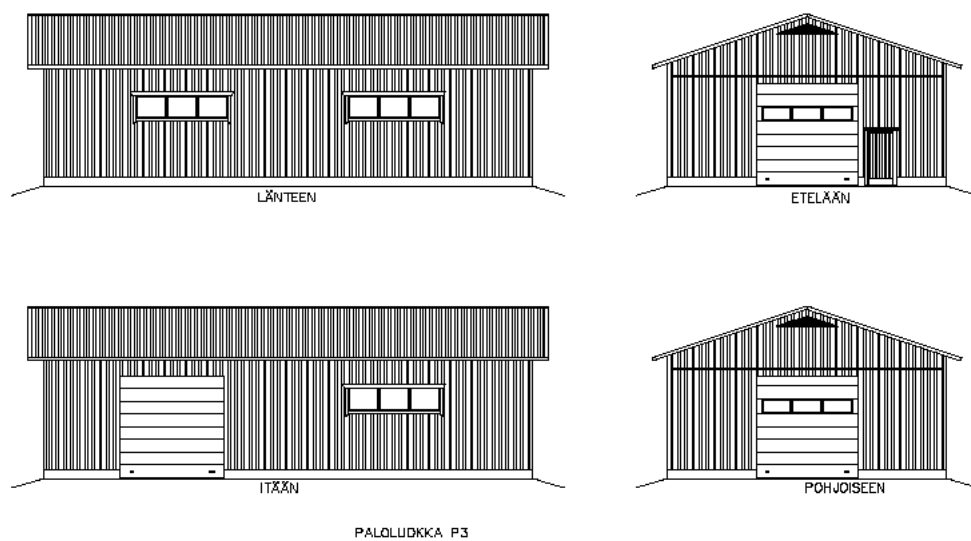


Kuva 7. Saumoissa esiintyvät leikkausvoimat (Gyproc käsikirja 2016, 455)

3 ESIMERKKIHALLIN SUUNNITTELU EUROKOODEILLA

3.1 Arkkitehtisuunnittelu

Halli rakennetaan maaseutumaiseen ympäristöön Hämeenlinnassa. Ympäristön muut rakennukset ovat maaseudun toimintoihin liittyviä rakennuksia ja asuinrakennuksia. Asuinrakennukset ovat pääosin rintamamiestyyppisiä asuinrakennuksia. Halli sijoitetaan metsäiseen määräalalle siten, ettei se ole miljöössä ensisijainen näkymä. Hallin koko määrittyi isännän tarpeiden mukaisesti. Kuvasta kahdeksan näkee, että halli on tyyppillisen suomalaisen puuhallin näköinen.



Kuva 8. Julkisivupiirustukset

Hallissa ei ole väliseiniä, joita voisi käyttää jäykistämiseen. Lämmitysmuodoksi toivottiin lattialämmitystä. Sitä, millä tavalla lämmitys lattian kautta hoidetaan, ei ole vielä lopullisesti päätetty.

3.2 Rakennesuunnittelu

Arkkitehtisuunnittelun pohjalta määrittyi rakennesuunnitteluun reunaehdot. Tämä on tärkeää tietää, sillä näin on kaikissa hankkeissa. Arkkitehdin ammattitaito rakennesuunnittelun näkökulmasta on erittäin merkittävä. Myös rakentamisen kustannusvaikutukset lukitaan arkkitehtisuunnitteluvaiheessa. Kaikki lähtötiedot ja varsinainen suunnittelu tehtiin viimeisimmän ja voimassa olevien eurokoodien mukaisesti. Helppommin ja nopeammin levyjäykistyksen voi suunnitella esimerkiksi Gyprocin taulukomitoituksella. ”Jäykistysseinät, joissa jäykistykseen käytetään huokoisia kuitulevyjä tai muita kuin puulevyjä (esim. kipsilevyt), tulee mitoittaa kyseisen levyn tyyppihyväksynnässä esitettyjen ohjeiden mukaan” (RIL 205-1-2009, 148). Gyproc-levyjen laskentaohjeessa tuulikuormien jakaantuminen poikkeaa hieman RIL 205-1-2009 laskennasta.

3.3 Tuulikuormat

Tuuli on merkittävin kuorma, jonka takia jäykistystä tarvitaan. Kirjassa RIL 205-1-2009 on annettu tuulikuorman laskemiseksi yksinkertaistettu menettely, jota voidaan käyttää Suomessa tavanomaisten rakennusten yhteydessä. ”Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa taulukon 1 mukainen maastoluokka. Tasaista maastoa vastaava nopeuspaineen ominaisarvo $q_k(h)$ esitetään kuvassa 1. Rakennuksen kaikissa tuulikuormatarkasteluissa käytetään samaa nopeuspaineen ominaisarvoa, joka määritetään rakennuksen korkeuden h mukaan. Mitoitettaessa rakenteita tuulikuormalle erotetaan mitoituspaukset A ja B:

- A) rakennuksen tuulta jäykistävien rakenteiden mitoitus kokonaistuulikuormalle (rakennuksen kokonaisstabiliteetti)
- B) rakennuksen tai rakenteen osapintojen ja niiden kiinnitysten mitoitus paikalliselle tuulenpaineelle.

Muiden kuin tuulta jäykistävien kantavien puurakenteiden mitoituksessa ei yleensä tarvitse tarkastella tuulikuormaa yhdessä muiden muuttuvien kuormien kanssa; hetkellinen aikaluokka ei tule mitoittavaksi esimerkiksi lumi- ja tuulikuormalla rasite-
tuissa kattorakenteissa.” (RIL 205-1-2009, 38.)

Tässä työssä valikoitui tapaus A), koska tutkittiin tuulta jäykistävien rakenteiden mi-
toitusta. Maastoluokaksi valikoitui luokka III (RIL 205-1-2009, 38, Taulukko 2.6.).
Tuulen nopeuspaineen ominaisarvoksi kuvasta 2.6S. saadaan 6,95 m korkealle hallille
0,41 kN / m².

Kokonaistuulikuorman ominaisarvo

$$F_{w,k} = c_f q_k(h) A_{ref} \quad (\text{kaava 1, 39})$$

missä

c_f on rakenteen voimakerroin (ks. taulukko 2.7)

$q_k(h)$ on rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine (ks. kuva 2.6S)
[kN/m²]

A_{ref} on rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala

$$A_{ref} = 19,25 \text{ m} \times 6,95 \text{ m} = 133,8 \text{ m}^2$$

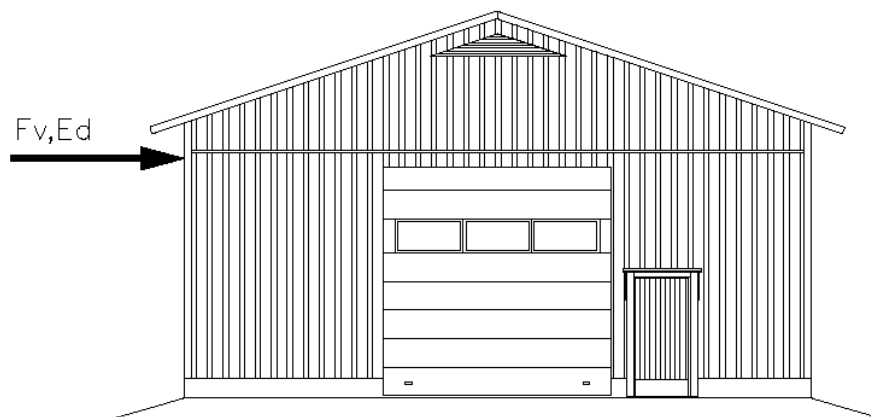
$$F_{w,k} = 1,3 \times 0,41 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 133,8 \text{ m}^2 = 71,3 \text{ kN}$$

Tuulikuorma siis laskettiin ohjeiden ja esimerkkilaskelmien mukaisesti koko tuulta
vastaan oleva pinta-ala. ”Tuulikuorman resultantin oletetaan vaikuttavan 0,6h:n kor-
keudella, koska tässä yksinkertaistetussa kokonaistuulikuorman laskennassa raken-
nuksen katolla paikallisesti esiintyvät tuulenpaineen huippuarvot ja tuulen aiheuttama
katon kitkavoima voivat aiheuttaa katto-osalle rakennuksen keskimääräistä ominais-
tuulenpainetta suuremman tuulikuorman” (RIL 205-1-2009, 39-40). ”Kokonaistuuli-
kuorman resultantti $F_{w,k}$ muutetaan tasaiseksi kuormaksi kertoimen 1,25 avulla. Ker-
roin 1,25 tulee muunnoksesta, jossa koko projektiopinnalle kohdistuva tuulenpaine
korvataan rakennuksen yläosalle sijoitettavalla tasaisella kuormalla (0,8H vyöhyke).

Tasaisen kuorman resultantti $F_{w,k}$ vaikuttaa tällöin korkeudella $0,6H$.” (EC 5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 2010.)

Tasaiseksi kuormaksi saadaan

$$q_{w,k} = F_{w,k} / (0,8 \times A_{ref}) = 1,25 \times c_f \times q_k(h) = 0,67 \text{ kN} / \text{m}^2.$$



Kuva 9. Tuulen laskentakuorman $F_{v,Ed}$ sijainti rakenteessa (Suunnitellusta esimerkikihallin pääpiirustuksista)

Murtorajatilan kuorma saadaan laskettua kertomalla käyttörajatilan kuorma kertoimella 1,5.

Yläpohjatasoon kohdistuva viivakuorma murtorajatilassa on varmuuskerroin \times kerroin 1,25 (joka muuttaa kuorman tasaiseksi) \times voimakkerroin \times nopeuspaine \times kuormituksen pinta-ala (EC 5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, 2010).

$$w = 1,5 \times 1,25 \times c_f \times q_k(h) = 1,5 \times 1,25 \times 1,3 \times 0,41 \text{ kN/m}^2 \times [(0,3 + 4,3 - 0,2 \times 6,95 + 2,48)] = 5,7 \text{ kN} / \text{m}.$$

Kuormituksen pinta-ala on laskettu seuraavasti: sokkelin korkeus plus sisäkorkeus miinus $0,2 \times$ hallin kokonaiskorkeus (tämä huomioi alkuperäisen resultantin korkeuden) kattorakenteiden korkeus ristikon alapaarteen alapinnasta katon harjapiikkiin asti.

Laskentakuorma $F_{v,Ed}$ päätyseinän yläpäähän saadaan kertomalla edellinen viiva-kuorma murtorajatilassa hallin leveydellä $19,25 \text{ m}$ ja jakamalla se kahdella, koska se jaetaan molemmille päädyille tasaisesti.

$$F_{v,Ed} = 5,7 \text{ kN / m} \times 19,25 \text{ m} / 2 = 54,7 \text{ kN.}$$

Edellä saatu $F_{v,Ed}$ laskenta-arvo $54,7 \text{ kN}$ otetaan vastaan ulkoseinän levyillä.

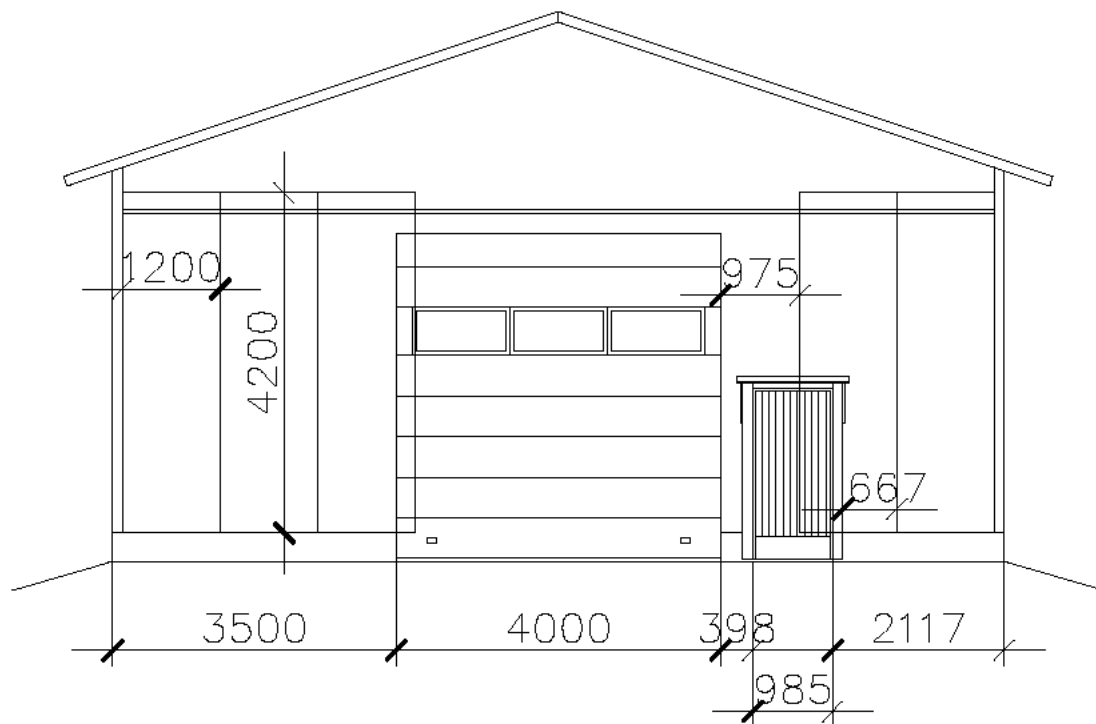
3.4 Gyprocin taulukkomitoitus käyntioven puoleiseen päätyseinään

Gyprocin ohjeessa Kipsilevyjen käyttö rankarakenteisten rakennusten jäykistämiseen voimien siirtyminen oletetaan, että “ylimmän välipohjan yläpuolisiin rakennuksen osiin kohdistuva tuulikuorma siirtyy kokonaan ylä/välipohjaan, ja siltä edelleen yläpohjan ja seinien liittymän kautta seiniin niiden yläreunan tasossa. Ylä/välipohjan ja sokkelin väliselle alueelle kohdistuvasta tuulikuormasta puolet siirtyy suoraan sokkeleihin, puolet ylä/välipohjaan. Seinien yläreunaan kohdistuva resultoiva vaakavoima saadaan siten laskemalla yhteen koko ylä/välipohjan yläpuolisiin rakenteisiin ja puolet sen ja sokkelitason väliin kohdistuvista tuulikuormista.” (Gyproc taulukkomitoitusohje, 3.)

Tuulikuorma taulukkomitoitusohjeen mukaiseen laskentaan piti siis laskea uudelleen. $F_{w,Ed} = 1,5 \times 1,3 \times 1,25 \times 0,41 \text{ kN/m}^2 \times [(4,3 - 0,3) \text{ m} / 2 + 2,48 \text{ m}] \times 19,25 \text{ m} = 86,2 \text{ kN}$, joka jaetaan kahdella ja siirretään toiseen päätyyn seinän yläpäähän. Laskentakuormaksi saatiin siis $43,1 \text{ kN}$.

Tarkastellaan käyntiovenpuoleista päätyseinää. Siihen saadaan kolme ehjää levyä ja kaksi leikattua levyä sisäpuolelle ja ulkopuolelle kuvan kahdeksan mukaisesti. Levyiksi on valittu GN 13, jossa käyttöluokka on yksi ja ulkopuolelle GTS 9, johon käyttöluokaksi valittiin kolme. Käyttöluokka kolme valittiin siitä syystä, jotta hallin jäykistys toimisi, vaikka julkisivupinnoitetta ei heti asennettaisikaan.

Gyprocin kipsilevyjä on saatavilla 4,2 metrisiksi asti Gyprocin teknisen neuvonnan mukaan. Sokkelin yläreunasta yläohjauspuun yläpintaan on 3,95 m. Käytetään laskennassa levynpituutta 3,95 m, vaikka käytännössä tilattaisiinkin levynpituus 4,2 metriä. Miesvoimasta ei ole puutetta, sillä tilaaja on voimannoston M50 raskas sarja euroopan mestari ja hänellä on voimassa olevat suomen ennätykset kyykyssä ja maastavedossa. Tärkeintä on kuitenkin huomata määrätty ruuvijako yläohjauspuuhun, vaikka levy menisikin yli yläohjauspuun. Levyn leveys on tyypillinen 1200 mm.



Kuva 10. Päätyseinään mahtuvien ehjien ja leikattujen levyjen lukumäärä (Piirretty suunnittelua varten)

Taulukosta kolme (Gyproc taulukkomitoitusohje, 6) saatiin eri kiinnikeväleillä kiinnitettyjen Gyproc-rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetit (kN/levy) laskettuina RIL 205-1-2009 mukaisesti. Tärkeää on huomata, että ohjeessa on annettu levyjen kapasiteetit

2400 mm korkeille levyille kertoimen ollessa 1. Muut pienennyskertoimet on laskettu jakamalla 2400 mm levyn todellisella korkeudella. (Gyproc taulukkomitoitusohje, 9). Siten 3950 mm korkealle levyille kapasiteettien pienennyskertoimeksi saadaan $2400 \text{ mm} / 3950 \text{ mm} = 0,61$. ”Leikatun levyn jäykkyyden arvioidaan olevan $\frac{1}{4}$ -osa reunoilta leikkaamattoman levyn jäykkyydestä” (Gyproc taulukkomitoitusohje, 7). Yksittäisen levyn leveyden tulee olla kuitenkin suurempi kuin kyseisen levyn korkeus jaetuna neljällä (Gyproc taulukkomitoitusohje, 7; RIL 205-1-2009, 148). Jotta 3,95 metriä korkeita levyjä voisi huomioida, niin leikatun levyn tulisi olla vähintään 988 millimetriä leveitä. Mikäli edellä mainittu korkeuden suhde leveyteen leikattujen levyjen osalta toteutuu, niin kapasiteettina Gyprocin kipsilevyillä saa käyttää ainoastaan neljäsosaa ehjän levyn kapasiteetista (Gyproc taulukkomitoitusohje, 7).

Taulukko antaa yhdelle GN 13-levylle kapasiteetiksi 5,88 kN ja yhdelle GTS 9-levylle 4,41 kN 70 mm:n ruuvivälillä. Kapasiteetit edellyttävät kiinnikkeinä käytettävän QT 29-ruuvia GN 13-levyssä ja QU 32-ruuvia GTS 9-levyssä. Kuvassa kolme on esitelty ruuvityypit. Kapasiteetiksi tulee tällöin $3 \times (5,88 + 4,41) \text{ kN} = 30,9 \text{ kN}$, joka pitää kertoa pienennyskertoimella 0,61, jolloin kapasiteetiksi saadaan 18,8 kN. Tämä ratkaisu ei riitä jäykistämään käyntioven puoleista päätyseinää.

Päätyseinään, jossa käyntiovea ei ole, saadaan mahtumaan neljä ehjää levyä ja kaksi leikattua levyä. Leikattuja levyjä ei ole mahdollista käyttää, koska niiden leveys ei ole riittävä. Kapasiteetiksi saadaan $4 \times (5,88 + 4,41) \text{ kN} = 41,2 \text{ kN}$, joka pitää kertoa pienennyskertoimella 0,61, jolloin kapasiteetiksi saadaan 25,1 kN. Tarve oli 43,1 kN, joten saatu tulos ei ole riittävä.

Kokeillaan laskea kapasiteetti GEK-levyillä. Taulukko antaa yhdelle GEK 13-levylle kapasiteetiksi 9,55 kN ja yhdelle GTS 9-levylle 4,41 kN 70 mm:n ruuvivälillä. Kapasiteetit edellyttävä kiinnikkeinä käytettävän QMST 32-ruuvia GEK 13-levyssä ja QU 32-ruuvia GTS 9-levyssä. Kapasiteetiksi tulee tällöin $3 \times (9,55 + 4,41) \text{ kN} = 41,9 \text{ kN} \times 0,61 = 25,5 \text{ kN}$, joka on liian vähän laskentakuorman nähden, joka on 43,1 kN. Erotukseksi tulee $43,1 \text{ kN} - 25,5 \text{ kN} = 17,6 \text{ kN}$. Erotus on niin suuri, ettei jäykistys onnistu edes lyömällä vinolaudoitus $22 \times 125 \text{ k300 5N } 75 \times 2,8$ / liitos ulkopuolelle tuulensuojalevyn päälle koko päätyseinään. Varsinkaan, kun tarpeellista tietoa tuulensuojalevyn päälle lyödystä vinolaudoituksesta ei löydy. Rakenteessa on niin sanottuja

piilojäykkyyksiä, joilla voitaisiin perustella varmuutta, mikäli oltaisiin päästy lähellekään tarvittavaa kapasiteettia. Päätyseinillä kipsilevyillä ei saada aikaiseksi tarvittavaa jäykistystä.

3.5 Käyntioven puoleisen päätyseinän jäykistys sisäpuolisella vanerilla ja ulkopuolen Gyprocin tuulensuojalevyllä

Koska kipsilevyillä ei saatu aikaan riittävää jäykistystä päätyseinillä, tarkastetaan, onko mahdollista saada jäykistystä aikaiseksi vanerilla Puurakenteiden suunnittelu – Lyhennetty suunnitteluohjeen 2011 mukaisesti.

Laskennassa tarkastellaan kuormitusta, jossa voima siirretään seinän yläreunaan (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 42). ”Seinän vaakavoima-leikkauskestävyyden mitoitusarvo $F_{v,Rd}$ voidaan määrittää yksinkertaistetulla menetelmällä, kun

- seinä koostuu yhdestä tai useammasta lohkoista, joihin jokaiseen kuuluu levy, joka on kiinnitetty puurungon toiselle puolelle
- liitinväli on vakio pitkin jokaisen levyn reunoja
- jokaisen levyn leveys on vähintään $h/4$ ” (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 42).

Jos seinä koostuu useasta lohkoista, vaakaleikkausvoimakestävyys saadaan lohkojen summana (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 42).

Pelkistetysti laskennassa lasketaan tarvittavaa voimaa vastaava liitinväli.

Ensin tulee arvata ja valita käytettävät materiaalit. Valitaan puutavaran lujuusluokaksi C24, vanerin dimensioiksi 24 mm x 1200 mm x 3950 mm ja kiinnikkeeksi neliskulmainen lankanaula 3,4 x 100.

Naulaliitoksen mitoitusarvo yksileikkeisessä liitoksessa, jossa vaneri on läpinaulattu puutavaraan on

$R_d = k_{mod} / \gamma_M \times k_1 \times 120 \times d^{1,7}$ (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 32).

k_{mod} arvo huomioi käyttöluokan, joka on 1 ja kuorman aikaluokan, joka on hetkellinen. k_{mod} arvoksi saadaan 1,1 (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 17).

γ_M on materiaaliominaisuuden osavarmuusluku ja arvoksi saadaan 1,4 (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 17).

Valitun neljätuumaisen käsin lyötävän neliskulmaisen lankanaulan halkaisija d on 3,4 mm.

”Levystä ja puutavaran tiheydestä johtuva kerroin $k_1 = (0,5 + t/(12 \times d)) \times k_{\rho}$ edellyttää, että $t \geq 2d$ ja $d \leq 5$ mm

rajoituksena neliskulmaisella naulalla $k_1 \leq 1,4 k_{\rho}$

missä

t on levyn paksuus

k_{ρ} on naulan kärkipuolen puun tiheyden mukaan Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohjeen sivulla 31 olevan kaavan mukaan laskettu kerroin” (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 32).

$k_{\rho} = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}}$ jossa ρ_k on sivulta 17 saatava puutavaran ominaistiheys. C24 puutavaran

ominaistiheys on $350 \text{ kg} / \text{m}^3$, joten k_{ρ} arvoksi saadaan 1.

$$k_1 = (0,5 + 24/(12 \times 3,4)) \times 1 = 1,09$$

$$R_d = 1,1 / 1,4 \times 1,09 \times 120 \times 3,4^{1,7} = 823 \text{ N}$$

”Levyn reunoilla olevien liittimien leikkauskestävyyden mitoitusarvoa saa suurentaa kertoimella 1,2” (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 42).

Yksittäinen levy kestää $F_{i,v,Ed} = F_{f,Rd} \times b_i \times c_i / s$

missä

$F_{f,Rd}$ on yksittäisen liittimen leikkauskestävyyden mitoitusarvo, tässä tapauksessa $R_d \times 1,2$

b_i on seinälohkon leveys

s on liitinväli

c_i on 1, kun $b_i \geq h/2$ tai $2 \times b_i/h$, kun $b_i < h/2$

$h/2 = 3950 \text{ mm} / 2 = 1975 \text{ mm}$ ja levyn leveys on $1200 \text{ mm} \rightarrow c_i = 2 \times b_i / h = 2 \times 1200 \text{ mm} / 3950 \text{ mm} = 0,61$.

Ehjiä vanerilevyjä saadaan sopimaan sisäseinälle kolme kappaletta. Tuulesta aiheutuva vaakaleikkausvoimakkestävyyden mitoitusarvo oli yksinkertaistetun menetelmän mukaan $54,7 \text{ kN}$, josta voidaan vähentää aiemmin laskettujen kolmen tuulensuojakipsilevyn jäykistävä vaikutus jaettuna kahdella. Kolmen GTS-levyn kapasiteetti oli $13,2 \text{ kN}$, joka jaetaan kahdella, niin arvoksi saadaan $6,6 \text{ kN}$. Edellinen vähennetään päätyyn tulevasta laskentatuulikuormasta $54,7 \text{ kN} - 6,6 \text{ kN} = 48,1 \text{ kN}$, joka jaetaan kolmelle vanerilevyille, saadaan arvoksi $48,1 \text{ kN} / 3 = 16,0 \text{ kN} / \text{yksi vanerilevy}$.

Yksittäinen levy kestää kaavan mukaan $F_{i,v,Ed} = F_{f,Rd} \times b_i \times c_i / s$, josta kaavasta ratkaistaan liitinväli s .

$s = F_{f,Rd} \times b_i \times c_i / F_{i,v,Ed} = 823 \text{ N} \times 1,2 \times 1200 \text{ mm} \times 0,61 / 16000 \text{ N} = 45 \text{ mm}$. Tällaisella kiinnikkeiden k -jaolla, kolmeen 24 mm :n vaneriin kiinnitettynä jäykistys onnistuu. Laitetaan myös toiseen päätyyn, jossa ei ole käyntiovea samanlainen jäykistyssysteemi. Nettisivujen mukaan Koskisen Oy ainakin myy tuollaisia erikoispitkiä vanereita. Tässä käytettiin erikoispitkiä vanereita jatkamisen välttämiseksi.

Seuraava haaste on liittimien reunaetäisyydet. Ongelma muodostuu vanerin reunalla, kun samaan tolppaan pitää kiinnittää kaksi vanerilevyä. Lasketaan puutavaran tarvittava leveys. Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetyt suunnitteluohjeen sivulla 30 on esitetty naulojen pienimmät reunaetäisyydet. Vaatimus naulan etäisyys puun reunasta on $5 \times d = 5 \times 3,4 \text{ mm} = 17 \text{ mm}$. Edellinen tietenkin molemmista reunoista. Vanerissa liittimen reunaetäisyys määräytyy seuraavan ohjeen mukaan: ”Puulevyn ja puutavaran liitoksissa naulojen minimivälit saa pienentää kertoimella $0,85$. Puutavaran reuna- ja päätyetäisyyksiä ei saa pienentää” (Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, 2011, 32). Etäisyys vanerin reunasta on näin ollen $0,85 \times 5 \times d = 0,85 \times 5 \times 3,4 \text{ mm} = 14,45 \text{ mm}$. Koska vanerit on päittäin liitetty, pystytään laskemaan puutavaran tarvittava leveys. Puutavaran tarvittava leveys on $2 \times \text{puun minimi etäisyys} + 2 \times \text{vanerin minimietäisyys} = 2 \times 17 \text{ mm} + 2 \times 14,45 \text{ mm} = 63 \text{ mm}$, joka on ehdoton minimileveys runkotolpalle, johon liitetään kaksi vanerilevyä. Naulojen keskinäinen etäisyys syiden suunnassa on 45 mm ja vaatimus on $10 \times d = 10 \times 3,4 \text{ mm} = 34 \text{ mm}$, ok! Nurkkatolpan nurjahduskestävyys hoituu levyjen kiinnityksillä ja toisen suunnan nurkkatolpan yhteisvaikutuksesta.

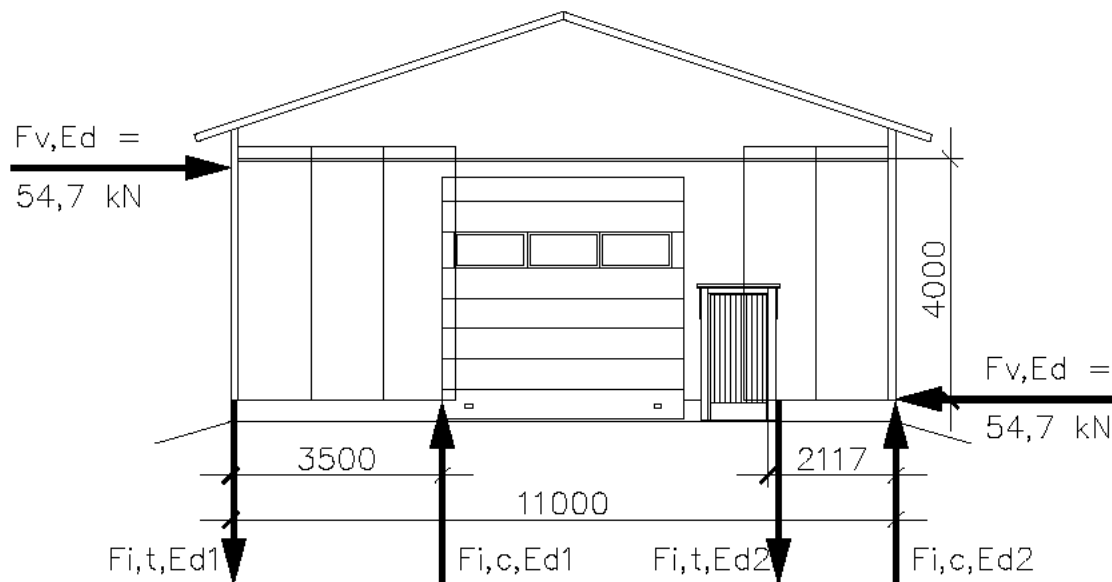
Tässä on otettu huomioon ainoastaan ehjät levyt. Varmuutta jäykistykseen saadaan myös leikatuista levyistä, joita ei ole laskennassa huomioitu. Ruukin teknisestä neuvonnasta (puhelinkeskustelu 14.3.2017 Anssi Lehmonen) kerrottiin, ettei julkisivupelleille ole olemassa mitään jäykistysarvoja.

3.6 Gyprocin taulukkomitoitus nosto-oven puoleiseen pitkään seinään

Tuulikuormat kertyvät päätyyn tulevasta tuulikuormasta samoin periaattein kuin pitkistä sivusta. AutoCad ohjelman area-toiminnolla päädyn pinta-alaksi saadaan 50,6 m² ja kattokolmion pinta-alaksi saadaan 16,7 m². Gyprocin taulukkomitoitusohjeen mukaan mitoittavaksi voimaksi yläpohjatasen korkeudelle on kattokolmion pinta-ala lisättyinä puolet päädyn pinta-alasta. Edellinen jaetaan kahdella, koska puolet siirtyy rakennuksen toiseen nurkkaan ja toinen puoli toiseen nurkkaan. $F_{w,Ed} = 1,5 \times 1,25 \times 1,3 \times 0,41 \text{ kN/m}^2 \times [16,7 \text{ m}^2 + (50,6 \text{ m}^2/2)] / 2 = 21,0 \text{ kN}$. Tulos on rakennuksen päädyssä oleva laskentatuulikuorma, joka kuormittaa pitkää sivua. Taulukosta kolme (Gyproc taulukkomitoitusohje, 6) saatiin eri kiinnikeväleillä kiinnitettyjen Gyproc-rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetit (kN/levy) laskettuina RIL 205-1-2009 mukaisesti. GN 13 levy kiinnitettynä ruuvilla QMST 32 k 200 antaa kapasiteetiksi yhdelle levyllä 2,74 kN ja GTS 9 levyllä käyttöluokassa 3 ruuvilla QU 32 k 200 kapasiteetin 2,06 kN. Jopa nosto-oven puoleiselle seinälle mahtuu molempia levyjä yhteensä 8 kappaletta kumpaakin. Jäykistyskapasiteetiksi saadaan siis $8 \times (2,74 + 2,06) \text{ kN} = 38,4 \text{ kN} \times 0,61 = 23,4 \text{ kN}$, joka ylittää tarpeen 21,0 kN. Molemmat levyt kiinnitetään pitkillä sivuilla 150 millimetrin kiinnitysväleillä.

3.7 Kaatuminen

Kaatumista vastaavat voimat on esitetty kuvassa 9. Voimista syntyy kaksi voimaparia. Tarkastellaan aluksi käyntioven puoleista osaa, joka on kaikkein rankimmin kuormitettu kohta.



Kuva 11. Kaatumisen voimakuviot (Piirretty suunnittelua varten)

Jaetaan voima $F_{v,Ed}$ levyjen määrän suhteessa. Merkitään vasemmanpuoleista osaa $F_{v,Ed1}$:ksi ja otetaan voimasta $F_{v,Ed}$ kaksikolmasosaa sille puolelle. Vastaavasti oikealle puolelle otetaan yksikolmasosa ja merkitään se $F_{v,Ed2}$:ksi. Yhtälö, joka voimapareista saadaan on $54,7 \text{ kN} \times 4 \text{ m} \times 2/3 = F_{i,t,Ed1} \times 3,5 \text{ m}$. Ratkaisemalla yhtälöstä $F_{i,t,Ed1}$ saadaan vetovoima, joka pitää ankkuroida perustuksiin. $F_{i,t,Ed1}$:n arvoksi tulee tässä tapauksessa 41,7 kN. Vasemman puolen vetovoimasta tulee pienempi, joten käytetään suunnittelussa tuota suurempaa arvoa. Ulkoseinän oma paino vastustaa seinän nostetta. Ulkoseinän oman painon merkitys tässä tapauksessa on pieni, joten jätetään kattorakenteiden omanpainon pienentävä vaikutus huomioimatta. Ankkuroidaan siis rakennuksen nurkat voimalle 41,7 kN. Hoidetaan ankkurointi teräsosein, jotka ankkuroidaan anturaan.

3.7.1 Päätyseinän, sokkelin ja anturan omat painot nostetta vastaan

Edellisessä kappaleessa saatiin laskettua nosteen suuruus $F_{i,t.,Ed1}$, jonka arvoksi on saatu 41,7 kN. Ensin varmistetaan, että päätyseinän, sokkelin ja anturan, sekä anturan päällä oleva maanpaino ovat riittävät nostetta vastaan. Koska omat painot vastustavat seinän nostetta, kuormituskertoimena käytetään arvoa 0,9. Seuraavissa luvuissa varmistetaan seinän kiinnitys näihin perustuksiin.

Yläpohjasta saadaan omaapainoa räystäältä ja ristikkojaon puolikkaan verran. Päätyräystään pituus tulee olemaan vähintään 700 mm ja ristikkojako 1200 mm. Lumikuorma ei voida huomioida vastustavana voimana, koska sitä ei ole kuin talviaikana. Vastustavan voiman arvoksi yläpohjasta saadaan $(0,7 \text{ m} + 1,2 \text{ m} / 2) \times 0,6 \text{ kN} / \text{m}^2 = 0,8 \text{ kN} / \text{päätyseinämetri}$. Seinästä itsestään painoksi päätyseinämetriä kohden saadaan seinän korkeus x seinän omapaino = $4,5 \text{ m} \times 0,4 \text{ kN} / \text{m}^2 = 1,8 \text{ kN} / \text{päätyseinämetri}$. Sokkeli on suunniteltu rakennettavaksi Lammin betoni Oy:n muottiharkosta. Sokkelin massa kuvan 10 teknisten tietojen mukaan on $350 \text{ kg} / \text{m}^2$. Koska sokkeliin on suunniteltu ladottavaksi neljä varvia muottiharkkoja, voidaan valmiin harkkosokkelin vastustava omapaino laskea. Harkkosokkelin omapaino on sokkelin korkeus x valmiin sokkelin paino eli $0,8 \text{ m} \times 3,5 \text{ kN} / \text{m}^2 = 2,8 \text{ kN} / \text{metri}$.

Muottiharkko 150

Muottiharkkoperheen perustan muodostaa suora 600 mm pitkä peruskivi. Kivi koostuu kahdesta betonikuoresta ja kolmesta kuorien välisestä betonikannaksesta. Kiven päädyissä on uros- ja naaraspontit jotka lukittuvat vastakkaisiin kiviin. Kivi on samaan aikaan sekä kevyt käsitellä, että kestävä valupainetta vastaan.

Kaikkiin muottikiviimme on tehty urat vaakateräksille. Urien avulla teräkset pysyvät siellä missä niiden kuuluukin, myös valun aikana. Näin suojabetonipaksuudet täyttyvät rakenteilla varmasti. Kivien pohjassa on myös syvennykset liittoprofiilia varten, jolloin aukon ylitykset on helppo toteuttaa patentoidulla liittoprofiilirakenteella.

Tekniset tiedot

Tuotetunnus:	MH150
Mitat:	600x150x200 mm
Paino:	19 kg
Betonimenekki:	80 l/m ²
Kivimenekki:	8,33 kpl/m ²
Valmiin seinän paino:	350 kg/m ²
Ääneneristävyys, R _w *:	58 dB
Palokäyttäytyminen:	A1

*Valmiin, pinnoitetun seinän ominaisuus.

Pakkaustiedot

Kappaletta lavalla:	64 kpl / lava
Lavapaino:	1250 kg
Myynti:	Lavoittain

Tuotedokumentit

[Suoritusosoitus \(DoP\)](#)
[Tuotesertifikaatti \(FI\)](#)
[Työohjeet \(pdf\)](#)

Linkit

[Tuoteselosteet](#)
[Työohjeet ja työohjevideot](#)

Suunnittelijalle

[Detaljit ja suunnitteluohjeet](#)



Kuva 12. Lammin betoni Oy:n Muottiharkon tekniset tiedot (Lammin betonin nettisivut)

Anturan paino on $0,2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 25 \text{ kN} / \text{m}^3 = 3,0 \text{ kN} / \text{m}$. Kaikki edelliset yhteenlaskettuna eivät riitä lähellekään nostetta vastaan. Pitää ottaa myös maan omapaino

huomioon anturan vapaana olevista kohdista. Mikäli anturan leveys on 600 mm ja sen päälle asennetaan 150 mm leveä muottiharkko ja sisäpuolelle 2 x 50 mm EPS 120 ROUTA-eriste, jää vapaaksi tilaksi 600 mm – 150 mm – 100 mm = 350 mm. Täytekapillaarisoran tiheys on 1,6 kN / m³. Kuvasta 14 voidaan arvioida täytteen paksuus puoleksi metriksi. Maan painoksi saadaan siis korkeus x vapaana olevan anturankoh- tien leveys x tiheys = 0,5 m x 0,35 m x 1,6 kN / m³ = 0,3 kN / m. Kaatumista vastustava omapaino on siis kaikki edelliset yhteensä laskettuna. Arvoksi saadaan (0,8 + 1,8 + 2,8 + 3,0 + 0,3) kN / m = 8,7 kN / m. Edellinen arvo tulee kertoa pienentävällä kertoimella 0,9, jolloin vastustavaksi omaksi painoksi saadaan $G_d = 0,9 \times 8,7 \text{ kN / m} = 7,8 \text{ kN / m}$. Kiinnostavaa on, montako seinämetriä tarvitaan kattamaan nostava voima 41,7 kN. Tarvittavien seinämetrien määrä saadaan jakamalla nostavan voiman arvo omien painojen laskenta-arvolla. Arvoksi saadaan $41,7 \text{ kN} / 7,8 \text{ kN / m} = 5,3 \text{ m}$. Seuraavaksi pitäisi arvioida onko mahdollista, että rakennuksen nurkasta lähtien, jaettuna pääty- ja sivuseinille yhteensä käytännössä saada vaadittua kuormaa. Tällaisesta laskennasta ei löydy lähteitä. Voisi ajatella, jos koko halli kaatuisi kumoon, niin tuskin koko sokkeli leikkaantuisi suoraviivaisesti. Tässä tapauksessa on betonisokkeli, joka toimii palkin tavoin myös pelkästään kutistumisraudoitettuna. Sivuseinien alla olevat omat painot ovat hieman suurempia kuin päätyseinien alla olevat. Tiedetään tehdyn satoja vastaavan tyyppisiä halleja pelkkien 1,2 m x 1,2 m x 0,2 metrinen anturaplinttien varaan k ~ 4500 ja vielä siten, että plinttien päällä ei ole maata nimeksikään. Tiedetään tehdyn vastaavantyyppisiä halleja paljon vastaavan tyyppisillä perustuksilla tai heikommilla, ne on tehty kevytsoraharkoista muuraamalla. Tuskin kukaan on nähnyt valmista hallia kumossa siten, että betonisen anturan pohja on ollut tarkastettavissa koko hallin kaatumisen jälkeen.

3.7.2 Kaatumista vastustavien teräsosien suunnittelu

Ideana on ottaa päätyseinän reunimmainen runkotolppa kiinni kaatumista vastaavan voiman suuruuden verran. Sokkeli tehdään Lammin betoni Oy:n ladottavista harkoista, jotka valetaan betonia täyteen. Yleensä ensimmäiseksi mieleen tulee sidevanteet. Sidevanteen on oltava täsmälleen puurungon ulkoreunan kanssa samassa linjassa. Piirrettäessä se onnistuu helposti. Runkotolppien sijainnit ovat millimetrin tarkkuudella tiedossa ennen valua. Ratkaistaan asia upottamalla reikävanteet betoniin riittäväle

ankkurointisyvyydelle. Ennen valua sidevanteet on kiinnitettävä riittävän tukevasti, jotta niiden sijainti on millilleen oikeassa paikassa ja ettei niiden sijainti muutu valutyön aikana. Tässä kohtaa on ehkä hyvä huomata termien ja nimitysten merkitys. Kuvista kolmetoista ja neljätoista voidaan huomata reikävanteen ja sidevanteen ero. Taitavat asiantuntijatkin puhua reikävanteesta tarkoittaessaan sidevannetta. Tosin noin viisitoista vuotta vanhassa BMF – NAULOUSLEVY – kansiossa, johon ei ole laitettu minkäänlaista päiväystä, puhutaan reikävanteesta molemmissa tapauksissa. Ja vielä väitetään, ettei rakennustekniikassa tapahdu kehitystä! Tässä tapauksessa sidevanne jää lämmöneristyksen kylmälle ja lämpimälle puolelle ja siksi on syytä käyttää ruostumatonta sidevannetta ja kiinnikkeitä.



Kuva 13. Sidevanne (SIMPSON Strong-Tien kuvasto netissä)




Kuva 14. Reikävanne (SIMPSON Strong-Tien kuvasto netissä)

3.7.3 Kaatumista vastustavien teräsosien laskenta


Kaatumista vastustava voima $F_{i,t,Ed1}$:n arvo on siis 41,7 kN. Kuvan kolmetoista taulukoista saadaan arvo 60 mm leveälle ja 2 mm paksulle vanteelle vetolujuudeksi 26,7 kN. Näitä on laitettava kaksi rinnakkain, jotta saadaan suurempi arvo kuin 41,7 kN. Edelleen kuvan kaksitoista taulukoista saadaan laskettua naulojen lukumäärä. Taulukon mukaan kestävyden ominaisarvo $R_{1,k}$ [kN] min käytettäessä naulauslevynauvoja CNA4,0x40 on $1,83 \times n$ kN. Jaetaan luku 41,7 kN $1,83$ kN:lla saadaan naulojen lukumääräksi 22,7 naulaa CNA4,0x40 eli 23 naulaa. Koska arvot ovat ominaisarvoja edelliset tulokset tulisi kertoa k_{mod} -arvolla, joka on käyttöluokassa 2 ja kuorman aikaluokassa Hetkellinen 1,1. Tulokseksi saadaan 25,3 naulaa eli 26 naulaa yhteensä. Koska sidevanteita on kaksi, tulee yhteen sidevanteeseen vähintään kolmetoista naulaa. Taulukon mukaan naulojen maksimimäärä, joka auttaa lujuteen saadaan laskettua vanteen lujuus jaettuna yhden naulan leikkausvoimakestävyydellä. Eli $26,7 \text{ kN} / 1,83 \text{ kN} = 14,6$ naulaa \rightarrow 15 naulaa vastaa sidevanteen itsensä lujuutta. Määrätään tämä maksimiarvo 15 naulaa naulojen minimilukumääräksi.

Technical data sheet
BAN - SIDEVANNE



TECHNICAL DATA

Mitat



Tuotteenro	Mitat (mm)			Reiät Ø
	A	B (n)	L	
BAN154025*) **)	40	25	1,5	5
BAN154050**)	40	50	1,5	5
BAN202510	25	10	2	5
BAN202525	25	25	2	5
BAN204025*)	40	25	2	5
BAN204050*)	40	50	2	5
BAN206050	60	50	2	5
BAN208025	80	25	2	5

*) Filsi med meterangivelse pr. 5 m
 **) Suurtäluurite S350GD

Kestävyyden ominaisarvot

Tuotteenro	Stiil	Kestävyyden ominaisarvo $R_{t,x}$ [kN] min			
		Puu - käytettävissä nauhaslevynauvoja CNA4,0x			
		35	40	50	60
BAN154025*) **)	17	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n
BAN154050**)	17	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n
BAN202510	11,9	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n
BAN202525	11,9	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n
BAN204025*)	17,8	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n
BAN204050*)	17,8	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n
BAN206050	26,7	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n
BAN208025	35,6	1,88 x n	1,83 x n	2,22 x n	2,36 x n

n = nauhaslevynauvojen määrä

Hedegaardsvej 11 8300 Odder
 Tel. : +45 8761 7400 / Fax : +45 8761 7409
 Tämän materiaalin tiedot ovat perustuneet Simpson Strong-Tie:n omiin mittauksiin.
 Tiedot ovat voimassa ja käytettävissä siten kuin Simpson Strong-Tie on tuottanut.

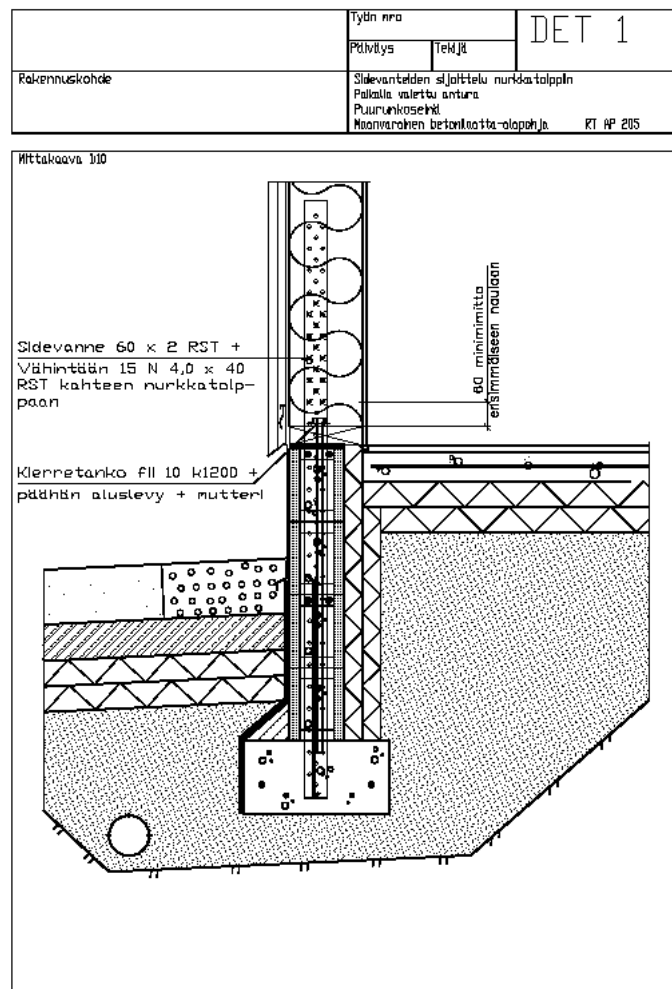
BAN - Sidevanne
 2018-09-09

page
 2/5
www.strongtie.fi

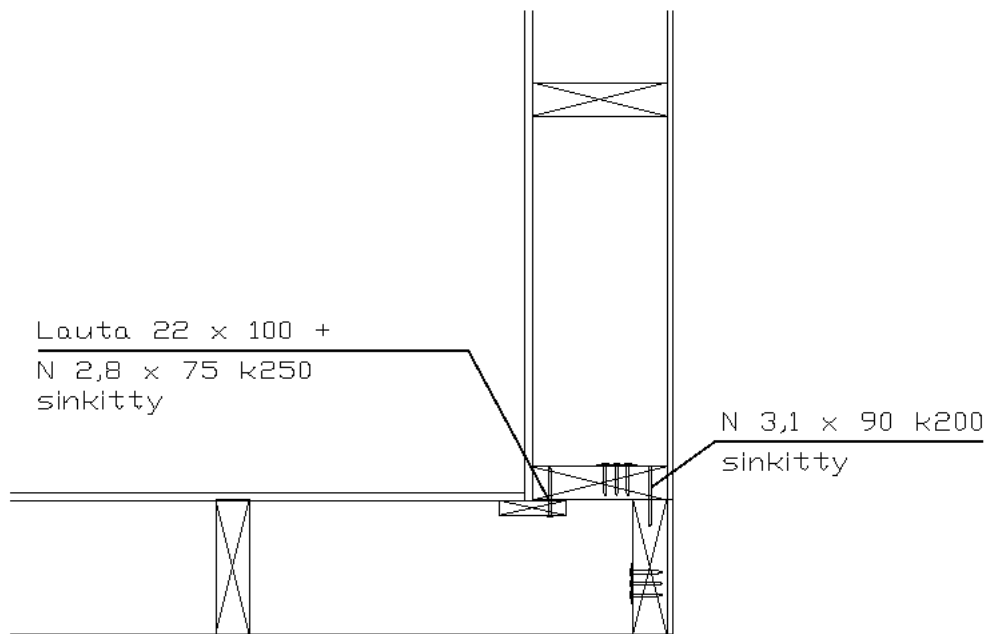
Kuva 15. Ban-sidevanteen ominaisuuksia (SIMPSON Strong-Tien kuvasto netissä)

Laitetaan toinen sidevanne nurkissa pitkän sivun viimeiseen tolppaan ja toinen lyhyen sivun viimeiseen tolppaan. Edellinen ratkaisu siitä syystä, että vanne joudutaan lo-veamaan alaohjauspuun läpi. Jos molemmat lovettaisiin saman alaohjauspuun läpi niin ehjää osaa jäisi vain 40 millimetriä. Sidevanteen ankkuroimiseen betoniin ei löydy laskentamallia. Ankkuroidaan sidevanteet anturan keskikorkeuden alapuolelle ja tehdään päähän pieni koukku. Jos työteknisesti mahdollista, asennetaan muutamia nauvoja

sidevanteen reikiin vaarnaamaan lisävarmuudeksi. Sidevanteen katkaisupituuden alaohjauspuun yläpuolelle jätetään työmaan ratkaistavaksi. Sidevanteen pituudessa ei tarvitse säästellä. Sidevanteen pituuden alaohjauspuun yläpuolella tulee olla niin pitkä, että viisitoista naulaa sopii siihen. Katkaisupituus jätetään siksi työmaalle, että näistä kuvastoista ei löydy naulanreikien paikkoja. Työmaalla huomioitavia asioita on reunaetäisyydet. Minimietäisyys puun päästä on $15 \times d = 15 \times 4,0 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$ ja puun reunasta $5 \times d = 5 \times 4,0 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$. Kuvissa kuusitoista ja seitsämäntoista on näytetty yksityiskohtaisemmin ratkaisut nurkkien kiinnipysymisestä. Sidevanteen ja kiinnikkeiden tulee olla ruostumatonta terästä, koska se menee läpi kylmästä tilasta lämpimään tilaan. Edellinen perustuu hyvään rakennustapaan ja rakennusfysiikkaan.



Kuva 16. Sidevanteen sijoittelu nurkkatolppiin (Piirretty rakenne- ja työpiirustukseksi)



Kuva 17. Vaakaleikkaus rungon nurkasta, sidevanteiden sijoittelusta ja levyjen liimiyksistä. Sidevanteet on sijoitettu niin, että ne osuvat keskelle alapuolella olevaa valuharkon reikää. (Piirretty rakenne- ja työpiirustukseksi)

3.8 Yläpohjan levyjäykistys kipsilevyllä ja jäykistyksen siirtäminen pystyrunkoon

Tiedetään, että mikäli käytetään koolausta, koolauksen kiinnitystä ei saada yhtä lujaksi kuin levyn kiinnitystä ohjeiden mukaisesti. Siksi levy tulee kiinnittää suoraan ristikkoon. Ristikön alapaarteen alapinnan tasossa olevat leikkausvoimat on siirrettävä kiinnikkeiden ja levyjen avulla pystyseiniin.

Leikkausvoiman arvona käytetään päätyseinän ja yläpohjan liitoksessa tuulikuorman ominaisarvoa $F_{w,k}$, joka on tuulikuorman laskenta-arvo jaettuna varmuuskertoimella 1,5. Siis $F_{w,k} = F_{w,Ed} / 1,5 = 34,5 \text{ kN} / 1,5 = 23 \text{ kN}$. Käytännössä levyä pystyy kiinnittämään sisäpuolella 11 metriä leveään halliin noin 10,5 metrin matkalta. Valitaan kiinnikejaoksi $s = 70 \text{ mm}$, joka on Gyproc-levyjen kiinnikkeiden minimiväli ruuveilla. Kiinnikemääräksi saadaan $10500 \text{ mm} / 70 \text{ mm} = 150$ kappaletta kiinnikkeitä. Yhdelle

kiinnikkeelle tuleva voima saadaan laskettua jakamalla koko voiman suuruus kiinnikkeiden kokonaismäärällä. Arvoksi saadaan $34,5 \text{ kN} / 150 = 230 \text{ N} / \text{kiinnike}$. Tätä arvoa tulee verrata levyn ja yhden kiinnikkeen leikkauslujuuteen. Gyproc-kipsilevyn jäykistysohjeesta saadaan ruuville QMST 32 ominaislujuuden arvoksi GN 13-levylle $0,4 \text{ kN}$ käyttöluokassa 1 ja GEK 13-levylle $0,65 \text{ kN}$ käyttöluokassa 1. Nyt voidaan käänteisesti laskea ruuvijako uudelleen. Ruuvijaoksi saadaan 120 mm GN 13-levyllä ja QMST 32-ruuvilla. Tämä edellyttää levyjen kiinnitystä Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy:n asennusohjeiden mukaista kiinnitystä. Asennusohjeessa on ainoastaan toisio-kannattajiin kiinnitettyjä kattolevyjä, joten se siitä.

Kipsilevyn suoraan alapaarteeseen kiinnityksen ongelmana on ristikon alapaarteen ka-peus. NR-ristikoiden dimensio on 42 mm . Kipsilevyjen kiinnitysohjeen mukaan ruu-vin etäisyys kartonkireunasta saa olla 10 mm ja leikatusta reunasta 15 mm . Tällöin teoriassa alapaarteen reunaan jää vain 11 mm , joka on liian vähän. Käytännössä tämä ei onnistu ollenkaan ilman lisätoimenpiteitä. Lisää ongelmia ilmeni käydyissä puhe-linkeskusteluissa Gyprocin teknisen neuvonnan kanssa. Ristikon taipumat heikentävät levyn liitosta (puhelinkeskustelu Arto Hyttinen, 11.10.2016) ja käytännössä hallin pi-täminen käyttöluokassa 1 rakentamisen alusta rakennuksen käyttöajan loppuun on lä-hes mahdotonta. Nämä seikat huomioiden, esimerkkihallin yläpohjan jäykistys on syytä suunnitella vanerilla RIL 205-1-2009 levyjäykisteen yleisellä mitoitusmenetel-mällä.

3.9 Yläpohjan levyjäykistys vanerilla

Tämä tehtävä on siinä mielessä helppo, että tähän löytyy valmiita laskentamalleja. Ku-vassa kuusitoista nähdään RIL 205-1-2009 mukainen levyjen asettelu kannattajien kohdalle. Edellä mainittu järjestely tehdään mitoituksen yksinkertaistamiseksi. $F_{v,Ed}$ on aiemmin laskettu $54,7 \text{ kN}$. Valitaan yksittäiseksi levyksi 12 mm :n vaneri $b_i \times h_i = 1800 \text{ mm} \times 3600 \text{ mm}$.

Yksittäisen levyn vaakavoima määritetään kaavasta

$$F_{i,v,Ed} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) \times F_{v,Ed} \quad (\text{RIL 205-1-2009, 152}), \text{ jossa}$$

$F_{v,Ed}$ on levyjonoa kuormittava vaakavoima (ks. kuva 16)

$$F_{i,v,Ed} = \left(\frac{C_{i,v}}{6 \times C_{i,v}} \right) \times 54,7 \text{ kN} = 9,1 \text{ kN}$$

”Yksittäistä levyä rasittavaa vaakavoimaa $F_{i,v,Ed}$ vastaava leikkausvoimakestävyys määritetään kaavasta” (RIL 205-1-2009, 152).

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd,i} \cdot b_i}{\gamma_i \cdot s_i}$$

jossa

$F_{f,Rd,i}$ on levyn liittimen leikkausvoimakestävyys

b_i on levyn leveys

γ_i on kuvasta 9.13S (RIL 205-1-2009, 152) saatava kerroin

s_i on liitinjako

Kuvan 9.13S taulukosta γ_i -kertoimeksi saadaan

$$\gamma_i = \sqrt{\frac{9}{4} \left(\frac{h}{b} \right)^2 + \frac{81}{100}} = \sqrt{\frac{9}{4} \left(\frac{3600}{1800} \right)^2 + \frac{81}{100}} = 3,1$$

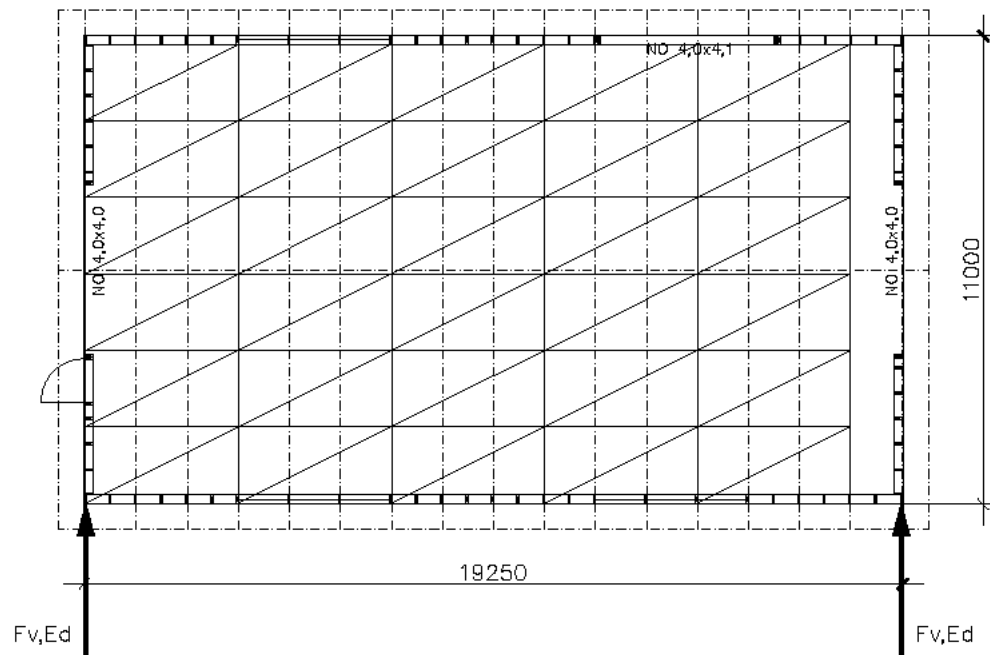
Valitaan liittimeksi naula $\varnothing 2,1 \times 50$, jolle saadaan Puurakenteiden suunnittelu, Lyhennetty suunnitteluohjeesta sivulta 30 $F_{f,Rd}$ – arvoksi 360 N. Arvoa voidaan ohjeiden mukaan korottaa levyn reunoilla kertoimella 1,2, jota ei nyt tällä kertaa oteta käyttöön suunnittelijan valinnan mukaan. Liitinjako s valitaan 100 mm.

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd,i} \cdot b_i}{\gamma_i \cdot s_i} = \frac{360 \text{ N} \cdot 1800 \text{ mm}}{3,1 \cdot 100 \text{ mm}} = 1,8 \text{ kN}$$

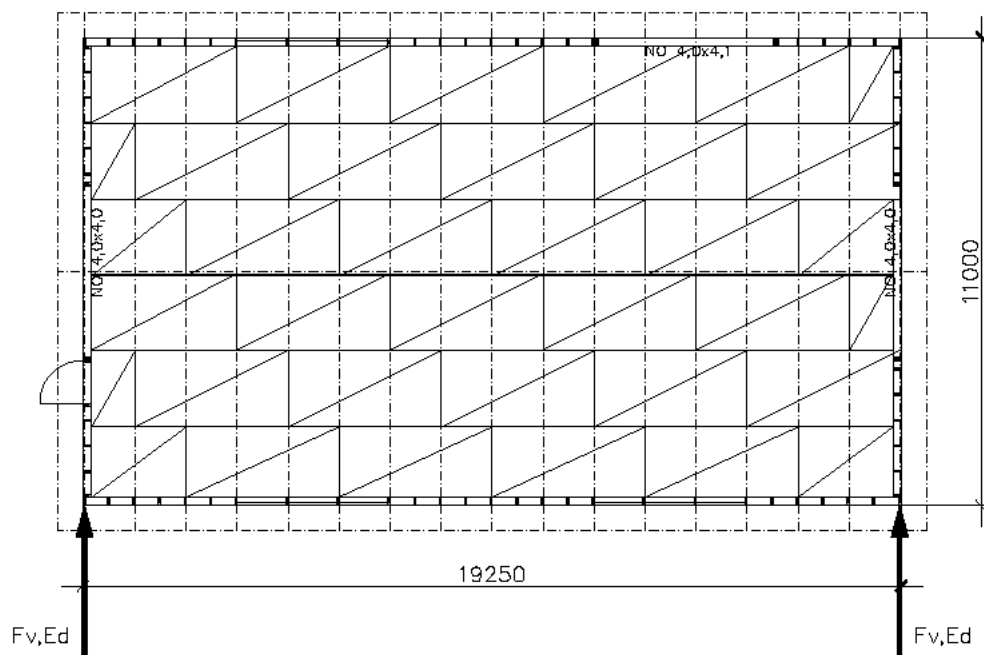
$$F_{i,v,Ed} \leq F_{i,v,Rd}$$

9,1 kN \leq 1,8 kN ei käy!

Kapasiteettia pitää lisätä $9,1/1,8 = 5,1$ kertaiseksi. Liitinväliä pienentämällä 50 mm:iin saadaan kapasiteettia kasvatettua kaksinkertaiseksi. Liittimen suurentaminen naulaksi $\varnothing 3,1 \times 60$ kapasiteetti kasvaa suhteessa $710/360 = 2,0$. Kun 1,8 kN kerrotaan kahdella kaksilla kertaa, tulokseksi saadaan 7,2 kN, joka sekään ei riitä kattamaan yksittäisen levyn vaakavoimaa 9,1 kN. Jos otetaan käyttöön liittimen lujuuden korotuskerroin 1,2, kapasiteetiksi saadaan $7,2 \text{ kN} \times 1,2 = 8,6 \text{ kN}$, joka sekään ei riitä. Ristikon alapaarteiden yläpuolelle pitää lyödä vielä vinolaudoitus, kuten yleensä tehdäänkin.



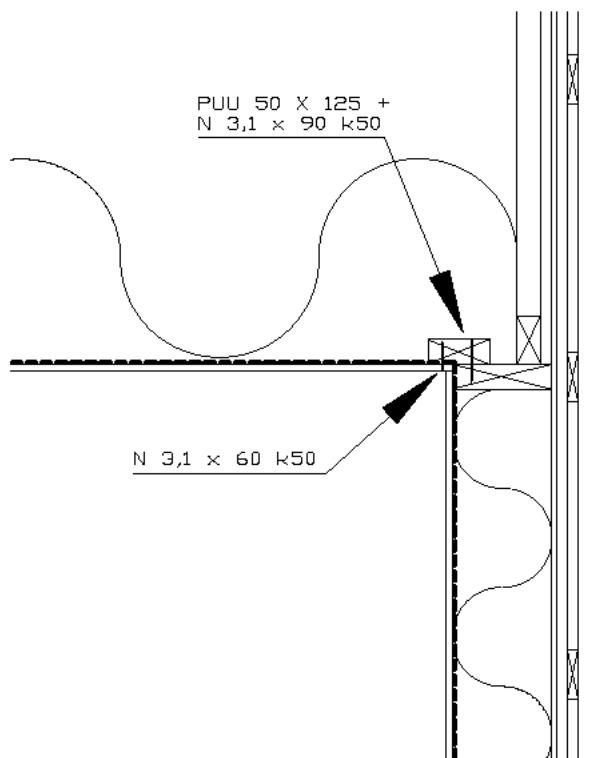
Kuva 18. Levyjen päätysaumat oletetaan saman kannattajan kohdalle mitoituksen yksinkertaistamiseksi (RIL 205-1-2009, 154)



Kuva 19. Käytännössä levyjen päätysaumat limitetään eri kannattajien kohdalle, kuten lähes kaikessa rakentamisessa tehdään

3.9.1 Yläpohjan vanerin ja ulkoseinän liitoksen suunnittelu

Edellisessä kappaleessa saatiin laskettua liitinten laatu ja määrä. Käytännön toteutus on yhtä tärkeää kuin teoreettinen laskeminen. Siksi siitä on piirrettävä leikkauspiirros. Kriittisempi kohta on rakennuksen päädyssä kuin sivussa. Piirtäessä huomataan monta asiaa. Tässäkin tuli ilmi mm. liitinten reunaetäisyydet, jonka vuoksi tasakertapuun päälle ajateltu puu 50 x 100 piti levittää 25 millimetriä 125 millimetriseksi. Rakennuksen sivulla yläpohjavanerin ja seinän liitos ei ole lähellekään yhtä lujilla kuin rakennuksen päädyssä. Siksi valitsimme siihen samanlaisen liitoksen kuin rakennuksen päädyssä. Rakennuksen sivussa ristikko tulee vastaan 1200 millimetrin välein, joka katkaisee lappeellaan olevan 50 x 125 puun. Tämä lievästi heikentää liitosta, mutta ottaa reilusti vastaan sivuseinän ja yläpohjan leikkausvoimat.



Kuva 20. Detalji yläpohjan tason jäykistysvanerin ja ulkoseinän liitoksesta

4 POHDINTAA

Työtä tehdessä kävi ilmi, että aiheen valinta oli erittäin haastava, mutta kiinnostava. Etenkin näin yksinään tehtynä, ilman ympärillä olevia asiasta kiinnostuneita asiantuntijoita haastavuus ja työn määrä oli suuri. Aihe kiinnosti siksi, koska opinnäytetyön tekijä on tehnyt työkseen useamman vuoden rakennesuunnittelua pientaloihin ja puuhalleihin toistakymmentä vuotta sitten nuorena rakennusinsinöörinä. Kiitos kuitenkin työn ohjaajalle, joka suuntasi työtä eteenpäin. Tavoitteena oli myös saada asiantunte-
musta puurakentamisesta.

Tavoitteena oli tutkia perusteellisemmin levyjäykistystä. Aihetta tutkitaan ja aihe kiinnostaa asiantuntijoita maassamme. Jäykistysohjeet ovat jatkuvassa muutoksessa. Kuitenkin juuri omaan kohteeseen mallilaskelmien ja detaljien löytäminen julkisista aineistoista oli haastavaa. Malliaineistot, joita löytyi, olivat joko suurempia puuhalleja tai pienempiä puurakennuksia. Siksi niiden hyödynnettävyys tässä opinnäytetyössä oli

vähäinen. Kuitenkin levyillä jäykistäminen on edullisin tapa toteuttaa jäykistys pienehköissä hallirakennuksissa, mikäli tekniikka hallitaan. Pääsääntöisesti yleisesti käytössä olevien rakennustapojen kanssa tehdyillä ratkaisuilla ei päästä lähellekään Eurokoodien vaatimia arvoja. Tuskin on päästy Suomen Rakentamismääräyskokoelman reunaehtojenkaan kanssa. Muutamia esimerkkitapauksia on julkaistu. Todella harvoin kaikki reunaehdot ovat samanlaisia kuin esimerkkitapauksissa. Yhtään konkreettista esimerkkiä ei suunnittelun helpottamiseksi löydy. Puhumattakaan yksityiskohtaisista detaljeista, etenkin yläpohjan levyjäykistämisessä. Siksi kiinnostavaa on, miten nämä jäykistykset on konkreettisesti maassamme hoidettu, kun jäykistystavaksi on valittu levyjäykistys kipsilevyllä. Etenkin kun yläpohjan jäykistäminen vanerillakin osoittautui haasteelliseksi. Päätyseinän jäykistäminen ei onnistunut kipsilevyillä, vaikka olisi voinut päätyä ulkopuolisen kipsilevyn päältä. Jatkotutkimuksen kannalta mielenkiintoinen aihe.

Esimerkkihalli puurakenteisena on verrattuna Suomessa rakennetaviin saman tyyppiin halleihin kooltaan pienehkö. Lähes jokaisessa yksityiskohdassa levyillä jäykistämällä kapasiteetit eivät meinanneet riittää. Kipsilevy katossa osoittautui käytännössä mahdottomaksi. Liittimien väli tuli erittäin pieneksi. Sen perusteleminen toteuttajille on haasteellista. Onneksi toteuttajilla on omat vastuuhenkilönsä. Jopa hallin kaatuminen perustuksineen pävineen on haasteellinen laskettava Suomessa yleisesti tehdyllä tavalla.

Seinien jäykistys kipsilevyillä voisi onnistua, mikäli esimerkkihallin arkkitehtuuria muutettaisiin. Jos päädyissä olevat isot ovet siirrettäisiin pitkille sivuille, niin päätyihin saataisiin sisä- ja ulkopuolelle neljä ehjää levyä lisää. Myös väliseinien lisääminen hallin sisälle oikein suunniteltuna ja rakennettuna pienentäisi päädyille tulevaa tuuli kuormaa. Yksi vaihtoehto olisi tehdä rakenteellinen ratkaisu, suunnitella halli jäykistettäväksi mastopilareilla. Tässä työssä oli kuitenkin päätarkoitus saada esimerkkihalli jäykistettyä levyillä, joka nipin napin onnistui. Varmuutta tulee niiden rakennusosien kautta, joita ei ole voitu laskennassa huomioida.

Puurakentaminen on ja on ollut valtiovallan suojeluksessa jo muutamia vuosia. Siksi muutamia isoja kehityshankkeita on ollut vuosien varrella. Suuret asiantuntijaryhmät ovat laatineet esimerkkisuunnitelmia. Kuinka paljon niistä on saatu helpottamaan puurakennesuunnittelijoiden arkea, joka lienee perimmäinen tarkoitus?

Ei enää ihmetytä ollenkaan, miksi puurakentaminen Suomessa ei saa siipiä alleen, vaikka lobbausta on harjoitettu jo vuosikausia. Erilaisia puurakennejärjestelmiä on kehitetty, mutta nekään eivät ole merkittävästi auttaneet laajentamaan puurakentamista. Valtiovallan tavoitteena on normienpurku, joka on hyvä asia puurakentamiselle. Jotta puurakentaminen kehittyisi, olisi syytä saada esteitä poistettua.

Puurakentamisen kalleus on peikkona markkinoilla. Siksi puurakentamisen tietä olisi siloiteltava, jotta siitä saataisiin kilpailukykyisempi. Jos me suomalaiset haluamme olla eturivin puurakentajakansaa, meidän tulisi saada tänne Pohjolaan referenssikohteita enemmän.

LÄHTEET

RIL 205 – 1 – 2009. Puurakenteiden suunnitteluohje, Eurokoodi EN 1995-1-1. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

EC5 Sovelluslaskelmat, Asuinrakennus, Eurokoodi 5, PUUINFO PDF-julkaisu, maaliskuu 2010, Toinen painos.

EC5 Sovelluslaskelmat, Hallirakennus, Eurokoodi 5, PUUINFO PDF-julkaisu, kesäkuu 2010, Toinen painos.

Puurakenteiden suunnittelu, Lyhennetty suunnitteluohje, Eurokoodi 5, PUUINFO, elokuu 2011, Kolmas painos.

Puurakenteiden jäykistyssuunnittelun ohje, VTT, 9.10.2006. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/jaykistys_2006.pdf

Gyproc käsikirja, syyskuu 2016

Gyproc, SAINT-GOBAIN, GLASROC-KOMPOSIITTIKIPSILEVYJEN GH0 13, GHU 13, GHS 9 JA RIDIGUR KUITUVAHVISTELEVYJEN GFH 13 SEKÄ GYPROC RAKENNUSLEVYJEN GN 13, GEK 13, GF 15, GTS 9 JA GL 15 KÄYTTÖ RANKARAKENTEISTEN RAKENNUSTEN JÄYKISTÄMISEEN, SUUNNITTELUARVOT JA TAULUKKOMITOITUSOHJEET. 25.11.2011

<http://www.strongtie.fi/products/detail/sidevanne/45>

Lammin betoni Oy:n nettisivut, <http://www.lamminbetoni.fi/fi/mh150>

