



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Siikaoja

Siporex pienkivitalon jäykistyksen suunnittelu

Tekniikka ja liikenne
2011

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Siikaoja
Opinnäytetyön nimi	Siporex pienkivitalon jäykistyksen suunnittelu
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	35 + 3 liitettä
Ohjaaja	Heikki Liimatainen

Jäykistyksen suunnittelu on tärkeää rakennuksen toimivuuden kannalta, mutta usein se jää liian vähälle huomiolle. Jäykistyksille on monia eri tapoja. Rakennukselle valitaan jäykistystapa, joka on kokonaisvaltaisesti edullisin riippuen rakennuskohteen koosta ja käytettävistä materiaaleista.

Jäykistäminen lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan. Vanhan kansallisen normin on tarkoitus poistua käytöstä vuoden 2011 aikana, jonka jälkeen on tarkoitus siirtyä käyttämään eurokoodin mukaista laskenta tapaa. Siporexille ei ole vielä julkaistu eurokoodin mukaista suunnitteluohjetta.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Insinööritoimisto RI-Konsultit Oy, jonka toimialueita ovat rakennus- ja rakennesuunnittelu sekä lujuuslaskelmat. Insinööritoimistolla on usein erilaisia pientaloja ja halleja suunniteltavana, joten aiheella on tilausta. Työssä on pyritty selittämään laskelmat lyhyesti, mutta kuitenkin selvästi.

Työn alkupuolella on yleistä teoriaa liittyen siporexin ominaisuuksiin, kuormien laskeamiseen, jäykistykseen ja lopuksi lasketaan pientalon jäykistys, kun jäykistämistavaksi on valittu levyjäykistys. Siporex-pientalojen kattorakenteena käytetään yleensä siporex-elementtejä, mutta tässä työssä tarkastellaan pientaloa, jonka kattorakenne on toteutettu naulalevyristikkorakenteisena.

ABSTRACT

Author	Ville Siikaoja
Title	Designing a Bracing for the Siporex Low-Rise House
Year	2011
Language	Finnish
Pages	35 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Liimatainen

Designing a bracing is an essential part of a building's functionality, but it often gets too little attention. There are various ways for bracing. A way for bracing is selected which is overall the cheapest, depending on the size of the building and the material used.

Bracing is calculated according to the national code, although the national code will be replaced completely by Euro-code during 2011. Therefore, instructions for designing a Siporex house according to eurocode will be released.

The idea for this project came from a company named Insinööritoimisto RI-Konsultit Oy whose line of business includes construction and structural design as well as strength calculations. The company has had many projects similar to this one so there is a need for this thesis. In the thesis, calculations have been explained briefly though clearly.

At the beginning of the thesis there is general information about qualities of Siporex, load calculations, bracing, and finally the calculation of a detached house. In this project, the strengthening is achieved through slab bracing. Also in this project roof trusses are used as roof structure compared to concrete elements which are generally used for this type of house.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	SIPOREX RAKENNUSMATERIAALINA.....	9
	2.1 Siporexin historiaa.....	9
	2.2 Siporexin valmistus.....	9
	2.3 Siporexin ominaisuudet.....	10
	2.3.1 Tuotteen paino.....	10
	2.3.2 Lämmöneristysominaisuudet.....	10
	2.3.3 Siporexin lujuusominaisuudet.....	11
	2.3.4 Muodonmuutokset.....	11
	2.3.5 Siporexin kemialliset ominaisuudet.....	12
	2.3.6 Siporexin palonkestävyys.....	12
3	KUORMAT.....	13
	3.1 Pystykuormat.....	13
	3.1.1 Lumikuorma.....	13
	3.1.2 Muotokertoimet.....	14
	3.1.3 Hyötykuormat.....	16
	3.2 Vaakakuormat.....	16
	3.2.1 Tuulikuorma.....	16
	3.2.2 Voima ja painekertoimet.....	16
	3.2.3 Rakenteen vinoudesta aiheutuva voima.....	18
4	NAULALEVYRISTIKKORAKENTEEN JÄYKISTYS.....	19
	4.1 Yleistä.....	19
	4.2 Jäykistyssysteemin valinta.....	19
	4.2.1 Mastojäykistys.....	20
	4.2.2 Kehäjäykistys.....	20
	4.2.3 Levyjäykistys.....	20
5	JÄYKISTYS SIPOREX-SEINIEN AVULLA.....	21

6	LASKENTA	22
6.1	Jäykistysperiaate	22
6.2	Rakennuksen pystysuuntaiset kuormat	23
6.3	Rakennukset vaakasuuntaiset kuormat	24
6.3.1	Alapaarretasossa vaikuttava viivakuormitus	25
6.4	Alapaarretason jäykistys kipsilevyillä	26
6.4.1	Levykentän kuormat ja rasitukset.....	26
6.4.2	Levytyksen suurin liitinväli.....	27
6.4.3	Levykentän vetopaarteen mitoitus.....	28
6.4.4	Vetopaarteen kiinnitys siporex-seinään.....	28
6.4.5	Uumasauvan nurjahdustuenta.....	29
6.5	Päätyseinän leikkaustarkastelu.....	31
6.5.1	Päätyseinän kiinnitys perusmuuriin.....	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Peruslumikuorma katolla s_k (kN/m ²). /2, s.24/	s.13
Kuvio 2. Harja-, taite- ja pulpettikattojen muotokertoimet. /2, s.25/	s.14
Kuvio 3. Eritasokaton muotokertoimet. /2, s.27/	s.15
Kuvio 4. Vaakakuormien siirtäminen perustuksille, periaate. /6, s.4/	s.23
Kuvio 5. Yläpohjataso levyjäykistys /4, s.62/	s.26
Kuvio 6. NR-rakenteen uumasauvan nurjahdustuenta, periaate. /4, s.57/	s.29
Taulukko 1. Siporexin fysikaalisia ominaisuuksia. /1, A2./	s. 11
Taulukko 2. Henkilökuormat. /2, s.78/	s. 15
Taulukko 3. Tuulen nopeuspaine eri maastoluokissa. /2, s.31/	s.17
Taulukko 4. Seinän keskimääräiset ulkopuolisen paineen kertoimet C_p , nopeuspaineena q_h harjan korkeudella (q_z kun $z = h$). /2, s.38/	s. 17
Taulukko 5. Harjakaton keskimääräiset ulkopuolisen paineen kertoimet C_p . Nopeuspaineena q_h harjan korkeudella (q_z , kun $z = h$). /2, s.39/	s.18
Taulukko 6. Gyproc-rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetit eri kiinnikeväleillä. /5, s.428/	s.27
Taulukko 7. Siporex-harkkoseinien laskentalujuudet murtorajatilassa. /1, D10/	s.31

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Lähdeviittaukset ja lähdeluettelon teko**LIITE 2.** Massingberd-esimerkkitalon pääpiirustukset

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on laskea yksinkertaisen siporex-pienkivitalon jäykistys. Tässä tapauksessa käytetään ns. levyjäykistystä jäykistystapana. Tämantapaiset pienkivitalot ovat yleisiä suunnittelukohteita, joten tarvetta jäykistyksen laskemiseen on usein. Jäykistys lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan.

Työn teettäjänä toimi Insinööritoimisto RI-Konsultit Oy, jonka toimialueita ovat rakennussuunnittelu ja rakennesuunnittelu.

Jäykistystä otetaan varsin vähän huomioon verrattuna muihin lujuustarkasteluihin. Sen vuoksi on tarpeellista kertoa, kuinka kuormat lasketaan ja miten ne siirtyvät rakenneosalta toiselle, jolloin voidaan saada selville tarvittavan jäykistyksen määrä.

2 SIPOREX RAKENNUSMATERIAALINA

2.1 Siporexin historiaa

Siporex on 1920-30 lukujen vaihteessa kehitetty materiaali. Sen keksi suomalainen kemisti Lennart Forsén. Siporex on höyrykarkaistua kevytbetonia ja sen kaupallinen hyödyntäminen alkoi ensimmäisenä Ruotsissa 1930-luvun alkupuolella. Suomessa siporexin valmistus aloitettiin yli 60 vuotta sitten, ensimmäinen tehdas aloitti toimintansa Helsingin Tapanilassa vuonna 1935. Toiminta siirtyi Tapanilasta Helsingin Vuosaareen vuonna 1940 ja siellä alettiin valmistaa siporexista harkkoja, seinä- ja kattoelementtejä, ikkunanpäällispalkkeja, väliseinäelementtejä ja suurelementtejä. Tuolloin valmistaiden mittajärjestelmä perustui vanhaan saksalaiseen 25 cm:n moduuliin. Vuonna 1972 Ikaalisissa toimintansa aloitti moderni tehdas, johon siporexin valmistus vähitellen siirtyi kokonaan. Tehtaan tuotteiden mittajärjestelmä perustuu 3M-moduulijatteluun, tehdasta on laajennettu ja modernisoitu useaan otteeseen ja se on edelleen teknikaltaan nykyaikainen. Karkkaistua kevytbetonia valmistetaan nykyään eri puolilla maapalloa useilla eri tuotenimillä yhteensä noin kahdessa sadassa tehtaassa. Tuotenimi vaihtelee maittain, mutta materiaalin valmistustekniikka perustuu edelleen Lennart Forsénin keksintöön. /1/

2.2 Siporexin valmistus

Siporexin perusraaka-aineet ovat sementti, hienoksi jauhettu hiekka, masuunikuona ja vesi. Raaka-aineista valmistetaan juokseva seos, joka annostellaan ja vältetään vakiokokoisiiin teräsmuotteihin. Lisäämällä massaan alumiinijauhetta saadaan aikaan reaktio, jossa syntyy vetykuplia ja samalla massa huokoistuu. Seuraavaksi muotit siirretään noin 60-asteiseen lämpötunneliin. Kun muotin sisältö on kovettunut käsittelykelpoiseksi, se paloitellaan leikkauskoneessa teräslangoilla harkkoiksi, palkeiksi, laatoiksi tai elementeiksi, jotka lopuksi karkaistaan autoklaaveissa. Höyrykarkaisussa siporex saavuttaa lopullisen lujutensa. Siporex-menetelmällä voidaan valmistaa raudoittamattomia harkkoja ja raudoitettuja elementtejä. Raudoitteina käytetään hitsattavaa terästä, joka pinnoitetaan ennen valua korroosionestomassalla. Elementtien ja harkkojen urat, pontit ja viisteet tehdään kar-

kaisemattomaan massaan leikkauskoneessa. Ne voidaan tehdä myös jälkikäsitte-
lyn yhteydessä jyrsimällä tai höylämällä. /1/

2.3 Siporexin ominaisuudet

Siporex on kevyttä, mutta lujaa kiveä, höyrykarkaistua kevytbetonia. Se toimii sa-
malla sekä lämmöneristeenä, että kantavana rakenteena. Siporex on palamatonta,
helposti työstettävää ja huokoista materiaalia. Siporex kuuluu päästöluokitukse-
taan M1-luokkaan, siitä ei erity sisäilmaan haitallisia kaasuja tai pölyjä. /1/

2.3.1 Tuotteen paino

Siporex-tuotteiden maksimivesipitoisuus tehtaalta toimitettaessa on keskimäärin
40 painoprosenttia. Esimerkiksi siporex-tuotteen, joka on valmistettu kuivati-
heydeltään 500 kg/m^3 täysin kuivumattomasta massasta, suurin toimituspaino on
 700 kg/m^3 . Normaali siporex-tuote sisältää vettä toimitettaessa noin 30 painopro-
senttia (p-%). Mitoitettaessa kantavia rakenteita käytetään siporex-rakenteille
omapainona vähintään 1,1-kertaista kuivatiheyttä. /1/

2.3.2 Lämmöneristysominaisuudet

Siporexin lämmöneristävyys riippuu sen tiheydestä ja huokosjakautumasta. Esi-
merkiksi seinän lämmöneristävyys vaikuttaa lisäksi saumojen laatu ja luku-
määrä sekä käyttöolosuhteista riippuva rakenteiden kosteus. Rakennuksen lämmi-
tysenergian kulutukseen vaikuttavat lisäksi rakenteiden lämmönvarauskyky ja il-
matiivisuus. Siporexin ominaislämpökapasiteetti on noin $1,05 \text{ kJ/kgK}$, joka on sa-
maa suuruusluokkaa betonin kanssa. Siporex rakenteet ovat yksiaineisia, joten
niistä tulee tarkoituksenmukaisesti toteutettuna automaattisesti tiiviitä eikä niissä
ole kylmäsiltoja. Suuren huokoisuuden vuoksi rakenteeseen sitoutuu valmistus-
vaiheessa runsaasti kosteutta ja tämän vuoksi varsinkin ensimmäisen lämmitys-
kauden aikana on muistettava huolehtia riittävästä tuuletuksesta muun muassa pi-
tämällä myös korvausilman tulokanavia riittävästi auki, jotta siporexin rakenne-
kosteus poistuu mahdollisimman nopeasti ja rakenne pääsee saavuttamaan lopulli-
set ominaisuutensa.

2.3.3 Siporexin lujuusominaisuudet

Siporexin puristuslujuus riippuu massan tiheydestä, raaka-aineiden seossuhteista ja höyrykarkaisuajasta. Siporex-rakenteen laskentalujuudet saadaan jakamalla puristuslujuuden ja taivutusvetolujuuden arvot materiaaliosavarmuuskertoimella. Murtorajatilassa raudoitettun rakenteen materiaaliosavarmuuskerroin on 1,35 ja raudoittamattoman 2,0. Käyttöraajatilassa materiaaliosavarmuuskerroin on 1,0. Jos siporex-elementissä on pelkästään käsittelyraudoitus, käytetään laskennassa raudoittamattoman rakenteen laskenta-arvoja. Siporexin taivutusvetolujuus on yleensä 1/5-1/6 sen puristuslujuudesta. Siporexin leikkausmurto on yleensä aina vetomurtuma ja se on riippuvainen jännitysten jakautumisesta kuormitustilanteessa, joten leikkauslujuus ei ole yksiselitteinen ominaisuus. Taulukossa 1 on esitetty siporexin lujuuden nimellisarvoja. /1/

TAULUKKO 1. Siporexin fysikaalisia ominaisuuksia. /1/

Massan kuivatiheys kg/m ³	400	450	500
Puristuslujuus N/mm ²	1,7	2,3	3,0
Taivutusvetolujuus N/mm ²	0,30	0,44	0,56
Kimmomoduuli N/mm ²	1000	1200	1400
Keskim. lämmönjoht. W/mK	0,09	0,11	0,12
Kutistuma rakenteessa ‰	0,2	0,2	0,2

2.3.4 Muodonmuutokset

Kuten kaikissa betonilaaduissa, myös siporexissa tapahtuu kosteudesta riippuvia tilavuuden muutoksia. Käytännössä tärkein on rakennusaikaisen kosteuden poistuessa tapahtuva kutistuminen. Jos siporexia kuivataan alle sen normaalin tasapainokosteuden, sen kutistuma kasvaa. Siporexin viruma on vähäinen autoklaavikäsitteilyn ansiosta, elementtien mitoituksessa viruman vaikutus otetaan huomioon pitkäaikaiskuormitusten aiheuttamia muodonmuutoksia laskettaessa jakamalla lyhytaikainen kimmomoduuli luvulla 1,5. Harkkoseinien mitoituksessa lyhytaikainen kimmomoduuli jaetaan luvulla 2,0. Siporexin pituuden lämpötilakerroin on $8 \cdot 10^{-6}$, mikä on hieman pienempi kuin betonilla ja teräksellä.

2.3.5 Siporexin kemialliset ominaisuudet

Siporex on kemialliselta luonteeltaan emäksinen materiaali, eikä se ole aggressiivinen muita materiaaleja kuten terästä kohtaan. Kuitenkin edellytetään terästen korroosiosuojausta tai ruostumattoman teräksen käyttöä pitkään kosteina pysyvässä ja kastumisriskin alaisissa paikoissa. Haihtuva kosteus rakennusaikana saattaa vaikuttaa esimerkiksi läheisiin puurakenteisiin, tarvittaessa on varmistettava, että siporex on riittävän kuivaa tai käytettävä kapillaarikatkoa siporexin ja puun välissä. Siporex on pakkasenkestävää, pakkasvaurioita voi syntyä vain jos siporexin vesipitoisuus nousee lähellä 60 p-%. Vain vesivuoto tai virheellisestä rakenteesta johtuva vesihöyryn tiivistyminen voi aiheuttaa tällaiset olosuhteet. /1/

2.3.6 Siporexin palonkestävyys

Siporex on täysin palamaton materiaali. Siporex kestää korkean lämpötilan vaikutuksia useita tunteja erittäin hyvin. Huokoisuus suojelee materiaalia betoneille ominaiselta höyrystyvän veden aiheuttamalta lohkeamiselta. Palotilanteessa siporexista ei erity ilmaan myrkyllisiä kaasuja tai muuten vahingollisia kaasuja. /1/

3 KUORMAT

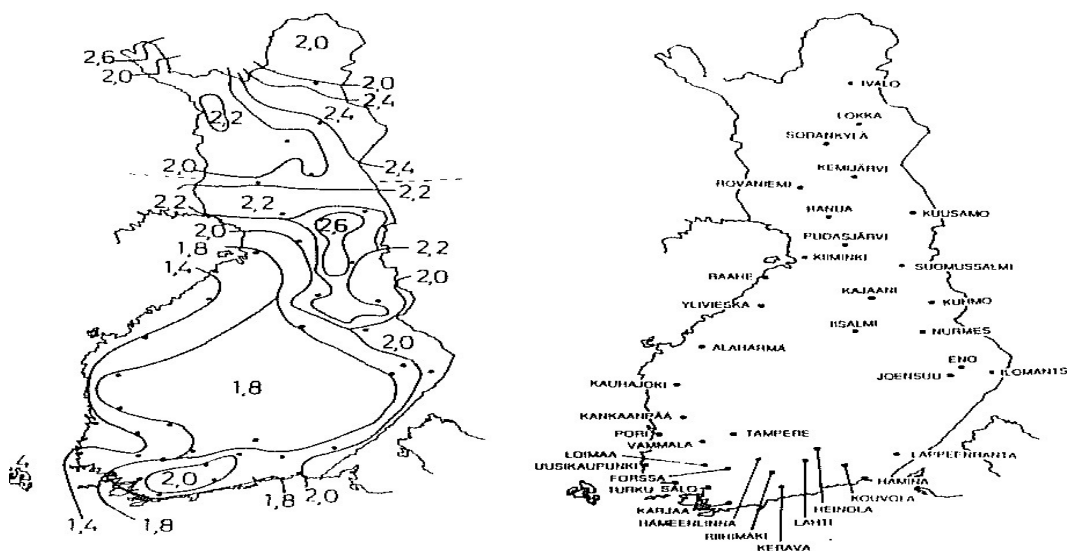
Pientaloon kohdistuu pysyviä ja muuttuvia kuormia. Pysyvät kuormat muodostuvat rakenteiden massasta ja muuttuvat kuormat taas lumi-, tuuli- ja oleskelukuormista. Kuormat on jaettu kahteen luokkaan, pysty- ja vaakakuormiin, niiden vaikutus-suunnan mukaan. Jäykistävien rakenteiden kestävyys, muodonmuutokset ja varmuus kaatumista vastaan tulee tarkastaa mitoittaville pysty- ja vaakakuormille kaikissa tilanteissa.

3.1 Pystykuormat

Rakenteisiin kohdistuvat pystykuormat jaetaan rakenteiden omasta painosta johdettuun pysyviin kuormiin ja muuttuviin kuormiin jotka aiheutuvat lumi-, hyötykuormista kuten oleskelukuormista.

3.1.1 Lumikuorma

Rakenteiden mitoituksessa käytettävän lumikuorman suuruus määräytyy kattojen peruslumikuorman (kuvio 1) ja rakenteiden muoto- ja sijaintikertoimien mukaan (kaava 1)



KUVIO 1. Peruslumikuorma katolla s_k (kN/m²). /2/

$$s = \mu * s_k \quad (1)$$

jossa s = lumikuorman ominaisarvo

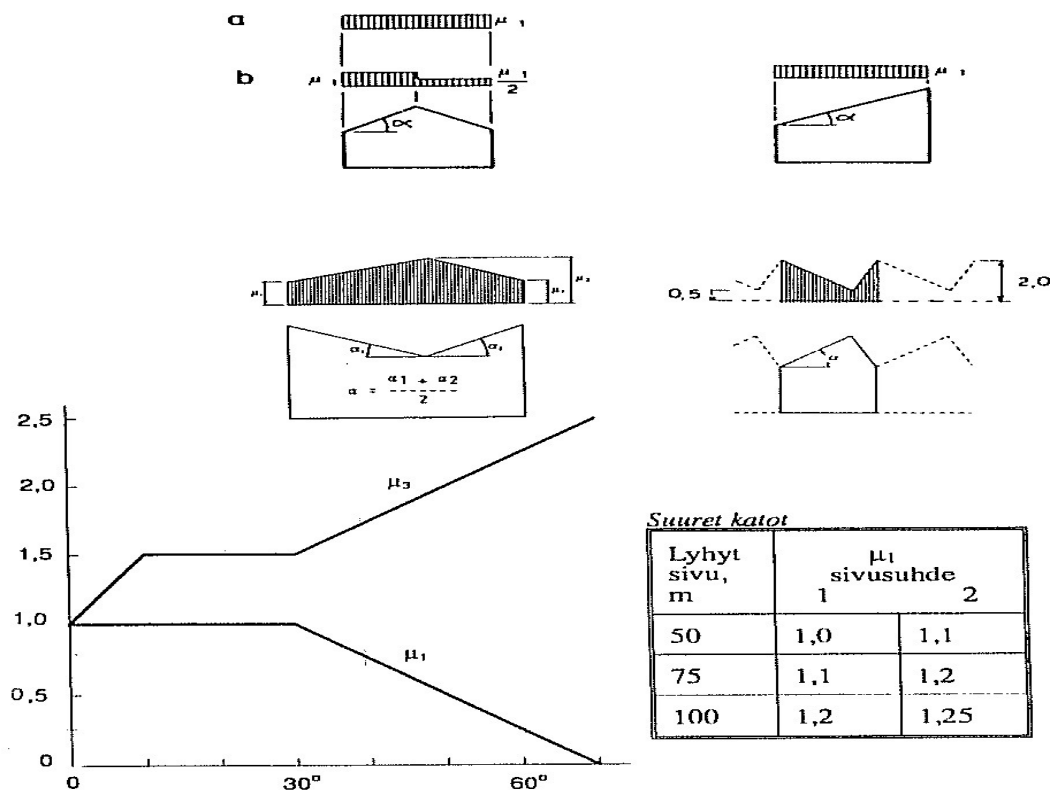
s_k = peruslumikuorma katolla

μ = muotokerroin

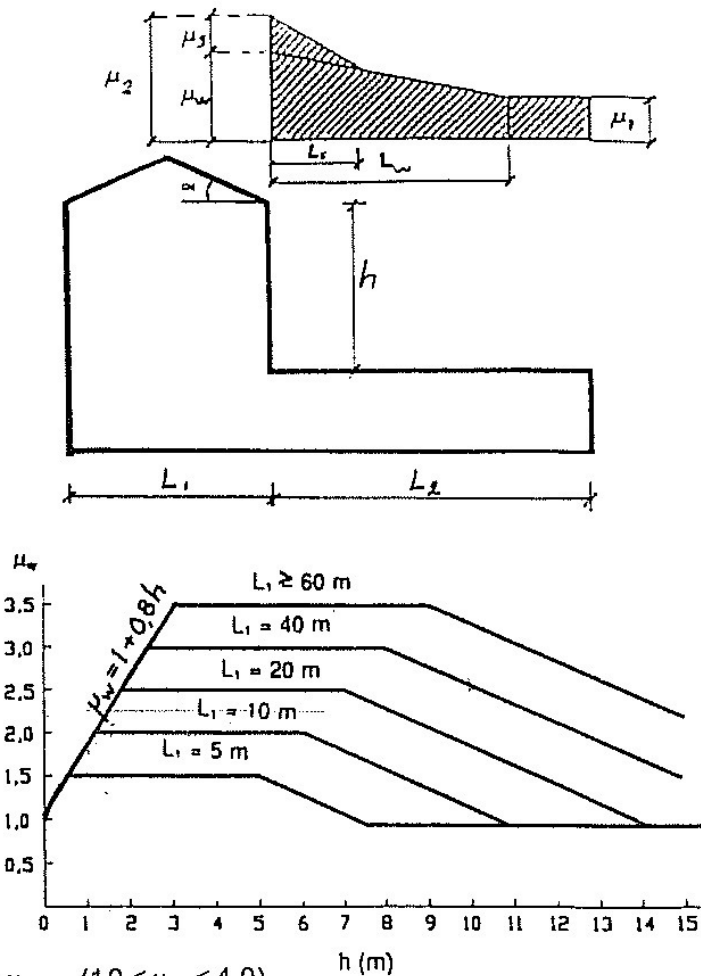
Mikäli erityisolosuhteiden on todettu aiheuttavan paikallisesti kuvion 1 arvoja suurempia lumikuormia, on suunnittelussa käytettävä olosuhteisiin nähden riittävän suurta peruslumikuorman-arvoa. Katolle valittavaa peruslumikuormaa ei voida pienentää sillä perusteella, että lumi oletetaan poistettavaksi katolta. /2/

3.1.2 Muotokertoimet

Kattojen lumikuorman ominaisarvoa määriteltäessä muotokerroin μ saadaan seuraavista kuvioista (kuvio 2 ja kuvio 3).



KUVIO 2. Harja-, taite- ja pulpettikattojen muotokertoimet. /2/



$$\mu_2 = \mu_w + \mu_s \quad (1,0 \leq \mu_2 \leq 4,0)$$

$$\mu_2 = \begin{cases} \mu_1 L_1 / (2L_s), & \text{kun } \alpha_1 > 15^\circ \text{ (pelli, lasi) ja } \alpha_1 > 40^\circ \text{ (tiili) eikä liukusteitä.} \\ 0 & \text{muulloin} \end{cases}$$

$$L_w = 4(\mu_w - 1) \text{ m}$$

$$2 \text{ m} < L_s = h/2 \leq 4 \text{ m}$$

Jos tuulenpuoleisen lappeen $\alpha \geq 45^\circ$, lasketaan mittaan L_1 vain suojanpuoleinen lape.

Jos $0,3 L_2 > L_1$, sijoitetaan käyrästä L_1 :n paikalle $0,3 L_2$. Käyrien laskevia osia ei tällöin käytetä kun $h > 5$ m (μ_w ei pienene h :n ollessa yli 5 m).

KUVIO 3. Eritasokaton muotokertoimet. μ_w on muotokerroin tuulen kinostamalle lumelle seinän vieressä. μ_s on muotokerroin ylemmältä katolta liukuneelle lumelle seinän vieressä. /2/

3.1.3 Hyötykuormat

Hyötykuormat pientalossa muodostuvat henkilökuormista eli oleskelukuormista, jotka vaikuttavat pinta-, piste tai viivakuormina. Henkilökuormiin sisältyvät henkilöiden ja sisustusosien aiheuttamat kuormat, mutta eivät kantamattomien välisten aiheuttamat kuormat. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2) on esitetty rakennuksessa vaikuttavat henkilökuormat, joista pientalossa vaikuttaa oleskelukuorma 1. Oleskelukuorman 1 oletetaan vaikuttavan tiloissa, joiden käyttö vastaa asumista tai kuormituksen kannalta asumiseen verrattavaa käyttöä. /2/

TAULUKKO 2. Henkilökuormat. /2/

Kuormaryhmä	Pintakuorma	Pistekuorma	Pintakuorman liikkuva osa %
	qk (kN/m ²)	Fk (kN)	
Oleskelukuorma 1	1,5	1,5	70
Oleskelukuorma 2	2,0	1,5	70
Portaat ja käytävät	2,5	2,0	100
Kokoontumiskuorma	2,5	1,5	70
Portaat ja käytävät	4,0	2,0	100
Tungoskuorma	4,0	2,0	100

3.2 Vaakakuormat

3.2.1 Tuulikuorma

Tuulen nopeusarvot on määritelty havaintoasemilta kerättyjen tuulitilastojen avulla. Rakenteisiin kohdistuva tuulikuorma on tuulen nopeudesta lasketun nopeuspaineen ja rakenteen muodosta sekä tuulen suunnasta riippuvan muotokertoimen tulo. /2/

TAULUKKO 3. Tuulen nopeuspaine eri maastoluokissa. /2/

Maastoluokka	z_{min} (m)	Nopeuspaine (kN/m ²)
0 Avomeri	1	$q = 0,87(z/10)^{0,18}$
I Laaja avoin alue	2	$q = 0,77(z/10)^{0,20}$
II Maatalousmaa, satunnaisia pieniä esteitä	4	$q = 0,65(z/10)^{0,24}$
III Esikaupunki- ja teollisuusalueet, metsät	8	$q = 0,49(z/10)^{0,32}$
IV Kaupunkien keskusta-alueet	16	$q = 0,34(z/10)^{0,44}$

z on korkeus maaston pinnasta metreinä.

Kaavat ovat voimassa, kun korkeus $z \leq 200$ m.

Nopeuspaine on vakio korkeudesta z_{min} maaston pintaan (z_{min} mukainen).

3.2.2 Voima ja painekertoimet

Kokonaistuulikuorman määrittämiseen tarvittavat tuulen- ja suojanpuoleisen seinän keskimääräiset ulkopuoliset paineen kertoimet saadaan taulukosta 3 ja katon muotokertoimet taulukosta 4. Näin saadaan tuulikuormat esimerkiksi rakennuksen stabiiliteetin laskentaa varten tai rungon osiin kohdistuvien tuulikuormien laskemiseksi. Ellei tarkempaa määrittystä katon ja seinien osalta suoriteta, voidaan kokonaistuulikuorman kertoimeksi harja- ja tasakattoisille rakennuksille ottaa 1,3 sekä pulpettikattoisille 1,5, jolloin pintana on rakennuksen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta. Näitä kertoimia voidaan käyttää myös silloin, kun rakennuksesta on auki yksi sivu, kaksi viereistä sivua tai kolme sivua. /2/

TAULUKKO 4. Seinän keskimääräiset ulkopuoliset paineen kertoimet C_p , nopeuspaineena q_h harjan korkeudella (q_z kun $z = h$). /2/

Alue	L/B	C_p
Tuulenpuoleinen seinä	Kaikki arvot	0,7
Suojanpuoleinen seinä	0 – 1	-0,5
	2	-0,3
	≥ 4	-0,2
Sivuseinät	Kaikki arvot	-0,7

TAULUKKO 5. Harjakaton keskimääräiset ulkopuolisen paineen kertoimet C_p . Nopeuspaineena q_h harjan korkeudella (q_z , kun $z = h$). /2/

Tuulenpuoli, kulma $\alpha (\geq 10^\circ)$									Suojapuoli $\alpha (\geq 10^\circ)$		
h/L	10°	15°	20°	25°	30°	35°	45°	$\geq 60^\circ$	10°	15°	$\geq 20^\circ$
$\leq 0,25$	-0,7 -0,3	-0,5 0,0	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,2	0,4	0,5	$0,01\alpha$	-0,3	-0,5	-0,6
0,5	-0,9 -0,4	-0,7 -0,3	-0,4 0,0	-0,3 0,2	-0,2 0,2	-0,2 0,3	0,4	$0,01\alpha$	-0,5	-0,5	-0,6
$\geq 1,0$	-1,3 -0,6	-1,0 -0,5	-0,7 0,3	-0,5 0,0	-0,3 0,0	-0,2 0,2	0,3	$0,01\alpha$	-0,7	-0,6	-0,6
$\leq 0,5$	$\alpha < 10^\circ$ (tuulen suuntaan)										
	Etäisyys tuulenpuoleisesta reunasta										
	0...h -0,9 -0,4										
	h..2h -0,5 0,0										
	>2h -0,3 0,2										
$\geq 1,0$	0..h/2 -1,3 -0,6										
	>h/2 -0,7 -0,3										

3.3 Rakenteen vinoudesta aiheutuva voima

(Lisävaakavoima rakennuksen pidemmässä suunnassa)

Lisävaakavoima johtuu rungon pystyrakenteiden mahdollisesta vinoudesta tai kuormitusten oletettua epäedullisemmasta vaikutussuunnasta. Lisävaakavoimasta aiheutuvien rasitusten suuruus riippuu rakenteiden omasta painosta. Lisävaakavoimaa pidetään ulkoisena kuormituksena, joka siirretään rungon jäykistävien rakenteiden avulla perustuksiin ja maaperään saakka. Se voidaan määrittää kaavasta /3/:

$$HL = B/L \cdot P_d / 150 \geq P_d / 250 \quad (2)$$

jossa HL = on lisävaakavoima rakennuksen pidemmässä suunnassa

P_d = on pystykuorman laskenta-arvo

B = on rakennuksen leveys

L = on rakennuksen pituus

4 NAULALEVYRISTIKKORAKENTEEN JÄYKISTYS

4.1 Yleistä

Rakennuksen tulee kestää ulkoisten vaakavoimien ja ulkoisista pystykuormista aiheutuvien vaakakuormien aiheuttamat rasitukset ja pystyä välittämään ne myös perustuksille. Yksittäisten rakennusosien tulee kestää rakenteen sisäisistä voimista syntyvät rasitukset. Tällaisia rasituksia syntyy rakenteeseen, kun rakenteiden geometria poikkeaa joko geometrisesti tai fysikaalisilta ominaisuuksiltaan ideaalisesti virheettömästä rakenteesta. Näitä voimia ei tarvitse välittää perustuksille, vaan riittää, että ne on huomioitu rakennesysteemin sisällä. Tyypillisiä jäykistyskuormien aiheuttajia ovat nurjahdus- ja kiepahdustuennasta aiheutuvat tuentavoimat, tuuli sekä rakenteiden vinous ja pystykuormien epäkeskisyys. Mitoitusta näille voimille kutsutaan yleisesti stabiiliusmitoitukseksi. Jäykistys käsittää siis koko rakennuksen jäykistyksen ja yksittäisten komponenttien muodostaman kokonaisuuden sisäisen jäykistyksen. /3/

Rakennesuunnitelmista tulee selkeästi ilmetä, miten rakennuksen jäykistys toteutetaan. Esityksestä tulee käydä ilmi eri rakenneosien tärkeys rakenteen toimivuuden kannalta tavalla. Kaikissa jäykistysuunnitelmissa pitää esittää yksinkertaisuksena, miten voimat siirretään jäykistysmitoituksessa rakennustasolla rakenteilta toisille ja mitkä voivat siirretään aina perustuksille asti. Jäykistysuunnitelma käsittää yksiselitteisen piirustuksen ja lyhyen sanallisen kuvauksen. Suunnitelman tarkoitus on auttaa rakentamisen eri osapuolia ymmärtämään koko rakennuksen toimintaa ja mihin on erityisesti kiinnitettävä huomiota rakennusvaiheessa. Asennusaikaisesta jäykistyksestä tai tuennasta tulee laatia erillinen asennussuunnitelma, jossa on esitetty tärkeät rakenteelliset asiat. /3/

4.2 Jäykistysjärjestelmän valinta

Vastaavan rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu rakennuksen rakennejärjestelmän ja sen jäykistysjärjestelmän valinta. Yleisimmät rakennuksen jäykistystavat ovat mastojäykistys, kehäjäykistys ja levyjäykistys.

4.2.1 Mastojäykistys

Kattorakenne ja sitä kantava pilarirunko muodostavat yhdessä rakennuksen kantavan rungon. Kantavana vaakasuuntaisena rakenteena voi toimia esimerkiksi ristikko, joka tukeutuu nivelellisesti kantaviin mastopilareihin, jotka puolestaan ovat kiinnitetty momenttijäykästi perustuksiin. Ristikko ja pilarit yhdessä muodostavat kehän, ja tällöin jokainen kehä välittää sekä pysty- että poikittaiset kuormat perustuksiin saakka. Rakennuksen rungon pituussuuntainen jäykistys voi myös olla järjestetty mastomaisesti tai muulla tavalla. /4/

4.2.2 Kehäjäykistys

Kehärakenne poikkeaa mastojäykistyksestä sillä tavoin, että kehärakenne muodostetaan tekemällä naulalevyristikkorakenteen (NR) ja pilarin välille momenttijäykä liitos. Kehäjäykistystä käytetään enemmän ulkomailla kuin Suomessa. /4/

4.2.3 Levyjäykistys

Yksi yleisimpiä tapoja välittää vaakakuormat perustuksille on muodostaa rakennuksen seinistä, välipohjista ja katoista levyjä, esimerkiksi rakenteellisten levyjen tai tasakorkeiden NR-jäykistysristikoiden avulla. Tällöin kantavat seinät, tai pilarit, voivat olla nivelellisiä ja siirtää ainoastaan pystykuormat perustuksille. Seinät tukeutuvat yläpäästään yläpohjaan, joka levyrakenteeksi suunniteltuna siirtää vaakavoiman eteenpäin (pääty) seinille ja siirtävät edelleen levyiksi suunniteltuna vaakavoimat perustuksille. Tämä jäykistystapa soveltuu ainoastaan pienempiin rakennuksiin, joiden leveyden suhde pituuteen on kohtuullisen suuri. /4/

Lisäksi rakennus, jonka kattorakenne on toteutettu NR-rakenteisena, voidaan jäykistää pituussuunnassa yläpaarteiden väliin sijoitettuiden vaakaristikoiden avulla, reivauksien avulla, katteen alle sijoitettavien teräsvanteiden avulla ja tai yhdistelemällä edellä mainittuja tapoja. /4/

5 JÄYKISTYS SIPOREX-SEINIEN AVULLA

Kun vaakakuormia siirretään harkkoseinille, on tarkistettava, että seinä pystyy vastaanottamaan siihen kohdistuvat rasitukset. Jäykistäväseinä mitoitetaan tällöin ulokkeena tai palkkimaisena rakenteena, jolloin kuormat siirtyvät alapuolisille rakenteille, mikä on edelleen otettava huomioon mitoituksessa. Mitoituksessa tarkastetaan, etteivät laskennallinen taivutusvetojännitys ja leikkausjännitys ylitä laskentalujuuksia. Jäykistävän seinän ylä- ja alapäässä voidaan siirtää leikkausrasitukset kitkan avulla. Mikäli kitka ei yksinään riitä ankkuroimaan seinää, voidaan apuna käyttää vaarnatapitusta. Jos jäykistävä seinä on limitetty jonkin muun seinän kanssa, voidaan osa toisesta seinästä ottaa huomioon jäykistävää seinää mitoitettaessa (vrt. T-poikkileikkaus). Laipan tehollinen b_{ef} leveys voidaan laskea seuraavasta kaavasta (valitaan pienempi seuraavista arvoista) /1/:

$$b_{ef} = b + 6d \text{ tai}$$

$$b_{ef} = b + 1,2 \text{ m.}$$

On myös tärkeää muistaa tarkastella harkkoseinien ja muiden jäykistävien rakenteiden, kuten yläpohjan ja jäykistävän seinän, väliset liitokset ja niiden kestävyys niihin kohdistuvia rasituksia vastaan. Kun harkkoseinä toimii poikittaiselle kuormalle mitoitettaessa yläpäästään tuettuna, aiheutuu seinän mahdollisesta kaltevuudesta lisävaakakuormaa yläpuoliselle laatastolle. Seinän kaltevuudesta johtuvan lisävaakakuorman suuruutena käytetään arvoa $0,01 \times$ suurin N_d . /1/

6 LASKENTA

Työssä on tarkoitus käyttää esimerkkinä Jämerä-kivitalojen mallistosta löytyvää Massingberd-nimistä siporex-pienkivitaloa, määrittää sille jäykistävät rakenneosat ja tehdä vaadittavat laskelmat. Laskelmat on tehty tässä esimerkissä Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti, koska siporexille ei ole vielä saatavissa eurokoodin mukaisia lujuuden nimellisarvoja tai mitoitusohjeita.

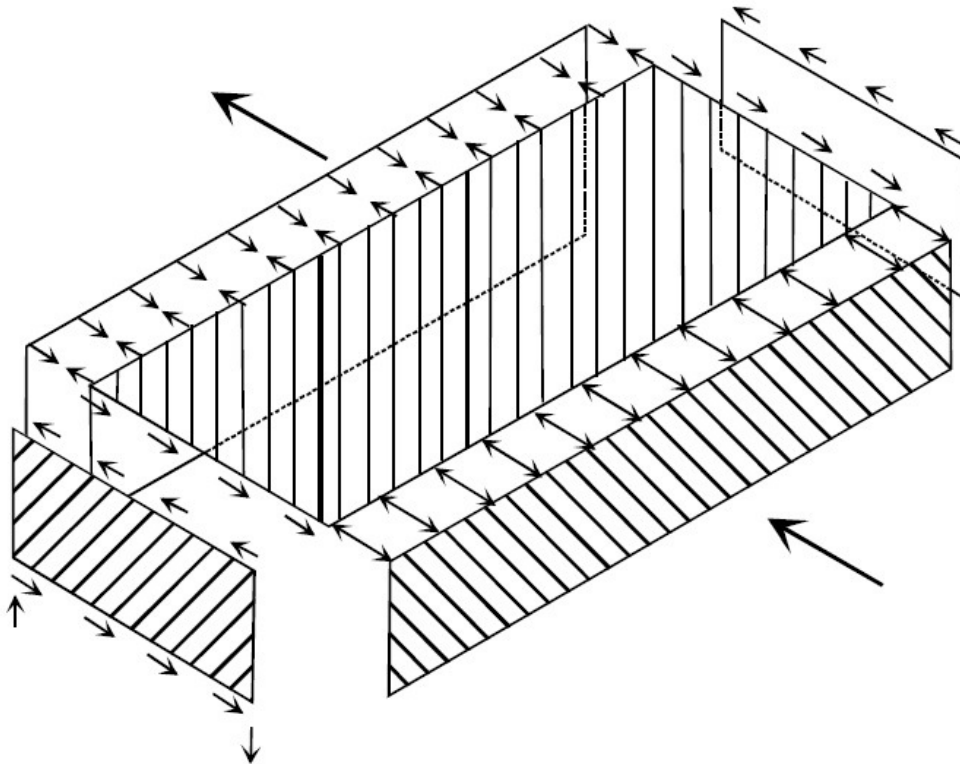
Rakennuksen leveys (pääty) on 10,6 m ja pituus 16,6 m. Rakennuksen yläpohja on naulalevyristikkorakenteinen. Yläpohja jäykistetään ristikon alapaarteiden alapinnasta kipsilevyillä. Lisäksi oletetaan, että ainoastaan rakennuksen päätyseinät ja toinen väliseinistä toimivat jäykistävinä.

6.1 Jäykistysperiaate

Rakennus jäykistetään seuraavalla tavalla /6/:

1. Jäykistyksessä siirretään pitkille seinille tuleva vaakakuorma kattorakenteen avulla päätyseinille ja jäykistävälle väliseinälle. Päätyyn tuleva vaakakuorma siirretään kattorakenteen avulla pitkille seinille.
2. Siporex-seinät jäykistetään tasojensa suunnassa kuormalle, joka koostuu seinän yläreunan yläpuolista vaakakuormasta ja puolesta seinään kohdistuvasta vaakakuormasta. Toinen puoli seinään kohdistuvasta vaakakuormasta oletetaan menevän suoraan perustuksille. Seinät ankkuroidaan tarvittaessa perustuksiinsa siten, että ankkurivoimat estävät seinän irtoamisen alustastaan. Ankkurivoimaa määritettäessä seinään kohdistuvan pystykuorman osuus voidaan vähentää kokonaiskuormasta.
3. Kattorakenteeseen suunnitellaan jäykistävä vaakasuuntainen kipsilevy rakenne naulalevyristikon alapaarretasoon. Tämä levyrakenne suunnitellaan palkkirakenteena, jonka korkeus on rakennuksen syvyys ja jänneväli rakennuksen pituus, kun tarkastellaan pitkille seinille kohdistuvaa vaakakuormaa.

4. Kattokannattajina olevien naulalevyristikoiden yläpaarteiden jäykistys, naulalevyristikoiden kaatumisen estäminen ja puristussauvojen nurjahtaminen hoidetaan vinositeiden avulla.
5. Liitokset suunnitellaan niin, että ne pystyvät välittämään niihin kohdistuvat rasitukset.



KUVIO 4. Vaakakuormien siirtäminen perustuksille, periaate. /6/

6.2 Rakennuksen pystysuuntaiset kuormat

Rakennuksen pitkille seinille kohdistuu yläpohjasta tulevat pystysuuntaiset kuormat. Kuormat muodostuvat lumikuormasta ja kattorakenteiden omasta painosta.

Lumikuorma lasketaan kaavasta:

$$s = \mu * s_k = 1,0 * 2,0 \text{ kN/m}^2 = 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad (1)$$

jossa $\mu = 1,0$ (katon kaltevuus 30°)

$s_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ (maassa oleva lumikuorman ominaisarvo pääkaupunkiseudulla)

Kattorakenteen omapaino on $g_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$. (peltikate)

6.3 Rakennuksen vaakasuuntaiset kuormat

Rakennukseen kohdistuvat vaakasuuntaiset kuormat muodostuvat tuulikuormasta ja lisävaakavoimista.

Lasketaan tuulen nopeuspaine q kaavasta (maastoluokassa 2) /2, s.31/:

$$q = 0,65 * (z/10)^{0,24} = 0,65 * (5/10)^{0,24} = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

jossa $z = 5 \text{ m}$ (korkeus, jolla tuulen nopeuspaine lasketaan)

Lasketaan kokonaistuulivoiman arvo kaavasta:

$$w = C_p * q = 1,3 * 0,55 \text{ kN/m}^2 = 0,715 \text{ kN/m}^2 \quad (3)$$

jossa $C_p = 1,3$ (ulkopuolisen paineen kerroin)

$q = 0,55$ (tuulen nopeuspaine)

Tuulikuormitus rakennuksen pidemmässä suunnassa:

$$w_1 = 0,715 \text{ kN/m}^2 * 3,45 \text{ m} = 2,5 \text{ kN/m}$$

Oletetaan, että NR-rakenteeseen kohdistuvasta vaakasuorasta tuulikuormituksesta puolet kohdistuu yläpaarten tasoon ja puolet alapaarten tasoon.

Tuulikuormitus rakennuksen lyhyemmässä suunnassa:

$$w_2 = 0,715 \text{ kN/m}^2 * 5,35 \text{ m} = 3,8 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoima voidaan laskea kaavasta:

$$HL = B/L * P_d / 150 \geq P_d / 250 \quad (2)$$

Lisävaakavoima kattorakenteen omasta painosta: (pidemmässä suunn.)

$$HL_{11} = (10,6/16,6)m * 0,65 \text{ kN/m}^2 * 16,6m / 150 \geq 0,65 \text{ kN/m}^2 * 16,6m / 250$$

$$HL_{11} = 0,046 \text{ kN/m} \geq 0,043 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoima lumikuormasta: (pidemmässä suunn.)

$$HL_{12} = (10,6/16,6)m * 2,0 \text{ kN/m}^2 * 16,6m / 150 \geq 2,0 \text{ kN/m}^2 * 16,6m / 250$$

$$HL_{12} = 0,14 \text{ kN/m} \geq 0,13 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoima kattorakenteen omasta painosta: (lyhyemmässä suunn.)

$$HL_{21} = (0,65 \text{ kN/m}^2 * 10,6 \text{ m}) / 150 = 0,046 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoima lumikuormasta: (lyhyemmässä suunn.)

$$HL_{22} = (2,0 \text{ kN/m}^2 * 10,6 \text{ m}) / 150 = 0,14 \text{ kN/m}$$

6.3.1 Alapaarretasossa vaikuttava viivakuormitus

Alapaarteen tasossa vaikuttava vaakasuuntainen viivakuormitus rakennuksen pidemmässä suunnassa voidaan laskea seuraavalla tavalla:

$$P_{d1} = 1,2 * HL_{11} + 1,6 * w_1 + 0,8 * HL_{12}$$

$$P_{d1} = 1,2 * 0,043 \text{ kN/m} + 1,6 * 2,5 \text{ kN/m} + 0,8 * 0,13 \text{ kN/m} = 4,2 \text{ kN/m}$$

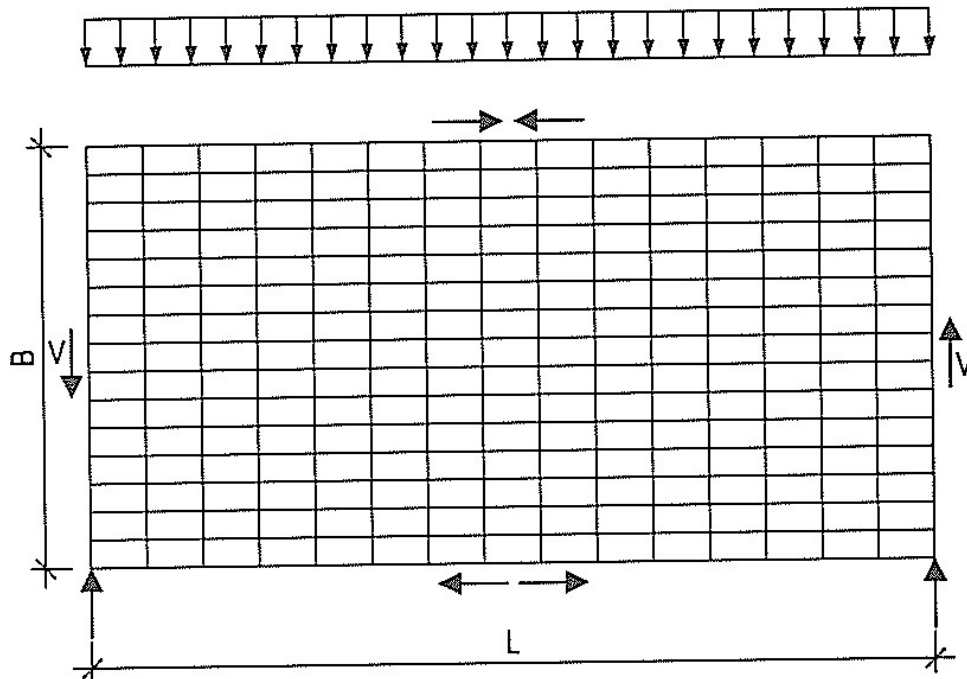
Rakennuksen lyhyemmässä suunnassa:

$$P_{d2} = 1,2 * HL_{21} + 1,6 * w_2 + 0,8 * HL_{22}$$

$$P_{d2} = 1,2 * 0,046 \text{ kN/m} + 1,6 * 3,8 \text{ kN/m} + 0,8 * 0,14 \text{ kN/m} = 6,25 \text{ kN/m}$$

6.4 Alapaarretason jäykistys kipsilevyillä

(rakennuksen lyhyempi suunta)



KUVIO 5. Yläpohjataso levyjäykistys, periaate. /4/

Jäykistetään NR-rakenteiden alapaarretaso kipsilevyillä 2400x1200x13mm. Levyjä on 7 kpl peräkkäin ja 9 kpl rinnakkain. Kipsilevyt kiinnitetään alapaarretteen alapintaan kiinnitettyihin koolauspuihin kipsilevyruuveilla 3,8x32 (QMST 32).

6.4.1 Levykentän kuormat ja rasitukset

levykentän kuorma, $P_{d2} = 6,25 \text{ kN/m}$

Päätyseinän ja jäykistävän väliseinän välinen etäisyys = 9,9 m = L.

levykentän suurin momentti $M_d = (P_{d2} * L^2) / 8 = 76,6 \text{ kNm}$

levykentän suurin leikk.voima $V_d = (P_{d2} * L) / 2 = 31 \text{ kN}$

TAULUKKO 6. Gyproc-rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetit eri kiinnikeväleillä. /5/

Ranka	Kiinnike	Levy- tyyppi	Kosteus- luokka	Kiinnikkeiden väli (mm)						
				70	100	150	200	250	300	
Puu	Ruuvit									
	QMST 32	GN 13	1	5,27	3,69	2,46	1,85	1,48	1,23	
	QMST 32	GEK 13	1	8,57	6,00	4,00	3,00	2,40	2,00	
	QT 29	GN 13	1	5,27	3,69	2,46	1,85	1,48	1,23	
	QTR 29	GEK 13	1	7,25	5,08	3,38	2,54	2,03	1,69	
	QT 41	GF 15	1	7,25	5,08	3,38	2,54	2,03	1,69	
	QU 32	GTS 9	2	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38	
	QU 32	GTS 9	3	3,95	2,77	1,85	1,38	1,11	0,92	
Gyproc metalli- ranka 0,56 mm	Ruuvit									
	QMST 32	GN 13	1	4,61	3,23	2,15	1,62	1,29	1,08	
	QMST 32	GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38	
	QS 25	GN 13	1	4,61	3,23	2,15	1,62	1,29	1,08	
	QSR 25	GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38	
	QS 25	GF 15	1	6,59	4,62	3,08	2,31	1,85	1,54	
Puu	Konenaulat									
	BTC (NK-R)	GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38	
	DF	GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38	
	Senco	GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38	
	Huopanaulat									
	Huopanaula (HJ15, DPN)	GTS 9	2	5,27	3,69	2,46	1,85	1,48	1,23	
	Huopanaula (HJ15, DPN)	GTS 9	3	3,30	2,31	1,54	1,15	0,92	0,77	
	Ruuvinaula									
BTC (NK5)	GEK 13	1	6,59	4,62	3,08	2,31	1,85	1,54		

Levymerkintöjen selitykset:

GN 13 = normaali sisäverhouslevy

GEK 13 = erikoiskova sisäverhouslevy

GF 15 = palonsuojakipsilevy Protect F

GTS 9 = tuulensuojakipsilevy

6.4.2 Levytyksen suurin liitinväli

Yllä oleva taulukko löytyy Gyproc-käsikirjasta ja siinä on esitetty eri kiinnikeväleillä kiinnitettyjen gyproc-rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetteja (kN/levy).

Taulukon arvojen avulla voidaan päätellä kiinnikkeiden lukumäärä:

$$31 \text{ kN} / 8 \text{ kpl (ehjiä levyjä lyhyemmässä suunn.)} = 3,9 \text{ kN} / \text{levy}$$

Taulukosta 5 voidaan valita liitinjaoksi 70mm kentän reunimmaisissa levyissä, kun käytetään liittimiä 3,8x32 (QMST 32). Jäykistelevyjen päissä tulee koolauspuiden välissä käyttää rimoja 45x45 L=400, joihin levyjen päät saadaan kiinnitettyä edellä mainitulla liitinjaolla.

Yleisesti murtorajatilassa tulee tarkistaa levyn lommahdus, liittimien leikkauslujuus ja ankkurointi, sekä käyttörajatilassa levytason siirtymät. Levyn lommahdusta ja tason siirtymää ei tarvitse erikseen tarkistaa, jos mitoitus suoritetaan käyttäen gyproc-käsikirjassa annettuja taulukkomitoitusarvoja (Taulukko 5), ja rankajako on $\leq k$ 600 mm. /5/

6.4.3 Levykentän vetopaarteen mitoitus

Käytetään levykentän paarteina siporex-seinän päälle tulevaa yläohjauspuuta T24 50x150.

paarrepuun vetolujuus $f_{t,d} = 10,4 \text{ N/mm}^2$

paarrepuun poikkileikkausala $A = 7500 \text{ mm}^2$

paarteen vetovoima $F_d = M_d/B$ $F_d = 7,2 \text{ kN}$

paarteen vetojännitys $\sigma_{t,d} = F_d/A$ $\sigma_{t,d} = 0,96 \text{ N/mm}^2$

mitoitusehto $\sigma_{t,d} < f_{t,d} \rightarrow$ seinän yläohjauspuun poikkileikkaus on riittävä.

6.4.4 Vetopaarteen kiinnitys siporex-seinään

Päätyseinän yläosaan kohdistuva vaakavoima voidaan laskea seuraavalla tavalla:

$$N_2 = P_{d2} * (L_2 / 2), \quad (L_2 = \text{pääty- ja jäykistävän väliseinään etäisyys.})$$

$$N_2 = 6,25 \text{ kN/m} * (9,9 \text{ m} / 2) = 31 \text{ kN}$$

Vetopaarretta ankkuroitaessa siporex-seinään voidaan käyttää vaarnateräksenä harjaterästä T10, joka juotetaan laastilla 30 mm:n reikään. Suunnittelijan käsikirja (Siporex) antaa kyseisen vaarnauksen leikkauskapasiteetiksi murtorajatilassa 2,5 kN seinää vastaan kohtisuorassa suunnassa ja 9,0 kN seinän suunnassa, kun teräs ulottuu vähintään 400 mm siporex-seinään. /1/

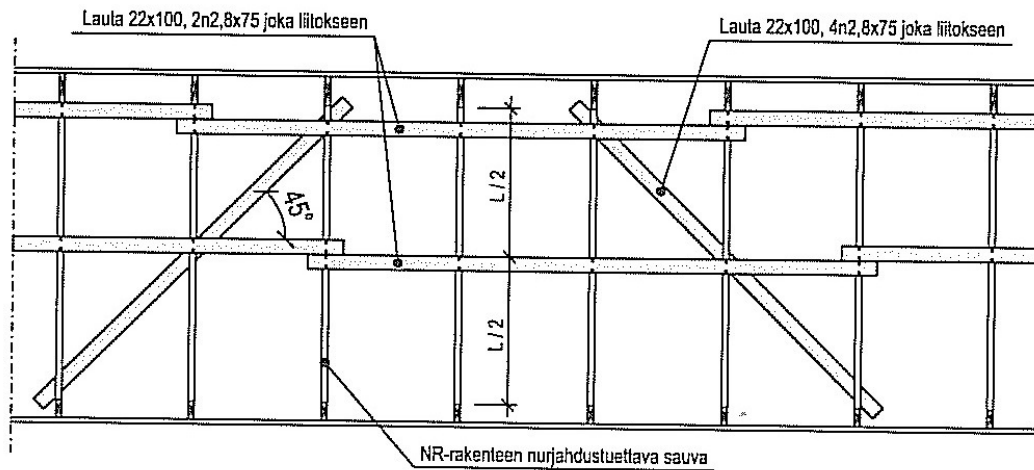
Ankkurointi tarve voidaan määrittää seuraavalla tavalla:

$$N_2 = 31 \text{ kN} / 9,0 \text{ kN} = 3,44 = 4 \text{ kpl vaarnateräksiä.}$$

→ vaarnaterästen jaoksi tulee: $10,6 \text{ m} / 4 \text{ kpl} = 2,65 \text{ m.}$

6.4.5 Uumasauvan nurjahdustuenta /1, s.57/

Tarkastellaan NR-rakenteen puristettua uumasauvaa, joka vaatii nurjahdustuennan ristikon tasoa vastaan kohtisuorassa suunnassa. Nurjahdustuettavan sauvan puristusvoima N_d saadaan NR-suunnitelmasta.



KUVIO 6. NR-rakenteen uumasauvan nurjahdustuenta, periaate. /4/

Oletetaan, että sauvassa vaikuttava puristusvoima $N_d = 10,6 \text{ kN}$, ja että vaakasuuntaisena nurjahdustukena toimii lauta 22x100. Nurjahdustuen kaikki liitokset mitoitetaan voimalle:

yhdellä vedetyllä vinosauvalla jäykistettävät sauvat = 4 kpl

sauvan puristusvoima keskipitkässä aikaluokassa $N_d = 10,6 \text{ kN}$

$$F_d = N_d/50 = 0,21 \text{ kN}$$

$$F_{n,d} = n * F_d = 0,85 \text{ kN}$$

Käytetään vaakasuuntaisen nurjahdustuen (lauta 22x100) ja 42 mm paksun NR-rakenteen uumasauvan välisessä liitoksessa konenaulaa 2,8x75, jolloin reunaetäisyys on 7,5d ($a_{t, \min} = 7d$).

naulan ominaiskestävyys

$$(RIL\ 205-1-2007,\ 8.5.1S) \quad R_k = 120d^{1,7} = 691\ \text{kN}$$

laudan ($t_1 = 22\ \text{mm}$) paksuudesta

$$\text{johtuva reduktio (RIL 205-1-8.5.6S)} \quad k_e = t_1/8d = 0,98$$

naulan mitoituskestävyys

$$R_d = k_{\text{mod}} / \gamma_m * k_e * R_k = 0,8/1,4 * 0,98 * 691 = 387\ \text{N}$$

$$\text{liitosvoima vinositeen kohdalla} \quad F_{n-1,d} = 3F_d = 640\ \text{N}$$

$$\text{liitokseen tarvittava naulamäärä} \quad n = F_{n-1,d}/R_d = 1,7\ \text{kpl}$$

$$\rightarrow \text{naulat } 2,8 \times 75 \quad n_{\text{naula}} = 2\ \text{kpl}$$

Vedettynä sauvana toimiva vinosidonta ja sen liitokset mitoitetaan voimalle:

$$\text{vinosidonnan kulma vaakatasoon nähden} \quad \alpha = 45^\circ$$

$$F_{n,d} = nF_d = 0,85\ \text{kN}$$

$$F_{n\alpha,d}/R_d = F_{n,d}/\cos \alpha = 1,20\ \text{kN}$$

Käytetään vinosidonnan (lauta 22x100) ja NR-rakenteen uumasauvan välisessä liitoksessa konenaulaa 2,8x75:

$$\text{liitokseen tarvittava naulamäärä:} \quad n = F_{n\alpha,d}/R_d = 1,20/0,387 = 3,1\ \text{kpl}$$

$$\text{naulat } 2,8 \times 75 \quad n_{\text{naula}} = 4\ \text{kpl}$$

Jos kattoruoteiden kiinnitysten käyttöaste on korkea, nurjahdustuettavien sauvojen yläpäät kytetään yhteen vaakalaudalle (22x100), joka naulataan vastaavasti kuin varsinaisena nurjahdustukena toimiva vaakalauta. Sauvojen alapäissä ei tarvita vaakalautaa, jos jäykkänä tasona toimivan alapaarteen alapinnassa käytetään ruoteita 22x100 k300 naulauksella 3n2,8x75. /4/

6.5 Päätyseinän leikkaustarkastelu

Tarkastellaan pystyykö päätyseinä välittämään sille kohdistuvan leikkausvoiman perustuksille. Seinän leikkauskestävyys heikommassa suunnassa voidaan laskea kaavasta /1, s.D14/:

$$V_u = A_{cc} * f_{vd} + 0,3 N_d \leq 1,5 * A_{cc} * f_{ctd} \quad (4)$$

jossa A_{cc} = poikkileikk. pinta-ala josta on vähennetty vedetty osuus

N_d = leikkaustasoa vastaan kohtisuorassa suunnassa vaikuttavan normaalivoiman laskenta-arvo

f_{vd} = harkkoseinän leikkauslujuuden laskenta-arvo

f_{ctd} = harkkoseinän taivutuslujuuden laskenta-arvo

TAULUKKO 7. Siporex-harkkoseinien laskentalujuudet murtorajatilassa. /1/

Kuivatiheys	Puristuslujuus	Taivutusvetolujuus		Leikkauslujuus
		<i>Kohtisuoraan harkon lapetta vastaan</i>	<i>Kohtisuoraan harkon päätä vastaan</i>	
ρ	f_{cd}	f_{ctd}	f_{ctd}	f_{vd}
kg /m ³	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
400	0,595	0,13	0,085	0,051
450	0,805	0,13	0,115	0,069
500	1,05	0,13	0,15	0,09

$$\rightarrow V_u = (500 * 10600) \text{mm}^2 * 0,09 \text{ N/mm}^2 + 0,3 * 31000 \text{ N} \leq 1,5 * (500 * 10600) \text{mm}^2 * 0,15 \text{ N/mm}^2$$

$$V_u = 486\,300 \text{ N} \leq 1\,192\,500 \text{ N}, \text{ OK.}$$

$$V_u = 483,3 \text{ kN} > 31 \text{ kN} (V_d)$$

6.5.1 Päätseinän kiinnitys perusmuuriin

Päätseinä siirtää siihen kohdistuvan vaakakuorman perusmuurille kitkan ja vaarnaterästen avulla. Vaarnateräksiä käytetään yleensä vain silloin, kun kitka ei riitä. Kitkan ja vaarnaterästen leikkauskapasiteetit saa laskea yhteen. /1/

Liitoksen kapasiteetti voidaan laskea seuraavalla tavalla:

$$V_u = A * f_{vd} \geq V_d$$

$$\rightarrow V_u = (0,5 * 10,6) \text{ m}^2 * 0,09 * 10^3 \text{ kN/m}^2 = 477 \text{ kN} \geq 31 \text{ kN} \quad \text{OK.}$$

Päätseinä pystyy välittämään siihen kohdistuvan leikkausvoiman perustuksille ilman vaarnaterästystä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli kertoa kuormien laskusta, erilaisista jäykistystavoista ja periaatteista, sekä esittää eräs tapa pienkivitalon jäykistyksen laskentaan, kun käytetään levyjäykistystä jäykistysjärjestelmänä. Jäykistyksen laskemiseen löytyy Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaisia mallilaskelmia, erikseen NR-rakenteille, puurakennuksille ja siporexista tehdyille rakennuksille. Siporex-pienkivitalon jäykistys laskelmia jossa kattorakenne on toteutettu NR-rakenteisena, ei ainakaan vielä löydy mallilaskelmia. Siporexin suunnitteluun ei vielä tänä päivänä löydy eurokoodin mukaisia suunnitteluohjeita. Tämä asia tulee varmaankin muuttumaan jatkossa, kun vanha kansallinen suunnittelunormi poistuu kokonaan käytöstä. Eurokoodin hyvät puolet ovat siinä, että suunnittelijat pystyvät Euroopassa käyttämään samoja laskukaavoja kuitenkin huomioiden kansallisten liitteiden ohjeet.

Työ oli kuitenkin vasta pintaraapaisu varsin laajaan aiheeseen, koska mahdollisia jäykistysratkaisuja ja materiaaleja on useita. Työhön olisi voinut ottaa lisää haastetta valitsemalla tarkasteltavaksi jonkin isomman pienkivitalon, esimerkiksi nykyarkkitehtuurin mukaisen pienkivitalon, joissa on usein paljon ikkunapinta-alaa, vähän väliseiniä ja jäykistäviä rakenneosia. Monikerroksisille rakennuksille jäykistyksen laskenta on jo varsin työlästä, jolloin voi joutua turvautumaan tietokoneohjelmien käyttöön.

Jäykistystä käsiteltiin rakennustekniikan koulutusohjelmassa melko vähän, joten tämä päättötyö mahdollisti oppia asiasta, joka on kuitenkin oleellinen osa rakennuksen suunnittelua. Toivottavasti tämä työ kannustaisi jatkossa kehittämään lisää laskumalleja jäykistyksen laskentaan, niin ammattikorkeakoulussa kuin työelämässäkin.

LÄHTEET

- /1/ H+H Finland Oy (2004). Suunnittelijan käsikirja. Helsinki: H+H Finland Oy
- /2/ RIL 144-2002 (2002). Rakenteiden kuormitusohjeet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- /3/ RIL 244-2007 (2007). Puurakenteiden jäykistyksen ja halkeilun hallinta. Suunnittelu- ja valmistusohjeet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto ry
- /4/ RIL 248-2008 (2008). NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto ry
- /5/ Gyproc Oy (2006). Gyproc käsikirja. Kirkkonummi: Gyproc Oy
- /6/ VTT (2006). Puurakenteiden jäykistysuunnittelu, ohje.

