

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2025

Akseli Anttila

Pientalon vesikaton rakennesuunnittelu



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2025 | 28 sivua, 32 liitesivua

Akseli Anttila

Pientalon vesikaton rakennesuunnittelu

Opinnäytetyössä on laadittu pientalon vesikaton rakennesuunnitelmat. Muut tarvittavat piirustukset olivat olemassa ennalta. Rakenneosien mitoituksessa on käytetty Finnwood-mitoitusohjelmaa ja Puuinfoa.

Uudiskohteen suunnittelu alkoi tutkimalla olemassa olevia piirustuksia ja pohtimalla niiden perusteella mahdollisia rakenteita, joita voitaisiin toteuttaa. Seuraavaksi määritettiin kuormat, jonka jälkeen voitiin aloittaa rakenteiden suunnittelu.

Opinnäytetyön lopputuloksena on rakennesuunnitelmat, jotka sisältävät piirustukset ja laskut. Näiden pohjalta voidaan toteuttaa rakennussuunnitelmien mukainen vesikatto.

Asiasanat:

Rakennesuunnittelu, vesikatto, mitoitus, puurakenteet, pientalo

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Civil engineer

2025 | number of pages 28 , number of pages in appendices 32

Akseli Anttila

Roof structural plan for a small residential building

The topic of this thesis is the structural design of a roof, which was carried out using the Finnwood calculation software, Puuinfo and the Eurocode standard as supporting tools. The project concerns a small residential building, for which the other necessary drawings already exist.

The design process began by reviewing the existing drawings and considering potential structural solutions that could be implemented based on them. The next step was to determine the possible loads, after which the structural design could begin.

The result of this thesis is a structural design, drawings, and load calculations, which serve as the basis for constructing the roof as requested by the client.

Keywords:

Structural design, roof, dimensioning, wooden structures, small residential building

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Lähtötiedot	7
3 Suunnitteluperusteet ja kuormat	9
3.1 Kuormitusyhdistelmät	9
3.2 Lumikuormat	12
3.3 Tuulikuormat	13
3.4 Hyötykuormat	15
3.5 Pysyvät kuormat	15
4 Puun materiaaliominaisuudet	16
4.1 Materiaaliominaisuudet	16
4.2 Tekniset ominaisuudet	19
4.3 Puun käyttöluokat	20
4.4 NR-ristikot	21
5 Rakenneosat ja jäykistys	23
5.1 Tukirakenteet	23
5.2 NR-ristikot	23
5.3 Kattoikkunan detaljit	24
5.4 Vesikatto	24
5.5 Jäykistys	25
6 Yhteenveto	27
Lähteet	28

Liitteet

Liite 1. Kattoristikoiden tilauskaaviot

Liite 2. Kannatuspalkkilaskelmat

- Liite 3. Pilarilaskelmat
- Liite 4. Ristikkorakennelaskelmat
- Liite 5. Rakennepiirustukset

Kuvat

Kuva 1 Pohjakuva	8
Kuva 2 Vesikattopiirustus.....	8
Kuva 3. Lumen ominaisarvot maan pinnalla, yksikkö kN/m ² (Puuinfo 2020.)....	12
Kuva 4. Lumikuorman muotokertoimet (Puuinfo 2020.)	13
Kuva 5. Nopeuspaineen ominaisarvot eri maastoluokissa, kun tuulennopeuden perusarvo $V_b = 21$ m/s (SFS-EN 1991-1-4.).....	14
Kuva 6. Ristikon osat (Puuinfo 2020.).....	Error! Bookmark not defined.
Kuva 7. Uumasauvan tuenta (Puuinfo 2020.)	25
Kuva 8. Jäykisteristikon sijainti.....	26

Taulukot

- Taulukko 1. Seuraamusluokat.
- Taulukko 2. Yhdistelykertoimet
- Taulukko 3. Maastoluokat.
- Taulukko 4. Voimakerroin.
- Taulukko 5. Havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet.
- Taulukko 6. Liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet.
- Taulukko 7. Kerto-LVL:n ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet.
- Taulukko 8. Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut.
- Taulukko 9. Muunnoskerroimen k_{mod} arvot.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia rakennesuunnitelmat Lietoon rakennettavaan pientalon vesikattoon. Työn tilaaja oli tilannut rakennesuunnitelmat OKM Solutions Oy:ltä. Lopullisena tuotteena tilaaja saa rakennepiirustukset vesikaton osalta. Lisäksi tilaaja saa rakenteisiin tehtävät kiinnitykset, liitokset, kuormien tarkastukset ja mitoitus.

Pohjana rakennesuunnitelmille toimivat arkkitehdin luomat rakennussuunnitelmat. Katto toteutetaan pyramidikattona, jossa on paljon pitkiä jännevälejä ja ulokkeita. Tämä edellyttää huolellista mitoitusta, jotta rakenteet kestävät kuormien aiheuttamat rasitukset. Rakenne vaatii erillisten tukien, kuten palkkien ja pilareiden lisäämistä. Asiakkaan pyynnöstä tukirakenteet pyritään piilottamaan olemassa olevien rakenteiden sisään mahdollisuuksien mukaan.

Työ toimii myös ohjeena suunniteltaessa vastaavan kaltaisia vesikattorakenteita.

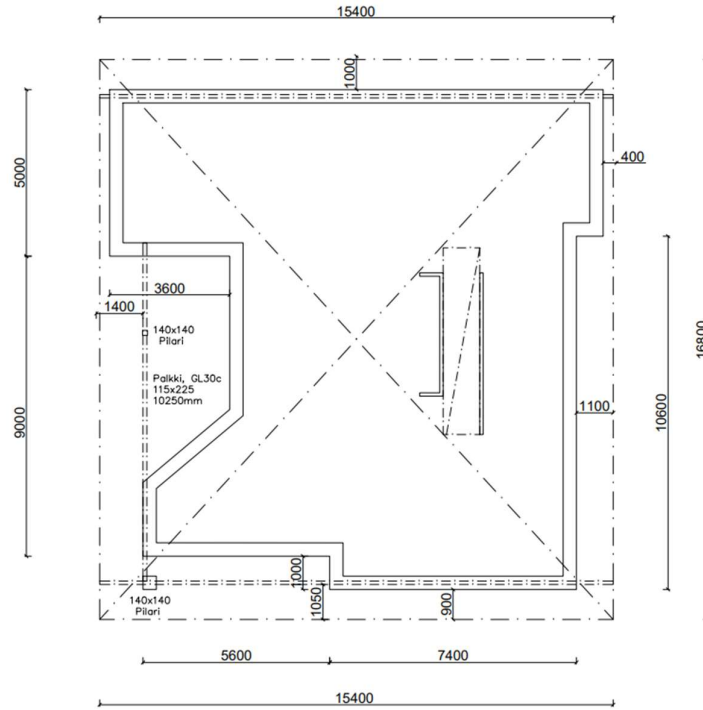
2 Lähtötiedot

Kohteena toimii kaksikerroksinen omakotitalo, Liedossa Varsinais-Suomessa. Pienasuuntaloalue noin 7 kilometriä Liedon keskustasta. Arkkitehti on laatinut kohteesta rakennesuunnitelmat. Vesikaton rakennepiirustukset tullaan tekemään niiden piirustusten pohjalta. Kuvan 1 piirustuksen pohjalta saadaan ulkoseinien paikat ja voidaan arvioida mahdollisten lisätukien paikat. Katon kaltevuus on 1:10.

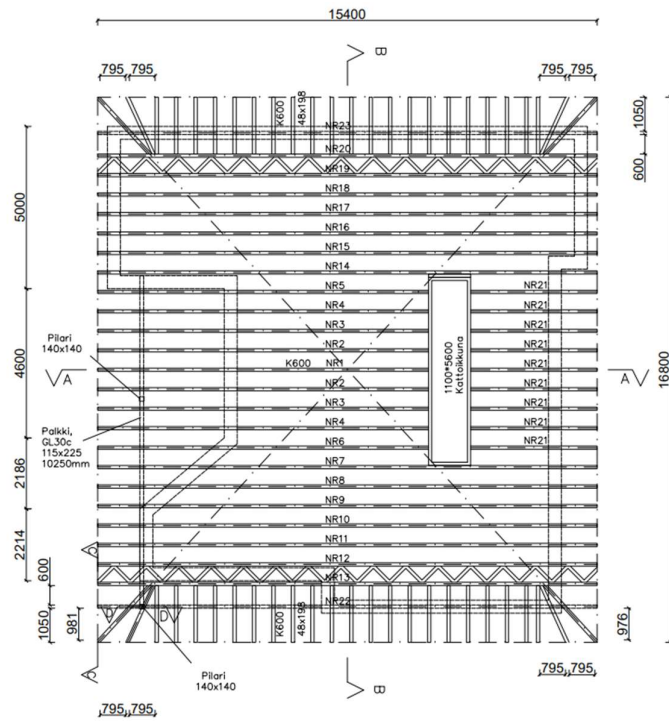
Kattoon tulee myös suuri kattoikkuna, jonka näkee kuvasta 2. Kattoikkuna katkaisee kattoristikot, joten ikkunan molempien puoleiset väliseinät tulee rakentaa kantavina. Näin saadaan tuettua rakenteet niin, että kattoikkuna voidaan kiinnittää ristikkorakenteisiin. Sisällä olevat oviaukot halutaan tuoda kattoon asti, joten kaikki lisätyt kantavat rakenteet on piilotettava.

Alakaton pintamateriaalina toimii kipsilevy. Rakennus varustetaan sähköverkkoon kytketyillä palovaroittimilla, joita asennetaan 1 kpl / 60m². (SFS-EN 1991-1-2)

Seuraavaksi lasketaan rakenteisiin kohdistuvat kuormitukset käyttämällä kuormitusyhdistelmiä. Rakenteissa huomioitavat kuormitukset ovat omapaino, tuuli-, lumi-, ja hyötykuorma.



Kuva 1 Pohjakuva



Kuva 2 Vesikattopiirustus

3 Suunnitteluperusteet ja kuormat

Kuormat määritellään standardin SFS-EN 1991 osien ja Suomen kansallisten liitteiden mukaan ja niiden Suomen kansallisiin liitteisiin myös RIL 205-1-2017 ja RIL 205-2-2019 ohjeita sovelletaan.

3.1 Kuormitusyhdistelmät

Taulukon 1 mukaan suunnitelmissa käytetään seuraamusluokkaa CC2, sillä kyseessä on pientalo, joka tulee asumiskäyttöön. Seuraamusluokan ollessa CC2 käytetään K_{FI} arvoa 1,0.

Rakennusten ja rakenteiden luokittelu seuraamusluokkiin:

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä rakenteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennuksen kantava runko ¹⁾ jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten <ul style="list-style-type: none"> • yli 8-kerroksiset ²⁾ asuin-, konttori- ja liikerakennukset • konserttisalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot • raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset Erikoisrakenteet kuten esim. suuret mastot ja tornit Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet hienorakeisten maalajien alueilla siirtymien haittavaikutuksille herkissä ympäristöissä
CC2	Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1
CC1	Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkitysettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esim. varastot Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa kuten <ul style="list-style-type: none"> - matalalla olevat alapohjat ilman kellaritiloja - ryömintätillaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne - sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuormitus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana - standardin SFS-EN 1993-1-3 rakenneluokkien (structural class) II ja III muotolevyrakenteet. - standardin SFS-EN 1993-1-3 rakenneluokan (structural class) I muotolevyrakenteet levyn taivutusta aiheuttaville pintaa vasten kohtisuorille kuormille ³⁾.
¹⁾ ylä- ja välipohjat kuuluvat kuitenkin luokkaan CC2 elleivät ne toimi koko rakennusta jäykistävänä rakenteena. Rakennuksen koostuessa erilaisista toisistaan riippumattomista rakennusosista määritetään kunkin osan seuraamusluokka erikseen. ²⁾ kellarikerrokset mukaan luettuina. ³⁾ ei koske kuormituksia, jotka syntyvät, kun muotolevyrakenteita käytetään siirtämään levytason suuntaisia leikkausvoimia (levyvaikutuksen hyväksikäyttö) tai normaaliavoimia.		

Taulukko 1. Seuraamusluokat

Suunnitelman hyötykuormissa käytetään taulukon 2 mukaan luokka A: asuintilat kohdan arvoja ja lumikuormassa $S_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$ kohdan arvoja.

Suomessa käytettävät hyötykuormien yhdistelykertoimet

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (katso SFS-EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,3
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino $\leq 30 \text{ kN}$	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30 \text{ kN} < \text{ajoneuvon paino} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Lumikuorma (katso SFS-EN 1991-1-3) ^{*)} kun			
$s_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,5	0,2
Jääkuorma ^{**))}	0,7	0,3	0
Rakennusten tuulikuormat (katso SFS-EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (katso SFS-EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
^{*)} Ulkotasoilla ja parvekkeilla $\psi_0 = 0$ luokkien A, B, F ja G yhteydessä. Huom: Mikäli rakennuksessa on eri kuormaluokkia, joita ei voi erotella omiin selviin ryhmiinsä, käytetään ψ -arvoja, jotka antavat epäedullisimman vaikutuksen. ^{**))} Lisätty Suomen kansalliseen liitteeseen.			

Taulukko 2. Yhdistelykertoimet

Puurakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelyillä.

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35G_{kj} \quad (1)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \quad (2)$$

Hetkellinen aikaluokka:

$$\max \begin{cases} 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} + 1,05Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \\ 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} + 1,05Q_{k,t} \end{cases} \quad (3)$$

Missä

G_{kj} on pysyvien kuormien ominaisarvo

$Q_{k,1}$ on lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista suurempi

$Q_{k,2}$ on lumi- hyötykuorman ominaisarvoista pienempi

Käyttörajatilassa kuormasta aiheutuva hetkellinen taipuma tai muodonmuutostila lasketaan kuormien ominaisyhdistelmälle käyttämällä kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja.

Hyöty- tai lumikuorman ollessa määräävä muuttuva kuorma:

$$G_{kj} + Q_{k,1} + 0,7Q_{k,2} \quad (4)$$

Tuulikuorman ollessa määräävä muuttuva kuorma:

$$G_{kj} + Q_{k,1} + 0,7Q_{k,1} + 0,7Q_{k,2} \quad (5)$$

Kokonaistaipuma saadaan kaavalla:

$$W_{fin} = \max \begin{cases} (1 + k_{def}) * W_{inst.G} + (1 + 0,2k_{def}) * W_{inst.lumi} + (0,7 + 0,3k_{def}) * W_{inst.hyöty} \\ (1 + k_{def}) * W_{inst.G} + (1 + 0,3k_{def}) * W_{inst.hyöty} + (0,7 + 0,2k_{def}) * W_{inst.lumi} \end{cases} \quad (6)$$

Missä

k_{def} on virumaluku

$W_{inst.G}$ on pysyvän kuorman G_{kj} aiheuttama hetkellinen taipuma

$W_{inst.lumi}$ on lumikuorman Q_{kj} aiheuttama hetkellinen taipuma

$W_{inst.hyöty}$ on hyötykuorman $Q_{k,h}$ aiheuttama hetkellinen taipuma

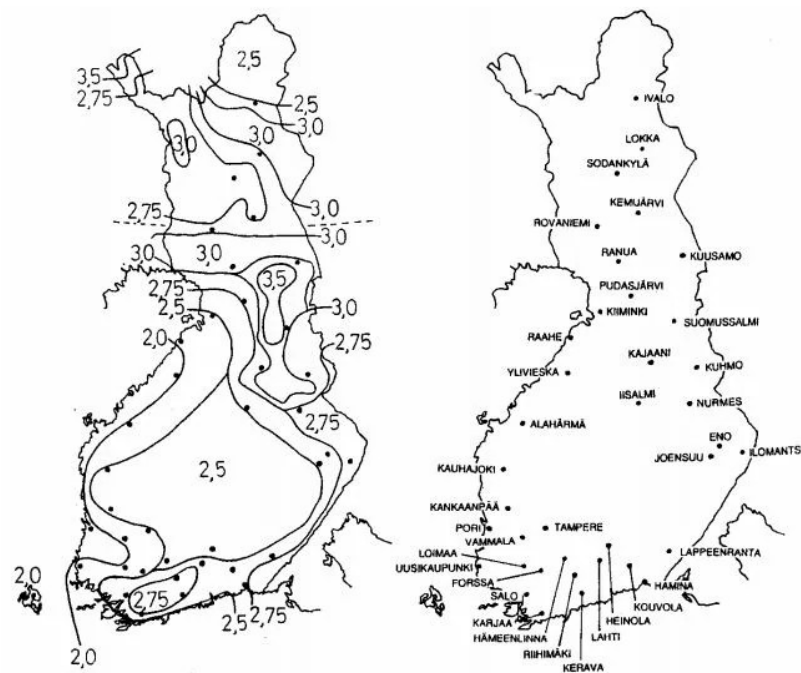
3.2 Lumikuormat

Rakennus sijaitsee Varsinais-Suomessa, Liedossa. Katon kaltevuus on 1:10 ($5,71^\circ$), joten kuvan 4 mukaan muotokerroin on $\mu=0,8$. Lumikuormaksi saadaan täten:

$$q_{k.lumi} = \mu_i S_k \quad (7)$$

Alueen lumikuorma kuvan 3 mukaan.

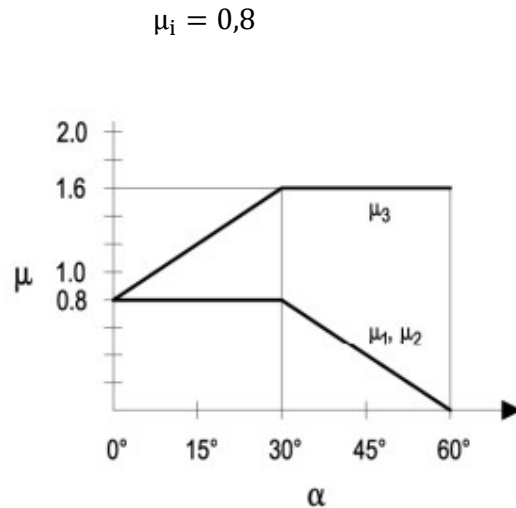
$$S_k = 2,60 \text{ kN/m}^2 \quad (8)$$



Kuva 3. Lumen ominaisarvot maan pinnalla, yksikkö kN/m^2 (Puuinfo 2020.)

Kuvassa esitetyt arvot ovat vähimmäisarvoja. Rakennuspaikan sijaitessa alueella, jossa arvo ei ole vakio, väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti suhteessa etäisyyksiin lähimmistä käyristä. (SFS-EN 1991-1-3.)

Lumikuorman muotokerroin valitaan kuvan 4 mukaan.



Kuva 4. Lumikuorman muotokertoimet (Puuinfo 2020.)

Kuvissa 3 ja 4 esitetyt muotokertoimien arvot ovat voimassa, kun lunta ei estetä liukumasta katolla. Jos katolla on lumieste tai muu liukumiseste tai jos katon alaräystäällä on kaide, niin lumikuorman muotokertoimelle käytetään vähintään arvoa 0,8. (Puuinfo 2020.)

3.3 Tuulikuormat

Rakennus sijaitsee pientaloalueella, jonka ympärillä metsää. Taulukon 3 mukaan maastoluokka on 3. Rakennuksen harjakorkeus on $h = 7,25$ m.

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.

Taulukko 3. Maastoluokat. (Puuinfo 2020.)

Katon kokonaisvoima lasketaan seuraavasti.

$$F_{w,k} = c_f q_{k(h)} A_{ref} \quad (9)$$

Rakenteen voimakerroin Taulukon 2. mukaan.

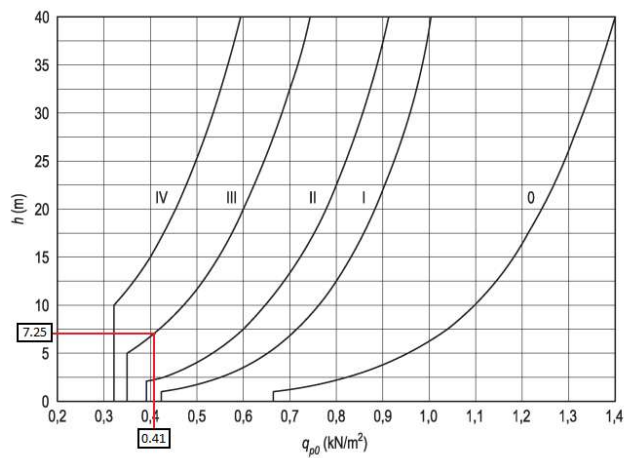
$$c_f = 1,37$$

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

Taulukko 4. Voimakerroin c_f . Huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. (SFS-EN 1991-1-4.)

Rakennuksen korkeutta vastaava tuulennopeuspaine kuvan 5 mukaan.

$$q_{k(h)} = 0,41 \text{ kN/m}^2$$



Kuva 5. Nopeuspaineen ominaisarvot eri maastoluokissa, kun tuulennopeuden perusarvo $V_b = 21$ m/s (SFS-EN 1991-1-4.)

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

Kokonaistuulikuorman resultanttia $F_{w,k}$ muutetaan tasaiseksi kuormaksi kertoimen 1,25 avulla. Kerroin 1,25 tulee muunnoksesta, jossa koko projektiopinnalle kohdistuva tuulenpaine korvataan rakennuksen yläosalle sijoitettavalla tasaisella kuormalla. (Puuinfo 2020.)

$$q_{w,k} = \frac{F_{w,k}}{0,8 \times A_{ref}} = 1,25 c_f q_k(h) \quad (10)$$

$$\lambda = \begin{cases} \frac{2h}{b}, & \text{kun } h \leq 15 \text{ m} \\ \frac{(2,25 - 0,017h)h}{b}, & \text{kun } 15 \text{ m} < h \leq 50 \text{ m} \end{cases} \quad (11)$$

Voimakertoimen määrittämisessä käytettävä rakennuksen hoikkuus. Missä h on rakennuksen korkeus ja b on rakennuksen leveys tuulta vastaan kohtisuorassa suunnassa. (SFS-EN 1991-1-4.)

3.4 Hyötykuormat

Hyötykuormat ovat muuttuvia kuormia kattorakenteissa, joita tässä vesikattorakenteessa ovat vain huoltokuormat. Niitä ei tässä työssä oteta sen tarkemmin huomioon pienen vaikutuksensa takia. (SFS-EN 1991-1-1.)

3.5 Pysyvät kuormat

Yläpaarteelle käytetään omapainona $0,15 \text{ kN/m}^2$, kun kyseessä on peltikate. Alapaarteelle käytetään omapainona $0,30 \text{ kN/m}^2$, kun kyseessä on eristetty rakenne. Sekä ylä-, että alapaarten omapainoihin sisältyy kiinnitettävät ja ripustettavat rakenteet. (RT 85-10495, 1993.)

4 Puun materiaaliominaisuudet

Rakenteissa on mahdollisuus käyttää montaa erilaista puumateriaalia. Yleensä materiaali valitaan kohteeseen tarvittavan lujuuden ja jäykkyyden perusteella. Tässä suunnitelmassa palkkeihin käytetään liimapuuta, sen suuren lujuuden ja jäykkyyden takia. NR-ristikoissa yleensä käytetään havupuu sahatavaraa ja niitä voidaan tarvittaessa vahvistaa liimapuulla.

4.1 Materiaaliominaisuudet

Taulukot 5–7 esittävät eri lujuuksia erilaisille rakennusmateriaaleille. Taulukoista voidaan määrittellä, mikä materiaali sopii kohteeseen, käyttämällä annettuja arvoja ja sijoittamalla niitä kaavoihin.

Lujuusluokka		C14 T0	C18 T1	C24 T2	C30 T3	C35 ¹⁾	C40 ¹⁾
Ominaislujuudet (N/mm ²)							
Taivutus	$f_{m,k}$	14	18	24	30	35	40
Veto	$f_{t,0,k}$	7,5	10	14,5	19	22,5	26
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,0,k}$	16	18	21	24	25	27
	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,5	2,7	2,7	2,8
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)							
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	7 000	9 000	11 000	12 000	13 000	14 000
	$E_{0,05}$	4 700	6 000	7 400	8 000	8 700	9 400
	$E_{90,mean}$	230	300	370	400	430	470
Liukumoduuli	G_{mean}	440	560	690	750	810	880
	$G_{0,05}$	300	380	460	500	540	590
Tiheydet (kg/m ³)							
Ominaisstiheys	ρ_k	290	320	350	380	390	400
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	350	380	420	460	470	480

¹⁾ C35 tai C40 lujuusluokan sahatavaraa ei ole yleensä saatavilla puutavaraliikkeistä.

Taulukko 5. Havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet lujuusluokissa C14 (T0), C18 (T1), C24 (T2), C30 (T3), C35 ja C40. (RIL 205-1-2017.)

Lujuusluokka	Liimapuu				Halkaistu liimapuu		
	GL24c	GL24h	GL30c ¹	GL30h	GL30cs ¹	GL30hs	
Ominaislujuudet (N/mm ²)							
Taivutus	$f_{m,k}$	24	24	30	30	28	28
Veto	$f_{t,0,k}$	17	19,2	19,5	24	18,7	22,4
	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	21,5	24	24,5	30	23,3	28
	$f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	$f_{r,k}$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)							
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	11 000	11 500	13 000	13 600	12 500	13 100
	$E_{0,05}$	9 100	9 600	10 800	11 300	10 300	10 800
	$E_{90,mean}$	300	300	300	300	300	300
Liukumoduuli	G_{mean}	650	650	650	650	650	650
	$G_{0,05}$	540	540	540	540	540	540
Tiheydet (kg/m ³)							
Ominaisstiheys	ρ_k	365	385	390	430	390	430
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	400	420	430	480	430	480

¹ Vakioluokka Suomessa. Muita lujuusluokkia valmistetaan yleensä vain tilauksesta.

Taulukko 6. Standardin EN 14080 mukaisen liimapuun ja halkaistun liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet Suomessa valmistettavissa yleisimmissä lujuusluokissa (RIL 205-1-2017.)

Tyyppi		Kerto-S Paksuus 21–90 mm	Kerto-T Paksuus 27–75 mm	Kerto-Q Paksuus 21–24 mm	Kerto-Q Paksuus 27–69 mm
Ominaislujuudet (N/mm ²)					
Taivutus - syrjällään - kokovaikutusekspONENTTI - lappeellaan	$f_{m,k}$	44	27	28	32
	S	0,12	0,15	0,12	0,12
	$f_{m,0,flak,k}$	50	32	32	36
Veto - syysuuntaan - poikittain syrjällään	$f_{t,0,k}$	35	24	19	26
	$f_{t,90,edge,k}$	0,8	0,5	6,0	6,0
Puristus - syysuuntaan - poikittain syrjällään - poikittain lappeellaan	$f_{c,0,k}$	35	26	19	26
	$f_{c,90,edge,k}$	6	4	9	9
	$f_{c,90,flat,k}$	1,8	1,0	2,2	2,2
Leikkaus - syrjällään - lappeellaan pintaviulun suuntaan	$f_{v,k}$	4,1	2,4	4,5	4,5
	$f_{r,0,k}$	2,3	1,3	1,3	1,3
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)					
Kimmomoduuli	E_{mean}	13 800	10 000	10 000	10 500
	$E_{0,05}$	11 600	8 800	8 300	8 800
Liukumoduuli	$G_{edge,mean}$	600	400	600	600
	$G_{edge,0,05}$	400	300	400	400
Ominaisstiheys (kg/m ³)	ρ_k	480	410	480	480
Tiheyden keskiarvo (kg/m ³)	ρ_{mean}	510	440	510	510

Taulukko 7. Kerto-LVL:n ominaislujuudet, kokovaikutusekspONENTIT, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet. Kerto-S ja -Q VTT:n sertifikaatin nro 184/03

mukaan. Kerto-T:n arvot ovat VTT:n sertifikaatin nro VTT-C-1781–21-7 mukaisia (RIL 205-1-2017.)

Puun materiaali, kuormitus ja ympäristöolosuhteet vaikuttavat puun lujuuteen ja tämä huomioidaan taulukkojen 8 ja 9 mukaan.

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 8. Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut y_m (Puuinfo 2020.)

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka		
		Pysyvä	Keskipitkä	Hetkellinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	1	0,60	0,80	1,10
	2	0,60	0,80	1,10
	3	0,50	0,65	0,90
Lastulevy P4 ¹⁾ , OSB/2 ¹⁾ , Kova kuitulevy	1	0,30	0,65	1,10
	2	0,20	0,45	0,80
Lastulevy P6 ¹⁾ , OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,70	1,10
	2	0,30	0,55	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA ¹⁾ , MBH.HLS, MDF.LA ¹⁾ ja MDF.HLS	1	0,20	0,60	1,10
	2	-	-	0,80

Taulukko 9. Muunnoskerroimen k_{mod} arvot. Saadaan käyttää vain käyttöluokassa 1.

4.2 Tekniset ominaisuudet

Puun lujuus lisääntyy puun tiheyden kasvaessa. Puun tiheyteen ja lujuuteen vaikuttaa sen kosteus, ikä ja puulaji. Puun tiheys yleensä ilmoitetaan puun kosteuden ollessa 15 %. Suomessa yleisimmin käytetyt puulajit ovat kuusi, mänty ja koivu. Lujuuteen vaikuttaa myös oleellisesti se, missä suunnassa syitä vastaan kuormitetaan. Syiden suuntainen vetolujuus voi olla jopa 20 kertainen verrattuna kohtisuoraan syitä vastaan. Leikkauslujuus puolestaan on noin 10–15 % puun syiden suuntaisesta vetolujuudesta.

Puun lämmönjohtavuus on suhteellisen vähäinen puuaineksen huokoisuuden vuoksi. Lämmönjohtavuus heikkenee puun tiheyden vähetessä. Puun lämmönjohtavuus on noin kaksinkertainen syiden suunnassa verrattuna lämmönjohtavuuteen syitä vastaan kohtisuorassa. Puun kosteuden lisääntyminen lisää lämmönjohtavuutta. Puun lämpötilan laskiessa sen lujuus yleensä lisääntyy. Toistuva lämmönvaihtelu vähentää puun lujuutta.

Puu on hygroskooppinen materiaali eli puulla on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta ilman suhteellisen kosteuden vaihteluiden mukaan. Puu asettuu aina tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa. Puu säilyttää hygroskooppisen ominaisuutensa kaikissa vaiheissaan, sillä pintakäsittelytkin vain hidastaa kosteuden muutoksia. Kosteuden vaihteluiden seurauksena puu kutistuu tai turpoaa ja muuttaa muotoaan.

Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa se, kuinka kauan puu on lämmölle alttiina. Yleensä puut syttyvät 250–300 °C:ssa. Syttymisen jälkeen puu alkaa hiiltä noin 0,8 mm minuutissa. Palo etenee hitaasti massiivisessa puutavarassa, sillä syntynyt hiilikerros suojaa puuta palotilanteessa ja hidastaa puun sisäosien lämpötilan nousua ja palon etenemistä.

Puu on kevyt materiaali, joten sellaisenaan sen ääneneristys ei ole erityisen hyvä. Paksu, tiivispintainen ja sileä puurakenne ei myöskään erityisen hyvin vaimenna ääntä. Puu johtaa ääntä paremmin syiden pituussuunnassa kuin syitä vastaan kohtisuorassa. Tiivis puurakenne heijastaa ääntä, ja siitä voidaan

helposti muodostaa äänen heijastuksia suuntaavia pintoja. Puurakennusten riittävä äänen eristävyys saavutetaan yleensä rakenteellisin keinoin käyttämällä monikerrosrakenteita.

4.3 Puun käyttöluokat

Rakenteet tulee jaotella seuraavien kohtien mukaisiin käyttöluokkiin 1,2, tai3. Käyttöluokkajärjestelmä on tarkoitettu pääasiassa lujuusarvojen jaottelua varten ja määritellyissä ympäristöolosuhteissa syntyvän muodonmuutoksen laskemista. (RIL 205-1-2017.)

Käyttöluokalle 1 on tyypillistä, että materiaalien kosteus on lämpötilaa 20°C vastaava ja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 65 % vain muutamana viikkona vuodessa. Käyttöluokassa 1 havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 12 %. Käyttöluokkaan 1 kuuluu puurakenne, joka on lämmitetyissä sisätiloissa tai vastaavissa kosteusoloissa. Käyttöluokkaan 1 voidaan yleensä lukea myös lämpöeristekerroksessa olevat rakenteet sekä palkit, joiden vetopuoli on lämmöneristeen sisällä. (RIL 205-1-2017.)

Käyttöluokalle 2 on tyypillistä, että materiaalien kosteus on lämpötilaa 20°C vastaava ja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 85 % vain muutamana viikkona vuodessa. Käyttöluokassa 2 havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 20 %. Käyttöluokkaan 2 kuuluu ulkoilmassa kuivana oleva puurakenne. Rakenteen tulee olla katetussa ja tuuletetussa tilassa sekä alta ja sivuilta hyvin kastumiselta suojattu. Tähän käyttöluokkaan kuuluvat yleensä esimerkiksi rossipohjan ja kylmät ullakkotilan puurakenteet. (RIL 205-1-2017.)

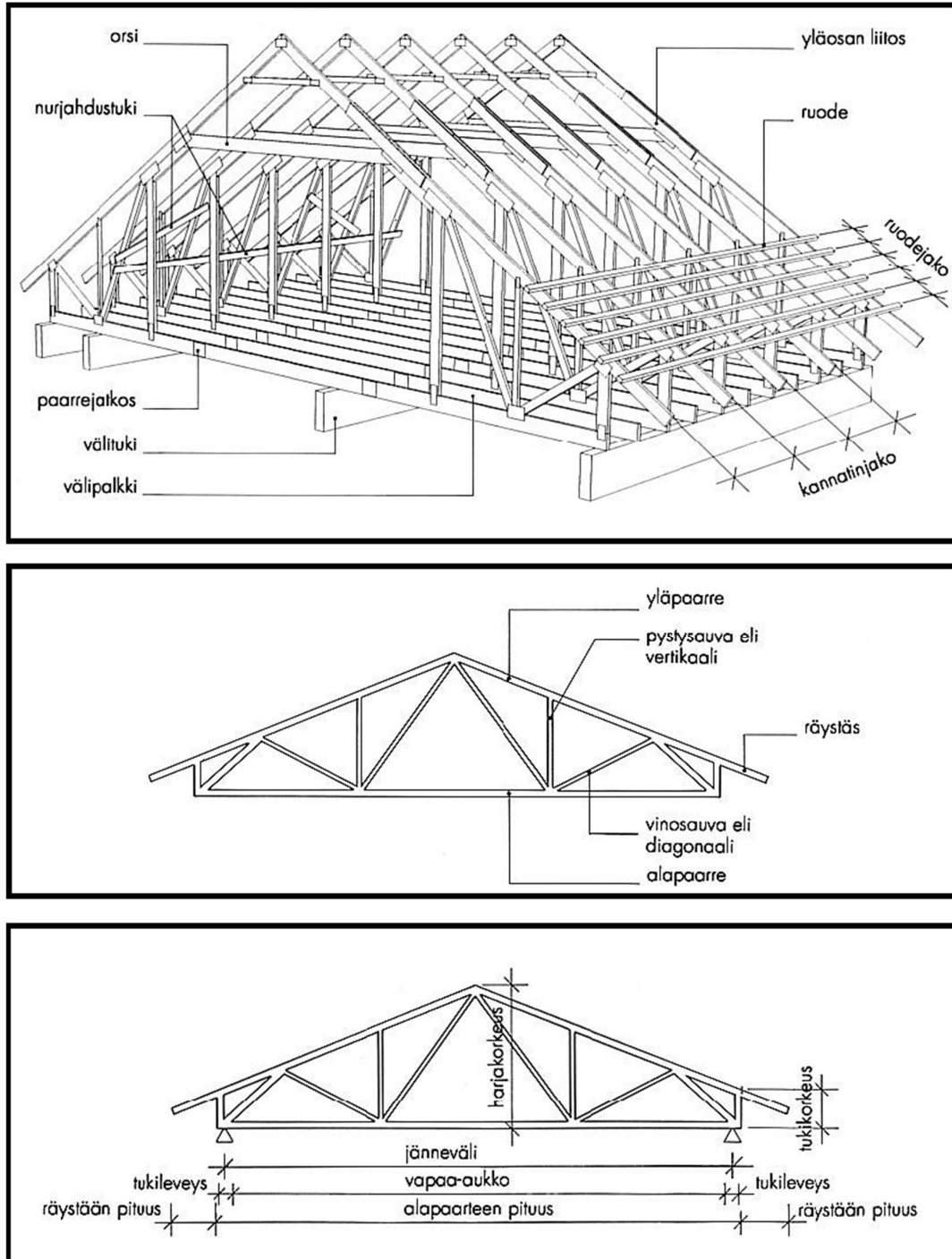
Käyttöluokalle 3 on tyypillistä, että ilmasto-olosuhteet johtavat suurempiin kosteusarvoihin kuin käyttöluokassa 2. Käyttöluokkaan 3 kuuluu ulkona säälle alttiina, kosteassa tilassa tai veden välittömän vaikutuksen alaisen oleva puurakenne. (RIL 205-1-2017.)

Puun tasapainokosteuden lisäksi käyttöluokan valinnassa tulee kiinnittää huomiota kosteuden vaihteluihin. Kosteuden vaihtelun vaikutus puurakenteeseen voi olla suurempi kuin korkeankin tasaisen kosteuden vaikutus. Käyttöluokassa 1 tulee kiinnittää erityistä huomiota puutavaran halkeiluvaaraan. (RIL 205-1-2017.)

4.4 NR-ristikot

NR-ristikot valmistetaan niiden tuotantoon erikoistuneissa tehtaissa ympäristöministeriön hyväksymän laadunvarmistuksen alaisena. Laadunvalvontaa hoitaa valmistaja ja tuotannon ulkopuolisena tarkastuselimenä toimii Puurakenteiden laaduntarkastusyhdistys PLY ry. Valmistuksessa käytetään mitallistettua rakennesahatavaraa sekä naula levyjä, joilla on hyväksytyt koestuslaitoksen antama lausunto levyn lujuusarvosta. Sahatavara palat katkotaan suunnitelmien mukaisiin mittoihin ja kootaan puristamalla naulalevyt liitoksen molemmille puolille. Ristikon osista käytetään kuvan 6 mukaisia termejä (RT 85-10495, 1993.)

NR-ristikot varastoidaan rakennuspaikalla pysty- tai vaaka-asennossa vaakasuoralla alustalla, jolloin estetään pysyvien taipumien muodostuminen. Kannattimet varastoidaan aluspuiden päälle, jotta kannattimeen alapaarre ja räystääs eivät ole maakosketuksessa. (RT 85-10495, 1993,)



Kuva 6. Ristikön osta (Puuinfo 2020.)

5 Rakenneosat ja jäykistys

5.1 Tukirakenteet

Rakenteisiin lisätään kannatuspalkki, 115 x 225 GL30c, 10 250 mm. Palkki sijoitetaan ulkoseinien päälle ja sen tarkoituksena on kannatella ja siirtää kattoristikoiden kuormat pitkältä ulokkeelta talon seinärakenteisiin, sekä pilareihin. Palkki upotetaan kattoristikoiden rakenteiden sisään. Palkin ilmassa olevan jännevälin puoleenväliin ja palkin ulkona olevaan päätyyn asennetaan pilarit, 140 x 140. Nämä varmistavat, että kattoristikot kestävät niille tulevat kuormat.

Pilarit asennetaan betonipohjalle pilarikenkiä käyttäen ja kiinnitetään ETA-hyväksytyillä pilarikenkiin tarkoitetuilla ruuveilla. Palkki kiinnitetään pilarin päälle asentamalla pilarin päälle palkkikenkä, johon palkki asetetaan. Palkin kiinnitys palkkikenkään tehdään ETA-hyväksytyillä palkkikenkiin tarkoitetuilla ruuveilla.

5.2 NR-ristikot

Kattoristikoista tehdään tilauskaaviot, jotka voi nähdä liitteessä 1, joissa tulee esittää: kannattimien mitat, yläpaarteille, sekä alapaarteille tulevat kuormitukset, paarteiden kaltevuus, kannatinjako, ruodejako, tukien sijainti ja leveys, paarteiden loveukset.

Kattoristikoiden asennus tehdään kevytnosturia käyttäen. Ristikot asennetaan 600 mm jaolla. Ulkoseinän päälle ja tukipalkkiin asennetaan ennakkoon ristikkokengät, joihin ristikot lasketaan ja kiinnitetään ETA-hyväksytyillä rakenteellisilla ruuveilla/nauloilla. Ristikot tulee jäykistää väliaikaisesti 22 x 100 mm:n lautoja käyttäen. Väliaikaiset tuet voidaan poistaa pysyvien jäykisteiden valmistuttua. (RT85-10495, 1993.)

5.3 Kattoikkunan detaljit

Katolle asennetaan 6 m²:n kattoikkuna, joka täytyy ottaa ristikkorakenteissa huomioon. Kattoikkuna katkaisee ristikot hankalasta kohdasta. Tämän takia ikkunan molemmilla puolilla olevat väliseinät joudutaan rakentamaan kantavina, jotta ristikoille saadaan uudet tukipisteet. Kattoikkunan kiinnityksestä ristikoihin laaditaan erikseen detaljipiirustukset. Kattoikkunan ympärille mitoitetaan puusta kehä, joka asennetaan kattoristikoihin kiinni. Kehään kiinnitetään ikkunan karmi, joka kantaa ikkunasta tulevat kuormat.

5.4 Vesikatto

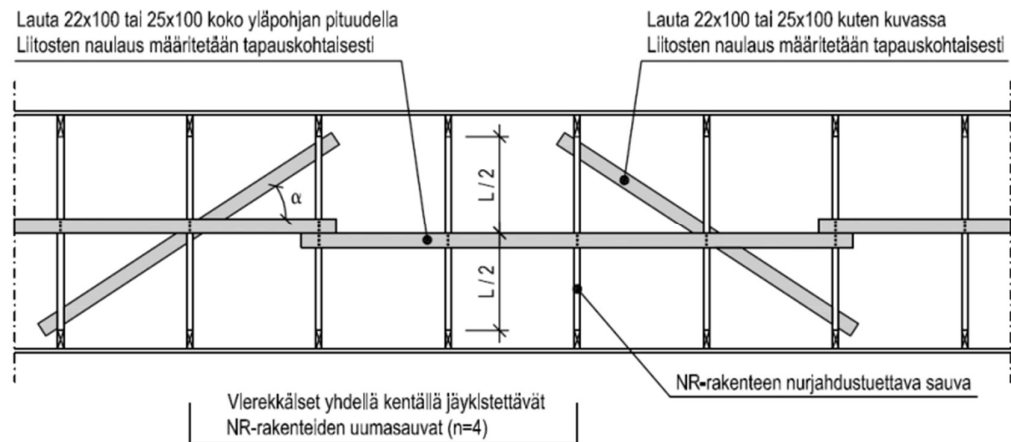
Kun kattotuolit ovat jäykistetty ja varmistettu niiden suoruus aloitetaan aluskatteen asentaminen. Aluskate rullataan vaakasuoraan aloittamalla räystäältä ja siirtymällä kohti harjaa. Kate tuodaan n. 100 mm harjasta ja harja luiska asennetaan tuuletusrimojen päälle. Limitykset tulee olla vähintään 150 mm. Katetta ei saa asentaa liian kireäksi vaan olisi hyvä, että se roikkuisi ruoteiden alapuolella 10–30 mm. Tällöin vesi pääsee valumaan vapaasti ulos rakenteista. Kattoikkunan kohdalla aluskate tuodaan niin, että yläreuna tuodaan hieman yli, jotta se saadaan taitettua ylöspäin. Näin saadaan ohjattua vesi ikkunan ohitse sivuille. Mahdollisten putkien läpivienneissä tullaan noudattamaan valmistajan antamia ohjeita. Aumakohdissa toimitaan samoin kuin harjalla. Katteesta leikataan luiska koko matkalle, joka limittyy molemmille puolille 300–500 mm. Aluskatteet voidaan alustavasti kiinnittää nitojalla, mutta lopullisesti ne kiinnitetään asentamalla tuuletusrimoja kattotuoleihin pystysuoraan. Rimojen päälle vaakasuoraan asennetaan ruoteet 200–300 mm jaolla, joihin saadaan peltikatteet kiinnitettyä. Rimat ja ruoteet voidaan kiinnittää käyttämällä RST 2,3 x 45 kampanauloja. (RIL-107-2012)

Peltikate asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti, esimerkiksi Ruukki Classic (2024).

5.5 Jäykistys

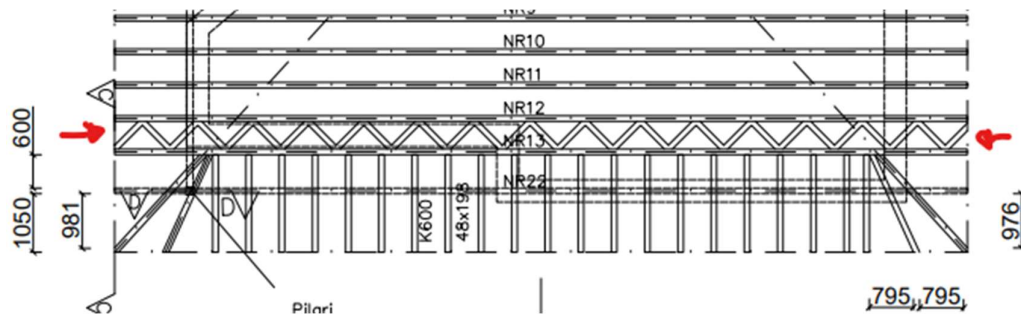
Rakennuskohteeseen tulee aina laatia erillinen vesikaton jäykistysuunnitelma, jossa tuulikuormat ja kannattimien yläpaarteiden nurjahdustuennasta aiheutuvat lisävaakakuormat johdetaan jäykistäville seinälinjoille. Vesikaton mahdollisia jäykistystapoja ovat: NR-ristikot tai paikalla rakennettavat jäykistysristikot ja -pukit, levyjäykistys paarteissa tai ruoteissa, pystytuet yhdessä alapaarten levyjäykistykseen kanssa. (RT85-10495, 1993.)

Ristikot tulee jäykistää 22 x 100 mm:n lautoja käyttäen, kuvan 7 mukaan. Nämä valittiin, koska ne ovat helppo asentaa yhtäaikaaisesti kattotuolien kanssa. Näin vältetään siltä, että väliaikaisia jäykisteitä ei tarvitse asentaa ja ottaa myöhemmin pois. (RT85-10495, 1993.)



Kuva 7. Uumasauvan tuenta (Puuinfo 2020.)

Kohteessa käytetään NR-jäykisteristikoita, jotka tulevat molempiin pätyihin kuvan 8 mukaan.



Kuva 8. Jäykisteristikon sijainti.

Jäykisteristikot voidaan tehdä työmaalla tai tilata tehdasvalmisteisena. Jäykisteristikko ottaa yläpaarretason nurjahduksen aiheuttamat sisäiset jäykistysvoimat, tuulikuormat ja lisävaakavoimat. Jäykisteristikot sopivat hyvin kohteeseen suurien jänneväliden takia, se tukee myös kuormia ulokkeiden kuormia useammalle ristikolle ja yleisesti helpottaa suunnittelua yksinkertaisuudellaan.

Laskelmat aloitetaan selvittämällä rakennuspaikka, rakenne, seuraamusluokka, käytettävän materiaalin lujuus- ja jäykkyysominaisuudet. Rakenteen kuormat lasketaan kahdella kuormitustapauksella. Ensin keskipitkällä aikaluokalla ja toiseksi hetkellisellä aikaluokalla. Seuraavaksi lasketaan s-nurjahdus, jossa otetaan huomioon tuen jousijäykkyysovaatimus, kriittinen nurjahdusaallonpituus, nurjahdustuen voima s-nurjahduksesta, nurjahdustuen voima lisävaakavoimasta ja nurjahdustuen maksimivoima kummassakin kuormitustapauksessa. Lopuksi lasketaan vielä nurjahdus yhteen suuntaan, jossa huomioidaan jäykistyskuorma kaikilta yläpaarteilta, lisävaakavoima kaikilta NR-ristikoilta, tuulikuorma yläpaarteen tasossa ja jäykisteristikon kuormitus molemmissa kuormitustapauksissa. Jäykisteristikon suunnittelee NR-ristikkosuunnittelija päärakennesuunnittelijan antamille ominaiskuormille. (Puuinfo 2020.)

6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pientalon vesikattorakenteet rakennussuunnitelmien mukaan niin, että ne kestävät niille aiheutuvat kuormitukset ja samalla miellyttävät ulkoisesti. Tukirakenteet toteutettiin laskelmien mukaan, jotka ovat nähtävillä liitteissä 2 ja 3.

Laskelmissa otettiin huomioon kaikki mahdolliset kuormat. Tukirakenteiksi tarvittiin palkki, joka tukee pidempiä ulokkeita ulkoseinästä ulospäin, sekä kaksi pilaria, jotka tukevat tätä palkkia. Laskelmat ovat nähtävillä liitteessä 4, jossa laskettiin heikoimman ristikkorakenteen kestävyys. Laskelmointien pohjalta voitiin määrittää ristikoiden koot ja piirtää tilauskaaviot. Tilauskaaviot ovat nähtävillä liitteessä 1.

Katon pyramidimuodon takia melkein jokainen ristikko jouduttiin piirtämään erikseen. Katon leikkauspiirustukset, sekä vesikattopiirustukset löytyvät liitteestä 5. Kattoon toivottiin noin 6 x 1 m:n kokoista kattoikkunaa, joka tuli ottaa huomioon rakenteissa. Detaljipiirustus kattoikkunasta on nähtävillä liitteessä 5.

Lähteet

Puuinfo 2020. Eurokoodi 5. EC5 sovelluslaskelmat. Asuinrakennus. 2. painos.

Viitattu 05.05.2025. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/ec5-sovelluslaskelmat-asuinrakennus0.pdf>

Puuinfo 2020. Eurokoodi 5. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, 5.

painos. Viitattu 07.02.2025. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Eurokoodi-5-Lyhennetty-suunnitteluohje-5.-PAINOS-2020-P%C3%84IVITYS-22.7.-web.pdf>

Puuinfo 2020. Puun ominaisuudet. Viitattu 08.05.2025.

<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/>

RT 103274. 2020. Yläpohjat, perustietoja. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 85-10495. 1993. Puuristikot ja -kehät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 85-11253. 2017. Vesikaton kaltevuudet, katteen valinta. Helsinki:

Rakennustieto Oy.

Ruukki Classic 2024. Asennusohje. Helsinki: Ruukki Construction Oy. Viitattu

21.5.2025. https://www.ruukki.com/docs/default-source/roofing-documents/finland/asennusohjeet/fi_classic_installation_instruction_web-03032017.pdf?sfvrsn=7638562039100530000

SFS-EN 1991-1-2 + AC. 1991. Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat. Osa 1–2:

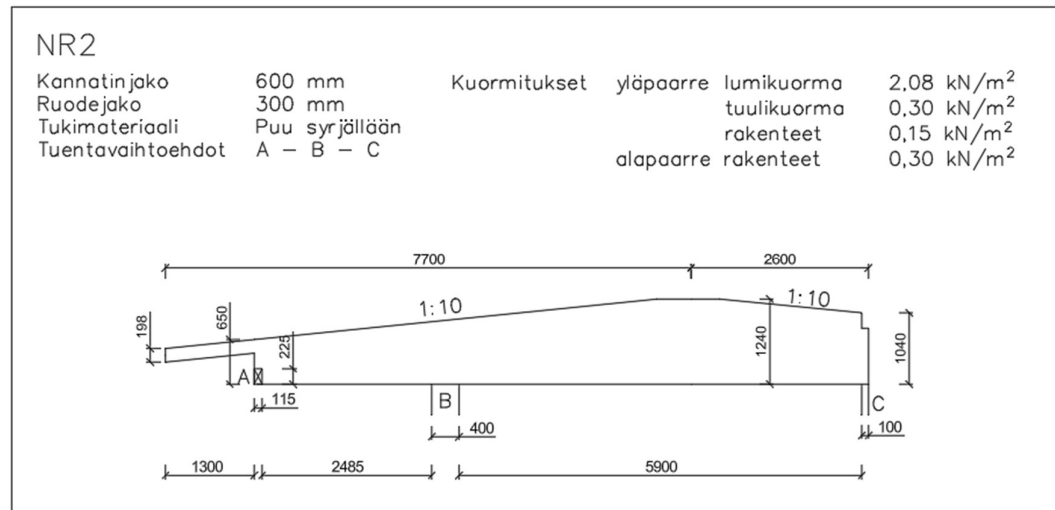
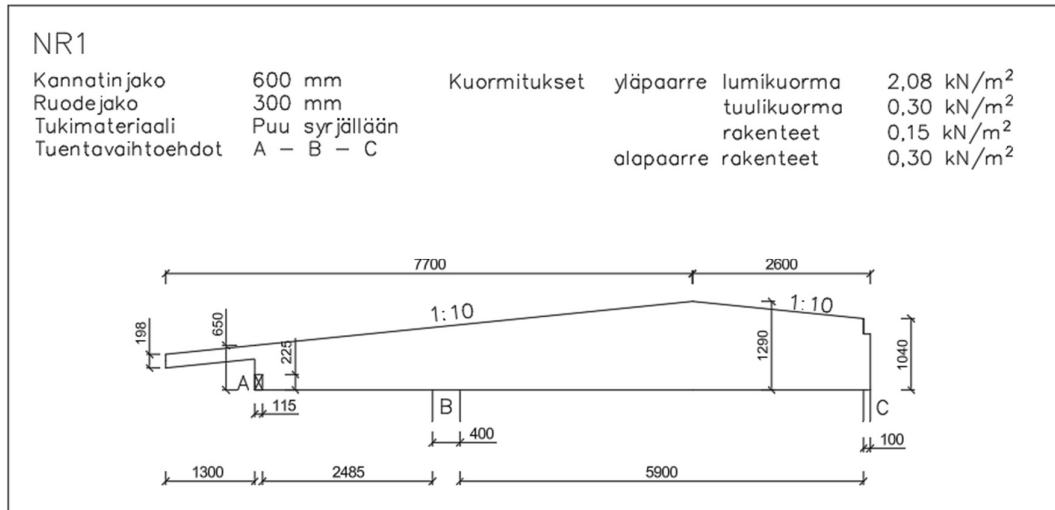
Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset.

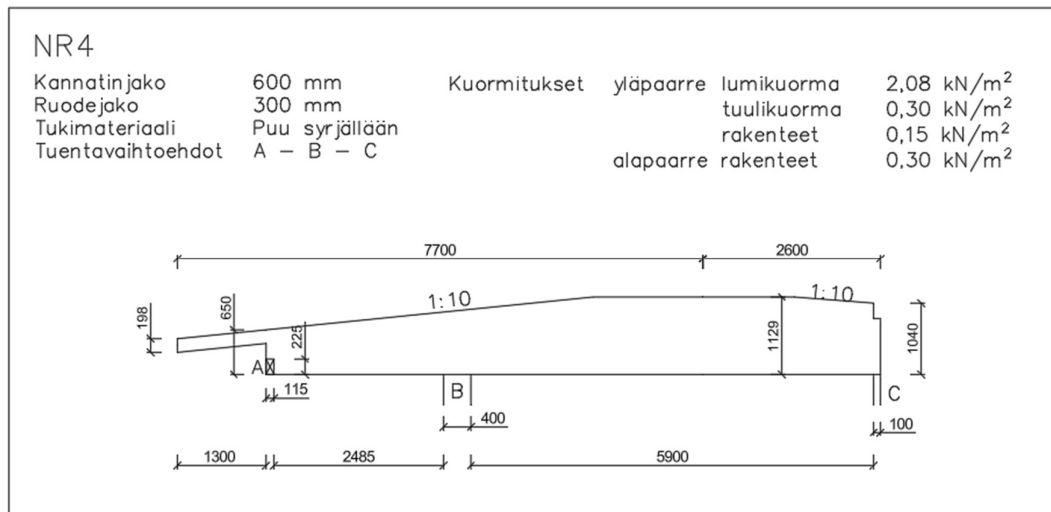
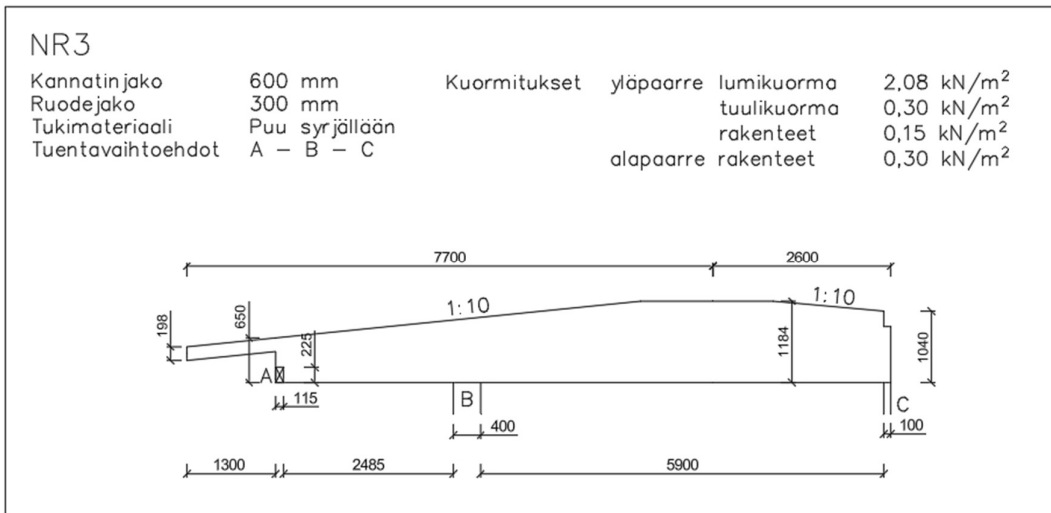
Ympäristöministeriö 2019. Rakenteiden lujuus ja vakaus, Ympäristöministeriön

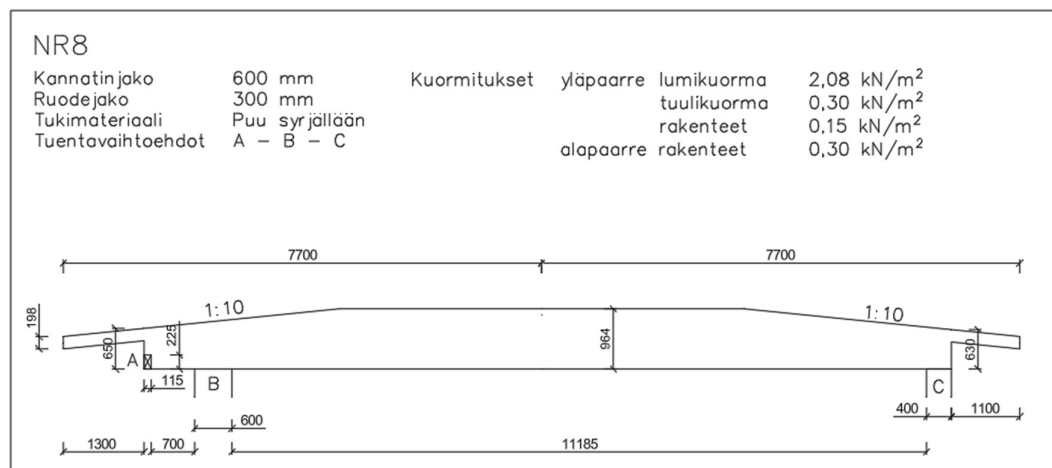
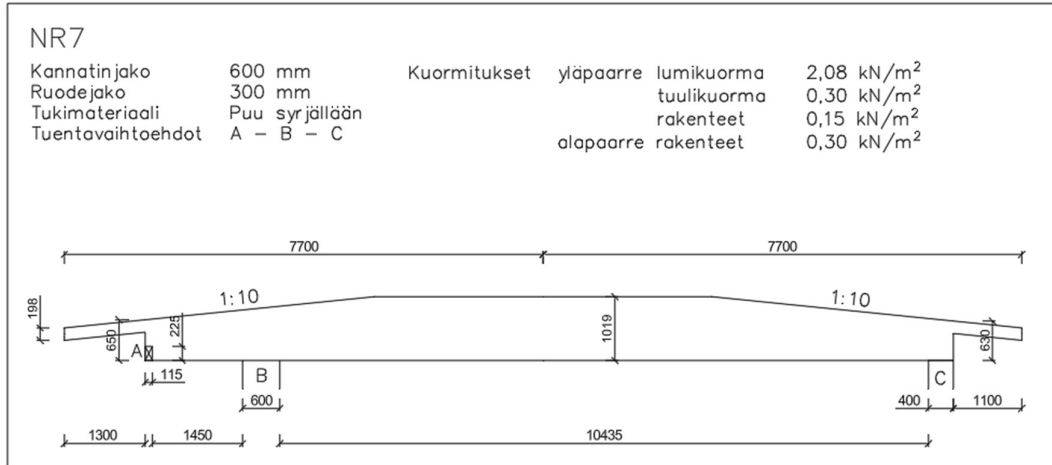
ohje rakenteiden kuormista. Viitattu 07.02.2025.

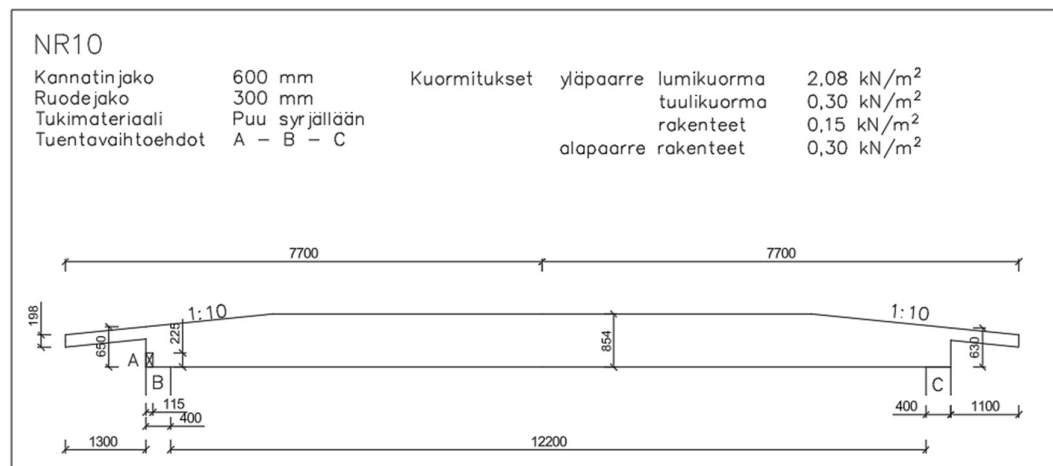
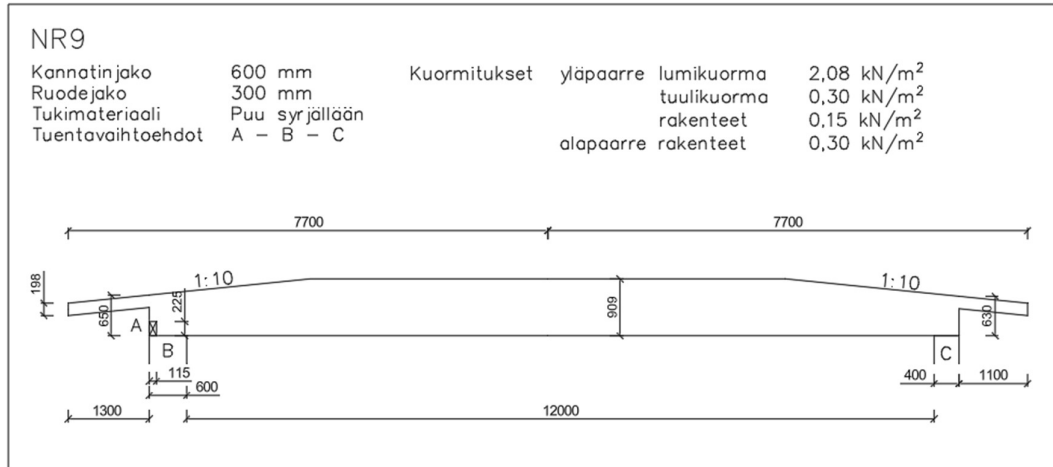
https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Kuormat_lisays_2019-5070311E_F267_47BC_A593_AEAA20EA31FE-153592.pdf/4194d6a0-63c4-3965-34bb-4b2f159cd372/Kuormat_lisays_2019-5070311E_F267_47BC_A593_AEAA20EA31FE-153592.pdf?t=1603260658544

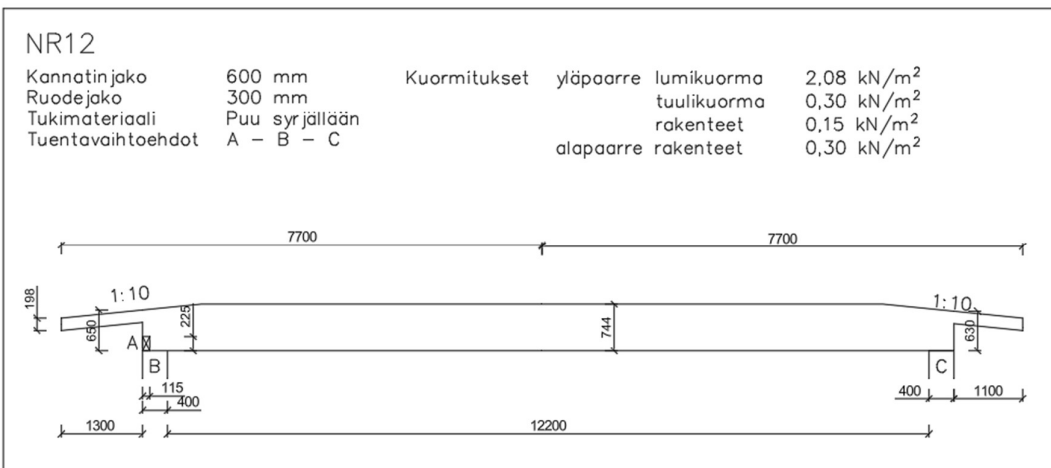
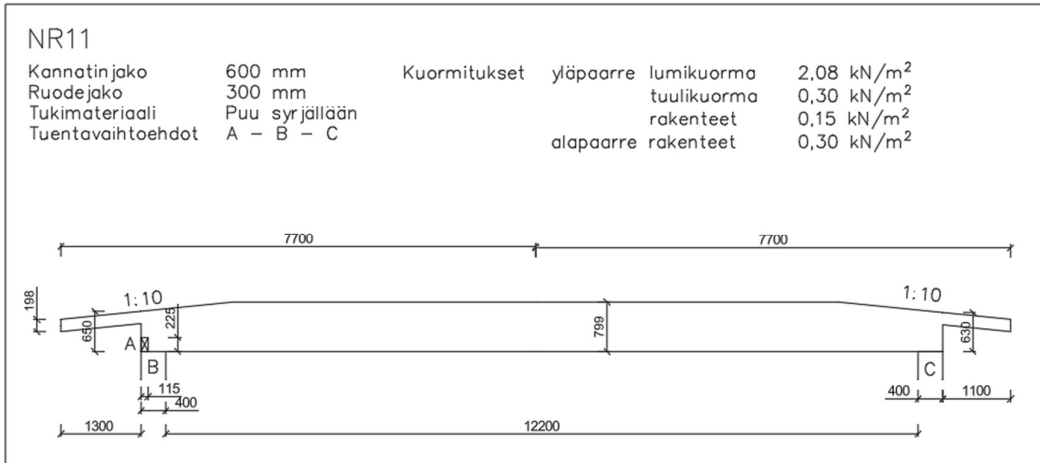
Liite 1. Kattoristikoiden tilauskaaviot.

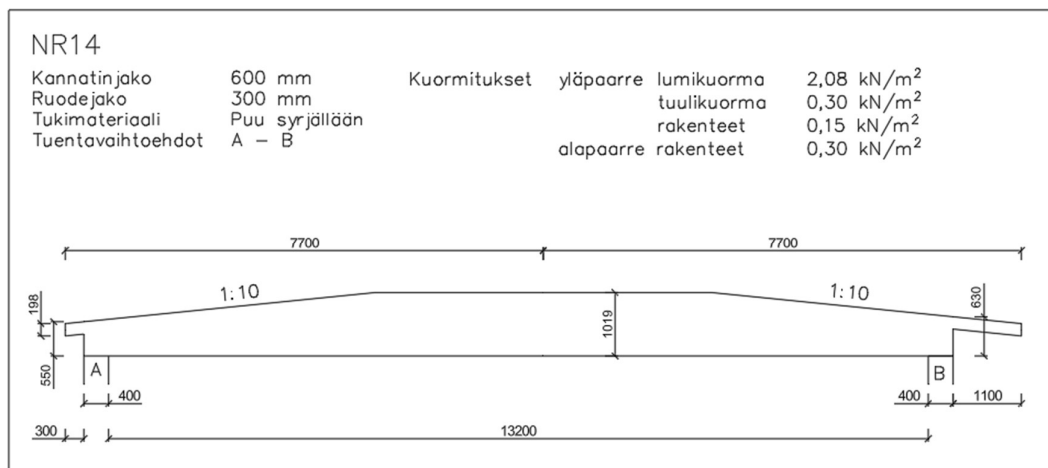
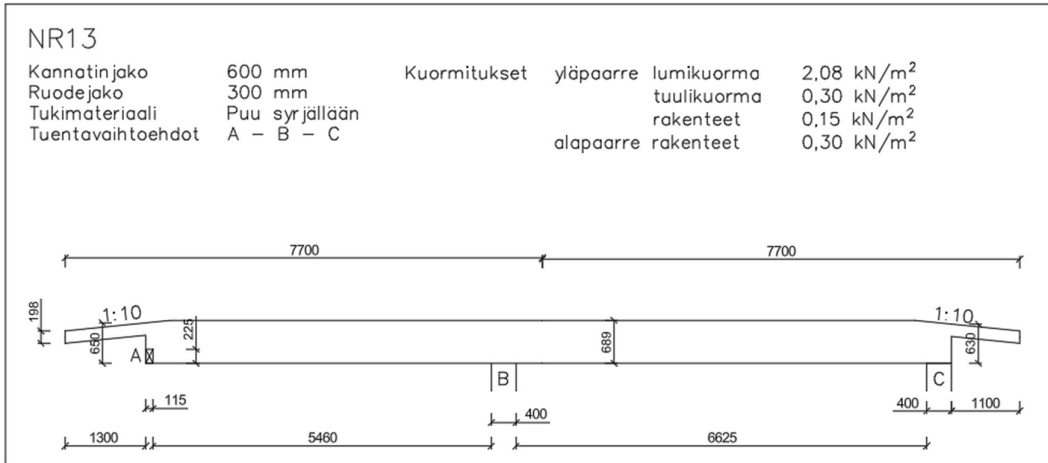


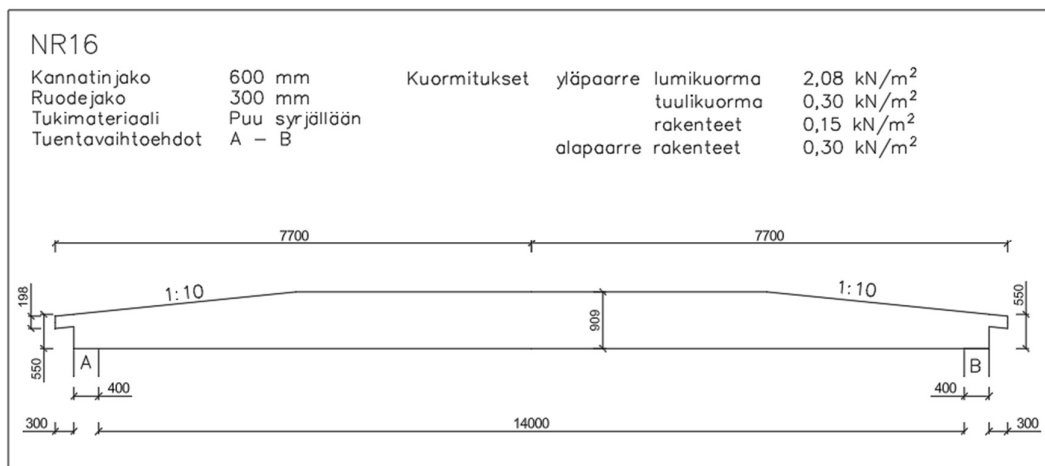
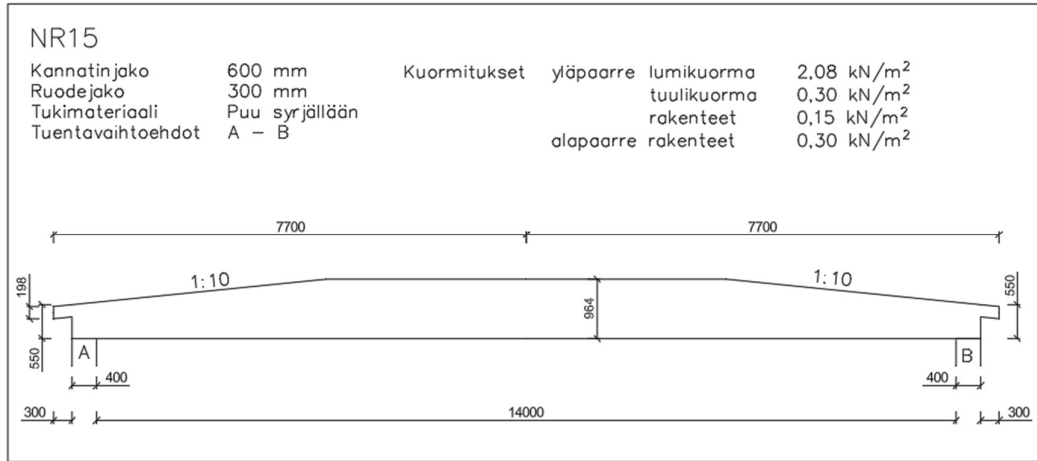


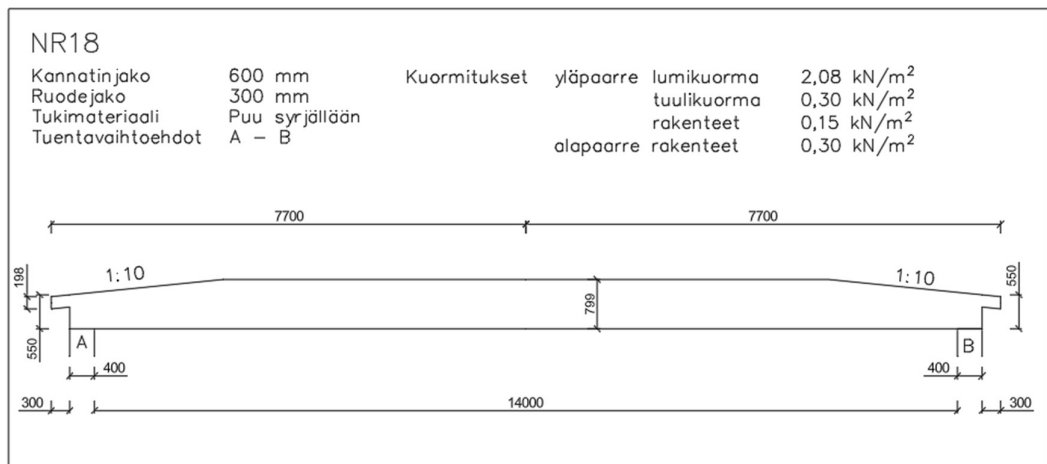
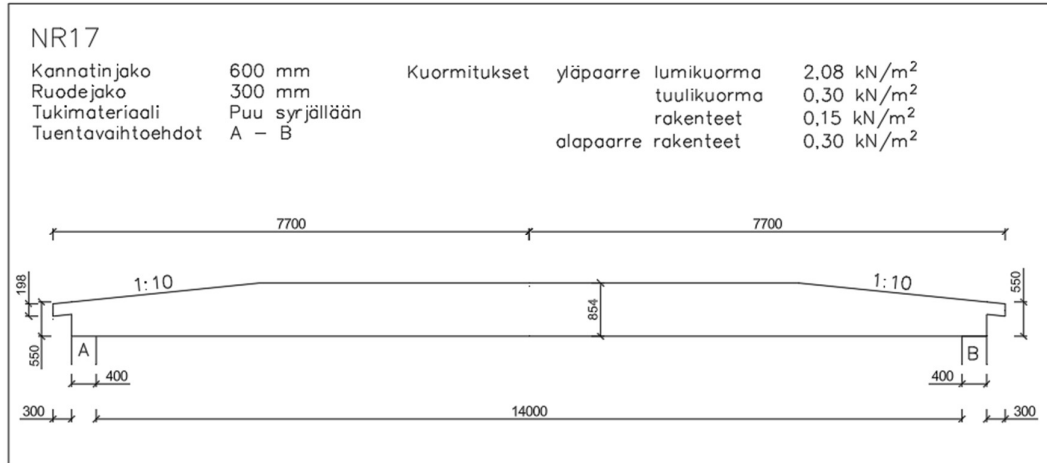


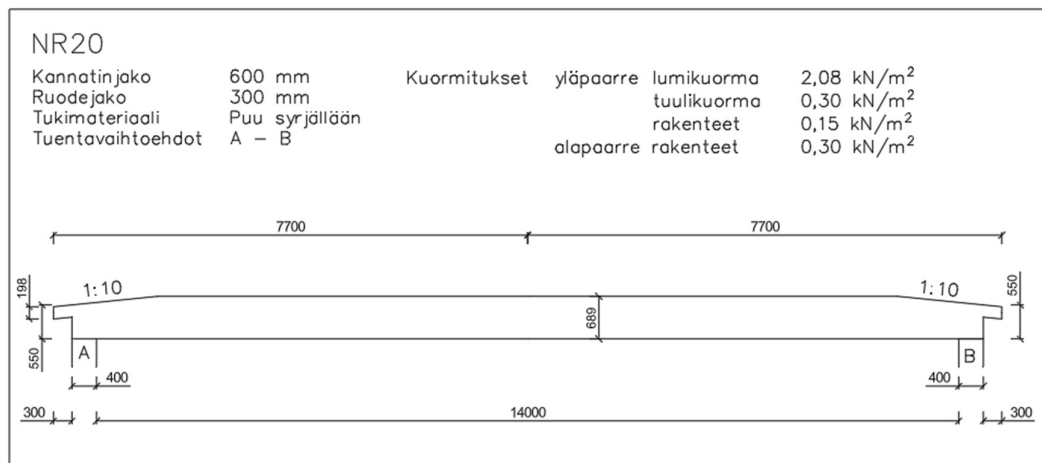
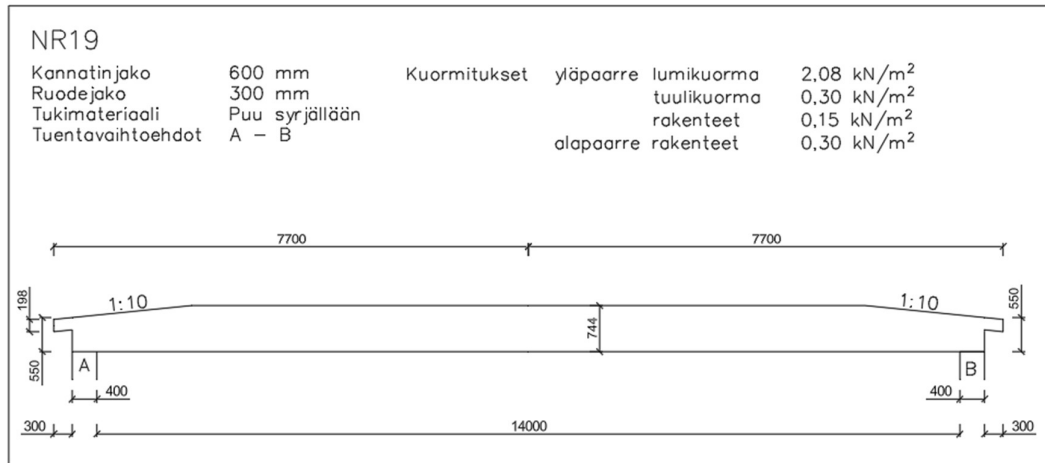


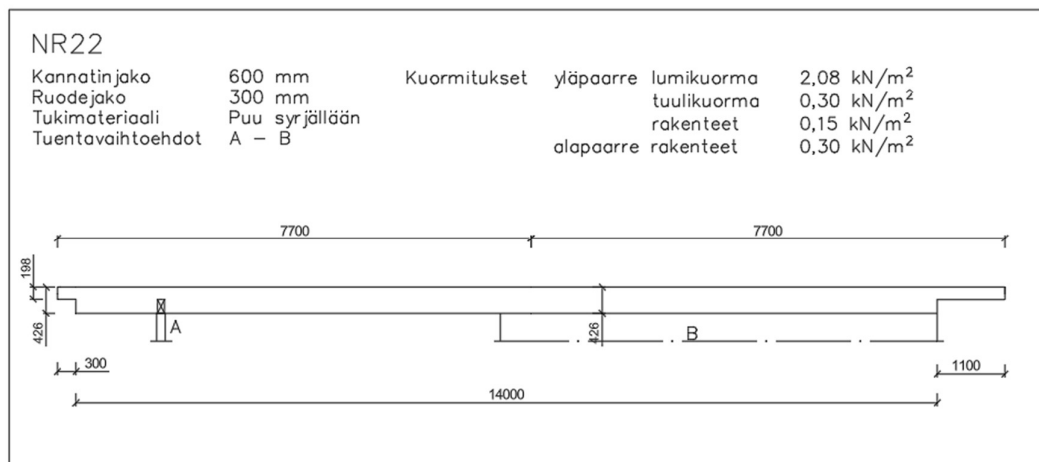
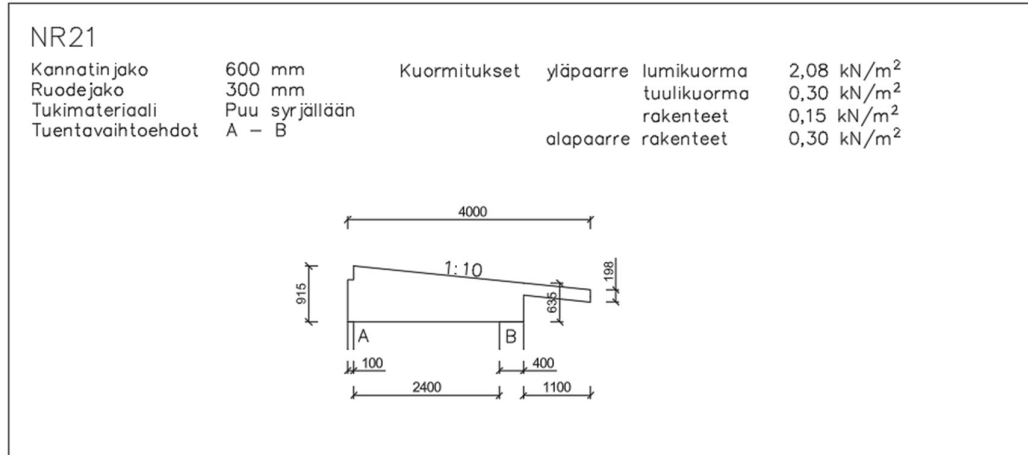


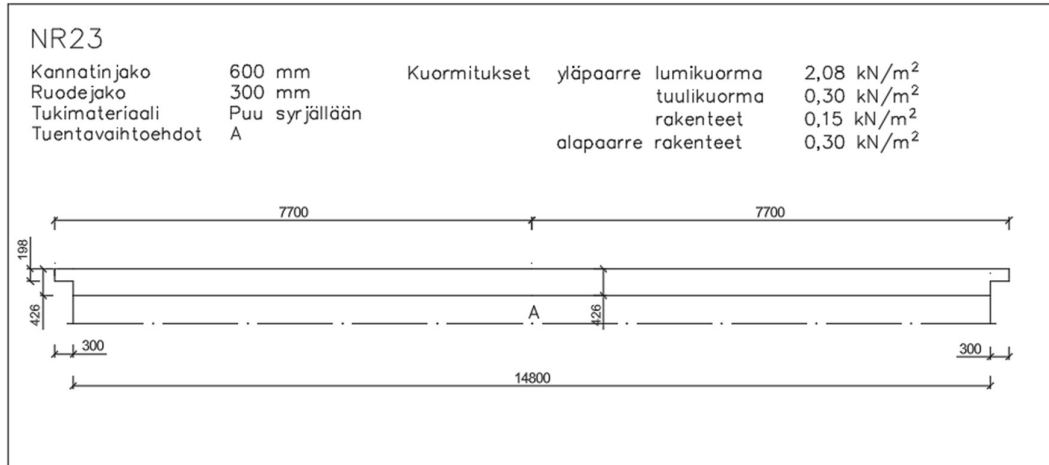












Liite 2. Kannatuspalkkilaskelmat.

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipalkki

Akseli Anttila

9.5.2025

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

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.05.2024)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



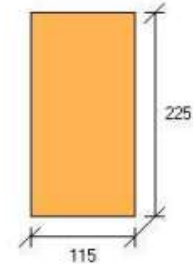
PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Akseli Anttila

Nimi: Tukipalkki

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta
 Materiaali: GL30c
 Poikkileikkaus: 115x225
 (B=115 mm, H=225 mm, A=25875 mm², I_y=109160156 mm⁴, W_y=970312 mm³)
 Käyttöluokka: 1
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1,0)
 Jako/kuormituslev.: 2500 mm (pintakuormille)



Uloke-/jänneväli

Uloke-/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 3330,0
 Jänneväli 2: 3230,0
 Jänneväli 3: 750,0
 Yhteensä: 7310,0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	400	Liikutuki (Z)
2:	3330	140	Liikutuki (Z)
3:	6560	500	Liikutuki (Z)
4:	7310	140	Kiinteä nivel (X,Z)

f _{m,k} (M _y):	33,00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	30,00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	24,50 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2,50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	21,45 N/mm ²
f _{t,90,k} :	0,50 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	3,50 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	3,50 N/mm ²
E _{mean} :	13000 N/mm ²
G _{mean} :	650 N/mm ²

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipalkki

9.5.2025

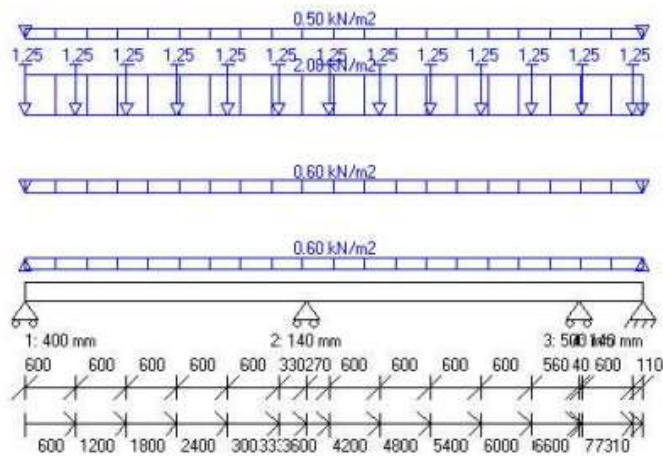
Akseli Anttila

E 0,05:	10800 N/mm ²
G 0,05:	540 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5,00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0,70
kcr-kerroin:	1,00

Osavarmuusluku: 1,25

Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0,600
Pitkäaikainen:	0,700
Keskipitkä:	0,800
Lyhytaikainen:	0,900
Hetkellinen:	1,100

kdef: 0,600

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakennesan paino: QZ = 0,129 kN/m x = 0 - 7310 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 0,500 kN/m² x = 0 - 7310 mmLumikuorma (Lumikuorma Sk<2.75 kN/m², Keskipitkä):

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipalkki

9.5.2025

Akseli Anttila

Pistekuorma: 1:	FZ = 1,25 kN	x = 0,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 2:	FZ = 1,25 kN	x = 600,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 3:	FZ = 1,25 kN	x = 1200,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 4:	FZ = 1,25 kN	x = 1800,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 5:	FZ = 1,25 kN	x = 2400,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 6:	FZ = 1,25 kN	x = 3000,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 7:	FZ = 1,25 kN	x = 3600,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 8:	FZ = 1,25 kN	x = 4200,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 9:	FZ = 1,25 kN	x = 4800,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 10:	FZ = 1,25 kN	x = 5400,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 11:	FZ = 1,25 kN	x = 6000,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 12:	FZ = 1,25 kN	x = 6600,0 mm	(1,25)
Pistekuorma: 13:	FZ = 1,25 kN	x = 7200,0 mm	(1,25)
Pintakuorma: 1:	QZ = 2,080 kN/m2	x = 0 - 7310 mm	

Tuulikuorma (alas) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: Qz = 0,600 kN/m2 x = 0 - 7310 mm

Tuulikuorma (ylös) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: Qz = -0,600 kN/m2 x = 0 - 7310 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1,00*1,35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Lumikuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Lumikuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Lumikuorma + 1,00*1,50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 5 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Lumikuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Lumikuorma + 1,00*1,50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Tuulikuorma (ylös)

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipalkki

Akseli Anttila

9.5.2025

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)
0,90*Omapaino + 1,00*1,50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)
1,00*1,15*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Pysyvä)
0,90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)
1,00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)
1,00*Omapaino + 1,00*Lumikuorma

Yhdistelmä 14 (KRT)
1,00*Omapaino + 1,00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 15 (KRT)
1,00*Omapaino + 1,00*0,70*Lumikuorma + 1,00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 16 (KRT)
1,00*Omapaino + 1,00*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 17 (KRT)
1,00*Omapaino + 1,00*0,70*Lumikuorma + 1,00*Tuulikuorma (ylös)

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017
Kokonaiskäyttöaste: 86,8 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskertoimen, vasen uloke: 2,00

Korotuskertoimen, oikea uloke: 2,00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-akselin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = Päätukien välimatka

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

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

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipalkki

9.5.2025

Akseli Anttila

Leikkaus (z):	25,22 kN	38,64 kN	65,3 %	3330 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	15,06 kNm	20,49 kNm	73,5 %	3330 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(Ilman kiepahdusta):	15,06 kNm	20,49 kNm	73,5 %	3330 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	17,29 kN	118,68 kN	14,6 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1,61					
Tukipaine, tuki 2:	47,90 kN	55,20 kN	86,8 %	3330 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2,14					
Tukipaine, tuki 3:	32,26 kN	103,04 kN	31,3 %	6560 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1,12					
Tukipaine, tuki 4:	0,41 kN	43,01 kN	0,9 %	7310 mm	Yhdistelmä 9/1, Hetkellinen
Tukipainekerroin = 1,21					
jänneväli 1, Wz,fin:	6,8 mm	– mm	– %	1462 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wz,net,fin:	6,8 mm	11,1 mm	61,2 %	1462 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, Wz,fin:	3,1 mm	– mm	– %	5117 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, Wz,net,fin:	3,1 mm	10,8 mm	28,8 %	5117 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 3, Wz,fin:	-0,1 mm	– mm	– %	6762 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 3, Wz,net,fin:	-0,1 mm	2,5 mm	2,7 %	6762 mm	Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15°Omapaino + 1.50°Lumikuorma

Yhdistelmä 9/1 (Hetskellinen):

0.90°Omapaino + 1.50°Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 13/1 :

1.00°Omapaino + 1.00°Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	27,95 kN	3330 mm
My,max	16,68 kNm	3330 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	19,05 kN	-1,32 kN	11,95 kN	-0,16 kN
2:	53,07 kN	-3,87 kN	33,17 kN	-0,46 kN
3:	35,73 kN	-2,60 kN	22,33 kN	-0,31 kN
4:	0,41 kN	-5,00 kN	0,05 kN	-3,10 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1,80

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipalkki

Akseli Anttila

9.5.2025

2:	5,29
3:	3,55
4:	-0,56

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	10,15
2:	27,88
3:	18,78
4:	-2,54

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma (alas)
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1,96
2:	5,75
3:	3,87
4:	-0,61

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma (ylös)
Tuki:	FZ [kN]:
1:	-1,96
2:	-5,75
3:	-3,87
4:	0,61

HUOMIOT:

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

Liite 3. Pilarilaskelmat.

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipilari

Akseli Anttila

9.5.2025

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

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.05.2024)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



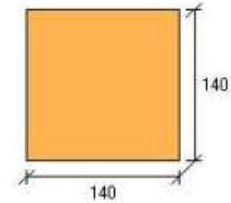
PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Akseli Anttila

Nimi: Tukipilari

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pilari
 Materiaali: Standardipilarit (GL30c)
 Poikkileikkaus: 140x140
 (B=140 mm, H=140 mm, A=19600 mm², I_y=32013333 mm⁴, W_y=457333 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1,0)
 Kulma: 90,0 astetta



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke-/jänneväli: Pystymitta [mm]:
 Jänneväli 1: 3000,0
 Yhteensä: 3000,0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
 1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)
 2: 3000 Liikutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 33,00 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 30,00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 24,50 N/mm²
 f_{c,90,k}: 2,50 N/mm²
 f_{t,0,k}: 21,45 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0,50 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 3,50 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 3,50 N/mm²
 E_{mean}: 13000 N/mm²
 G_{mean}: 650 N/mm²
 E_{0,05}: 10800 N/mm²
 G_{0,05}: 540 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5,00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)
 km-kerroin: 0,70

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

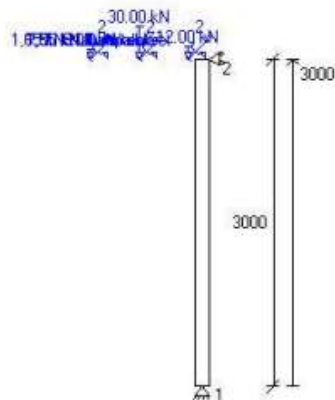
© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipilari

9.5.2025

Akseli Anttila

kcr-kerroin:	1,00
Osavarmuusluku:	1,25
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0,600
Pitkäaikainen:	0,700
Keskipitkä:	0,800
Lyhytaikainen:	0,900
Hetkellinen:	1,100
kdef:	0,800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 6,00 kN	x = 3000,0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0,300 kNm	x = 3000,0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 7,50 kN	x = 3000,0 mm (7,50 kN Kattotuolit)
Pistekuorma: 4:	FZ = 1,65 kN	x = 3000,0 mm (1,65 kN Tukipalkki)
Pistekuorma: 5:	FZ = 1,65 kN	x = 3000,0 mm (1,65 kN Kattorakenteet)
Rakenneosan paino:	QZ = 0,098 kN/m	x = 0 - 3000 mm

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

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipilari

Akseli Anttila

9.5.2025

Pistekuorma: 1: FZ = 30,00 kN x = 3000,0 mm
 Pistekuorma: 2: My = -1,500 kNm x = 3000,0 mm

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pistekuorma: 1: FZ = 12,00 kN x = 3000,0 mm
 Pistekuorma: 2: My = -0,600 kNm x = 3000,0 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)
 0,90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)
 1,00*1,35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)
 1,00*1,15*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)
 1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)
 1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Lumikuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)
 1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Lumikuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)
 1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Lumikuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)
 1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Lumikuorma + 1,00*1,50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)
 1,00*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)
 1,00*Omapaino + 1,00*0,70*Lumikuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)
 1,00*Omapaino + 1,00*Lumikuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)
 1,00*Omapaino + 1,00*0,70*Lumikuorma + 1,00*Tuulikuorma

MITOITUS:

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tukipilari

9.5.2025

Akseli Anttila

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017
 Kokonaiskäyttöaste: 58,5 %

MITOITUSPARAMETRIIT:

Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300
 Korotuskerroin, vasen uloke: 2,00
 Korotuskerroin, oikea uloke: 2,00
 Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1,00 \cdot L$
 Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1,00 \cdot L$
 Kiepahdus on estetty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastele:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	0,87 kN	29,27 kN	3,0 %	2850 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Puristus:	64,66 kN	203,44 kN	31,8 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	2,59 kNm	9,66 kNm	26,9 %	3000 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus+puristus:	0,58	1,00	58,5 %	3000 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(My=2,59 kNm, Mz=0,00 kNm, Nx=64,32 kN)					
jänneväli 1, Wz,inst:	-2,7 mm	-- mm	-- %	1725 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, Wz,net,fin:	-3,4 mm	10,0 mm	33,7 %	1725 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):
 1,15*Omapaino + 1,50*Lumikuorma
 Yhdistelmä 12/1 :
 1,00*Omapaino + 0,70*Lumikuorma + 1,00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	75,46 kN	0 mm
$V_{z,max}$	1,05 kN	2850 mm
$M_{y,max}$	3,13 kNm	3000 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:				
Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	1,04 kN	0,09 kN	0,65 kN	0,10 kN
2:	-0,09 kN	-1,05 kN	-0,10 kN	-0,65 kN

FZ:				
Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	75,46 kN	15,38 kN	50,09 kN	17,09 kN
2:	0,00 kN	0,00 kN	0,00 kN	0,00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Akseli Anttila

Tukipilari
9.5.2025

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.10	17.09
2:	-0.10	0.00

Kuormitustapaus:	Lumikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.50	30.00
2:	-0.50	0.00

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.20	12.00
2:	-0.20	0.00

HUOMIOT:

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

Liite 4. Ristikkorakennelaskelmat.

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattotuoli

Akseli Anttila

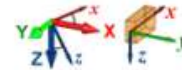
9.5.2025

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

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.05.2024)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



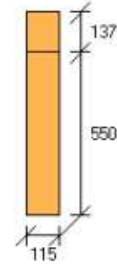
PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Akseli Anttila

Nimi: Kattotuoli

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pulpetti-/harjapalkki
 Materiaali: GL30c
 Poikkileikkaus: Harjapalkki (B=115)
 (B=115, H=550-687-550 mm)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Vasen uloke: 300.0
 Jänneväli 1: 14000.0
 Oikea uloke: 300.0
 Yhteensä: 14600.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	300	400	Liukutuki (Z)
2:	14300	400	Kiinteä niveltuki (X,Z)

fm,k (My):	30.00 N/mm ²
fm,k (Mz):	30.00 N/mm ²
fc,0,k:	24.50 N/mm ²
fc,90,k:	2.50 N/mm ²
ft,0,k:	19.50 N/mm ²
ft,90,k:	0.50 N/mm ²
fv,k (Vz):	3.50 N/mm ²
fv,k (Vy):	3.50 N/mm ²
E _{mean} :	13000 N/mm ²
G _{mean} :	650 N/mm ²
E 0.05:	10800 N/mm ²
G 0.05:	540 N/mm ²

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattotuoli

9.5.2025

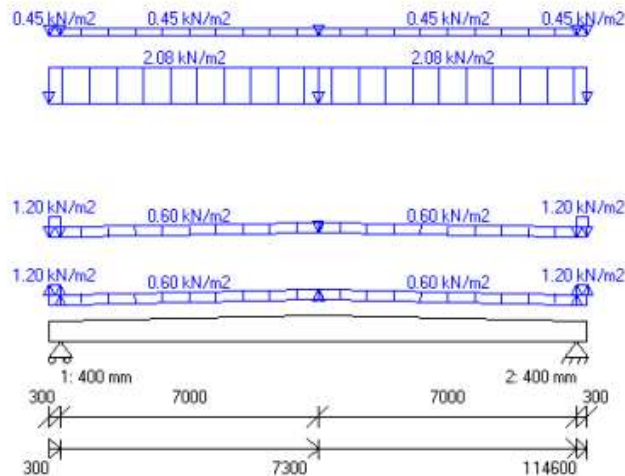
Akseli Anttila

Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)
 km-kerroin: 0.70
 kcr-kerroin: 1.00

Osavarmuusluku: 1.25

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

kdef: 0.800



KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.395 kN/m x = 0 - 14600 mm
 Pintakuorma: 1: QZ = 0.450 kN/m² x = 7300 - 14300 mm
 Pintakuorma: 2: QZ = 0.450 kN/m² x = 14300 - 14600 mm
 Pintakuorma: 3: QZ = 0.450 kN/m² x = 0 - 300 mm
 Pintakuorma: 4: QZ = 0.450 kN/m² x = 300 - 7300 mm

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattotuoli

9.5.2025

Akseli AnttilaLumikuorma (Lumikuorma $S_k < 2.75$ kN/m², Keskipitkä):Pintakuorma: 1: Qz = 2.080 kN/m² x = 7300 - 14600 mmPintakuorma: 2: Qz = 2.080 kN/m² x = 0 - 7300 mm

Tuulikuorma (alas) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: Qz = 0.600 kN/m² x = 7300 - 14300 mmPintakuorma: 2: Qz = 1.200 kN/m² x = 14300 - 14600 mmPintakuorma: 3: Qz = 1.200 kN/m² x = 0 - 300 mmPintakuorma: 4: Qz = 0.600 kN/m² x = 300 - 7300 mm

Tuulikuorma (ylös) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: Qz = -0.600 kN/m² x = 7300 - 14300 mmPintakuorma: 2: Qz = -1.200 kN/m² x = 14300 - 14600 mmPintakuorma: 3: Qz = -1.200 kN/m² x = 0 - 300 mmPintakuorma: 4: Qz = -0.600 kN/m² x = 300 - 7300 mm**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 5 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattotuoli

Akseli Anttila

9.5.2025

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Pysyvä)
0.90*OmapainoYhdistelmä 12 (KRT)
1.00*OmapainoYhdistelmä 13 (KRT)
1.00*Omapaino + 1.00*LumikuormaYhdistelmä 14 (KRT)
1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (alas)Yhdistelmä 15 (KRT)
1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (alas)Yhdistelmä 16 (KRT)
1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (ylös)Yhdistelmä 17 (KRT)
1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (ylös)**MITOITUS:**Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017
Kokonaiskäyttöaste: 87.2 %**MITOITUSPARAMETRIT:**Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 1200.00$ mmKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Päätukien välimatka $L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$ **MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	16.61 kN	97.68 kN	17.0 %	1000 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	61.67 kNm	160.11 kNm	38.5 %	8760 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	61.67 kNm	160.11 kNm	38.5 %	8760 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Poikittaisveto ($\Sigma \sigma_{t,90}$):	0.03 N/mm ²	0.32 N/mm ²	8.4 %	7300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(kp=0.004, kdis*kvol=0.999)					

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattotuoli

9.5.2025

Akseli Anttila

Leikkaus (tau): (tau = sigma,0 * tan(alfa))	0.14 N/mm2	2.24 N/mm2	6.2 %	8760 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
sigma,m,alpha:	7.40 N/mm2	19.09 N/mm2	38.7 %	8760 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
sigma,m:	7.33 N/mm2	19.20 N/mm2	38.2 %	7300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1: Tukipainekerroin = 2.01	19.25 kN	148.12 kN	13.0 %	300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 2: Tukipainekerroin = 2.01	19.25 kN	148.12 kN	13.0 %	14300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Vasen uloke, Wz,inst:	-2.1 mm	-- mm	-- %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
Vasen uloke, Wz,net,fin:	-2.8 mm	-- mm	-- %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wz,inst:	29.4 mm	-- mm	-- %	7300 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wz,net,fin:	40.7 mm	46.7 mm	87.2 %	7300 mm	Yhdistelmä 13/1
Oikea uloke, Wz,inst:	-2.1 mm	-- mm	-- %	14600 mm	Yhdistelmä 13/1
Oikea uloke, Wz,net,fin:	-2.8 mm	-- mm	-- %	14600 mm	Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	20.73 kN	300 mm
My,max	72.39 kNm	7300 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	21.71 kN	0.27 kN	13.97 kN	2.12 kN
2:	21.71 kN	0.27 kN	13.97 kN	2.12 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	4.85
2:	4.85
Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	9.11
2:	9.11
Kuormitustapaus:	Tuulikuorma (alas)

Finnwood 2.4.4 (2.4.090)

© Copyright 2024 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattotuoli

Akseli Anttila

9.5.2025

Tuki:	FZ [kN]:
1:	2.74
2:	2.74

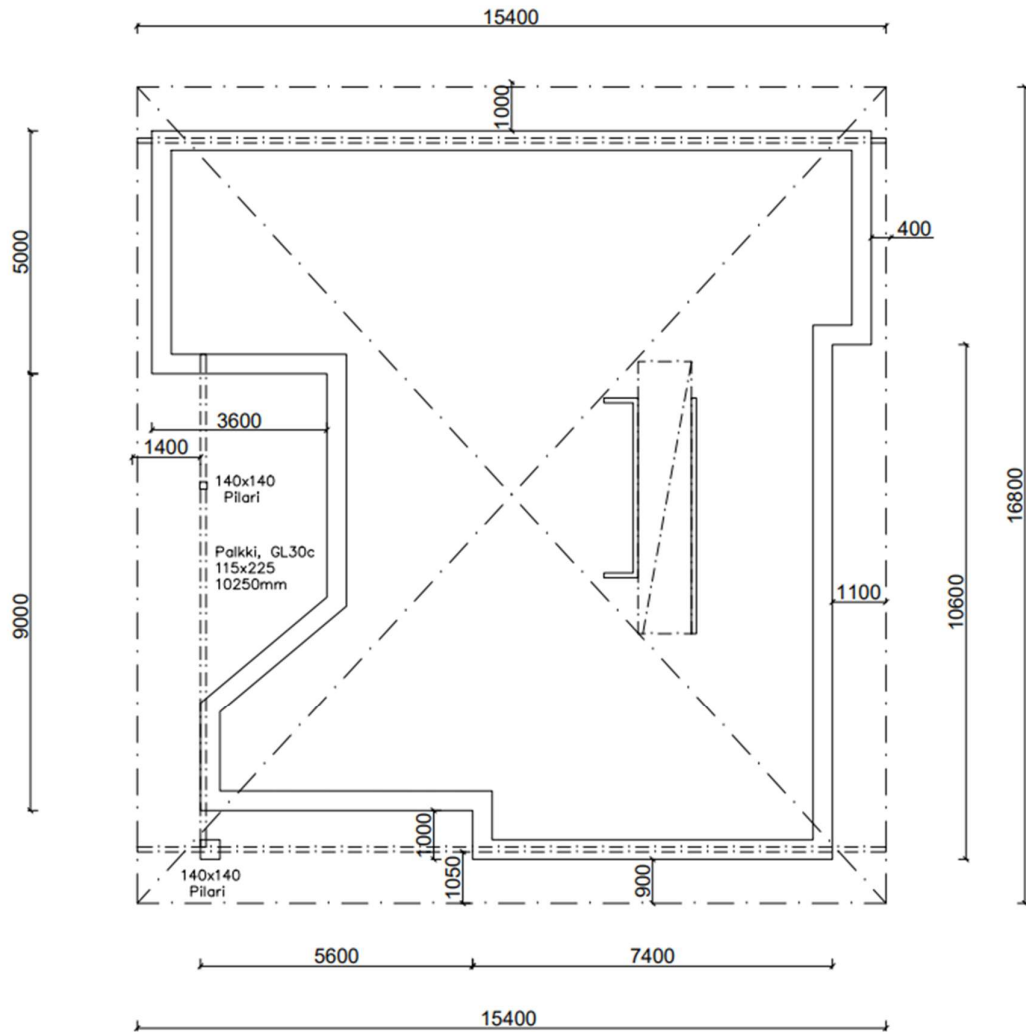
Kuormitustapaus:	Tuulikuorma (ylös)
Tuki:	FZ [kN]:
1:	-2.74
2:	-2.74

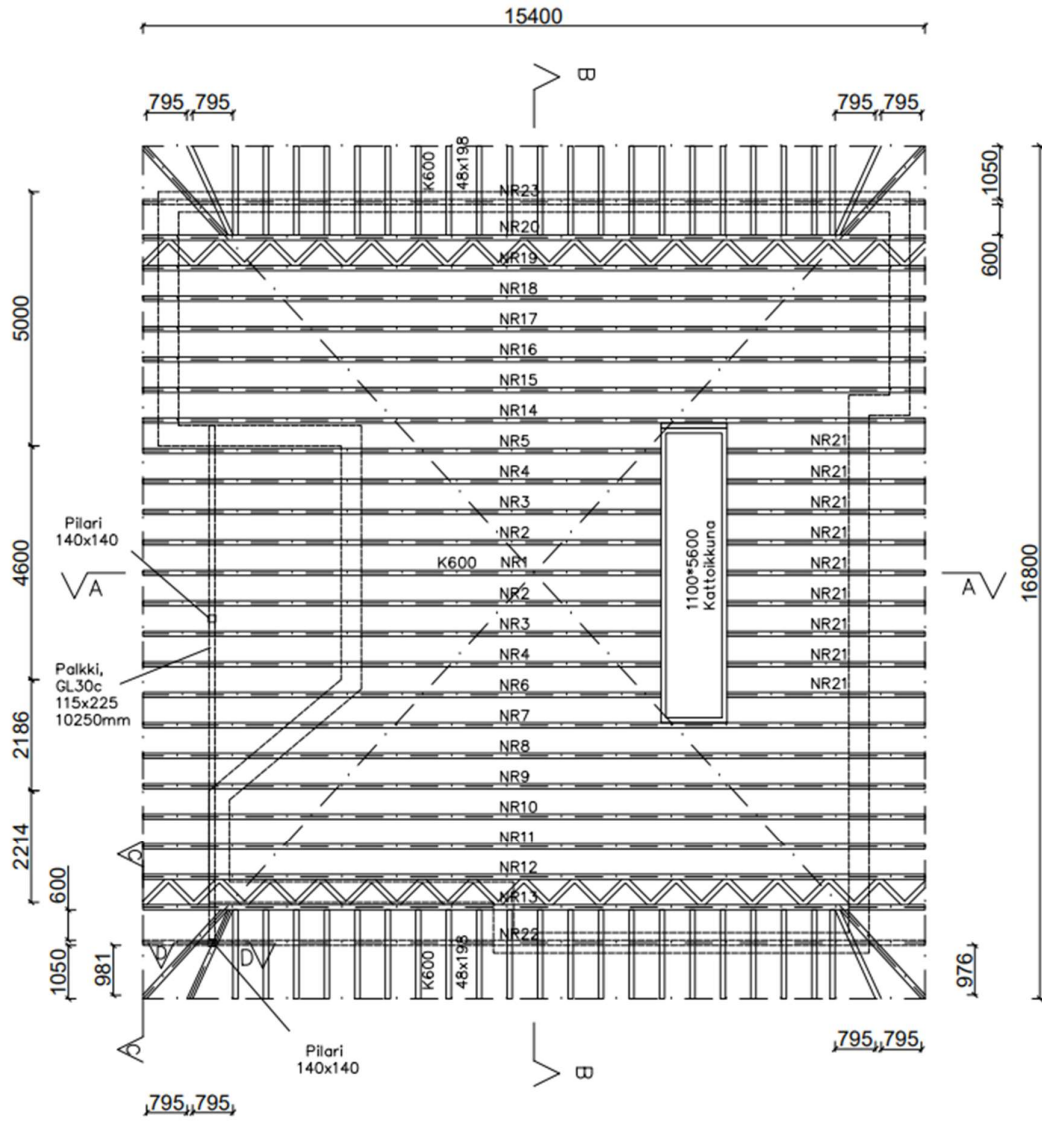
HUOMIOT:

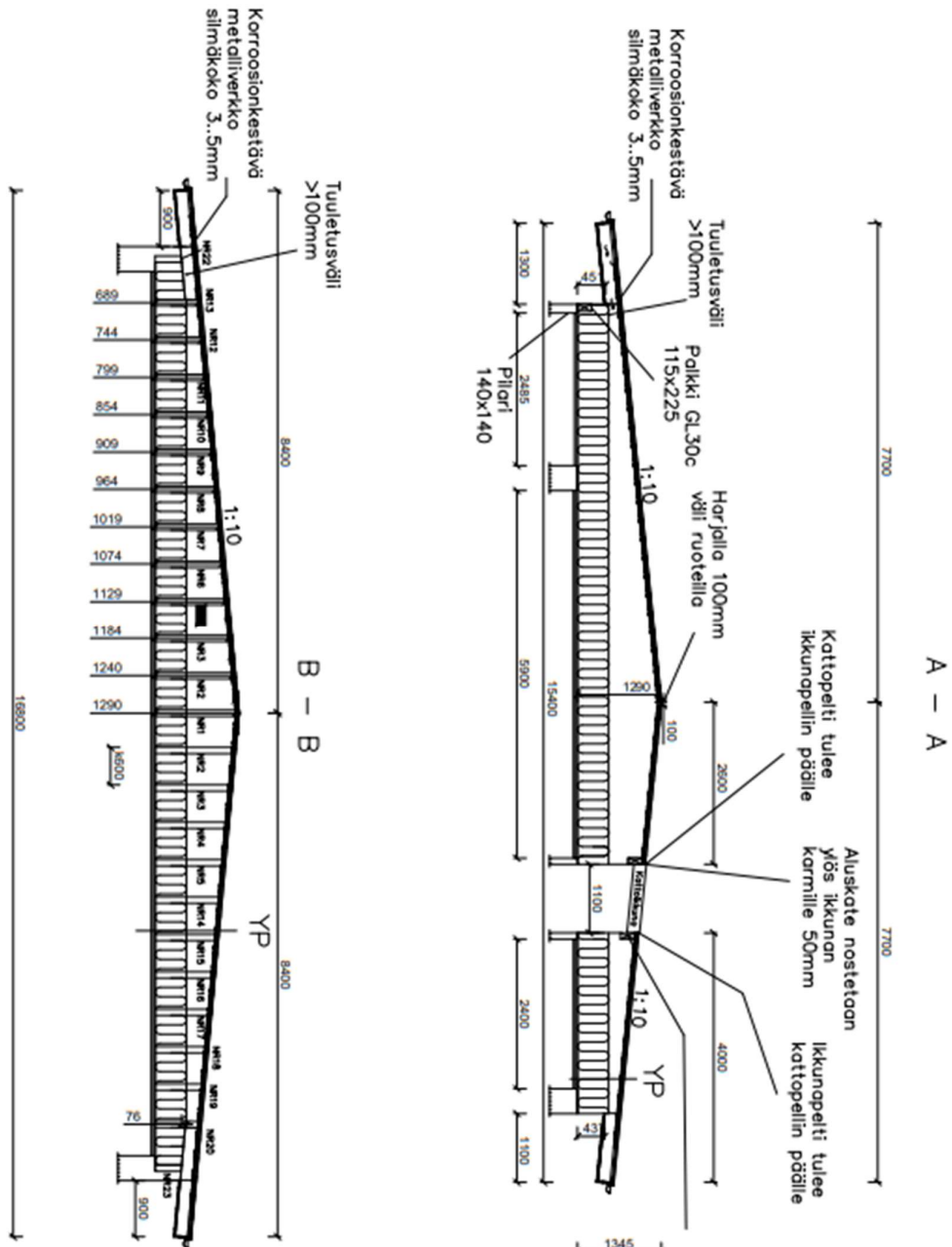
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajalimitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Leikkausvoiman pienentäminen on otettu huomioon tukien läheisyydessä ja lisäksi on oletettu, että kuormat vaikuttavat tukipintaan nähden rakenneseosan vastakkaisella puolella
- Leikkausvoiman pienentäminen on tehty kuormitusyhdistelmien leikkausvoimakäyrään ja pienennyskohtana on mitta 0.9xH tuen reunasta
- Rakenneseosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

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

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

Liite 5. Rakennepiirustukset





M	YR	UUSI AINE
1	Kerros (cm)	Kattotavara, 100mm
2	50	Insulaatio
3	50	Aluslaatta
4	500	Korkeus
5	50	Ulkopinta
6	50	Korkeus
7	13	Insulaatio
8		Insulaatio

Kattokkunan ympärille
 rakennetaan kehä,
 100x225
 kiinnitys ristikko rakenteisiin
 6x140 puuruuvi

