

Paula Huumarkangas

## **Rakennussuunnittelu**

Kahden hevosen talli

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Paula Huumarkangas

Työn nimi: Rakennussuunnittelu: Kahden hevosen talli

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on kahden hevosen kotitallin suunnittelu. Suunnittelun lähtökohdiksi on otettu tuettavaa hevostallirakentamista koskevat määräykset sekä eri tilojen tarpeet.

Harrastuspohjaisen hevostallin rakentamiseen ei liity muita vaatimuksia kuin karsinan koko ja tallirakennuksen sisäkorkeus. Talli on suunniteltu käytännölliseksi ja toimivaksi kokonaisuudeksi pienimuotoiseen harrasteluun.

Suunnittelu kattaa tallin pääkuvien suunnittelun sekä puurungon mitoituksen.

Avainsanat: hevostallit, eläinsuoja, hevonen, runkorakenteet

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Paula Huumarkangas

Title of thesis: Construction planning: Stable for two horses

Supervisor: Petri Koistinen

Year: 2017

Number of pages: 41

Number of appendices: 1

---

The subject of the thesis was to design a stable for two horses. The starting points for the design were articles that applied for building a supportable horse stable and the needs for different spaces.

The stable was designed as a practical and functional space for a small-scale hobby.

The design covered the main pictures and the dimensioning of the wooden frame.

Keywords: stable, cot, skeleton constructions

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 TALLIRAKENTAMISTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET .....	9
2.1 Hevostallia ja -pihattoa koskevat yleiset vaatimukset.....	9
2.2 Hevostallin ja -pihaton rakenteiden mitoitus.....	10
2.3 Karsinaa koskevat vaatimukset.....	11
2.4 Ruokintaan liittyvät rakenteet .....	13
2.5 Ilmanvaihto ja huonetilailmasto .....	13
2.6 Lannan, kuivikkeen ja rehujen varastointi .....	14
2.7 Ulkokentät, ulkoilutarhat ja ulkokarsinat sekä laitumet .....	15
3 TALLIRAKENNUKSEN ESITTELY.....	17
4 KUORMITUKSET .....	20
4.1 Pysyvät kuormat.....	20
4.1.1 Ulkoseinä .....	20
4.1.2 Yläpohja.....	21
4.2 Muuttuvat kuormat .....	22
4.2.1 Lumikuorma .....	22
4.2.2 Tuulikuorma .....	23
5 PUURUNGON RAKENNESUUNNITTELU.....	27
5.1 Kantava runkotolppa .....	27
5.1.1 Nurjahdusmitoitus .....	27
5.1.2 Taivutuksen ja nurjahduksen yhteisvaikutus hetkellisessä aikaluokassa, tuuli määräävä muuttuva kuorma .....	29
5.1.3 Taivutuksen ja nurjahduksen yhteisvaikutus hetkellisessä aikaluokassa, lumi määräävä muuttuva kuorma .....	31
5.2 Aukon ylityspalkki kantavalla seinällä.....	32

5.2.1 Taipumamitoitus.....	32
5.2.2 Taivutusmitoitus .....	33
5.2.3 Leikkausmitoitus .....	33
5.3 Leimapaine .....	33
5.3.1 Leimapaine runkotolpan alapäässä .....	33
5.3.2 Leimapaine aukon ylityspalkin tuella .....	34
5.3.3 Naulalevyristikon aiheuttama leimapaine yläjuoksussa .....	34
<b>6 JÄYKISTYSMITOITUS.....</b>	<b>36</b>
6.1 Puurungon jäykistäminen.....	36
6.2 Naulalevyristikoiden jäykistäminen.....	38
<b>7 YHTEENVETO.....</b>	<b>39</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>40</b>
<b>LIITTEET.....</b>	<b>41</b>

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Hevostallin julkisivupiirroksset. ....	18
Kuvio 2. Hevostallin leikkaus.....	18
Kuvio 3. Hevostallin pohjapiirustus. ....	19
Kuvio 4. Ulkoseinä. ....	20
Kuvio 5. Yläpohja ja vesikate. ....	21
Kuvio 6. Lumikuorman muotokertoimet.....	23
Kuvio 7. Katon lumikuormat. ....	23
Kuvio 8. Yksinkertaistetussa menettelyssä käytettäviä voimakertoimia $C_f$ .....	24
Kuvio 9. Maastoluokat.....	25
Kuvio 10. Tuulen nopeuspaine.....	25
Kuvio 11. Ulkoseinien paikallisen tuulenpaineen nettopaine kertoimia .....	26
Kuvio 12. Tarkasteltava pinta-ala.....	26
Kuvio 13. Tukipinta yläjuoksussa. ....	35
Kuvio 14. Naulan leikkausvoimakestävyyden ( $R_d$ ) mitoitusarvoja .....	37
Taulukko 1. Leveyssuosituksset tallin käytäville ja oville .....	11
Taulukko 2. Yksittäiskarsinan vähimmäiskoko .....	12
Taulukko 3. Ryhmäkarsinan ja pihatton mitoitusvaatimukset.....	12
Taulukko 4. Ilmanvaihtomäärät eripainoisille hevosille .....	14

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Eläinsuoja</b>	Kotieläinrakennus, kuten hevostalli tai pihatto, jossa eläimiä pidetään
<b>Hevostalli ja talli</b>	Eläinsuoja, missä hevosia pidetään karsinoissa
<b>Hevospihatto ja pihatto</b>	
	Eläinsuoja, missä hevosia pidetään irti
<b>Hoitokarsina</b>	Sairaalle tai hoidettavalle hevoselle tarkoitettu tila tallissa
<b>Ryhmäkarsina</b>	Usealle hevoselle tarkoitettu tila, jossa pidettävien hevosten tulee voida asettua yhtä aikaa makuulle
<b>Pilttuu</b>	Hevosien kytkemiseen käytetty pitopaikka tai hoitopaikka, jolloin kyseessä on ns. pakkopilttuu
<b>Karsina</b>	Yhdelle hevoselle tarkoitettu tila tallissa
<b>Ulkotarha</b>	Aidattu alue, missä hevoset voivat liikkua vapaasti
<b>Ulkokarsina</b>	Tallissa sijaitsevan yksittäiskarsinan kohdalle rakennuksen ulkopuolelle rakennettua aidattua ulkotilaa
<b>Säkäkorkeus</b>	Neljällä jalalla seisovien eläinten kokoa kuvaava mitta. Säkäkorkeus mitataan maasta tasajaloin seisovan eläimen lalaluihin kaulan ja selän yhtymäkohtaan eli säkään

# 1 JOHDANTO

Tallitila vaikuttaa merkittävästi hevosen hyvinvointiin. Kauniit puitteet ja koristeet eivät ole hevoselle tärkeitä, mieluummin kannattaa keskittyä tallirakennuksen asiallisuuteen ja siistiyteen. Hevosella on herkät keuhkot, joten ilmanlaatuun tulee panostaa. Myös lämpötilan pysyminen sopivan alhaisena on tärkeää.

Omaa hevostallia suunnitellessa täytyy ottaa huomioon laissa mainitut asetukset. Pientä kotitallia rakennettaessa asetukset määrittelevät ainoastaan minimivaatimukset tallin korkeudelle ja karsinoiden koolle. ELY-keskuksesta investointitukea hakevien hevosalan yrittäjien kohdalla vaatimukset ovat tarkempia. Tällöin asetuksissa on tarkempia vaatimuksia muun muassa käytävien leveyksistä, oviaukoista ja ikkunapinta-aloista. (Hevoseni.fi, [Viitattu 25.4.2017].)

Talli on haasteellinen ympäristönä, koska hevonen tuottaa paljon lämpöä ja kosteutta. Jos tallissa ei ole koneellista ilmanvaihtoa, se hoituu painovoimaan perustuvanakin, mutta teettää vain enemmän työtä.

Hevonen on sosiaalinen laumaeläin, ja sillä on voimakas tarve muodostaa lauma, josta se saa turvaa. Tämän seikan vuoksi on turha suunnitella tallia yhdelle hevoselle. Talli kannattaa suunnitella vähintään kahdelle, mieluummin useammallekin hevoselle. Hevosen lajityypillisen käyttäytymisen tunteminen edesauttaa tallin suunnittelussa.

Tässä työssä suunnittelen hevostallin, joka täyttää nykyiset rakentamismääräykset sekä maa- ja metsätalousministeriön asetukset. Tulevan rakennuksen kohde sijaitsee Kyyjärvellä Peuralinnan kylässä ja on tarkoitus rakentaa lähitulevaisuudessa. Maaperä on hiekkavaltainen harju, ja tontin koko on 3,7 ha.



## 2 TALLIRAKENTAMISTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa säädetään eläinsuojeluvaatimuksista, joita on noudatettava hevosten pidossa. Kaikkien eläinsuojien, myös vanhojen tallirakennusten, on täytettävä tilavaatimukset siirtymäkauden jälkeen viimeistään 1.1.2014. Asetus määrittelee mittojen suhteen minimivaatimukset ainoastaan tallin korkeudelle sekä karsinoiden koolle.

Hevostalouksrakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa on noudatettava Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä ja ohjeita, eläinsuojelulainsäädännön hevosten pidolle asettamia eläinsuojeluvaatimuksia, maatalouden ja maaseutuelinkeinojen tukilainsäädännön ehtoja sekä ympäristöhallinnon ympäristönsuojeluvaatimuksia seuraavin täydennyksin. Peruskorjauksissa ja pienehköissä laajennuksissa tästä asetuksesta voidaan sallia vähäisiä poikkeuksia, ellei eläinsuojelu-, työsuojelu- tai muista säädöksistä muuta johdu. (A 588/2015.)

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa annetuissa eläintilojen kuten erilaisten karsinoiden, pilttuiden ja pihattojen mitoituksen vähimmäismitoissa ja -pinta-aloissa sallitaan levy- tai ritiläseinämärakennepaksuuden pienentävän mitoitusvaatimusta enintään 50 millimetrillä. (A 588/2015.)

### 2.1 Hevostallia ja -pihattoa koskevat yleiset vaatimukset

Tallin ja pihaton tulee sijaita sellaisella alueella, jolla hevosia voidaan liikuttaa ja käyttää ja jolla hevosilla on riittävät mahdollisuudet ulkoiluun ulkoilutarhassa. Hevosille on oltava tarkoituksenmukaiset ja turvalliset kulkureitit pitopaikasta pihalle ja tarhoihin. Hevosten määrään nähden on varattava riittävästi ulkoilutarha- tai tarhalaidunala. (A 588/2015.)

Tallissa tai sen välittömässä läheisyydessä tulee olla erillinen tuuletettava ja tarvittaessa lämmitettävä tila, jossa hevosen varusteet voidaan kuivata ja säilyttää. Tallissa tai sen välittömässä läheisyydessä tulee myös olla suljettava tila sellaisille hevosen lääkkeille, vitamiineille ja erikoisrehuille, jotka vaativat kuivaa säilytystilaa. Yli 20 hevosen eläinsuojassa on oltava yksi hevosen pesutila, johon hevonen voidaan

kytkeä paikalleen pesun aikana. Pesutilan tulee sijaita joko eläinsuojan yhteydessä tai muussa erillisessä tilassa. Pesupaikka tulee viemäröidä siten, että pesu- ja likavedet johdetaan lattiakaivoon, joka samalla toimii helposti tyhjennettävänä sakokai-vona. Pesutilan seinien tulee olla pesunkestäviä. Pesutilassa on oltava riittävän tehokas ilmanvaihto kosteuden poistamiseksi. (A 588/2015.)

Eläinsuojassa käytettävät laitteet eivät saa aiheuttaa hevosta äkillisesti ja jatkuvasti pelästyttäviä ääniä. Hevospihatton on tarjottava riittävä suoja hevosille kaikissa sääolosuhteissa. Pihatton seinien tulee olla vedottomat. Pihattoon on oltava vähintään 1,5 metriä leveä sisään- ja ulospääsyaukko. Hevosten vapaata liikkumista varten tarkoitettu sisään- ja ulospääsyaukko on varustettava tuulikaapilla, jossa on hevosille esteetön läpikulku ja sellainen oviaukon ilmavirtaushidastin, joka estää ilman suoran virtauksen pihatton sisälle. Pihatton tulee olla sääolosuhteiden vaihteluista johtuen täysin suljettavissa ovella, esimerkiksi liukuovella. Kun pihatton ovi suljetaan, on pihatton ilmanvaihdon täytettävä eläinsuojan ilmanvaihdolle asetetut vaatimukset. Pihatton yhteydessä tai sen läheisyydessä on oltava erillinen tila hevosen hoidon vaatimia päivittäisiä puhdistus- ja muita toimenpiteitä varten. (A 588/2015.)

Tallissa tai pihatossa syntyvät sosiaalitilojen jätevedet ja eläinten pesuvesien jätevedet sekä muut niihin verrattavat jätevedet, pois lukien lantalan virtsa ja ulostejätteet kuivikkeineen, tulee käsitellä talousvesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla annetussa valtioneuvoston asetuksessa (209/2011) edellytetyllä tavalla ja mahdollisen ympäristöluvan ehtojen mukaisesti. (A 588/2015.)

## **2.2 Hevostallin ja -pihatton rakenteiden mitoitus**

Eläinsuojan rakenteet ja laitteet on suunniteltava niin, että ne kestävät hevosten pitämisestä aiheuttamat rasitukset ja kuormitukset. Käytävien lattiapintojen on oltava tasaisia ja pinnaltaan sellaisia, etteivät hevoset liukastu, kompastu tai satuta jalkojaan. Lattia- tai alapohjarakenne tulee tehdä niin, etteivät jätevedet tai muut nesteet valu tai imeydy maahan hallitsemattomasti. (A 588/2015.)

Eläinsuojassa olevan kulkureitin pituus lähimpään uloskäyntioveen saa paloturvallisuuden takia olla enintään 30 metriä. Yli kymmenen hevosen hevostallissa on oltava

vähintään kaksi vaihtoehtoista ovea, josta hevoset voidaan viedä ulos. Tällaisen poistumisoven oviaukon on oltava vähintään 1,5 metriä leveä ja vähintään 2,2 metriä korkea. Tallin käytävien leveydestä on mitoitusvaatimukset annettu taulukossa 1. (A 588/2015.)

Uuden eläinsuojan sisäkorkeuden tulee olla vähintään 2,7 metriä. Peruskorjatussa eläinsuojassa huonekorkeuden tulee pääsääntöisesti olla vähintään 2,5 metriä, kuitenkin niin, että huonekorkeus ei missään hevosten oleskelualueella saa olla alle 2,2 metriä. Ikkunoiden ja valoaukkojen pinta-alan on oltava vähintään kolme prosenttia eläinsuojan huonealasta. Hevosten ulottuvilla olevat ikkunat on sijoitettava tai suojattava riittävän vahvasti niin, etteivät hevoset pääse koskettamaan ikkunoita tai pyrkimään niiden kautta ulos. (A 588/2015.)

Taulukko 1. Leveyssuositukset tallin käytäville ja oville (A 588/2015).

	Käytävän leveys (m)	Ovien leveys (m)
Hevostalli	<b>2,5-3,5</b>	<b>1,1-1,2</b>
Ponitalli	<b>2,0-2,5</b>	<b>0,9-1,1</b>
Käytävällä karsinat vain toisella sivulla	<b>2,0-3,0</b>	

### 2.3 Karsinaa koskevat vaatimukset

Tallissa hevosta on pidettävä yksittäiskarsinassa tai ryhmäkarsinassa. Yksittäiskarsinan mitoitusvaatimukset on esitetty taulukossa 2 sekä ryhmäkarsinan ja pihatton taulukossa 3. (A 588/2015.)

Taulukko 2. Yksittäiskarsinan vähimmäiskoko (A 588/2015).

Hevososen säkäkorkeus (m)	Karsinan pinta -ala (m <sup>2</sup> )	Varsomiskarsinan pinta-ala (m <sup>2</sup> )
< 1,07	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>
1,08 – 1,30	<b>5,0</b>	<b>6,5</b>
1,31 – 1,40	<b>6,0</b>	<b>7,5</b>
1,41 – 1,48	<b>7,0</b>	<b>8,5</b>
1,49 – 1,60	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>
1,61 – 1,70	<b>9,0</b>	<b>11,0</b>
> 1,70	<b>10,0</b>	<b>13,0</b>

Taulukko 3. Ryhmäkarsinan ja pihatton mitoitustvaatimukset (A 588/2015).

	Ruokinta- ja makuualue samassa tilassa (%-osuus yksittäiskarsinalasta)	Pihatto, jossa ruokinta-paikka on erikseen (%-osuus yksittäiskarsinalasta)
Täysikasvuiset hevoset	<b>100 %</b>	<b>80 %</b>
Nuoret hevoset (12-24kk)	<b>75 %</b>	<b>60 %</b>
Nuoret hevoset (alle 12kk)	<b>50 %</b>	<b>40 %</b>

Karsinan ja hevosen pitopaikan rakennus- tai pinnoitemateriaali ei saa aiheuttaa terveysongelmia hevosille. Mikäli karsinarakenteet eivät ylety kattoon saakka, on rakenteen ja katon välisen etäisyyden oltava pienempi kuin 150 millimetriä tai suurempi kuin 450 millimetriä. Karsinan alareunan ja lattian välisen raon leveys saa olla korkeintaan 30 millimetriä. Karsinan pysty- ja vaakakalterit on mitoitettava sellaiseksi, ettei hevonen voi jäädä niihin päästään tai jalastaan kiinni. Karsinan, pilttuun tai pihatton lattiapinnan on oltava tasainen ja liukastumisen estävä, esimerkiksi harjattu betonipinta tai puupölkkyllattia. (A 588/2015.)

Karsinan oviaukon leveyden tulee olla vähintään 1,1 metriä ja korkeuden vähintään 2,2 metriä. Uudisrakennuksissa kahden karsinarivin välisen käytävän leveyden on oltava vähintään 2,5 metriä sekä yhden karsinarivin ja seinän välisen käytävän leveyden vähintään 2,0 metriä. Peruskorjatussa eläinsuojassa sekä uusissa ponitalleissa saa käytävän leveys olla vähintään 2,0 metriä, mikäli käytävän pituus on alle 12 metriä. Mikäli hevoset voivat työntää päänsä karsinasta käytävälle tai karsinoiden ovet avautuvat käytävälle, käytävän leveyden on oltava vähintään 2,5 metriä. (A 588/2015.)

## **2.4 Ruokintaan liittyvät rakenteet**

Ruokinta-astiat ja muut ruokintalaitteet sekä juoma-astiat on muotoiltava ja sijoitettava niin, että hevoset eivät vahingoita itseään ja niiden on helppo syödä ja juoda luonnollisella tavalla. Ruokinta- ja juoma-astian yläreunan tulee olla pitopaikassa oleville hevosille sopivalla korkeudella. (A 588/2015.)

Kun pihatoissa ja ryhmäkarsinoissa käytetään ruokinta-aitaa tai -estettä, sen aukkojen on oltava sellaiset, että hevoset voivat vaikeuksitta syödä. Kun ruokintaesteenä käytetään pystykalteria, joka toinen väli on suljettava siten, että hevoset eivät pääse työntämään päätään viereiseen aukkoon. (A 588/2015.)

Ruokintapilttuut on sijoitettava erilleen pihaton makuutilasta. Niiden on oltava kateutut ja niiden pohjan sekä takaosan on oltava liukastumisen estäviä sekä kova- ja tiivispohjaisia, jotta siihen kerääntynyt lanta ja tallaantunut rehu voidaan helpommin ja turvallisesti poistaa. (A 588/2015.)

## **2.5 Ilmanvaihto ja huonetilailmasto**

Lämpöeristetyssä ja koneellisesti ilmanvaihdetussa eläinsuojassa ilmanlaadun tulee täyttää koneelliselle ilmanvaihdolle asetetut seuraavat laatuvaatimukset:

1. Ilmanvaihto hevosta kohden on mitoitettava taulukossa 4 esitettyjen arvojen mukaisesti.

2. Ilmanvaihto on suunniteltava niin, ettei ilman virtausnopeus ylitä 0,25 metriä sekunnissa hevosen pitoalueella.
3. Haitalliset kaasut ja epäpuhtaudet eivät saa eläinsuojan huoneilmassa ylittää muutoin kuin satunnaisesti seuraavia raja-arvoja: hiilidioksidi 3 500 ppm, ammoniakki 10 ppm, hiilimonoksidi 5 ppm ja orgaaninen pöly 10 milligrammaa per kuutiometri.
4. Lämpöeristetyn eläinsuojan sisälämpötilan on talven aikana oltava vähintään plus kaksi celsiusastetta.

Kovan pakkasen varalta pihaton ilmanvaihdon ja lämpötilan tulee olla hallittavissa. Mikäli ilmanvaihto on sähkökäyttöinen, varasähköjärjestelmä on järjestettävä. (A 588/2015.)

Taulukko 4. Ilmanvaihtomäärät eripainoisille hevosille (A 588/2015).

Paino (kg)	minimi ilmanvaihto (m <sup>3</sup> /h)	maksimi ilmanvaihto (m <sup>3</sup> /h)
alle 400	<b>40</b>	<b>230...320</b>
400–500	<b>45</b>	<b>250...340</b>
yli 500	<b>50</b>	<b>270...380</b>

## 2.6 Lannan, kuivikkeen ja rehujen varastointi

Hevostallin ja hevospihaton yhteyteen on järjestettävä asianmukainen lannan varastointi. Lantavaraston mitoituksesta ja rakentamisesta säädetään eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta annetussa valtioneuvoston asetuksessa (1250/2014). Lantalan ulkopuolella tulee olla kuiva ja kovapohjainen ajoluiska ja kuormauslaatta. Sadeveden valuminen lantalaan tulee estää. (A 588/2015.)

Alle kymmenen hevosen peruskorjattavalla tallilla ja talleilla, joiden lantaa ei voida hyödyntää viljelykierrossa, voidaan hyväksyä sellaisen tiiviin sadesuojatun siirtokontin käyttö, joka on mitoitettu vähintään kahden viikon ja enintään kahden kuukauden tyhjennysvälille, jos ympäristönsuojeluviranomainen sen sallii. Tällaisen siirtokontin varastointikapasiteetin on oltava vähintään kaksi kuutiometriä. (A 588/2015.)

Pihattojen kuivikepohja voidaan ottaa huomioon lannan varastotilana. Lantavaraston mitoituksessa on kuitenkin otettava huomioon kuivikepohjasta lannanlevityskiellon aikana poistettava sekä ulkoilutarhoista kerättävä lanta. (A 588/2015.)

Rehujen ja kuivikkeiden varastotilan on oltava katettu ja vähintään kolmiseinäinen ja varastotila on mitoitettava vähintään tallin yhden kuukauden rehu- ja kuiviketarvetta vastaavaksi (A 588/2015).

## **2.7 Ulkokentät, ulkoilutarhat ja ulkokarsinat sekä laitumet**

Ulkokentät, ravivalmennusalueet, ulkoilutarhat sekä laitumet on sijoitettava ja rakennettava niin, ettei pohjavesille aiheudu pilaantumisvaaraa. Ulkokentän pohjarakenne on salaojitettava ja kuivattava, mikäli maapohja vaatii sen. Ulkokentän pintavesi on ohjattava ympäröiviin ojiin. Kantava rakennekerros on mitoitettava maaperän ominaisuuksien sekä käyttötarkoituksen mukaan. Pintakerroksena tulee olla ulkokentän käyttöön sopiva materiaali. Ulkokentän aidan tulee olla suunniteltu käyttötarkoituksen mukaan. (A 588/2015.)

Ulkoilutarha on muotoiltava ja pohjustettava siten, että vesi poistuu tarhasta sateen jälkeen riittävässä määrin. Ulkoilutarha on mitoitettava hevosten koon ja tarpeen mukaan. Hevosille eläinsuojasta ulkoalueelle järjestetyn kulkuväylän on oltava kova-pohjainen ja liukastumisen estävä. (A 588/2015.)

Ulkoilutarhojen aitatolppien välisen etäisyyden tulee pääsääntöisesti olla tasainen. Aitarakenteen tulee olla riittävän vahva ja mitoitettu tarhassa olevien hevosten koon mukaan. Aidan tulee olla hevosille hyvin erottuva. Aitamateriaalina ei saa käyttää piikki- tai rautalankaa. (A 588/2015.)

Jos ulkoilutarhalla on järjestetty pysyvä ruokinta-alue, ruokintapaikkaleveyttä on varattava vähintään 0,6 metriä kutakin täysikasvuista hevosta kohden. Lisäksi ruokintapaikan eteen tai ympärille on varattava vähintään kolmen neliömetrin suuruinen kova- ja tiivispohjainen liukastumisen estävä alue kutakin täysikasvuista hevosta kohti. Kahden ulkoilutarhan välillä tulee olla vähintään kahden metrin turva-alue. (A 588/2015.)

Eristämättömän ulkokarsinan pinta-alan on oltava vähintään sama kuin sisällä olevan karsinan vähimmäispinta-ala. Sen yhteydessä olevan ulkoilutilan aitauksen tulee vahvuudeltaan ja korkeudeltaan olla mitoitettu karsinassa olevan hevosen koon mukaan. (A 588/2015.)

Ulkokarsinan pohjan on oltava kova- ja tiivispohjainen. Kova- ja tiivispohjaisuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa esimerkiksi hiekkaa tiivistyskerroksineen taikka maabetonia tai tiiviydeltään asfalttia vastaavaa pintaa asianmukaisine pohjakerrosrakenteineen. (A 588/2015.)



### 3 TALLIRAKENNUKSEN ESITTELY

Rakennuksen suunnittelun lähtökohtana ovat minimivaatimukset karsinoiden koolle sekä tallirakennuksen sisäkorkeus. Sisäkorkeudeksi tässä suunnitelmassa on valittu 2800 mm, joten tähän talliin voi tuoda hevosen, jonka säkäkorkeus on korkeintaan 185 cm.

Tallin puoli on kooltaan 38,5 m<sup>2</sup> ja karsinoiden koot ovat 9 m<sup>2</sup>. Tallin puoleen on myös varattu tila hevosten varusteille sekä pesupaikka hevosille. Varustehuone on lämmitettävä, jotta varusteet pysyvät hyvässä kunnossa.

Tallista on suora kulkuyhteys heinä- ja kuivikevarastoon sekä ovet tallin molemmin puolin. Ulko-ovet ovat vaatimusten mukaan 1,2 metriä leveitä ja niiden korkeudet ovat 2,2 metriä. Ikkunat ovat tarpeeksi ylhäällä, jotta hevoset eivät saa kavioillaan rikottua niitä ja lisäksi niissä on ikkunakalterit. Ikkunat ovat myös avattavissa ulospäin.

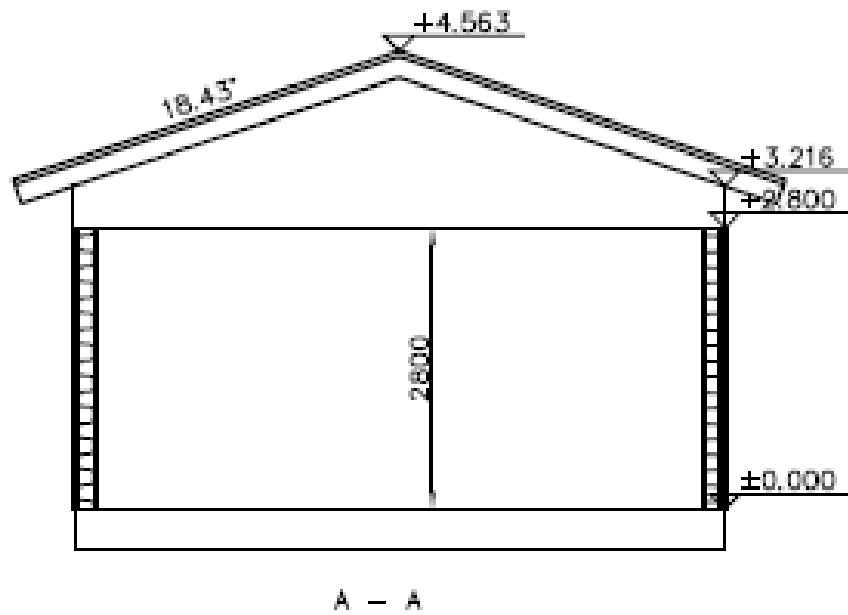
Ilmanvaihto toteutetaan koneellisella ilmanvaihdolla sekä hyvällä tuuletuksella. Suositeltava ilmatila yhtä hevosta kohden on 45–50 kuutiota, joten tässä tallissa tila on riittävä kahdelle hevoselle.

Rakennus kuuluu käyttöluokkaan 1 ja seuraamusluokka on CC2. Paloluokka on P3.

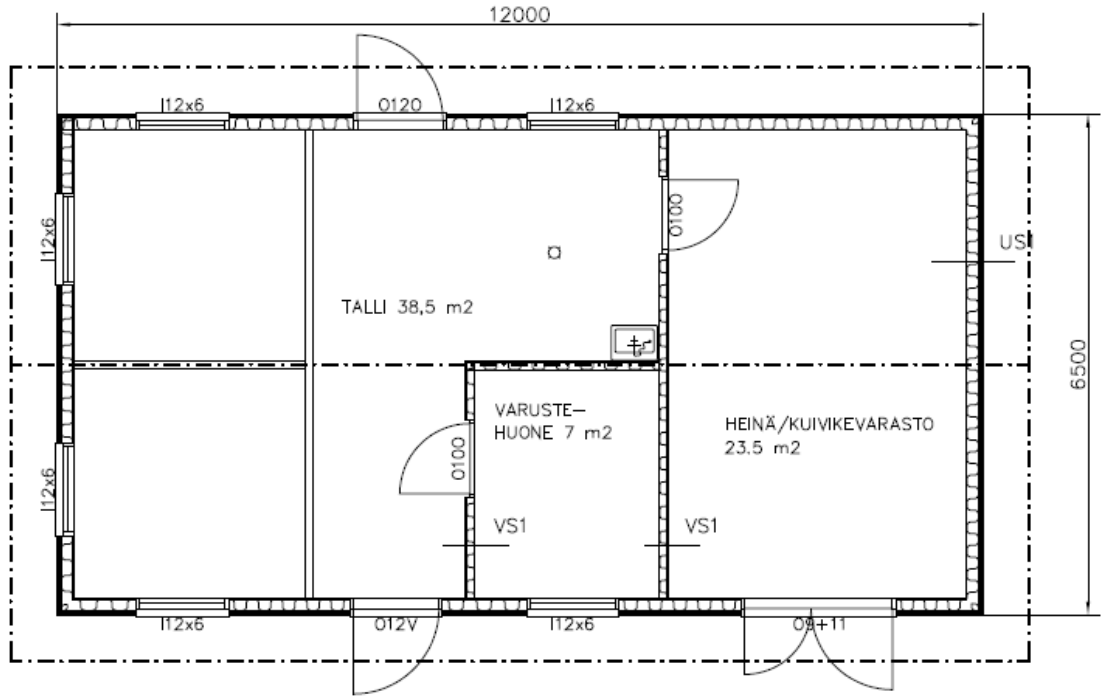
Tallin julkisivukuvat, leikkaus ja pohjapiirustus on esitetty kuvioissa 1, 2 ja 3.



Kuvio 1. Hevostallin julkisivupiirroksset.



Kuvio 2. Hevostallin leikkaus.



Kuvio 3. Hevostallin pohjapiirustus.

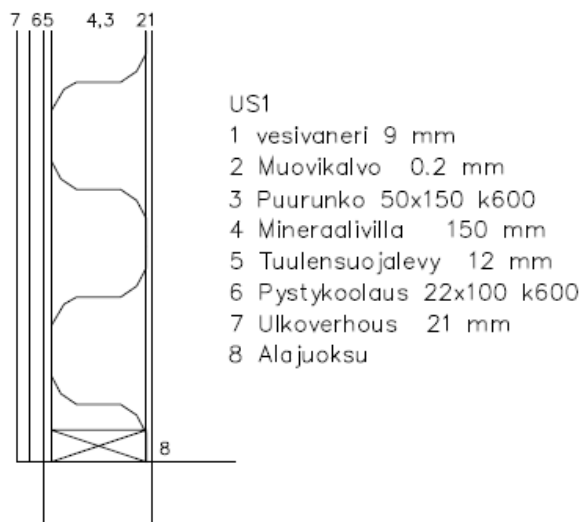
## 4 KUORMITUKSET

### 4.1 Pysyvät kuormat

Pysyviin kuormiin luetaan rakennukseen kiinteästi vaikuttavat kuormat, jotka muodostuvat rakennusmateriaaleista. Puurunkoa rasittavia pysyviä kuormituksia rakennuskohteessa ovat ulkoseinän ja yläpohjan omapainot.

#### 4.1.1 Ulkoseinä

Ulkoseinärakenteena toimii paikalla rakennettu puurunko. Runkovahvuus rakennuksessa on 50 mm x 150 mm ja runkojako 600 mm. Lämmöneristeenä käytetään mineraalivillaa 150 mm. Rungon ulkopuolella tuulensuojaeristeenä on 12 mm paksu tuulileijona, jonka päällä on 22 mm x 100 mm laudoista tehty pystykoolaus 600 mm:n jaolla. Ulkoverhouksena käytetään vaakapanelointia. Sisäverhouslevynä on 9 mm:n kosteudenkestävä filmivaneri. Sisäverhouslevyjen alle runkoa ja lämmöneristettä vasten asennetaan höyrynsulkumuovi.

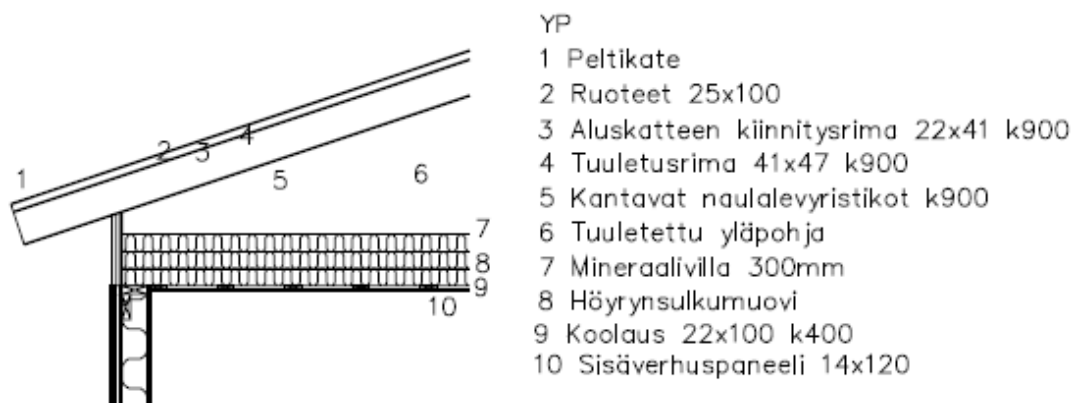


Kuvio 4. Ulkoseinä.

Kuvion mukaisen ulkoseinän U-arvoksi saadaan 0,28 W/ m<sup>2</sup>K ja omapainoksi 0,34 kN/m<sup>2</sup>. U-arvo on laskettu Puuinfon www-sivuilta löytyvällä puurakenteen U-arvon laskentaohjelmalla.

#### 4.1.2 Yläpohja

Rakennuksen yläpohjan kantavana rakenteena toimivat naulalevyristikot. Ristikoiden päälle on asennettu aluskate ja varsinaisena katemateriaalina toimii peltikate. Lämmöneristeenä yläpohjarakenteessa on 300 mm mineraalivillaa. Lämmöneristeen alle kattoristikoiden alapaarretta ja lämmöneristettä vasten asennetaan höyrynsulkumuovi. Höyrynsulkumuovia vasten kattoristikoihin kiinni asennetaan koolaus 22 mm x 100 mm laudoista. Koolauslaudat asennetaan 400 mm:n välein. Sisäverhoukseen käytetään paneelia.



Kuvio 5. Yläpohja ja vesikate.

Kuvion mukaisen yläpohjan U-arvoksi saadaan 0,13 W/ m<sup>2</sup>K ja omapainoksi 0,442 kN/m<sup>2</sup>. U-arvo on laskettu Puuinfon www-sivuilta löytyvällä puurakenteen U-arvon laskentaohjelmalla.

## 4.2 Muuttuvat kuormat

Muuttuviin kuormiin huomioidaan kaikki rakennukseen vaikuttavat ulkoiset kuormat. Tässä tapauksessa ulkoisia, muuttuvia kuormia on kahta eri tyyppiä ja ne nimetään kuormituksen aiheuttajan mukaan.

### 4.2.1 Lumikuorma

Lumikuorma on kuorma, joka aiheuttaa pystysuuntaista ja tasaista kuormitusta rakennukselle. Laskennassa lumikuorma kuuluu aikaluokkaan keskipitkä. Lumikuorman suuruus maassa vaihtelee eri puolella Suomea.

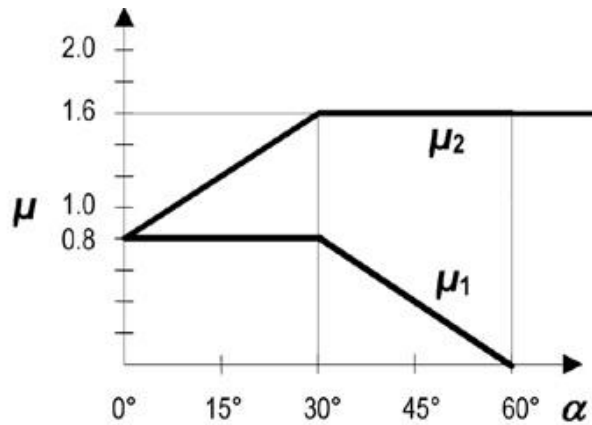
Katon lumikuorma lasketaan kaavasta (1). Lumikuorman laskennassa tarvitaan rakennuspaikkakunnan lumikuorma maassa ( $S_k$ ) sekä kattokaltevuudesta riippuva muotokerroin ( $\mu_1$ ). Rakennuskohde sijaitsee Kyyjärvellä, jolloin  $S_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ . Katon kaltevuus on  $1:3 = 18,4^\circ$ , jolloin  $\mu_1 = 0,8$  (kuva 6). Kuvassa 7 on esitetty katolle tulevat lumikuormat. (Puuinfo, [Viitattu 21.4.2017].)

$$q_{k,lumi} = \mu_1 * S_k = 0,8 * 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (1)$$

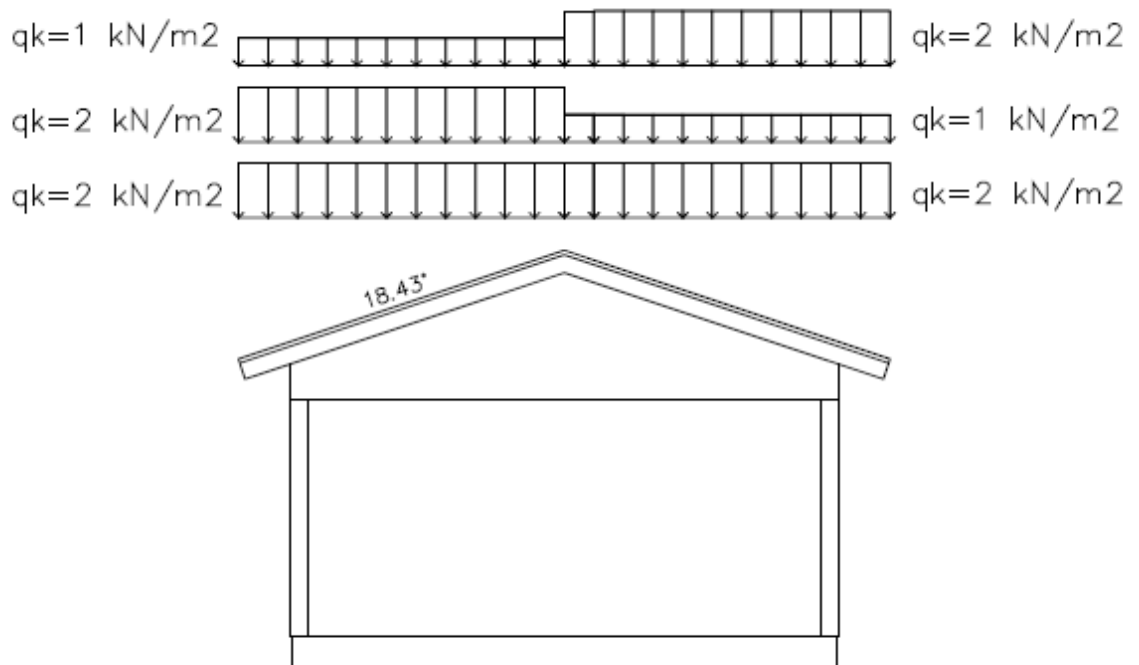
missä

$\mu_1$  on lumikuorman muotokerroin

$S_k$  on maassa olevan lumikuorman ominaisarvo



Kuvio 6. Lumikuorman muotokertoimet  
(Puuinfo, [Viitattu 21.3.2017].)



Kuvio 7. Katon lumikuormat.

#### 4.2.2 Tuulikuorma

Kokonaistuulikuorma vaikuttaa vaicasuoraan rakennetta vastaan. Kun rakennuksen korkeus on pienempi kuin sen leveys, tuulenpaineella oletetaan olevan kaikkialla rakennuksen harjan korkeudella vallitseva arvo. Tällöin kokonaistuulivoima  $q_w$  ( $\text{kN/m}^2$ ) ja sen resultantti  $F_w$  ( $\text{kN}$ ) voidaan laskea kaavojen 2 ja 3 mukaisesti. Rakennuksen korkeus maanpinnasta on 5,05 metriä, rakennus sijaitsee maastoluokassa

II (kuva 8) ja tuulen nopeuspaine saadaan kuvan 9 mukaisesti. Voimakerroin  $C_f$  saadaan kuviosta 8 umpinaisen rakennuksen kohdalta.

Kokonaistuulivoima pitkälle sivulle:

$$q_{w,k} = c_s c_d * C_f * q_p(z) = 1,0 * 1,3 * 0,55 \frac{kN}{m^2} = 0,715 \frac{kN}{m^2} \quad (2)$$

missä

$c_s c_d$  on rakennekerroin

$C_f$  on voimakerroin (sisältää kitkan vaikutukset)

$q_p(z)$  on maaston pinnan mukaan modifioitu nopeuspaine

Kokonaistuulivoiman resultantti pitkälle sivulle:

$$F_{w,k} = q_{w,k} * A_{ref} = 0,715 \frac{kN}{m^2} * 60,6 m^2 = 43,329 kN \quad (3)$$

missä

$A_{ref}$  on tuulikuorman vaikutusala tuulen vaikutussuunnassa

(Puuinfo, [Viitattu 13.4.2017]).

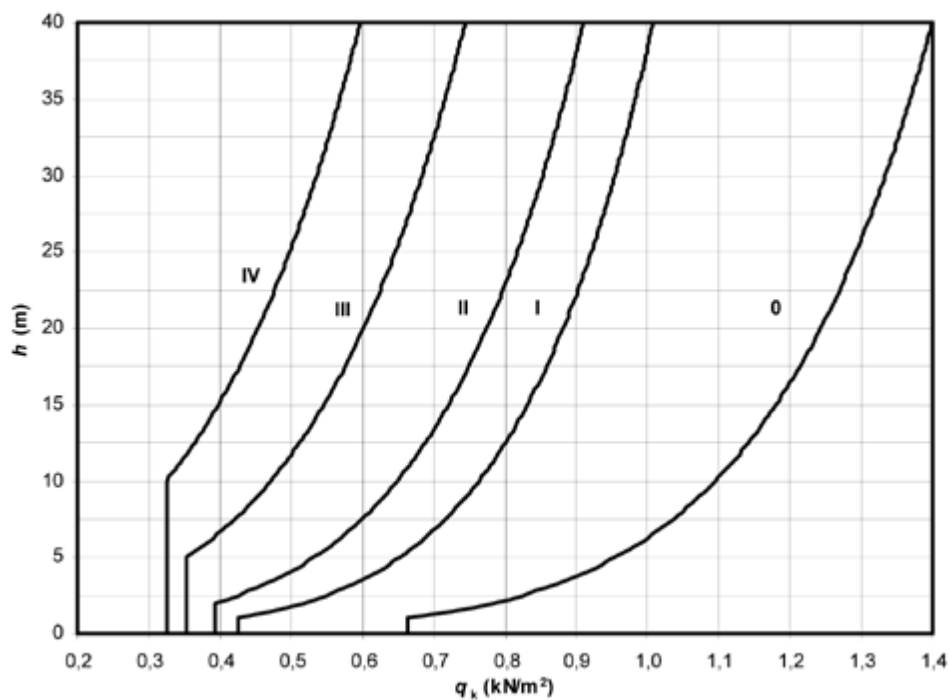
Kuvaus	$c_f$
Umpinainen rakennus yleensä	1,3
Pulpettikattoinen umpinainen rakennus tarkasteltaessa kattolapteen suuntaista tuulta, kun katon kaltevuus on 5°...40° (toisessa suunnassa $c_f = 1,3$ )	1,5
Osittain avoin rakennus, kun tuulen puoleisella sivulla olevien aukkojen pinta-ala on enintään 30 %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

Kuvio 8. Yksinkertaistetussa menettelyssä käytettäviä voimakertoimia  $C_f$  (Puuinfo, [Viitattu 13.4.2017]).



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.

Kuvio 9. Maastoluokat  
(Puuinfo, [Viitattu 21.3.2017]).



Kuvio 10. Tuulen nopeuspaine  
(Puuinfo, [Viitattu 21.3.2017]).

Rakenteen osapinnoille kohdistuvaa paikallista tuulenpainetta käytetään rakenteiden kiinnitysten mitoituksessa sekä rakenneosien ja verhousten taivutustarkasteiluissa. Osapinnan tuulenpaine kohdistuu aina kohtisuorasti pintaa vastaa. Osapinnan nettopaine on laskettu kaavassa 4. (Puuinfo, [Viitattu 7.4.2017].)

Tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine

$$q_{w,k} = C_{p,net} * q_k(h) = 1,24 * 0,55 \frac{kN}{m^2} = 0,682 \frac{kN}{m^2} \quad (4)$$

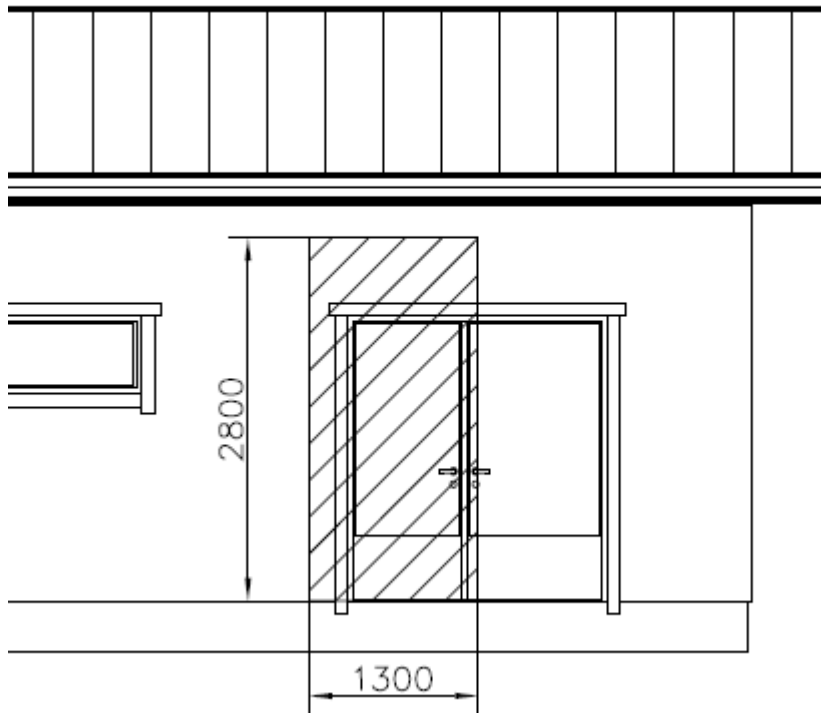
missä

$C_{p,net}$  on osapinnan nettotuulenpainekerroin (ks. kuvio 11)

$C_{p,net}$  on interpoloitu tarkasteltavan pinta-alan  $3,64 \text{ m}^2$  mukaan. Pinta-ala saadaan tarkasteltavalta alueelta kuvion 12 mukaan.

Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla <sup>1)</sup>		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisäänpäin	
	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
tarkasteltava pinta-ala						
$C_{p,net}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

Kuvio 11. Ulkoseinien paikallisen tuulenpaineen nettopainekertoimia (Puuinfo, [Viitattu 7.4.2017]).



Kuvio 12. Tarkasteltava pinta-ala.

## 5 PUURUNGON RAKENNESUUNNITTELU

### 5.1 Kantava runkotolppa

Ulkoseinätolpat ovat päistään nivelellisesti tuettuja ja niiden heikompi suunta on tuettu nurjahdusta vastaan tuulensuojalevytyksellä. Myös seinien sisäpinnassa oleva vanerilevy toimii jäykistävänä rakenteena. Tolpan mitoituksessa tarvittavan tuuli-kuorman määrittämisessä käytetään paikallisia tuulen paineen nettopainekertoimia.

Laskennassa tarkasteltava kantava runkotolppa sijaitsee rakennuksen pidemmällä sivulla leveämmän oviaukon vieressä. Lujuusluokaltaan runkotolpat ovat C24 sahatavaraa ja niiden poikkileikkaus on 50 mm x 150 mm. Pituus runkotolpilla on 2700 mm. Kantava runkotolppa mitoitetaan nurjahdukselle sekä puristuksen ja taivutuksen yhteisvaikutukselle.

#### 5.1.1 Nurjahdusmitoitus

Kantavaan runkotolppaan kohdistuu puristavaa voimaa yläpohjarakenteesta ja katon lumikuormasta. Yläpohjarakenne ja katon lumikuorma vaikuttavat 1300 mm:n leveydellä rakennuksen keskilinjalta ulkolinjaan (3850 mm). Lumikuorma on laskennassa määräävä muuttuva kuorma. (Puuinfo, [Viitattu 13.4.2017].)

Runkotolppaan vaikuttavat puristavat voimat ( $A$  = kuorman vaikutusala):

$$G_{yp} = A * g_{katto} \quad (5)$$

$$= 1,3 \text{ m} * 3,850 \text{ m} * 0,442 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2,212 \text{ kN}$$

$$Q_{k,lumi} = A * q_{k,lumi} \quad (6)$$

$$= 1,3 \text{ m} * 3,850 \text{ m} * 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 10,010 \text{ kN}$$

Puristava voima  $N_{Ed}$  murtorajatilassa, kun lumikuorma on määräävä muuttuva kuorma.

$$N_{Ed} = 1,15 * G_{yp} + 1,5 * Q_{k,lumi} \quad (7)$$

$$= 1,15 * 2,212 \text{ kN} + 1,5 * 10,010 \text{ kN} = 17,559 \text{ kN}$$

Nurjahduspituus:

$$L_{c,y} = L = 2700 \text{ mm} \quad (8)$$

Suorakaidepoikkileikkauksen jäyhyyssäde i vahvempaan suuntaan:

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{150 \text{ mm}}{\sqrt{12}} = 43,30 \text{ mm} \quad (9)$$

Hoikkuusluku:

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2700 \text{ mm}}{43,30 \text{ mm}} = 62,36 \quad (10)$$

(Puuinfo, [Viitattu 21.3.2017].)

Suhteellinen hoikkuusluku:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{62,36}{\pi} * \sqrt{\frac{21 \frac{N}{mm^2}}{7400 \frac{N}{mm^2}}} = 1,057 \quad (11)$$

$\lambda_{rel,y} > 0,3 \Rightarrow$  Nurjahdus huomioitava!

Epälineaarisuuteen liittyvä apusuure:

$$k_y = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \quad (12)$$

$$= 0,5 * [1 + 0,2 * (1,057 - 0,3) + 1,057^2] = 1,134$$

Nurjahduskerroin:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,134 + \sqrt{1,134^2 - 1,057^2}} = 0,647 \quad (13)$$

(RIL 205-1-2009.)

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{17083 \text{ N}}{50 \text{ mm} * 150 \text{ mm}} = 2,278 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (14)$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * k_{sys} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 * 1 * 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} = 12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (15)$$

Mitoitusehto:

$$\sigma_{c,o,d} < k_c * f_{c,0,d} \quad (16)$$

$$2,278 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 0,647 * 12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7,764 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristusmitoituksen käyttöasteeksi nurjahdus huomioiden saadaan:

$$\frac{2,278 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{7,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} * 100 = 29,2 \% \quad (17)$$

(Puuinfo, [Viitattu 21.4.2017].)

### 5.1.2 Taivutuksen ja nurjahduksen yhteisvaikutus hetkellisessä aikaluokassa, tuuli määräävä muuttuva kuorma

Runkotolppaan vaikuttavat puristavat voimat  $G_{yp}$  on 2,212 kN ja  $Q_{k,lumi}$  on 10,010 kN.

Puristava voima  $N_{Ed}$  murtorajatilassa, kun tuulikuorma on määräävä muuttuva kuorma.

$$N_{Ed} = 1,15 * G_{yp} + 1,05 * Q_{k,lumi} \quad (18)$$

$$= 1,15 * 2,212 \text{ kN} + 1,05 * 10,010 \text{ kN} = 13,054 \text{ kN}$$

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{13054 \text{ N}}{50 \text{ mm} * 150 \text{ mm}} = 1,741 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (19)$$

Runkotolppaan vaikuttavat taivuttavat voimat:

$$q_{k,tuuli} = L * q_{w,k} \quad (20)$$

$$= 1,3 \text{ m} * 0,682 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,887 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Taivutusmomentti tuulikuormasta murtorajatilassa:

$$M_{y,d} = \frac{q * L^2}{8} = \frac{(1,5 * 0,887 \frac{\text{kN}}{\text{m}}) * (2,8 \text{ m})^2}{8} = 1,304 \text{ kNm} \quad (21)$$

Taivutusvastus:

$$W_y = \frac{b * h^2}{6} = \frac{50 \text{ mm} * (150 \text{ mm})^2}{6} = 187500 \text{ mm}^3 \quad (22)$$

Taivutusjännitys:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{1,304 * 10^6 \text{ Nmm}}{187500 \text{ mm}^3} = 6,955 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (23)$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} * k_h * k_{sys} * f_{m,y,k}}{\gamma_M} = \frac{1,1 * 1 * 1 * 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \quad (24)$$

$$= 18,857 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Taivutuksen ja nurjahduksen yhteisvaikutus:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (25)$$

$$\frac{1,741 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,647 * 12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} + \frac{6,955 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{12,701 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,772 \leq 1$$

Käyttöaste 77,2 %.

(Puuinfo, [Viitattu 21.4.2017].)

### 5.1.3 Taivutuksen ja nurjahduksen yhteisvaikutus hetkellisessä aikaluokassa, lumi määräävä muuttuva kuorma

Runkotolppaan vaikuttavat puristavat voimat ovat samat kuin kohdassa 5.1.2.

Puristava voima  $N_{Ed}$  murtorajatilassa, kun lumikuorma on määräävä muuttuva kuorma.

$$N_{Ed} = 1,15 * G_{yp} + 1,5 * Q_{k,lumi} \quad (26)$$

$$= 1,15 * 2,212 \text{ kN} + 1,5 * 10,010 \text{ kN} = 17,559 \text{ kN}$$

Puristusjännitys:

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{17559 \text{ N}}{50 \text{ mm} * 150 \text{ mm}} = 2,341 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (27)$$

Runkotolppaan vaikuttavat taivuttavat voimat:

$$q_{k,tuuli} = 1,3 \text{ m} * 0,682 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,887 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (28)$$

Taivutusmomentti tuulikuormasta murtorajatilassa:

$$M_{y,d} = \frac{q * L^2}{8} = \frac{(0,9 * 0,887 \frac{\text{kN}}{\text{m}}) * (2,8 \text{ m})^2}{8} = 0,782 \text{ kNm} \quad (29)$$

Taivutusvastus:

$$W_y = \frac{b * h^2}{6} = \frac{50 \text{ mm} * (150 \text{ mm})^2}{6} = 187500 \text{ mm}^3 \quad (30)$$

Taivutusjännitys:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{0,782 * 10^6 \text{ Nmm}}{187500 \text{ mm}^3} = 4,171 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (31)$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} * k_h * k_{sys} * f_{m,y,k}}{\gamma_M} \quad (32)$$

$$= \frac{1,1*1*1*24 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 18,857 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuksen ja nurjahduksen yhteisvaikutus:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (33)$$

$$\frac{2,341 \frac{N}{mm^2}}{0,647 * 12 \frac{N}{mm^2}} + \frac{4,171 \frac{N}{mm^2}}{18,857 \frac{N}{mm^2}} = 0,523 \leq 1$$

Käyttöaste 52,3 %.

## 5.2 Aukon ylityspalkki kantavalla seinällä

Kantavalla ulkoseinällä sijaitsevan aukon ylityspalkin laskennassa tarkastellaan yksiaukkoista palkkia, joka sijoitetaan rakennuksen pitkälle sivuille lato-osuuden ovi-aukon yläpuolelle. Ylityspalkin poikkileikkaus-ala  $A = 51 \text{ mm} \times 220 \text{ mm}$ , pituus  $L = 2100 \text{ mm}$  ja materiaali Kerto-S. Palkki asennetaan kantavan runkotolpan yläpään sisäpintaan tehtyyn loveukseen syrjälleen ja se kiinnitetään nivelellisesti molemmista päistään runkotolppaan naulaamalla.

Ylityspalkki mitoitetaan FinnWood 2.3 SR1 -ohjelmalla ja tuloksista tarkastellaan käyttörajatilassa tapahtuvaa pitkäaikaista taipumaa sekä murtorajatilassa taivutusta, leikkausta ja leimapainetta tuella. Palkin laskennan kulku on esitetty liitteessä 1 sivulta 1 alkaen ja laskentatulokset sivulla 3-4.

### 5.2.1 Taipumamitoitus

Käyttörajatilassa tapahtuvassa taipumamitoituksessa kuormitukset vaikuttavat laskeutuilla ominaisarvoillaan ilman murtorajatilaa varmuuskertoimia. Pitkäaikaista kokonaistaipumaa laskettaessa eri kuormitusten aiheuttamia taipumia korotetaan puun virumaluvulla  $k_{def}$ . (Puuinfo, [Viitattu 13.4.2017].)



Pitkäaikaisen kokonaistaipuman raja-arvona aukon ylityspalkille käytetään arvoa  $L/300$ , tässä tapauksessa  $L/300 = 2100 \text{ mm} / 300 = 7 \text{ mm}$ .

Pitkäaikaiseksi kokonaistaipumaksi palkille saadaan 5,3 mm.

## 5.2.2 Taivutusmitoitus

Palkki mitoitetaan taivutukselle murtorajatilassa. 1-aukkoisen palkin suurin taivutusmomentti sijaitsee aukon keskellä. Laskentaohjelmalla on laskettu palkin taivutusmomentti kaikilla kuormitusyhdistelmillä ja tuloksissa on esitetty määrävimmän kuormitusyhdistelmän aiheuttama taivutusmomentti  $M_{Ed} = 7,12 \text{ kNm}$ . Palkin taivutuksen raja-arvo on 12,53 kNm ja käyttöaste 56,9 %.

## 5.2.3 Leikkausmitoitus

Palkin leikkausmitoitus tapahtuu murtorajatilassa ja suurin leikkausvoima on palkin tukipisteissä, joissa palkin rasitukset johdetaan palkkia kannatteleville runkotolpille.

Laskentaohjelmasta saadaan suurimmaksi leikkausvoimaksi  $V_{Ed} = 13,90 \text{ kN}$  ja leikkauksen raja-arvoksi 20,45 kN. Palkin käyttöaste leikkausvoimalle on 68 %.

## 5.3 Leimapaine

Leimapaine lasketaan liitoksen siinä osassa, missä puristus on syysuuntaan nähdessä kohtisuoraa.

### 5.3.1 Leimapaine runkotolpan alapäässä

Kantavan runkotolpan alapään liitoksessa leimapaine vaikuttaa syitä vastaan kohtisuorana puristuksena alajuoksuun. Puristusjännitystä laskettaessa puristavana voimana käytetään runkotolpassa vaikuttavaa puristavaa voimaa.

Puristusjännitys alasidepuussa:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{17083 \text{ N}}{150 \text{ mm} \cdot (50 \text{ mm} + 30 \text{ mm})} = 1,424 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (34)$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} = 1,429 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (35)$$

Mitoitusehto:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad (36)$$

$$1,424 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 1,25 \cdot 1,429 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1,786 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leimapaineen käyttöasteeksi saadaan:

$$\frac{1,424 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,786 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 100 = 79,7 \% \quad (37)$$

(Puuinfo, [Viitattu 21.4.2017].)

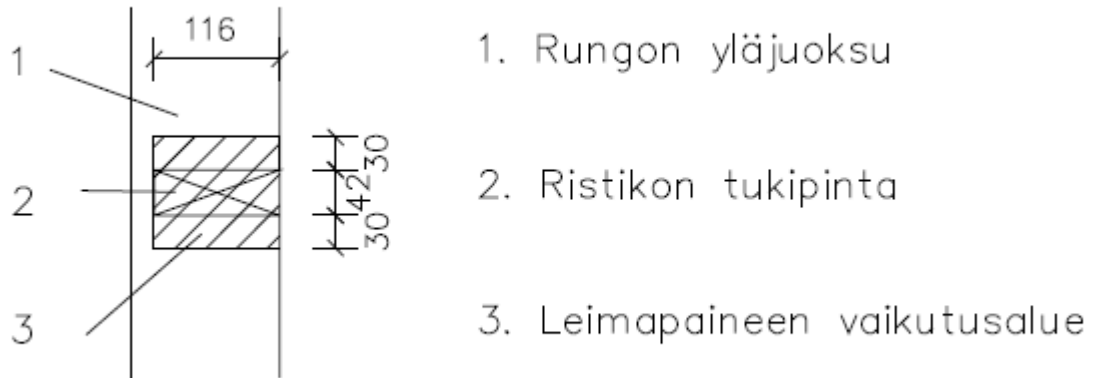
### 5.3.2 Leimapaine aukon ylityspalkin tuella

Palkin aiheuttama leimapaine lasketaan palkin muun mitoituksen yhteydessä Finn-Wood 2.3 SR1 -ohjelmalla ja tulokset on esitetty liitteessä 1 sivulla 4. Palkin tuella vaikuttava, leimapainetta aiheuttava puristava voima on 14,24 kN raja-arvon ollessa 15,91 kN. Palkin leimapaineen käyttöaste on 89,5 %.

### 5.3.3 Naulalevyristikon aiheuttama leimapaine yläjuoksussa

Tasakerrassa leimapainetta kohdistuu runkotolpan päälle asennettuun yläohjauspuuhun. Leimapainetta aiheuttavia kuormia ovat yläpohjan ja kattorakenteen omapaino sekä katon lumikuorma.

Laskennassa ristikon alapaarre on oletettu valmistettavan 42 mm paksusta C30-luokan sahatavarasta ja tukipinnaksi on oletettu (30 mm + 42 mm + 30 mm) x 116 mm kuvion 13 mukaisesti.



Kuvio 13. Tukipinta yläjuoksussa.

Puristusjännitys yläjuoksussa:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{17559 \text{ N}}{102 \text{ mm} \cdot 116 \text{ mm}} = 1,484 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (38)$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,d}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} = 1,429 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (39)$$

Mitoitusehto:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad (40)$$

$$1,484 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 1,25 \cdot 1,429 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1,786 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leimapaineen käyttöasteeksi saadaan 83,1 %.

(Puuinfo, [Viitattu 21.4.2017].)

## 6 JÄYKISTYSMITOITUS

### 6.1 Puurungon jäykistäminen

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

Jäykistysmitoituksessa käytettävä tuulikuorman resultantti päätyseinälle murtorajatilassa:

$$\begin{aligned}
 F_k &= q_{w,k} * \left( \frac{h_{seinä}}{2} + h_{yp} \right) * \left( \frac{L_{seinä}}{2} \right) & (41) \\
 &= 0,757 \frac{kN}{m^2} * \left( \frac{2,8 m}{2} + 1,6 m \right) * \left( \frac{12 m}{2} \right) = 13,626 kN
 \end{aligned}$$

Kaikki seinät jäykistetään sisäpuolen vanerilevytyksellä. Lisäksi jäykistävänä rakenteena toimii ulkopuolen tuulensuojalevytyks. Naulaväliksi valitaan 100 mm ja nau-loina käytetään 2,5x60 konenauvoja. Päätyseinä jaetaan runkojaon mukaisiin loh-koihin, jolloin yhden lohkon leveys on 1200 mm. Jäykistyksessä voidaan huomioida tätä leveyttä kapeammatkin lohkot, kunhan seinälohkon minimileveys täyttyy.

Seinälohkon minimileveys:

$$b = \frac{h}{4} = \frac{2800 mm}{4} = 700 mm \quad (42)$$

Naulan leikkauskestävyys:

$$F_{f,Rd} = 1,2 * R_d = 1,2 * 490 kN = 588 N \quad (43)$$

$R_d$  490 kN saadaan kuvion 14 mukaan (pyöreä konenauula 2,5x60).

Puutavara	Sahatavara C24 - C30; Liimapuu GL24, GL28c						Sahatavara $\geq$ C35; Liimapuu $\geq$ GL32; Kertopuu					
	Pysyvä		Keskkipitkä		Hetkellinen		Pysyvä		Keskkipitkä		Hetkellinen	
Käyttö- luokka	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3
<b>d x L</b>												
□ 2,1x50	210	180	280	230	380	310	250	210	340	270	460	380
□ 2,5x60	290	240	380	310	520	420	340	280	450	370	620	510
□ 2,8x75	380	310	500	410	690	560	450	380	600	490	820	670
□ 3,4x100	540	450	720	580	980	800	650	540	860	700	1150	970
□ 4,2x125	770	640	1050	840	1400	1150	920	770	1250	1000	1650	1400
□ 5,1x150	1100	900	1450	1150	1950	1600	1300	1100	1750	1400	2300	1950
□ 5,5x200	1250	1050	1650	1350	2200	1800	1500	1250	2000	1600	2600	2200
□ 6,0x225	1450	1200	1900	1550	2500	2100	1700	1450	2300	1850	3000	2600
<b>Ø d x L</b>												
Ø 2,1x50	200	170	270	220	360	300	240	200	320	260	430	360
Ø 2,5x60	270	230	360	300	490	410	330	270	430	350	580	490
Ø 2,8x75	330	280	440	360	590	490	400	330	520	430	710	590
Ø 3,1x90	390	330	520	420	710	590	470	390	620	510	840	700
Ø 3,4x100	460	380	610	500	830	680	550	460	730	590	990	820
Ø 3,8x120	550	460	730	600	1000	830	660	550	880	720	1200	990
Ø 4,2x130	650	550	870	710	1150	980	780	650	1050	750	1400	1200
Ø 4,6x145	760	640	1050	820	1350	1150	910	760	1250	990	1650	1400
Ø 5,0x160	880	730	1200	950	1600	1350	1100	880	1400	1150	1900	1600

Kuvio 14. Naulan leikkausvoimakestävyyden ( $R_d$ ) mitoitusarvoja (Puuinfo, [Viitattu 13.4.2017]).

Yksittäisen seinälohkon vaakaleikkausvoimakestävyys:

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} * b_i * c_i}{s} \quad (44)$$

$$F_{1,v,Rd} = \frac{588 \text{ N} * 1200 \text{ mm} * 0,857}{100 \text{ mm}} = 6047 \text{ N}$$

$$c_i = \frac{2 * b_i}{h} = \frac{2 * 1200 \text{ mm}}{2800 \text{ mm}} = 0,857 \quad (45)$$

Koko seinän vaakaleikkausvoimakestävyys:

$$F_{v,Rd} = \Sigma F_{i,v,Rd} = 3 * F_{1,v,Rd} = 3 * 6047 \text{ N} = 18141 \text{ N} \quad (46)$$

Mitoitusehto:

$$F_k < F_{v,Rd} \quad (47)$$

$$13,626 \text{ kN} < 18,141 \text{ kN}$$

Koska päätyseinä, missä ikkunat sijaitsevat, kestää vaakaleikkausvoimat, voidaan olettaa, että myöskin seinä, jossa ei ole ikkunoita, kestää vaakaleikkausvoimat.

## 6.2 Naulalevyristikoiden jäykistäminen

Katolle tulevat kuormat johdetaan kattoristikossa ristikon sauvojen ja paarteiden avulla kantaville seinille. Tästä syystä ristikon puuosissa on joko puristus- tai veto-voimaa. Ristikkoa kuormitettaessa tiettyihin ristikon puristussauvoihin voi muodostua niin suuri puristusvoima, että sauvan oma jäykkyys ei riitä estämään nurjahtamista. Siksi kyseinen sauva tarvitsee nurjahdustuennan. (Pohri, [Viitattu 3.4.2017].)

Naulalevyristikot suunnitellaan siten, että ne jäykistävät itse itsensä kehän suunnassa. Ristikoiden sivuttaissuuntainen tuenta ja jäykistys hoidetaan ristikoiden alaohjauspuun päälle asennettavilla vinositeillä sekä pystysuuntaisilla vinolautalinjoilla. Jäykistävänä vinositeenä käytetään lautaa 25 mm x 100 mm ja yhdellä vinositeellä sidotaan kolme ristikköä toisiinsa.

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli suunnitella kahden hevosen harrastepohjainen kotitalli. Työn alussa selvitettiin tuettavaa hevostallirakentamista koskevia määräyksiä. Nämä kaikki määräykset eivät koske kotitallin rakentamista, vaan ainoastaan karsinan koko ja tallirakennuksen sisäkorkeus koskevat ei-tuettavaa rakentamista. Talli on suunniteltu käytännölliseksi; vesipiste, heinä- ja kuivikevarasto sekä varustehuone ovat lähellä toisiaan. Hevosten kulkuaukot ovat tarpeeksi leveät ja kulkuaukkoja on useampi. Tallin sisäkorkeus on riittävä alle 185 cm säkäkorkeudella oleville hevosille, ja karsinat ovat riittävän suuret.

Puurungon suunnittelussa on huomioitu runkotolpan mitoitus, jäykistyksen sekä aukon ylityspalkin laskenta. Mitoitukset suoritettiin käsin laskennalla lukuun ottamatta aukon ylityspalkin laskentaa, mikä suoritettiin Finnwood 2.3 SRI -ohjelmalla. Puurungon suunnittelu oli jokseenkin haastavaa, mutta opettavaista, ja antoi hyvän pohjan tulevaisuutta ajatellen. Talli on tarkoitus rakentaa lähitulevaisuudessa.

## LÄHTEET

A 588/2015. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista hevostalouksrakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista.

Hevoseni.fi. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.4.2017]. Saatavana: <http://www.hevoseni.fi/tallirakennus>

Puuinfo. Ei päiväystä. Suunnitteluohjeet. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavana: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu/eurokoodi5lyhennettysuunnitteluohjewwwkolmaspaanos10913rilinkorjauksin.pdf>

Pohri Oy. Ei päiväystä. Tietoa nurjahdustuennoista. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.4.2017]. Saatavana: <http://www.pohri.fi/8>

RIL 205-1-2009. 2009. Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.



## LIITTEET

Liite 1. Aukon ylityspalkin mitoitus Finnwood-ohjelmalla

## Liite 1. Aukon ylityspalkin mitoitus Finnwood-ohjelmalla

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Hevostalli

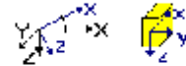
Paula Huumarkangas

14.4.2017

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 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTIITIEDOT:

Suunnittelija: Paula Huumarkangas

Projekti: Hevostalli

Nimi:

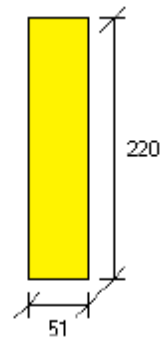
C:\Users\Minun\Desktop\laukkopalkki.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkkilaatta  
 Materiaali: KERTO-S syjäälään  
 Poikkileikkaus: 51x220  
 (B=51 mm, H=220 mm, A=11220 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=45254000 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=411400 mm<sup>3</sup>)  
 Käyttöluokka: 1  
 Seuraamusluokka: OC2 (KF=1.0)  
 Jako/kuormituslev.: 3850 mm (pintakuormille)

Uloke-järnevälipituudet

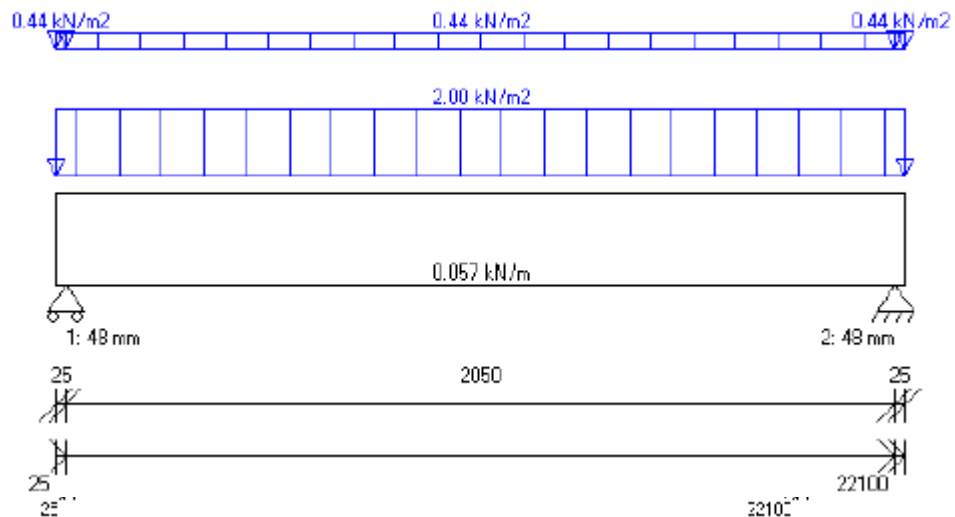
Ulokejärneväli: Vaakamitta [mm]:  
 Vasen uloke: 25.0  
 Järneväl 1: 2050.0  
 Oikea uloke: 25.0  
 Yhteensä: 2100.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	25	48	Liukutuki (Z)
2:	2075	48	Kirteä niveltuki (X,Z)

f <sub>m,k</sub> (M <sub>y</sub> ):	45.67 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>m,k</sub> (M <sub>z</sub> ):	50.00 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub> :	35.00 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,90,k</sub> :	6.00 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t,0,k</sub> :	35.76 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub> (V <sub>z</sub> ):	4.10 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub> (V <sub>y</sub> ):	2.30 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>mean</sub> :	13800 N/mm <sup>2</sup>
G <sub>mean</sub> :	600 N/mm <sup>2</sup>
E 0.05:	11600 N/mm <sup>2</sup>

G 0.05:	400 N/mm <sup>2</sup>
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m <sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)
Osavamuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkeellinen:	1.100
kdef:	0.600

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Rakennesosan paino:	QZ = 0.057 kN/m	x = 0 - 2100 mm
Pintakuorma 1:	QZ = 0.440 kN/m <sup>2</sup>	x = 0 - 25 mm
Pintakuorma 2:	QZ = 0.440 kN/m <sup>2</sup>	x = 25 - 2075 mm
Pintakuorma 3:	QZ = 0.440 kN/m <sup>2</sup>	x = 2075 - 2100 mm

**Lumikuorma (Lumikuorma Sk < 2.75 kN/m<sup>2</sup>, Keskipitkä):**

Pintakuorma 1:	QZ = 2.000 kN/m <sup>2</sup>	x = 0 - 2100 mm
----------------	------------------------------	-----------------

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Hevostalli

Paula Huumarkangas

14.4.2017

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 7 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

**MITOITUS:**

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 89.5 %

**MITOITUSPARAMETRIT:**Taipumaraja  $W_{net,fin}$ : L/300

Korotuskertoin, vasen uloke: 2.00

Korotuskertoin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta  $M_y$  (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella:  $Lk1 = 600.00$  mmKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella:  $Lk2 =$  Päätukien välimatka $Lef1 = Lk1$  ja  $Lef2 = Lk2$  (Esim. kuormitus neutraaliakseilla/kiepahdustukien kautta)HUOM!  $Lk1$ :ta käytetään, kun  $M_y > 0$  ja  $Lk2$ :ta, kun  $M_y < 0$ **MITOITUKSENÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	13.90 kN	20.45 kN	68.0 %	25 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus ( $M_y$ ):	7.12 kNm	12.53 kNm	56.9 %	1050 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	7.12 kNm	12.53 kNm	56.9 %	1050 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Hevostalli

Paula Huumarkangas

14.4.2017

Tukipaine, tuki 1:	14.24 kN	15.91 kN	89.5%	25 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.62					
Tukipaine, tuki 2:	14.24 kN	15.91 kN	89.5%	2075 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.62					
Vasen uloke, Wfin:	-0.2 mm	-mm	0.0%	0 mm	Yhdistelmä 13/1
Vasen uloke, Wnet,fin:	-0.2 mm	-mm	0.0%	0 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wfin:	5.3 mm	-mm	0.0%	1050 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	5.3 mm	6.8 mm	77.2%	1050 mm	Yhdistelmä 13/1
Oikea uloke, Wfin:	-0.2 mm	-mm	0.0%	2100 mm	Yhdistelmä 13/1
Oikea uloke, Wnet,fin:	-0.2 mm	-mm	0.0%	2100 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:
Vzmax	13.90 kN	25 mm
Myzmax	7.12 kNm	1050 mm

## TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax	MRTmin:	KRTmax	KRTmin:
1:	14.24 kN	1.65 kN	9.92 kN	1.84 kN
2:	14.24 kN	1.65 kN	9.92 kN	1.84 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

## TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1.84
2:	1.84
Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	8.09
2:	8.09

## HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunniteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)

- 
- MRT = Murtorajalla, KRT = Käyttörajalla
  - \*) 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 käyttörajallimitoituksessa
  - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
  - Rakennesosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
  - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetajeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
  - Kuormitustiedoissa esitetään lumikuorman ominaisarvo katolla.
- Tämä on saatu kertomalla maassa oleva ominaislumikuorma katon muutokertoimella
- 

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakennesosan (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 osapuolille 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.

---