

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Rakennesuunnittelu

2021

Noora Kanerva

PÄÄPIIRUSTUKSET JA PUURUNGO RAKENNELASKELMAT

- Liedon Musamaja

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Ohjaaja DI Olli Hautaniemi

2021 | 53 sivua, 35 liitesivua

Noora Kanerva

PÄÄPIIRUSTUKSET JA PUURUNGON RAKENNELASKELMAT

- Liedon Musamaja

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua pienimuotoisesti opetustilojen suunnitteluun sekä luoda Liedon Musamajalle 3D-malli, pääpiirustukset sekä rakennelaskelmat puurakenteille.

Rakennuksen piirustukset ja mallinnukset tehtiin Archicad-ohjelmistolla. Rakennelaskelmat tehtiin käsin Mathcad-ohjelmaa hyödyntäen.

Työn rakennelaskut tehtiin eurokoodien ja näiden Suomen kansallisten liitteiden mukaisesti.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa selvitetään lyhyesti opetustilojen suunnittelua, niihin kohdistuvia vaatimuksia ja esteettömyyttä. Lisäksi käsitellään lyhyesti rakennus- ja rakennesuunnittelua. Puurungon osalta teoriaosuudessa käydään läpi välttämättömien laskujen suoritustapaa. Liitteenä olevista laskelmista saatiin kestävät materiaalivalinnat NR-ristikon kannatuspalkille, ulkoseinän runkotolpalle, alaohjauspuulle ja levyjäykistykselle. Työssä laadittiin myös asemapiirustus, pohjakuva, leikkauskuva, vesikaton tasopiirros ja NR-ristikoiden tilauskaavio, jotka on esitetty liitteissä.

Laskelmissa käytettiin yksinkertaistuksia niin rakennuksen sijainnin, muodon kuin kuormienkin osalta. Ne olisi hyvä tarkistaa vielä FEM-laskelmin.

ASIASANAT:

rakennussuunnittelu, rakennesuunnittelu, suunnittelu, mitoitus, tilasuunnittelu, kuormat, puurakenteet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

Instructor Olli Hautaniemi. M.Sc. Eng

2021 | 53 pages, 35 pages in appendices

Noora Kanerva

THE MAIN DRAWINGS AND STRUCTURAL CALCULATIONS FOR A WOODEN MAIN FRAME

- Liedon Musamaja

The goal of the Bachelor's thesis was to become familiar with the designing of educational buildings and create a 3D-model, the main drawings and calculations for a wooden frame.

The building drawings and the modelling were made with Archicad. The structural calculations were made manually with the help of Mathcad.

The calculations in the thesis were made with Eurocodes and its Finnish National Annexes.

In the thesis there is a short introduction regarding the planning of educational spaces and the regulations and accessibility. Theory part covers briefly building and structural design. For the wooden main frame there is the theory of the necessary calculation conduct.

The appendices include calculations that provided a basis for choosing durable materials for the bearing beam of NR-trusses, the frame post of exterior walls, sole plate and sheet stiffening. Layout, floor plan, sectional drawing, roofs plane drawing and order chart for NR-trusses were also made and are included in the appendices.

Simplifications were used in the calculations regarding the building's location, shape and loads. They should be checked with FEM-calculation.

KEYWORDS:

construction plan, structural design, planning, calculation, space design, loads, wooden structures

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.	
2 RAKENNUSSUUNNITTELU	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.	
2.1 Rakennussuunnittelutehtävän vaativuus		13
2.2 Musiikin opetustilojen vaatimukset		13
2.3 Perusopetustilojen yleiset vaatimukset		13
2.3.1 Esteettömyys		14
2.3.2 Tilat		16
3 SUUNNITTELUPERUSTEET		17
3.1 Yleisiä suunnitteluperusteita		17
3.2 Kuormat		19
3.3 Pysyvät kuormat		20
3.4 Muuttuvat kuormat		20
3.4.1 Lumikuorma		20
3.4.2 Tuulikuorma		23
3.5 Murtorajatilat		28
3.6 Käyttörajatilat		29
3.7 Kuormitusyhdistelmät		29
4 MATERIAALIOMINAISUUDET	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.	
4.1 Puun ominaisuudet		31
4.2 Sahatavara		32
4.3 Liimapuu		33
4.4 Liittimet		34
5 RAKENNEOSIEN MITOITUS		38
5.1 Murtorajatilamitoitus		38
5.1.1 Taivutuskestävyys		38
5.1.2 Kiepahduskestävyys		39
5.1.3 Leikkaus		41
5.1.4 Tukipaine		42
5.1.5 Nurjahdus		44
5.2 Käyttörajatilamitoitus		46

5.3 Jäykistys	48
---------------	----

6 YHTEENVETO	52
---------------------	-----------

LÄHTEET	53
----------------	-----------

LIITTEET

Liite 1. NR-ristikon kannatuspalkki.
Liite 2. Ulkoseinän runkotolpan mitoitus.
Liite 3. Alaohjauspuun leimapaine.
Liite 4. Jäykistys.
Liite 5. Asemakaava.
Liite 6. Julkisivut.
Liite 7. Pohjapiirustus.
Liite 8. Leikkaus A-A 14.
Liite 9. Vesikaton tasopiirustus.
Liite 10. NR-ristikoiden tilauskaavio.

KAAVAT

Kaava 1. Katon lumikuorma s .	21
Kaava 2. Katon lumikuorma s .	22
Kaava 3. Tuulennopeuden perusarvo v_b .	24
Kaava 4. Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p,0}(z)$.	24
Kaava 5. Rakennukseen kohdistuva kokonaisvoima F_w .	25
Kaava 6. Osapinnan nettopaine $q_{w,k}$ tuulesta.	27
Kaava 7. Kuormitusyhdistelmät muuttuvissa ja pysyvissä aikaluokissa.	29
Kaava 8. Kuormien ominaisyhdistelmä.	30
Kaava 9. Lujuusominaisuuden mitoitusarvo X_d .	31
Kaava 10. Taivutuslujuuden kokonaisvaikutuskerroin k_n .	33
Kaava 11. Naulan leikkauskestävyysarvo R_k .	35
Kaava 12. Naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo R_d .	35
Kaava 13. Kerroin k_p .	36
Kaava 14. Kerroin k_p .	36
Kaava 15. Taivutuskestävyys.	38
Kaava 16. Taivutusjännityksen mitoitusehto.	39
Kaava 17. Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys.	39
Kaava 18. Kerroin k_{crit} .	40
Kaava 19. Palkin suhteellinen hoikkuus $\lambda_{rel,m}$.	40
Kaava 20. Kriittinen taivutusjännitys $\sigma_{m,crit}$.	40
Kaava 21. Palkin tehollinen kiepahduspituus l_{ef} .	41
Kaava 22. Mitoitusehto leikkauskestävyydelle.	41
Kaava 23. Poikkileikkauksen tehollinen leveys b_{ef} .	42
Kaava 24. Mitoitusehto syysuuntaiselle puristukselle.	42

Kaava 25. Tukipainekerroin $k_{c,L}$.	43
Kaava 26. Sauvan hoikkuusluku λ_y .	44
Kaava 27. Nurjahduskestävyyden ehto.	45
Kaava 28. Kerroin $k_{c,y}$, joka huomioi sauvan alkukäyryden ja laskennallisen lisätaipuman.	45
Kaava 29. Kerroin k_y .	45
Kaava 30. Sauvan muunnettu hoikkuus $\lambda_{rel,y}$.	45
Kaava 31. Lopputaipuma $w_{net,fin}$.	46
Kaava 32. Kokonaistaipuma w_{fin} .	46
Kaava 33. Pysyvästä kuormasta $w_{fin,G}$.	47
Kaava 34. Määrävästä muuttuvasta kuormasta $w_{fin,Q,1}$.	47
Kaava 35. Muusta samanaikaisesta muuttuvasta kuormasta $w_{fin,Q,i}$.	47
Kaava 36. Vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo $F_{v,Rd}$.	49
Kaava 37. Seinälohkoa rasittava vaakavoima $F_{i,v,Rd}$.	49
Kaava 38. Ulkoiset pystyvoimat $F_{i,c,Ed}/F_{i,t,Ed}$.	50

KUVAT

Kuva 1. Asemapiirros.	8
Kuva 2. Ilmakuvaluonnos.	9
Kuva 3. Julkisivupiirros.	9
Kuva 4. Pohjakuva.	10
Kuva 5. Julkisivu 1.	11
Kuva 6. Julkisivu 2.	11
Kuva 7. Julkisivu 3.	11
Kuva 8. Tilan tarve oven avaamiseksi itse pyörätuolista.	14
Kuva 9. Porrastasanne.	15
Kuva 10. Siivoustila.	16
Kuva 11. Lumikuormien ominaisarvot s_k (kN/m ²).	21
Kuva 12. Kuormituskaavio pulpettikaton lumikuormalle μ_i .	22
Kuva 13. Korkeudesta h ja leveydestä b riippuva nopeuspainekorkeus z_e .	25
Kuva 14. Pintoihin kohdistuva paine.	28
Kuva 15. Liimapuutyypit: a) horisontaalinen ja b) vertikaalinen.	33
Kuva 16. Tunkeumasyvyydet t_1 ja t_2 .	35
Kuva 17. Pienimmät sallitut etäisyydet nauiloille, yksikkönä naulan paksuus d .	37
Kuva 18. Sauvan akselit.	39
Kuva 19. Syysuuntainen leikkausjännityskomponentti sauvassa (a) ja molemmat leikkausjännityskomponentit syysuuntaa vastaan kohtisuoria sauvassa (b).	41
Kuva 20. Tehollinen kosketuspinnan pituus $l_{c,90,ef}$.	43
Kuva 21. Tukipaine 1) jatkuvalla tuella lepäävän sauvan kuormituspisteissä ja 2) palkin tukipinnoilla tai kuormituspisteissä.	44
Kuva 22. Taipuman muodostuminen.	46
Kuva 23. Vaikuttavat voimat: 1. seinälohkossa, 2. puurungossa ja 3. levyssä.	50
Kuva 24. Kaksiosainen jäykisteseinä ikkunallisella ja muita kapeammalla seinälohkolla.	50
Kuva 25. Levyn suurimmat sallitut liitinvälit.	51

TAULUKOT

Taulukko 1. Viitteellinen suunniteltu käyttöikä.	17
Taulukko 2. Seuraamusluokka CC, luotettavuusluokka RC/kuormakerroin K_{FI} .	18
Taulukko 3. Aikaluokat.	19
Taulukko 4. Jaottelu aikaluokkiin.	19
Taulukko 5. Katon tuulensuojakertoimet C_e .	22
Taulukko 6. Lumikuorman muotokerroin (ei estetty lumen liukumista).	23
Taulukko 7. Maastoluokat.	23
Taulukko 8. Tehollinen hoikkuus λ pohjaltaan suorakulmaisille korkeille ja matalille rakennuksille.	26
Taulukko 9. Voimakerroin c_f .	27
Taulukko 10. Nettopaine kerroin $c_{p,net}$ ulkoseinille.	27
Taulukko 11. Yhdistelykertoimet $\psi_{0,i}$.	30
Taulukko 12. Osavarmuusluvut γ_M .	31
Taulukko 13. Muunnoskertoimet k_{mod} .	32
Taulukko 14. Havupuun materiaaliominaisuudet.	32
Taulukko 15. Liimapuun ja halkaistun liimapuun materiaaliominaisuudet.	34
Taulukko 16. Kerroin k_m .	38
Taulukko 17. Nurjahduspituus L_c , kun sauvan pituus on L .	45
Taulukko 18. Virumaluku k_{def} puulle ja sahatavaralle.	47
Taulukko 19. Taipumien ja siirtymien enimmäisarvot. (L = jänneväli, H = rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus).	48

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa pääpiirustukset ja osa rakennepiirustuksista sekä -laskemista uudisrakennusta varten. Laskennassa käytetään Mathcadia ja piirustuksissa Archicadia. Mikäli uudiskohde toteutetaan, on sen tarkoitus toimia Liedon Keskuskoulun musiikinopetustiloina.

Rakennuksen kokonaispinta-ala on noin 350 m². Rakennukseen on tarkoitus sijoittaa kaksi musiikin opetustilaa, sosiaalitytöt henkilökunnalle, tarvittavat tekniset, varasto- ja siivoustilat. Rakennus kytketään kaukolämpöverkkoon ja varustetaan koneellisella ilmanvaihdolla. Rakennus suunnitellaan siten, että vain ulkoseinät toimivat kantavina ja kaikki väliseinät ovat kevyitä, jolloin tilojen muokkaaminen toiseen käyttöön mahdollistuu rakennuksen myöhemmissä vaiheissa, mikäli näin halutaan.

Rakennus sijoittuu Liedossa samalle alueelle yläasteen ja lukion kanssa. Kuvassa 1 on esitetty asemapiirros, josta näkyy rakennuksen sijoittuminen jyrkän rinteeseen. Tämä saattaa lisätä kustannuksia, mikäli joudutaan louhimaan paljon. Koko asemapiirros on esitetty liitteessä 5.



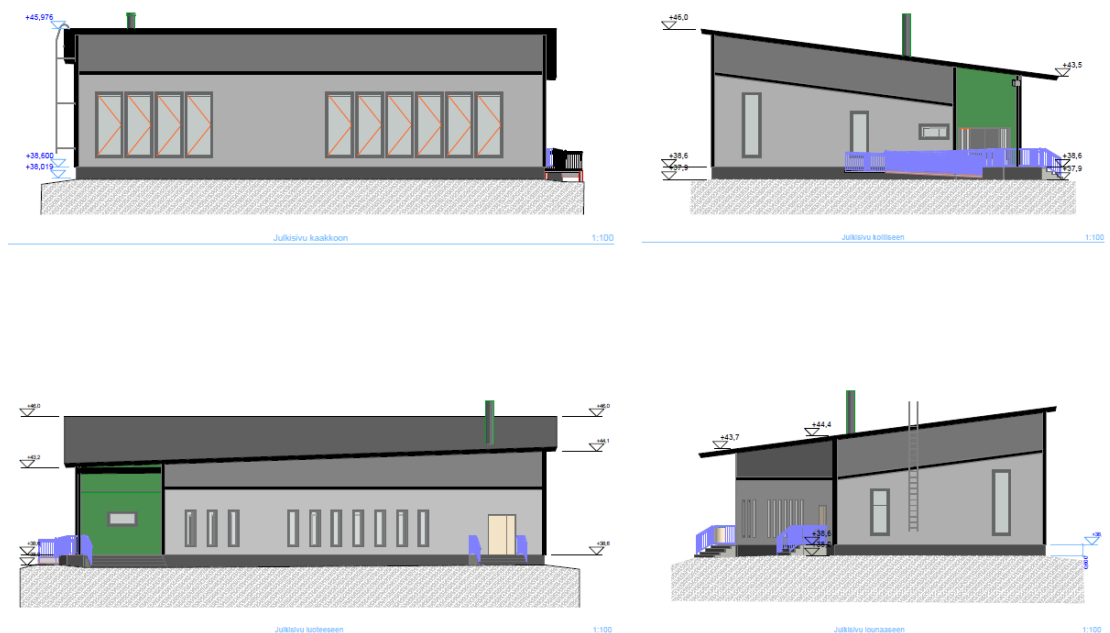
Kuva 1. Asemapiirros.

Ilmakuvaluonnoksessa kuvassa 2 hahmottuu rakennettavan tontin sijoittuminen ympäristöön.



Kuva 2. Ilmakuvaluonnos (Pekka Sillanpää).

Kuvassa 3 on Archicadilla mallinnetut julkisivut. Julkisivupiirustus on liitteessä 6.



Kuva 3. Julkisivupiirros.

Kuvassa 4 on rakennuksen pohjapiirros. Tilat on sijoitettu siten, että varastotila jakaa tiloja. Tämä mahdollistaa paremman äänieristyksen ja minimoi mahdolliset äänihäiriöt. Koko pohjapiirustus on liitteessä 7.



Kuva 4. Pohjakuva.

Kuvat 5–7 ovat Archicadin tuottamat renderöinnit kohteesta.



Kuva 5. Julkisivu 1.



Kuva 6. Julkisivu 2.



Kuva 7. Julkisivu 3.

Liitteenä 6 on ARK-piirustus, jossa esitetään suunnitellut rakennekerrokset yläpohjalle, ulkoseinille, väliseinille sekä alapohjalle, jota ei kylläkään tässä työssä mitoitettu puuteellisten lähtötietojen vuoksi.

Liitteessä 1 on NR-ristikon kannatuspalkin laskelmat, liitteessä 2 ulkoseinän runkotalpan laskelmat, liitteessä 3 esitetään alaohjauspuun laskelmat ja liitteessä 4 levyjäykistyksen laskelmat.

Rakennuksen kantavana rakennusmateriaalina käytetään rungon osalta puuta. Katemateriaalina suositellaan käytettäväksi peltiä tai huopaa, johtuen katon loivasta kulmasta. Vesikaton tasopiirustus on liitteenä 9 ja NR-ristikoiden tilauskaavio liitteenä 10.

Pohjatutkimuksia ei ole tehty, joten alapohjarakenteet rajataan työstä pois.

2 RAKENNUSSUUNNITTELU

2.1 Rakennussuunnittelutehtävän vaativuus

Suunnittelutehtäville määritetään maankäyttö- ja rakennuslain 120 d §:ssä kolme tasoa: vähäinen, tavanomainen ja vaativa suunnittelutehtävä. Tavanomainen suunnittelutehtävä sisältää rakennuksen tai rakennelman, jossa on enintään 2 kerrosta sekä kellari ja ullakko, noin 300 m², tavanomaisia ratkaisuja arkkitehtonisesti, teknisesti, toiminnallisesti eikä ympäristö ja rakennuspaikka ole erityisen vaativia. (Ympäristöministeriö 2015, 2, 4.)

Liedon Musamaja kuuluu tavanomaiseen luokkaan.

2.2 Musiikin opetustilojen vaatimukset

Musiikin opetustiloissa tulee huomioida riittävän pitkä jälkikaiunta-aika musiikkia varten ja toisaalta taas riittävän lyhyt puhetilanteita varten. Absorbtiotalan tulee olla riittävä, jotta äänitaso ei nousisi liian korkeaksi käyttäjien kannalta. Musiikin opetuksessa tuotetaan normaalia opetusta enemmän ääntä, joten kaiunta-aikaa pitää hallita. Ilma- ja runkoääneneristystarve on suurempi. Tämän vuoksi rakenteet useimmiten toteutetaan kaksinkertaisina. (RIL 243-2-2007, 26.)

Suunnitteilla olevassa rakennuksessa tilat rajoittuvat varastoon, joka erottaa kaksi tilaa toisistaan sekä käytävään, joten rakenteilla pyritään saavuttamaan äänitasoeroluku D_{nTw} 52 dB. Voitaisiin mahdollisesti käyttää myös äänitasoerolukua 44 dB tilan rajoituessa käytävään tai aulaan, kun välissä on ovi. (Ympäristöministeriö 2018, 22.) Pyritään kuitenkin isompaan äänitasoerolukuun. Riittävä eristävyys saavutetaan, kun käytetään väliseinien rakenteena metallirankaa kaksinkertaisella levytyksellä ja 95 mm:n villalla.

2.3 Perusopetustilojen yleiset vaatimukset

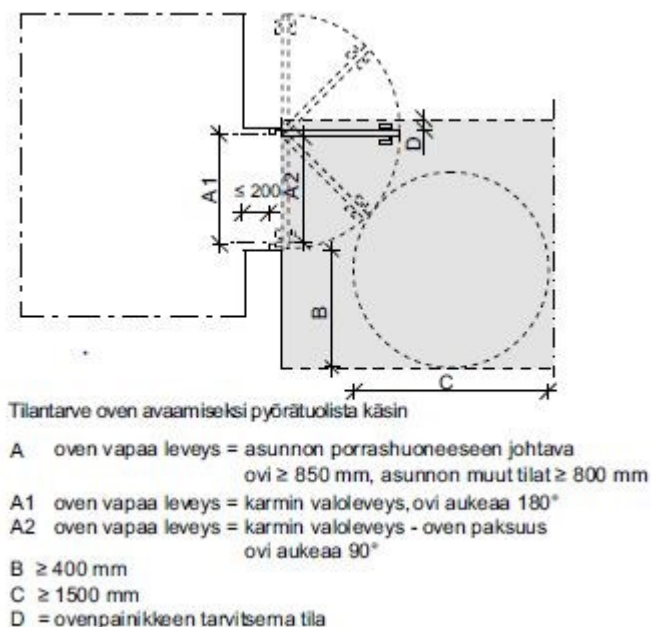
Perusopetuslaki sekä Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (POPS 2014) määrittelevät, että tilojen tulisi olla käyttötarkoitusta tukevia ja helpottavia. POPS 2014 on otettu käyttöön 1.8.2019 ja sen tarkoitus on ohjata kehittämään vuorovaikutteisuutta ja monipuolista työskentelyä. Rakennuksen koon määrittää oppilasmäärät sekä tilojen

käyttötarkoitus. Sisäilmastoluokitus 2018 antaa erilaisia luokkia sisäilman laadulle: S1–S3. Koulurakennuksessa taso on S2, jolloin ilmamäärät mitoitetaan henkilöperusteisesti ja ilmanvaihtokonehuoneiden koko on noin 8–10 % bruttoalasta. (RT 10380, 3–5.)

Käyttäjiltä saatiin tiedot tarvittavien kahden erillisen opetustilan koosta sekä tulevat käyttäjämäärät tilojen tarpeen määrittämiseen. Lisäksi LVI-insinöörin kanssa laskettiin ilmamäärien tarve ja päädyttiin pienempään teknisen tilan tarpeeseen kuin mitä suositeltu koko on.

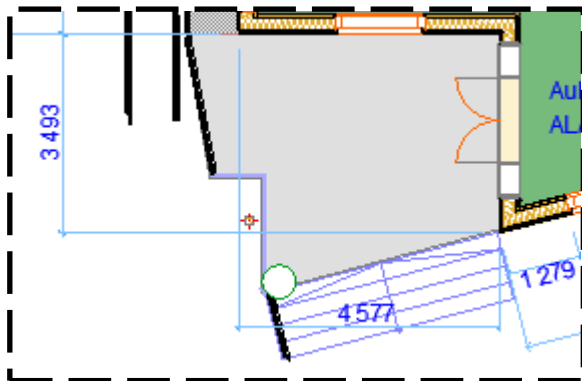
2.3.1 Esteettömyys

Käyttöturvallisuusasetuksen mukaan tulee sisäänkäynnin olla suojattu putoavalta lumelta ja jäältä sekä lumen kinostumiselta tarvittavin keinoin. Katos on usein toimiva ratkaisu, joka lisäksi helpottaa sisäänkäynnin havaitsemista. Sisäänkäynnillä vältetään ta-soeroja. Esteettömyysasetuksen mukaan sisäänkäynnillä tulee olla vähintään 1 500 x 1 500 mm:n kokoinen tasanne. Käyttöturvallisuusasetus määrittää tasanteelle aukeavan oven etäisyydeksi luiskan tai porrassyöksyn yläreunasta sivuseinällä > 400 mm sekä päätyseinällä > 1 500 mm. Kuvassa 8 havainnollistuvat asetuksissa esitettävät mitat. (Kilpelä 2019, 37–39.)



Kuva 8. Tilan tarve oven avaamiseksi itse pyörätuolista (Kilpelä 2019, 39).

Suunnitteilla olevassa kohteessa on sisäänkäynti suojattu katoksella ja porrastasanne kuten kuvasta 9 havaitaan.



Kuva 9. Porrastasanne.

Esteettömyysasetuksessa määrätään ovien vapaaksi leveydeksi vähintään 850 mm. 800 mm riittää, mikäli ovelle pääsee kääntymättä. Toimiva kulkuväylä muodostuu käytävän ja oviaukon vapaiden leveyksien summan ollessa minimissään 2 300 mm. Paloturvallisuusasetuksen täytyessä ulko-ovet ja muut uloskäytävät täyttävät leveydeltään esteettömyysvaatimukset. Poistuvien henkilöiden määrä vaikuttaa uloskäytävien määrään. Uloskäytävän leveys tulee olla 1 200 mm ja vapaa korkeus 2 100 mm. Ovien tulee olla helposti avattavia. Niiden on auettava poistumissuuntaan, jos poistuvia henkilöitä on yli 60. Esteettömyysasetuksen mukaan ulko-oven tulee olla helposti avattavissa myös liikumis- ja toimimisesteisen toimesta. Raskas tai karmimitaltaan yli 1 000 mm:n ovi tulee varustaa automaattisesti tai painikkeesta toimivalla avauksella. (Kilpelä 2019, 43–47.)

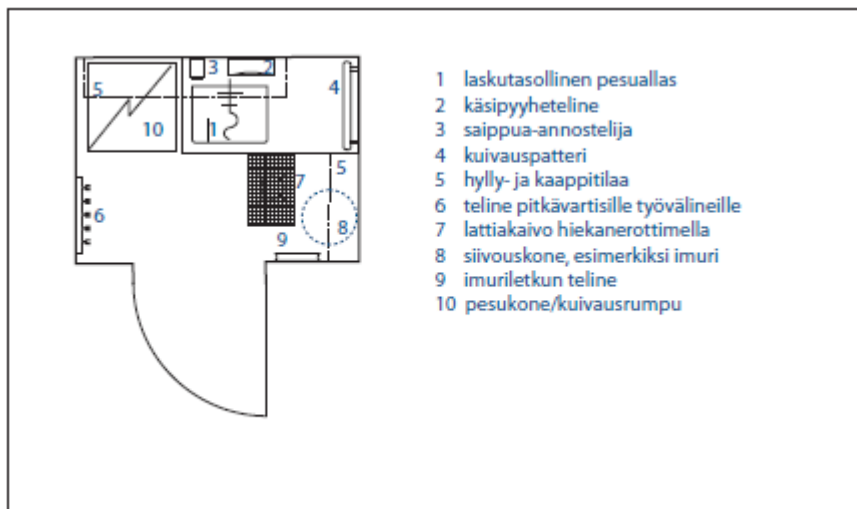
Luiskan kaltevilla osuuksilla ei saa olla käännöstä, vaan tarvittaessa sitä varten tulee olla tasanne. Luiskan kaltevuus saa olla enintään 5 % esteettömyysasetuksen mukaan. Alle 1 metrin kokonaiseron ollessa kyseessä, luiskan kaltevuus voi olla 8 %. Pitkällä luiskalla on hyvä olla välitasanne. Luiskan tulee olla helposti havaittava, suora, pinnaltaan kova ja luistamaton. Leveyden on oltava > 900 mm, suositusleveys on 1 200 mm, jotta luiskalla olisi helppo kulkea avustajan tai opaskoiran kanssa. Mikäli luiska on alle 1200 mm, tulee kääntymistasanteelle tehdä väljennys. Luiskan ylä- ja alapäässä on oltava 1500 mm pitkä tasanne luiskan turvallista käyttöä varten. Tasanne ja luiska saavat olla sivuttaiskaltevuudeltaan enintään 2 %. Luiskan reunassa tulee olla 50 mm korkea suojareuna, mikäli luiska ei rajaudu kiinteään esteeseen. (Kilpelä 2019, 53–55.)

Tässä kohteessa suunnitellaan valmiiksi määräykset täyttävä luiska esteetöntä käyttöä varten. Kohteen sisäänkäyntiä ei ole mahdollista toteuttaa ilman portaita, mutta jo suunnitteluvaiheessa esteettömyyden huomiointi helpottaa huomattavasti sen toteuttamista.

2.3.2 Tilat

Wc- tiloja tulee olla 1/15 suhteessa oppilaisiin. Lisäksi tulee olla joko 2 eri kätistä esteetöntä tai vähintään yksi molemmin puolin käytettävä esteetön wc. Henkilökunnalle varataan tiloja 3–6 m² per henkilö. Tilasta olisi hyvä olla näköyhteys oppilaiden käyttämiin ulkotiloihin. Siivoustilojen tulee olla riittävät, hyötyalasta noin 1 %, siellä tulee olla riittävästi säilytystilaa sekä välineille että puhdistusaineille. Tilassa tulee olla kaivo. (RT 103081, 5, 13–14.)

Tässä kohteessa kysyttiin käyttäjiltä, millainen olisi heille riittävä siivoustila ja se onkin pienin RT-korteista löytyvä. Kuvassa 10 kyseinen tila, josta selviää myös tarvittava varustelu.



Kuva 10. Siivoustila (RT 91-10971, 3).

3 SUUNNITTELUPERUSTEET

3.1 Yleisiä suunnitteluperusteita

Mitoitus tehdään eurokoodien ja näiden kansallisten liitteiden mukaan. Liitteissä 1–4 esitetyt laskentatavat ovat yksinkertaistettuja, mikä vähentää tarkkuutta. Tulokset ovat kuitenkin varmalla puolella rakenteiden turvallisuutta tarkasteltaessa. (RIL 201-1-2017, 13.)

Rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan siten, että ne kestävät koko suunnitellun käyttöikänsä niihin kohdistuvat kuormat sekä käyttökelpoisuuden suunniteltuun käyttötarkoitukseensa nähden. Taulukossa 1 esitetään suunnitellun käyttöiän luokittelut. (RIL 201-1-2017, 25–28.)

Taulukko 1. Viitteellinen suunniteltu käyttöikä (RIL 201-1-2017, 27).

Suunnitellun käyttöiän luokka	Viitteellinen suunniteltu käyttöikä (vuosia)	Esimerkkejä
1	10	Tilapäisrakenteet ¹⁾
2	10...25	Vaihdettavissa olevat rakenteen osat, esim. nosturi-ratapalkit, laakerit
3	15...30	Maatalous- ja vastaavat rakennukset
4	50	Talonrakennukset ja muut tavanomaiset rakenteet
5	100	Monumentaaliset rakennukset, sillat ja muut maa- ja vesirakennuskohteet

¹⁾ Sellaisia rakenteita tai niiden osia, jotka voidaan purkaa uudelleen käytettäväksi, ei pidetä tilapäisinä.

Rakennuksen käyttötarkoitus määrittää sen seuraamusluokan. Tästä johtuva luotettavuusluokka ja kuormakerroin K_{FI} esitetään taulukossa 2. Rakennukselle määritetään aika, jonka rakenteiden tulee kestää tulipalotilanteessa. Suunnitellut rakenteet eivät saa heikentyä toiminnallisesti käyttöiän aikana, jolloin pitää huomioida ympäristö ja ylläpito. Laadunhallinta on oleellinen osa rakenteiden toteuttamisessa vaatimusten sekä suunnittelun mukaisiksi. (RIL 201-1-2017, 25–28.)

Taulukko 2. Seuraamusluokka CC, luotettavuusluokka RC/kuormakerroin K_{FI} (RIL 201-1-2017, 27).

Seuraamusluokan (CC) kuvaus	Rakennuksia sekä rakenteita koskevia esimerkkejä	Luotettavuusluokka/kuormakerroin K_{FI}
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 - yli 8-kerroksiset ²⁾ asuin-, konttori- ja liikerakennukset - konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot - raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset. Erikoisrakenteet, kuten esim. korkeat tornit. Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet, jotka sijaitsevat siirtymien haittavaikutuksille herkissä ympäristöissä erityisesti hienorakeisten maalajien alueilla.	RC3 $K_{FI} = 1,1$
CC2 Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia.	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1.	RC2 $K_{FI} = 1,0$
CC1 Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	1- ja 2-kerroksiset ²⁾ rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä ³⁾ , kuten esim. pienehköt varastot ja maatalouden tuotantorakennukset, joiden pinta-ala on enintään 300 m ² tai suurin jänneväli enintään 6 metriä. Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa, kuten - 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.	RC1 $K_{FI} = 0,9$

Taulukkoon liittyviä huomautuksia:

¹⁾ pienehköt rakennusrungosta erilliset välipohjat kuuluvat kuitenkin luokkaan CC2, elleivät ne toimi koko rakennusta jäykistävänä rakenteena.

²⁾ kellarikerrokset mukaan luettuina.

³⁾ tilapäisenä oleskeluna pidetään päivittäistä käymistä rakennuksessa, mutta ei siellä pitäempään viipymistä.

Liedon Musamajan suunniteltu käyttöikä kuuluu luokkaan 4 eli 50 vuotta ja seuraamusluokka on CC2 eli K_{FI} on 1,0.

Rakenteet mitoitetaan eri tilanteisiin. Näitä mitoitustilanteita ovat normaalit vallitsevat ja tilapäiset mitoitustilanteet sekä onnettomuus- ja maanjäristystilanteet. Viimeistä ei käytetä Suomessa. (RIL 201-1-2017, 64.)

Tässä työssä mitoitetaan vain vallitseville ja tilapäisille tilanteille, onnettomuustilanteita ei mitoiteta.

3.2 Kuormat

Kuormat jaotellaan eri aikaluokkiin rakenteisiin kohdistuvan rasitusajan mukaan: pysyvät kuormat, muuttuvat kuormat ja onnettomuuskuormat. Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty aikaluokkien kestot ja miten rakenteisiin kohdistuvat kuormat jaetaan kuhunkin ryhmään. (RIL 201-1-2017, 31.)

Taulukko 3. Aikaluokat (RIL 205-1-2017, 32).

Kuorman aikaluokka	Ominaiskuorman vaikutusajan suuruusluokka
Pysyvä	yli 10 vuotta
Pitkäaikainen	6 kuukautta–10 vuotta
Keskipitkä	1 viikko–6 kuukautta
Lyhytaikainen	alle yksi viikko
Hetkellinen	

Taulukko 4. Jaottelu aikaluokkiin (RIL 205-1-2017, 32–33).

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

Puurakenteita suunniteltaessa tulee huomioida ympäristöolosuhteet, joiden mukaan rakenne luokitellaan käyttöluokkaan 1–3. Käyttöluokka huomioi kosteuden vaikutuksen puun lujuuteen ja muodonmuutoksiin. Käyttöluokka 1 sisältää lämmitetyt sisätilat ja yleensä myös lämmöneristekerroksessa olevat rakenteet. Käyttöluokassa 2 puurakenne sijaitsee ulkona kuitenkin suojassa kastumiselta, hyvin tuuletetussa tilassa, alttiina lämpötilan vaihteluille. Käyttöluokassa 3 puurakenteet ovat ulkona suojaamattomina tai kosteuden kanssa tekemisissä suoraan. Käyttöluokka vaikuttaa mitoitukseen lujuusarvojen osalta. (RIL 205-1-2017, 33.)

3.3 Pysyvät kuormat

Pysyviin kuormiin G_k luokitellaan kuormat, jotka vaikuttavat rakenteisiin todennäköisesti koko sen suunnitellun käyttöiän. Niiden vaihtelu on hyvin pientä tai ennustettavissa olevaa. (RIL 201-1-2017, 21.)

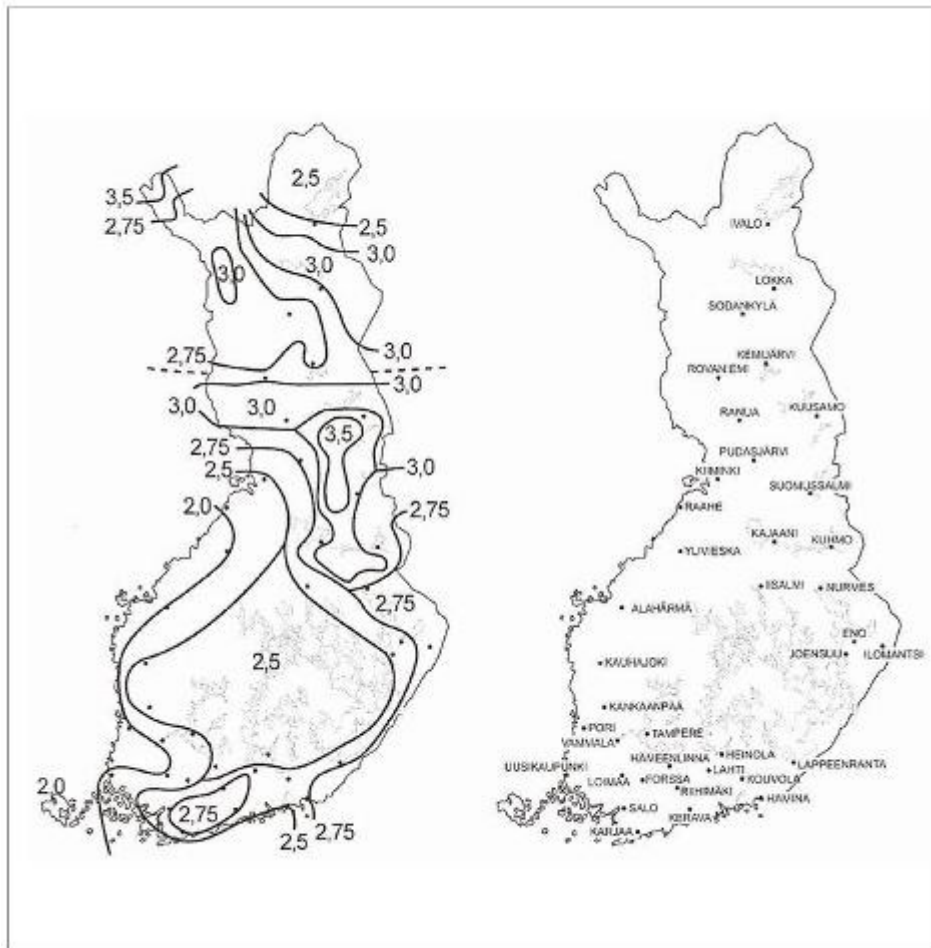
3.4 Muuttuvat kuormat

Muuttuviin kuormiin luokitellaan mm. hyöty-, tuuli- ja lumikuormat. Muuttuvien kuormien ominaisarvon Q_k ei oleteta ylittävän tai alittuvan tietyn tarkastelujakson aikana. Myös nimellisarvoa käytetään, mikäli tilastoarvoja ei ole saatavilla. Ilmastollisten kuormien (tuuli/lumi/lämpötila) ominaisarvo määritellään 50 vuoden esiintymisjaksolla, keskimääräinen todennäköisyys tällöin 0,02. (RIL 201-1-2017, 31–32.)

3.4.1 Lumikuorma

Lumikuorma määritetään maanpinnan lumikuorman ominaisarvolla s_k , jonka todennäköinen ylittyminen on keskimääräisesti 0,02 mahdollista (RIL 201-1-2017, 98).

Kuvassa 11 esitetään Suomessa käytettävät mitoitusarvot lumikuormalle maan pinnalla. Liedossa lumikuorma on 2,6 kN/mm².



Kuva 11. Lumikuormien ominaisarvot s_k (kN/m²) (RIL 205-1-2017, 37).

Katolle tulevia lumikuormia määritettäessä tulee huomioida, miten lumi voi kinostua katolle. Vaikuttavia tekijöitä ovat katon muoto, sen lämpöominaisuudet, katon alla syntyvä lämpömäärä, katon pinnan karheus, maasto ympärillä ja lähellä olevat rakennukset sekä paikallinen ilmasto tuulisuuden, lämpötilan heilahtelun sekä sateiden todennäköisyyden osalta. (RIL 201-1-2017, 100.)

Katon lumikuorma s määritetään kaavalla 1.

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

Kaava 1. Katon lumikuorma s (RIL 201-1-2017, 100).

Kaavassa 1 esiintyvät termit:

μ_i lumikuorman muotokerroin

s_k	maassa olevan lumikuorman ominaisarvo (edellä kuva 11)
C_e	tuulensuojaisuskerroin (taulukko 5)
C_t	lämpökerroin (arvo tavallisesti 1,0). (RIL 201-1-2017, 100.)

Taulukossa 5 esitetään tuulensuojakertoimet C_e . Taulukko koskee rakennuksia, joiden katon lyhyempi sivumitta on alle 50 metriä. (RIL 201-1-2017, 100.)

Taulukko 5. Katon tuulensuojakertoimet C_e (RIL 201-1-2017, 100).

Maastotyyppi	C_e
Tuulinen	0,8 ($\geq 1,0$, mikäli lyhyempi sivumitta > 50 m)
Normaali	1,0
Suojainen	1,2

Tuulinen maasto: laakea, esteetön, joka puolelle avoin alue, jolloin maasto, korkeat rakennuskohteet tai puut eivät suojaa tai suojaavat vain vähän.

Normaali maasto: alue, jolla rakennuskohteeseen vaikuttava tuuli ei maaston, muiden rakennuskohteiden tai puiden takia huomattavasti poista lunta.

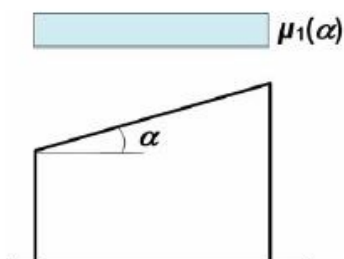
Suojainen maasto: alue, jolla tarkasteltava rakennuskohde on huomattavasti alempana kuin ympäröivä maasto tai se on korkeiden puiden tai itseään korkeampien rakennuskohteiden ympäröimä.

Useimmiten kaavasta kuitenkin jätetään tuulensuojakerroin sekä lämpökerroin pois, jolloin siitä lumikuorma lasketaan kaavan 2 mukaan.

$$s = \mu_i s_k$$

Kaava 2. Katon lumikuorma s (RIL 201-1-2017, 101).

Katon muoto huomioidaan kuormituskaavioilla, joiden tarkoitus on ottaa huomioon mahdolliset kinostumat katolla. Kuvassa 12 esitetään kuormituskaavio pulpettikatolle.



Kuva 12. Kuormituskaavio pulpettikatton lumikuormalle μ_i (SFS-EN 191-1-3, 32).

Taulukossa 6 esitetään lumikuorman muotokertoimet μ_i . Mikäli lumen liukuminen katolla estetään, käytetään lumikuorman muotokertoimena lukua 0,8 tai enemmän. (RIL 201-1-2017, 101.)

Taulukko 6. Lumikuorman muotokerroin (ei estetty lumen liukumista) (RIL 201-1-2017, 102).

Katon kaltevuuskulma α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1, μ_2	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	1,6

Koska mitoitettavassa kohteessa on tasainen pulpettikatto pienellä kaltevuudella ja katon muoto on yksinkertainen sisältämättä lainkaan kohtia, joita vasten lumi voisi huomattavassa määrin kinostua, katon muotokertoimena μ_i käytetään lukua 0,8.

3.4.2 Tuulikuorma

Tuulikuormaa tarkastellaan yleensä mitoittaessa jäykistäviä kantavia puurakenteita sekä runkotolppia, muulloin se jätetään pois muuttuvista kuormista (RIL 205-1-2017, 42). Tuulikuorma vaihtelee aiheuttaen painetta umpinaisten rakenteiden ulkopintoihin sekä niiden huokoisuuden vuoksi välillisesti myös sisäpintoihin. Suurissa pinnoissa tuulesta syntyvät kitkavoimat voivat olla merkittäviä pinnan suunnassa. Tuulikuormat ovat ominaisarvoja ja todennäköisyys esitettävälle arvolle on 0,02. Tuulivoiman laskentaa varten tulee määrittää maastoluokka taulukon 7 mukaan, pinnanmuodon vaikutus sekä puuskanopeus. (RIL 201-1-2017, 127–128.)

Taulukko 7. Maastoluokat (RIL 205-1-2017, 43).

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.

Tuulennopeuden 10 minuutin keskiarvo 10 metrin korkeudella maan pinnasta kertoo tuulennopeuden perusarvon v_b . Todennäköisyys tälle on 0,02 maastoluokan II mukaisissa olosuhteissa. Suomessa tuulennopeuden perusarvo $v_{b,0} = 21$ m/s. (RIL 201-1-2017, 129.) Laskennassa käytettävä arvo saadaan kaavalla 3.

$$v_b = c_{dir}c_{season}v_{b,0}$$

Kaava 3. Tuulennopeuden perusarvo v_b (RIL 201-1-2017, 129).

Kaavassa 3 esiintyvät termit:

c_{dir}	suuntakerroin (= 1)
c_{season}	vuodenaikakerroin (yleensä = 1, tilapäisissä rakennelmissa ja työnaikaisissa voidaan huomioida vuodenaika). (RIL 201-1-2017, 129.)

Käytettävä tuulen (puuska)nopeuspaineen lähtökohtana toimii perusarvo $v_b = 21$ m/s. Korkeusasema määritetään maanpinnasta rakennuksen kohdalla. Kaavalla 4 lasketaan nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p,0}(z)$ maastoluokassa III, millaisessa suunniteltava rakennus tulee sijaitsemaan, jossa z on rakennuksen korkeus. (RIL 201-1-2017, 136–137.)

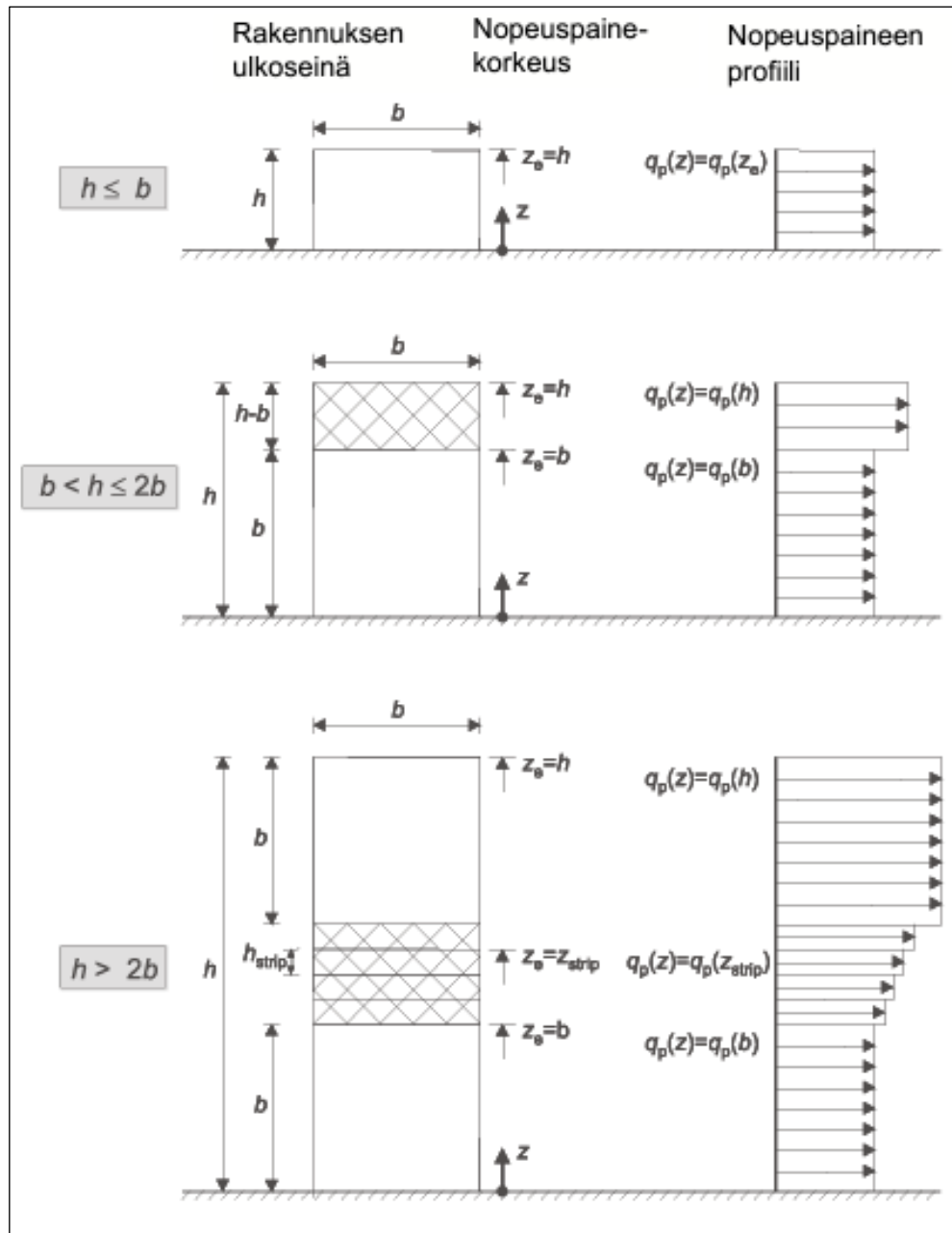
$$q_{p,0}(z) = 0,01279 \left(\ln \left(\frac{\max(5, z)}{0,3} \right) \right)^2 + 0,0895 \ln \left(\frac{\max(5, z)}{0,3} \right)$$

Kaava 4. Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p,0}(z)$ (RIL 205-1-2017, 188).

Mikäli rakennus sijaitsisi yksittäisellä mäellä tai harjanteella, jossa arvo 0,05 ylittyy maaston kaltevuudessa, tulisi huomioida tämä nopeuspaineen lisäyksenä (RIL 201-1-2017, 133). Yksinkertaistuksen vuoksi tässä työssä ei ole huomioitu tuulikuorman muodostumisessa rakennuksen hieman poikkeavaa muotoa, vaan rakennus käsitellään suorakaitteen muotoisena eikä takana olevaa kallion kohoumaa huomioida, jolloin $q_p(z) = q_{p,0}(z)$.

Rakennuksen korkeuden h ollessa pienempi kuin sen leveys b , voidaan olettaa rakennuksen harjalla olevan arvon vastaavan kaikkien korkeusasemien arvoa. Kaavalla 5 voidaan laskea rakennukseen kohdistuva kokonaisvoima tässä tapauksessa. Kuvassa 13

on esitetty korkeuden ja leveyden suhteesta riippuva nopeuspaine korkeus. (RIL 201-1-2017, 138, 149.)



Kuva 13. Korkeudesta h ja leveydestä b riippuva nopeuspaine korkeus z_e (RIL 201-1-2017, 149).

Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima lasketaan kaavalla 5.

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(h) A_{ref}$$

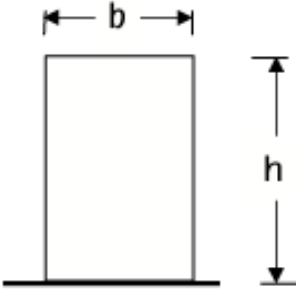
Kaava 5. Rakennukseen kohdistuva kokonaisvoima F_w (RIL 201-1-2017, 140).

Kaavassa 5 esiintyvät termit:

F_w	kokonaistuulivoima (kN)
$c_s c_d$	rakennekerroin (= 1, kun rakennuksen korkeus < 15 m tai ulkoseinän ja vesikaton rakenteille, joiden ominaistajuus > 5 Hz tai rakennuksen rungossa kantavat seinät, korkeus < 100 m samalla kun pienempi kuin 4 kertaa rakennuksen tuulensuuntainen mitta)
c_f	voimakerroin, sisältää kitkan vaikutukset (taulukko 9)
$q_p(h)$	maastomuodon mukaan laskettu nopeuspaine harjan korkeudella eli $z = h$ (kaava 4, koska $q_p(z) = q_{p,0}(z)$)
A_{ref}	tuulikuorman vaikutusala, ($A_{ref} = b \times h$, b = rakennuksen leveys tuulen tulosuunnasta). (RIL 201-1-2017, 140.)

Jotta voimakerroin c_f voidaan määrittää taulukosta 9, tarvitaan tehollinen hoikkuus λ taulukon 8 mukaisesti.

Taulukko 8. Tehollinen hoikkuus λ pohjaltaan suorakulmaisille korkeille ja matalille rakennuksille (RIL 201-1-2017, 140).

Rakenteen mittasuhteet, tuuli kohtisuoraan tasoa vasten	Tehollinen hoikkuus λ
	<p>kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 h/b$ kun $h \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 h/b$</p> <p>Välialueella $15 \text{ m} < h < 50 \text{ m}$ sovelletaan interpolointia.</p> <p>Huom: Tämä ohje ei koske hyvin hoikkia rakennuksia, joille $\lambda > 10$.</p>

Taulukko 9. Voimakerroin c_f (RIL 201-1-2017, 141).

λ	Sivusuhte d/b								
	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
10	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Rakenneosia, tässä tapauksessa runkotolppaa mitoittaessa, käytetään paikallista tuulenpainetta taivutustarkastelussa. Paikallinen tuulenpaine lasketaan kaavan 6 antamana nettopaineena $q_{w,k}$. (RIL 205-1-2017, 43–44.)

$$q_{w,k} = c_{p,net} q_p(h)$$

Kaava 6. Osapinnan nettopaine $q_{w,k}$ tuulesta (RIL 205-1-2017, 44).

Kaavassa 6 esiintyvät termit:

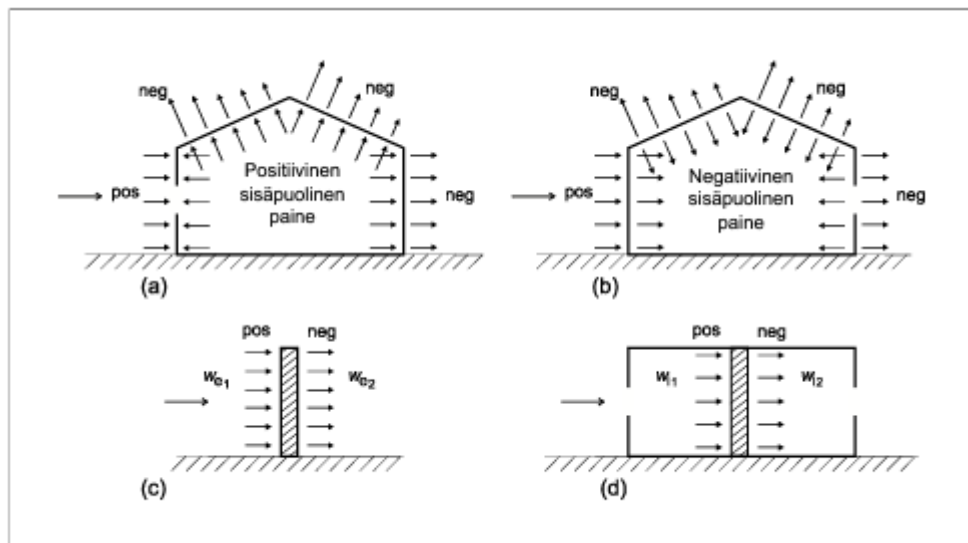
$c_{p,net}$	osapinnan nettotuulenpaine kerroin (taulukko 10)
$q_p(h)$	nopeuspaine rakennuksen korkeudella h . (RIL 205-1-2017, 44).

Taulukko 10. Nettopaine kerroin $c_{p,net}$ ulkoseinille (RIL 205-1-2017, 44).

Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla ¹⁾		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisäänpäin	
	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
$c_{p,net}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

¹⁾ Nurkka-alue ulottuu rakennuksen ulkonurkasta molempiin suuntiin etäisyydelle $e/5$, jossa $e = \min(b; 2h)$, kun h on rakennuksen korkeus ja b on rakennuksen suurempi sivumitta. Muual- la tuulen imulle voidaan käyttää keskialueen nettopaine kerrointa.

Rakennuksen osaan vaikuttava nettopaine on ulko- ja sisäpinnan paineen ero etumerkit huomioiden. Kuvassa 14 havainnollistetaan pintoihin kohdistuvan paineen aiheuttamia voimia. Osapinnan nettotuulenpaine kerroin $c_{p,net}$ summaa ulkoisen c_{pe} tuulenpaine kertoimen ja sisäisen c_{pi} tuulenpaine kertoimen, joten niitä ei tarvitse erikseen laskea. Netto- paine voidaan interpoloida lineaarisesti pinta-alan ollessa 1–10 m^2 . (RIL 201-1-2017, 139; RIL 205-1-2017, 44–45.)



Kuva 14. Pintoihin kohdistuva paine (RIL 201-1-2017, 139).

3.5 Murtorajatilat

Murtorajatilassa syntyy rakenteen tasapainon menetys, vaurioituminen tai murtuminen tai sen väsyminen. Murtorajatilan saavuttaminen aiheuttaa jäykän kappaleen tai sen osan tasapainon menetyksen, liian suuren siirtymätilan, rakenteen tai sen osan muuttumisen mekanismiksi tai sen stabiiliuden menetyksen, katkeamisen tai ajasta riippuvaisen vaurioitumisen. (RIL 201-1-2017, 29–30.)

Tarkistettavat murtorajatilat tarvittaessa:

- EQU, staattisen tasapainon menetys jäykkänä kappaleena tarkasteltavassa rakenteessa tai sen osassa
- STR, rakenteen materiaalin lujuuden ollessa määräävä, rakenteen tai rakenneosien sisäinen vaurioituminen tai liian suuri siirtyminen
- GEO, geotekninen kantavuus, maan pettäminen tai liian suuri siirtymätila
- FAT, väsymismurtuminen
- UPL, pystysuuntaisista voimista johtuva rakenteen tai maapohjan pettäminen
- HYD, hydraulista gradienteista johtuva hydraulinen maapohjan nousu, sisäinen eroosio ja putkieroosio maassa. (RIL 201-1-2017, 39.)

Tässä työssä tarkastellaan vain rakenteita, joiden mitoituksessa määräävänä on murto-rajatila STR.

3.6 Käyttörajatilat

Käyttörajatilassa käyttökelpoisuus tarkastellaan siirtymien, värähtelyn ja mahdollisten vaurioiden osalta, jotka voivat vaikuttaa ulkonäköön, käytettävyyteen tai ei-rakenteellisten osien vaurioitumiseen tai säilyvyyteen. Käyttörajatila voi olla palautuva tai palautumaton. (RIL 201-1-2017, 42.)

3.7 Kuormitusyhdistelmät

Rakenteen kestävyys lasketaan murto-rajatilassa, kaavan 7 mukaan, joista ensimmäinen lauseke edustaa muuttuvien kuormien aikaluokkia ja toinen pysyvää aikaluokkaa (RIL 205-1-2017, 27).

$$\begin{cases} 1,15K_{FI}G_{kj} + 1,5K_{FI}Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i>1} \psi_{0,i}Q_{k,i} \\ 1,35K_{FI}G_{kj} \end{cases}$$

Kaava 7. Kuormitusyhdistelmät muuttuvissa ja pysyvissä aikaluokissa (RIL 205-1-2017, 27).

Kaavassa 7 esiintyvät termit:

G_{kj}	pysyvien kuormien ominaisarvo
$Q_{k,1}$	määräävän muuttuvan ominaisarvo
$Q_{k,i}$	muun muuttuvan ominaisarvo
K_{FI}	kuormakerroin, riippuu seuraamusluokasta (taulukko 2)
$\psi_{0,i}$	muuttuvan kuorman yhdistelykerroin (taulukko 11). (RIL 502-1-2017, 27.)

Taulukko 11. Yhdistelykertoimet $\psi_{0,i}$ (RIL 201-1-2017, 38).

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (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 ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6 ^{***)}
Luokka G: liikennöitävät tilat, 30 kN $<$ ajoneuvon paino ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3 ^{***)}
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Lumikuorma (katso SFS-EN 1991-1-3) ^{*)} , kun			
$s_k < 2,75$ kN/m ²	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75$ kN/m ²	0,7	0,5	0,2
Jääkuorma ^{***)}	0,7	0,3	0
Rakennusten tuulikuormat (SFS-EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (SFS-EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
Pakkomuodonmuutokset	1,0	1,0	1,0
Tukien painumat	1,0	1,0	1,0

^{*)} 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.

^{**)} Ajokäytävillä $\psi_2 = 0$.

^{***)} Koskee huurtumisesta, jäätävästä sateesta ja räntäsateesta aiheutuvia jääkuormia.

Tässä työssä mitoitetaan pääasiallisesti murtorajatilan kuormitusyhdistelmillä kaikki lasketut rakenneosat, kuten esimerkiksi runkotolppa, NR-ristikon kannatinpalkin leikkaus- ja taivutuskestävyys.

Käyttörajatilassa mitoitetaan hetkellinen taipuma w_{inst} tai muodonmuutostila u_{inst} kaavan 8 kuormitusyhdistelmällä käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja. Muuttujat ovat samat kuin murtorajatilamitoituksessa. Käyttörajatilatarkastelussa ei käytetä tuulikuormaa, mikäli se ei ole määräävä muuttuva kuorma. (RIL 205-1-2017, 30.)

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kaava 8. Kuormien ominaisyhdistelmä (RIL 205-1-2017, 30).

Tässä työssä mitoitetaan käyttörajatilassa vain NR-ristikon kannatinpalkin taipuma.

4 MATERIAALIOMINAISUUDET

4.1 Puun ominaisuudet

Puu ei ole ominaisuuksiltaan homogeenistä, joten se tulee ottaa laskelmissa huomioon, samoin kuin sauvojen mittaepätarkkuudet sekä valmistuksesta ja toteuttamisesta johtuvat epätarkkuudet (RIL 205-1-2017, 48).

Materiaaleille lasketaan mitoitusarvo X_d kaavan 9 mukaan.

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M}$$

Kaava 9. Lujuusominaisuuden mitoitusarvo X_d (RIL 502-1-2017, 46).

Kaavassa 9 esiintyvät termit:

X_k	lujuusominaisuuden ominaisarvo
γ_M	materiaaliominaisuuden osavarmuusluku (taulukko 12)
k_{mod}	muunnoskerroin, jolla huomioidaan kuorman keston ja kosteuden vaikutus (taulukko 13). (RIL 502-1-2017, 46–47.)

Taulukko 12. Osavarmuusluvut γ_M (RIL 205-1-2017, 47).

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-lastulevy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Naulalevyliitokset: - tartuntalujuus	1,25
- levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Kertoimelle k_{mod} valitaan taulukosta 13 aina lyhytkestoisinta kuormaa vastaava arvo (RIL 205-1-2017, 49).

Taulukko 13. Muunnoskertoimet k_{mod} (RIL 205-1-2017, 49).

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka				
		Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkelinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lastulevy P4 ¹⁾ ja P5, OSB/2 ¹⁾ , Kova kuitulevy	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Lastulevy P6 ¹⁾ ja P7, OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA ¹⁾ , MBH.HLS, MDF.LA ¹⁾ ja MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	2	-	-	-	0,45	0,80

¹⁾ Saadaan käyttää vain käyttöluokassa 1.

4.2 Sahatavara

Jotta annettuja laskentamenetelmiä voidaan soveltaa, tulee sahatavaran olla standardin EN 14081-1 ja sen sormijatkosten EN 15497 mukaisia. Havupuun yleisimmät C-lujuusluokan ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet esitellään taulukossa 14. (RIL 205-1-2017, 50.)

Taulukko 14. Havupuun materiaaliominaisuudet (RIL 205-1-2017, 51).

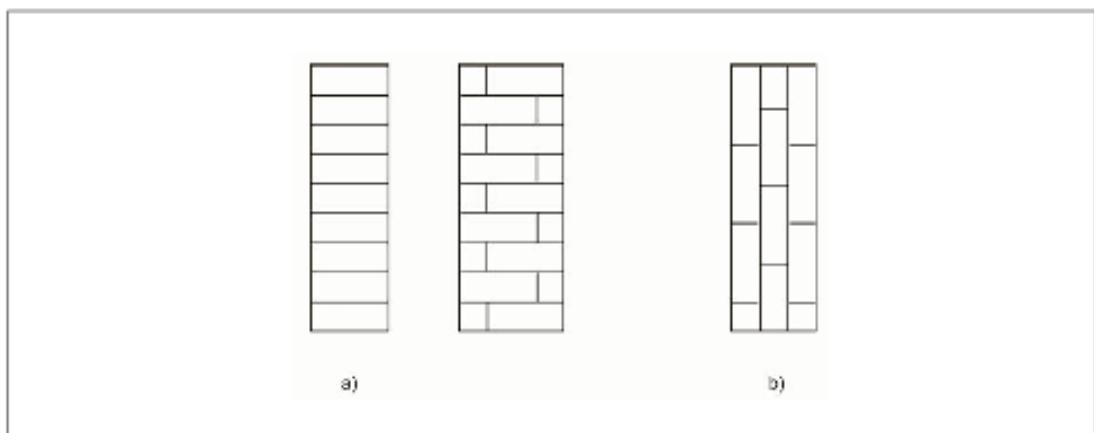
Lujuusluokka		C14 T0	C18 T1	C24 T2	C30 T3	C35 ¹⁾	C40 ¹⁾
Ominaislujuudet (N/mm ²)							
Taivutus	$f_{m,k}$	14	18	24	30	35	40
Veto	$f_{t,0,k}$	7,5	10	14,5	19	22,5	26
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,0,k}$	16	18	21	24	25	27
	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,5	2,7	2,7	2,8
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)							
Kimmoduuli	$E_{0,mean}$	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
Liukumuodi	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.

Runkotolppien materiaalina on tässä kohteessa sahatavara C24 kooltaan 48 x 225.

4.3 Liimapuu

Liimapuu valmistetaan standardin EN 14080 mukaisesti. Liimapuu on poikkileikkaukseltaan suorakaide ja siinä on lamelleja liimattuna syyt pituussuuntaan. Kuvassa 15 esitetään eri tyyppejä. Mikäli tarkasteltavan rakenteen suurempi sivumitta on alle 600 mm, taivutuslujuuden ominaisarvoa $f_{m,k}$ materiaaliominaisuustaulukosta 15 suurennetaan kaavan 10 kokovaikutuskertoimella k_h . (RIL 205-1-2017, 52–53.)



Kuva 15. Liimapuutyypit: a) horisontaalinen ja b) vertikaalinen (RIL 205-1-2017, 52).

$$k_h = \left(\frac{600}{h}\right)^{0.1} \leq 1,1$$

Kaava 10. Taivutuslujuuden kokonaisvaikutuskerroin k_h (RIL 205-1-2017, 54).

Kaavassa 10 esiintyvät termit:

h palkin korkeus (RIL 205-1-2017, 54).

Taulukko 15. Liimapuun ja halkaistun liimapuun materiaaliominaisuudet (RIL 205-1-2017, 53).

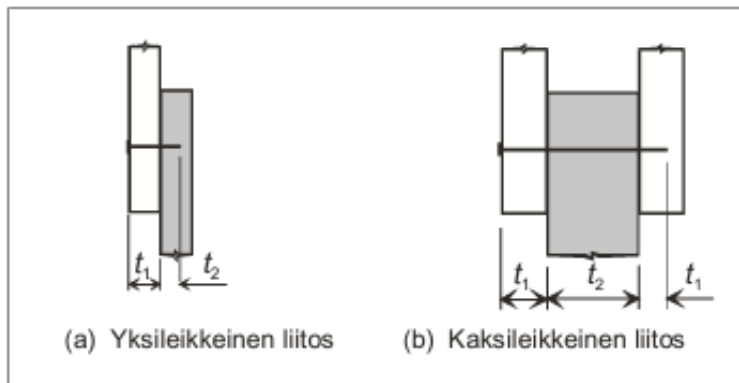
Lujuusluokka		Liimapuu				Halkaistu liimapuu	
		GL24c	GL24h	GL30c ¹	GL30h	GL30cs ¹	GL30hs
Ominaislujuudet (N/mm ²)							
Taivutus	$f_{m,k}$	24	24	30	30	28	28
Veto	$f_{t,0,k}$	17	19,2	19,5	24	18,7	22,4
	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	21,5	24	24,5	30	23,3	28
	$f_{c,90,k}$	2,5	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)							
Ominaisiäisyys	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.

NR-ristikon kannatuspalkin materiaalina on tässä kohteessa GL30cs 162 x 360 ja alaohjauspuun materiaalina GL30cs 42 x 225.

4.4 Liittimet

Kun kahta puutavaraa liitetään yhteen nautoilla, tulee huomioida naulan ominaisleikkauskestävyys. Tunkeumasyydyt t_1 ja t_2 havainnollistetaan kuvassa 16. Naulatuissa puulevyliitoksissa t on levyn paksuus. (RIL 205-1-2017, 110–111, 115.)



Kuva 16. Tunkeumasyvyydet t_1 ja t_2 (RIL 205-1-2017, 110).

Puutavara liitoksen ollessa kyseessä, saadaan esiporaamattoman naulan ominaisleikkauskestävyys R_k kaavalla 11, jossa d on naulan paksuus (RIL 205-1-2017, 111).

$$R_k = 120d^{1,7}$$

Kaava 11. Naulan leikkauskestävyysarvo R_k (RIL 205-1-2017, 112).

Puulevyn ja puutavaran liitoksessa levyn ollessa läpinaulattu ja naulan tartuntapituus kärjen puolella puussa on $\geq 12d$, saadaan kaavalla 12 puulevyliitoksen naulan leikkauskestävyyden arvo R_d , jossa oleva suurennuskerroin k_t lasketaan kaavalla 13. (RIL 205-1-2017, 115–116.)

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} k_t R_k \min \left\{ \frac{1}{\frac{t_2}{12d}} \right\}$$

Kaava 12. Naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo R_d (RIL 205-1-2017, 116).

Kaavassa 12 esiintyvät termit:

γ_M	liitoksen materiaaliosavarmuusluku (taulukko 12)
k_{mod}	liitospuun aikavaikutuskerroin (taulukko 13). (RIL 205-1-2017, 103.)

$$k_l = \begin{cases} \left(0,5 + \frac{t}{12d}\right) k_\rho & \text{havuvanerilla, lastulevyllä ja OSB: llä} \\ \left(0,6 + \frac{t}{9d}\right) k_\rho & \text{koivuvaneriilla} \\ \left(0,7 + \frac{t}{8d}\right) k_\rho & \text{EN622 – 1 mukaisella kovalevyllä} \end{cases}$$

Kaava 13. Kerroin k_ρ (RIL 205-1-2017, 115).

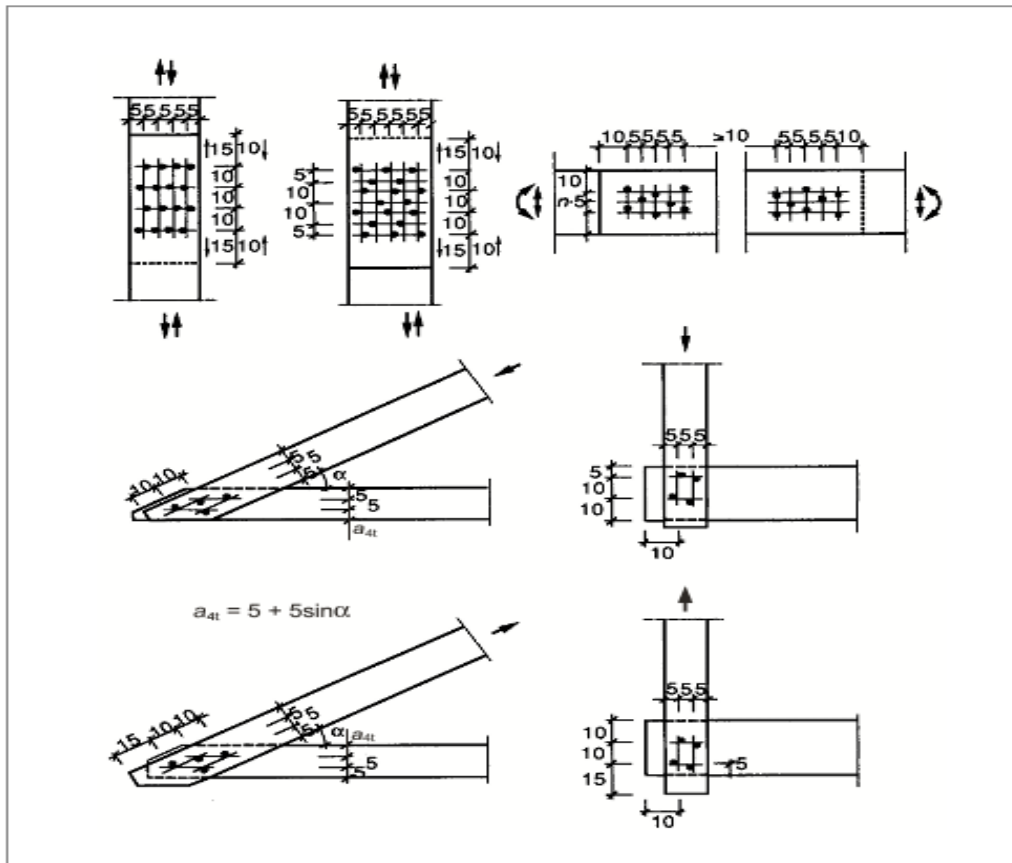
Kaavassa 13 esiintyvä suurennuskerroin k_ρ lasketaan kaavalla 14. Tämä huomioi, mikäli puutavaran tiheys on 350 kg/m^2 . (RIL 205-1-2017, 112.)

$$k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}}$$

Kaava 14. Kerroin k_ρ (RIL 205-1-2017, 112).

Tunkeuman ollessa $t_2 < 12d$, naulan leikkauskestävyys kerrotaan luvulla $t_2/12d$, muutoin jätetään pois kerroin. Tunkeuma pitää olla $t_2 \geq 8d$. (RIL 205-1-2017, 115.)

Kuvassa 17 on esitetty naulojen minimietäisyydet reunoista puulevyissä, eivät koske vaneria, jolla reunaetäisyydet $0,3d$ kuormittamattomasta ja $(3 + 4\sin\alpha)d$ kuormitetusta reunasta, jossa α kuormitussuunnan ja levyn reunan välinen kulma. (RIL 205-1-2017, 116.)



Kuva 17. Pienimmät sallitut etäisyydet nauiloille, yksikkönä nauhan paksuus d (RIL 205-1-2017, 113).

Jäykistysmitoituksessa on tässä työssä käytetty nauvaleikkauskestävyyden arvoa.

5 RAKENNEOSIEN MITOITUS

5.1 Murtorajatilamitoitus

5.1.1 Taivutuskestävyys

Taivutuskestävyys tarkastetaan, kun palkkiin kohdistuu pääakselien suhteen taivutusta. Taivutuskestävyyden tarkistus tapahtuu kaavan 15 avulla.

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Kaava 15. Taivutuskestävyys (RIL 205-1-2017, 74).

Kaavoissa 15 ja 16 esiintyvät termit:

$\sigma_{m,y,d}$ ja $\sigma_{m,z,d}$	jännityksen mitoitusarvoja kuvan 6 pääakselien suhteen taivutettaessa
$f_{m,y,d}$ ja $f_{m,z,d}$	taivutuslujuuksien mitoitusarvoja samassa tilanteessa
k_m	kerroin, joka huomioi jännitysjakautuman ja materiaalin epähomogeenisuuden vaikutuksen taivutuskestävyyteen kahteen suuntaan taivutettaessa (taulukko 17). (RIL 205-1-2017, 74.)

Taulukko 16. Kerroin k_m (RIL 205-1-2017, 74).

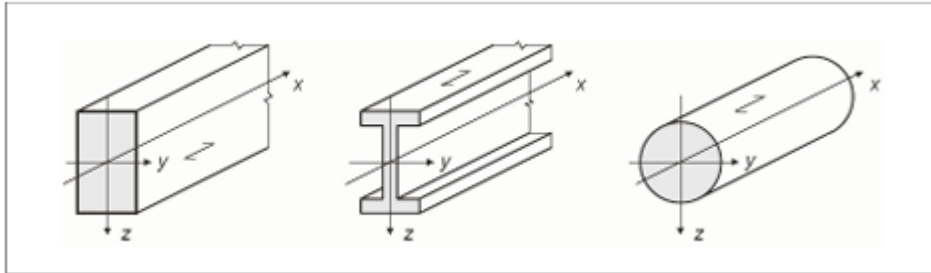
	suorakaidepoikkileikkaus	muut poikkileikkaukset
sahatavara, liimapuu, LVL ja CLT	0,7	1,0
muut puurakennetuotteet	1,0	1,0

Tässä kohteessa kaava yksinkertaistuu kaavan 16 muotoon, koska taivutusta tapahtuu vain vahvemman y-akselin suhteen.

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

Kaava 16. Taivutusjännityksen mitoitusehto.

Akselit, joiden mukaisesti taivutusta on mahdollista tarkastella, esitetään kuvassa 18.



Kuva 18. Sauvan akselit (RIL 205-1-2017, 71).

5.1.2 Kiepahduskestävyys

Taivutetun rakenneosan kiepahduskestävyys tarkistetaan, kun vain momentti M_y vaikuttaa vahvemman akselin suhteen sekä momentti M_y ja puristusvoima N_c vaikuttaa yhdessä. Pelkän momentin M_y vaikuttaessa lasketaan kaavalla 17 kiepahduskestävyys.

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$$

Kaava 17. Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys (RIL 205-1-2017, 83).

Kaavassa 17 esiintyvät termit:

$\sigma_{m,d}$	taivutusjännityksen mitoitusarvo
$f_{m,d}$	taivutuslujuuden mitoitusarvo
k_{crit}	kiepahdusriskin takia pienentyneen taivutuskestävyyden kerroin. (RIL 205-1-2017, 83.)

Palkin suoruuden tulee täyttää standardin mukaiset vaatimukset (RIL 205-1-2017, 175). Tällöin k_{crit} voidaan määrittää kaavan 18 mukaan.

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & kun & \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 & kun & 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & kun & 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

Kaava 18. Kerroin k_{crit} (RIL 205-1-2017, 85).

Kaavassa 18 esiintyvät termit:

$\lambda_{rel,m}$ palkin suhteellinen hoikkuus.

Palkin suhteellinen hoikkuus $\lambda_{rel,m}$ lasketaan kaavalla 19.

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

Kaava 19. Palkin suhteellinen hoikkuus $\lambda_{rel,m}$ (RIL 205-1-2017, 83).

Kaavassa 19 esiintyvät termit:

$f_{m,k}$ taivutuslujuuden ominaisarvo

$\sigma_{m,crit}$ kriittinen taivutuslujuus. (RIL 205-1-2017, 83.)

Sahatavarasta, liimapuusta tai Kerto-LVL:stä valmistetun suorakaidepalkin kriittinen taivutusjännitys $\sigma_{m,crit}$ voidaan laskea kaavalla 20.

$$\sigma_{m,crit} = \frac{cb^2}{hl_{ef}} E_{0,05}$$

Kaava 20. Kriittinen taivutusjännitys $\sigma_{m,crit}$ (RIL 205-1-2017, 84).

Kaavassa 20 esiintyvät termit:

$c = 0,78$ havupuusahatavaralle

$c = 0,70$ liimapuun lujuusluokille GL30c ja GL30hs

b palkin leveys

h palkin korkeus

l_{ef} palkin tehollinen pituus

$E_{0,05}$ materiaalista riippuva kimmokerroin syysuuntaiselle kuormitukselle. (RIL 205-1-2017, 84–86.)

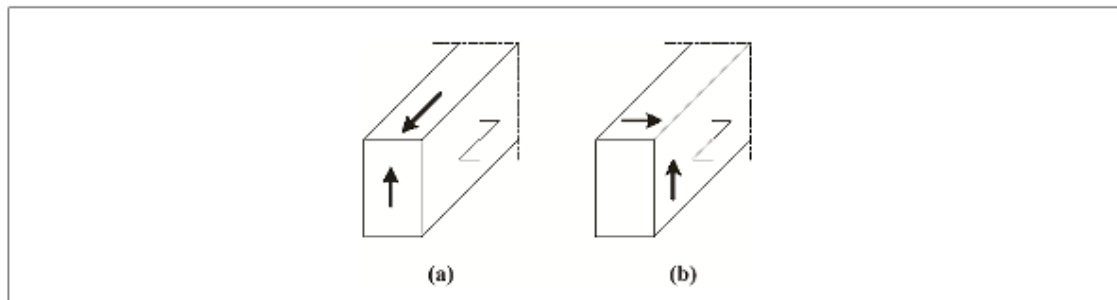
Tietyin välein a poikittaissuunnassa tuetun palkin tehollinen kiepahdus pituus l_{ef} voidaan laskea kaavalla 21, kun kuormitus vaikuttaa palkin puristetulla reunalla.

$$l_{ef} = a + 2h$$

Kaava 21. Palkin tehollinen kiepahduspituus l_{ef} (RIL 205-1-2017, 85).

5.1.3 Leikkaus

Kuvassa 19 esitetään leikkausjännityksen komponentti syysuuntaan (a) sekä molemmat leikkausjännityskomponentit kohtisuorassa syysuuntaa vastaan (b). Mikäli näin on, tulee kaavan 22 ehdon toteutua. (RIL 205-1-2017, 74.)



Kuva 19. Syysuuntainen leikkausjännityskomponentti sauvassa (a) ja molemmat leikkausjännityskomponentit syysuuntaa vastaan kohtisuoria sauvassa (b) (RIL 205-1-2017, 75).

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Kaava 22. Mitoitusehto leikkauskestävyydelle (RIL 205-1-2017, 74).

Kaavassa 22 esiintyvät termit:

τ_d	leikkausjännityksen mitoitusarvo
$f_{v,d}$	leikkauslujuuden mitoitusarvo samassa tilanteessa. (RIL 205-1-2017, 74.)

Halkeamien vaikutus taivutettujen sauvojen leikkauskestävyyttä mitoittaessa huomioidaan poikkileikkauksen tehollisella leveydellä b_{ef} , joka lasketaan kaavalla 23.

$$b_{ef} = k_{cr}b$$

Kaava 23. Poikkileikkauksen tehollinen leveys b_{ef} (RIL 205-1-2017, 75).

Kaavassa 23 esiintyvät termit:

b	sauvan leveys
k_{cr}	kerroin, joka on 0,67 sahatavaralle lämmitetyissä sisätiloissa tai vastaavissa olosuhteissa, muissa tapauksissa ja muulle puutavaralle kerroin on 1. (RIL 201-1-2017, 75.)

5.1.4 Tukipaine

Tukipaine lasketaan syysuuntaa vastaan kohtisuorana puristuksena. Tätä tapaa käytetään mm. alaohjauspuun ja NR-palkin yläohjauspuun mitoituksessa. Jotta nämä kestävät niihin kohdistuvan puristuksen, tulee niiden täyttää kaavan 24 mukainen ehto. (RIL 205-1-2017, 72).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} f_{c,90,d}$$

Kaava 24. Mitoitusehto syysuuntaiselle puristukselle (RIL 205-1-2017, 72).

Kaavassa 24 esiintyvät termit:

$\sigma_{c,90,d}$	kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo
$f_{c,90,d}$	puristuslujuuden mitoitusarvo syysuunnan vastaisesti kohtisuorassa puristuksessa
$k_{c,\perp}$	tukipaine kerroin. (RIL 205-1-2017, 72.)

Tukipaine kerroin $k_{c,\perp}$ lasketaan kaavalla 25.

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90}$$

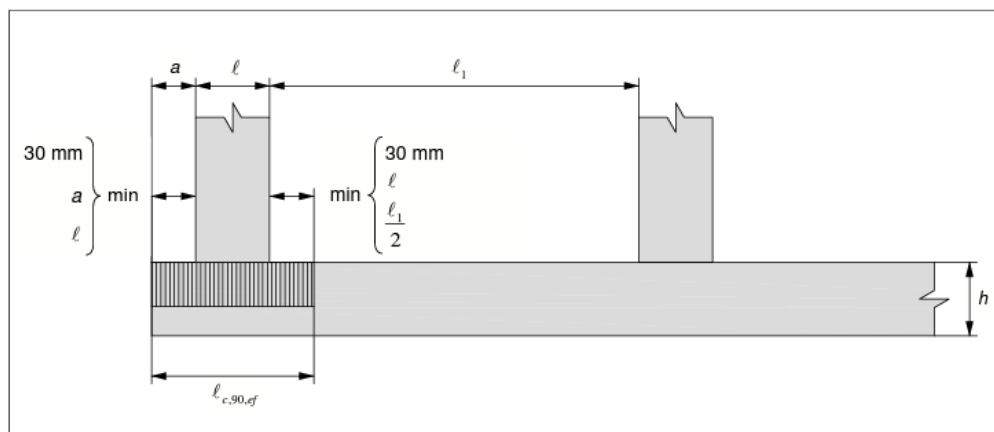
Kaava 25. Tukipaine kerroin $k_{c,\perp}$ (RIL 205-1-2017, 72).

Kaavassa 25 esiintyvät termit:

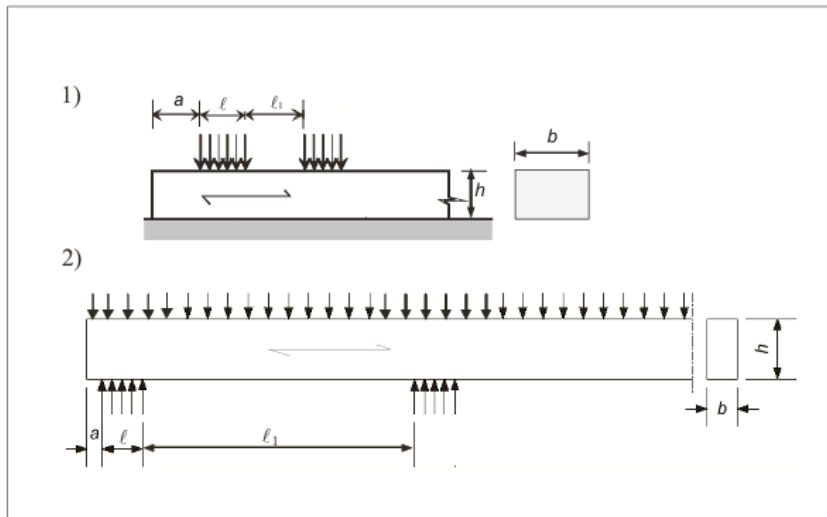
l	kosketuspinnan pituus puun syiden suuntaan
$l_{c,90,ef}$	kosketuspinnan tehollinen pituus
$k_{c,90}$	kerroin kuorman sijainnin, puun halkeamismahdollisuuden ja puristuman suuruuden huomiointiin. (RIL 205-1-2017, 72.)

Tehollinen kosketuspinnanpituus $l_{c,90,ef}$ saadaan kosketuspinnan pituuteen l lisäämällä molemmin puolin 30 mm tai Kerto-LVL:n syrjäpinnoilla 15 mm, silti enintään a , l tai $l_1/2$. Kuvassa 20 on esitetty tehollisen kosketuspinnan pituus. Kerroin $k_{c,90}$ on 1, lukuun ottamatta tilannetta, jossa kuvien 20 ja 21 puristuspuoleiden etäisyys $l_1 \geq 2h$. Tällöin:

- $k_{c,90} = 1,25$ havupuinen sahatavara ja CLT:n lapepinnalla
- $k_{c,90} = 1,5$ havupuinen liimapuu
- $k_{c,90} = 1,4$ Kerto-LVL lapepinnalla. (RIL 205-1-2017, 73.)



Kuva 20. Tehollinen kosketuspinnan pituus $l_{c,90,ef}$ (RIL 205-1-2017, 73).



Kuva 21. Tukipaine 1) jatkuvalla tuella lepäävän sauvan kuormituspisteissä ja 2) palkin tukipinnoilla tai kuormituspisteissä (RIL 205-1-2017, 73).

5.1.5 Nurjahdus

Sauvan hoikkuusluku λ_y lasketaan kaavalla 26.

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y}$$

Kaava 26. Sauvan hoikkuusluku λ_y (RIL 205-1-201, 79).

Kaavassa 26 esiintyvät termit:

$L_{c,z}$ nurjahduspituus z-akselin mukaisessa nurjahduksessa

i_y poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen. Suora-kaidepoikkileikkauksessa $\frac{h}{\sqrt{12}}$, jossa h on sivumitta nurjahduksen suuntaan. (RIL 205-1-2017, 79.)

Puristussauvan nurjahduspituus L_c tavallisia tuentatapauksia koskien esitetään taulukossa 18. Hoikkuusluku voi olla puristetulla rakenteella pysyvissä rakenteissa enintään 200. (RIL 205-1-2017, 80.)

Taulukko 17. Nurjahduspituus L_c , kun sauvan pituus on L (RIL 205-1-2017, 80).

Tuentatapa	Nurjahduspituus L_c
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta ja nivelellisesti toisesta päästään sivusiirtymätön rakenne (esim. jäykkäkantainen hallin päädyn "tuulipilari")	0,85 L
Sauva on nivelöity molemmista päistään (normaali tapaus)	1,0 L
Sauva on poikittaistuettu nurjahduksen suunnassa välein a	1,0 a
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päästään ja on vapaa toisesta päästään ("mastopilari")	2,5 L *)

Runkotolppaan ei tässä tapauksessa kohdistu jännityksiä z akselin suhteen, joten laskennassa käytetään kaavaa 27.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

Kaava 27. Nurjahduskestävyyden ehto (RIL 205-1-2017, 82).

Kerroin $k_{c,y}$ lasketaan kaavalla 28 ja siinä esiintyvä k_y kaavalla 29 sekä $\lambda_{rel,y}$ kaavalla 30.

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \leq 1$$

Kaava 28. Kerroin $k_{c,y}$, joka huomioi sauvan alkukäyryyden ja laskennallisen lisätaipuman (RIL 205-1-2017, 79, 82).

$$k_y = 0.5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

Kaava 29. Kerroin k_y (RIL 205-1-2017, 82).

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Kaava 30. Sauvan muunnettu hoikkuus $\lambda_{rel,y}$ (RIL 205-1-2017, 80).

Kerroin β_c riippuu sauvan alkukäyrydestä ja se on

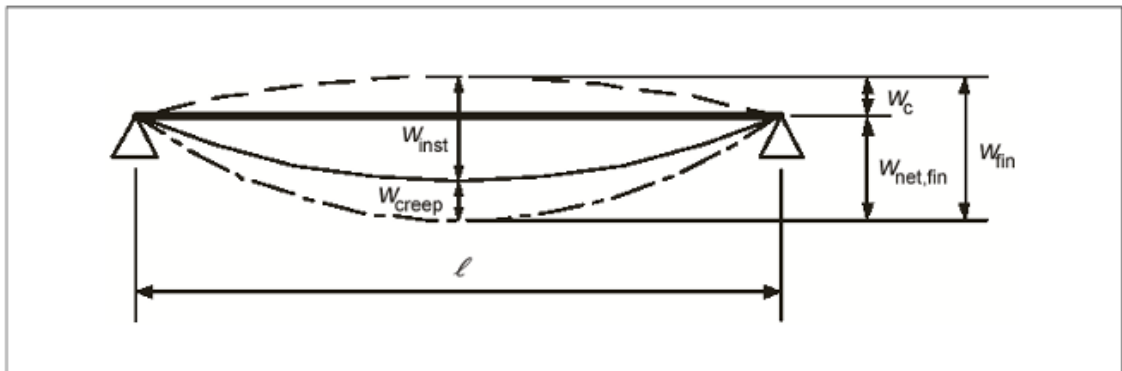
- sahatavaralla 0,2
- liimapuulla, LVL:illä ja CLT:illä 0,1. (RIL 205-1-2017, 82.)

Nurjahduskestävyys on yksi tarkistettavista kohdista runkotolpalle.

5.2 Käyttörajatilamitoitus

Käyttörajatilamitoituksessa tässä työssä tarkastellaan vain taipuma NR-ristikon kannatinpalkin osalta. Lopputaipuma lasketaan kaavalla. Taipuma muodostuu kuvan 14 mukaisista osista, jossa

- w_c esikorotus, mikäli sitä käytetään
- w_{inst} hetkellinen taipuma, joka ei riipu käyttöluokasta
- w_{creep} viruman aiheuttama lisätaipuma
- w_{fin} kokonaistaipuma (kaava 29)
- $w_{net,fin}$ lopputaipuma. (RIL 205-1-2017, 98.)



Kuva 22. Taipuman muodostuminen (RIL 205-1-2017, 98).

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c$$

Kaava 31. Lopputaipuma $w_{net,fin}$ (RIL 205-1-2017, 97).

Kokonaistaipuma w_{fin} lasketaan kaavalla 32.

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q,1} + \sum w_{fin,Q,i}$$

Kaava 32. Kokonaistaipuma w_{fin} (RIL 205-1-2017, 30).

Kaavassa 32 esiintyvät taipumat eri kuormista esitetään kaavoissa 33–35:

$$w_{fin,G} = w_{inst,G}(1 + k_{def})$$

Kaava 33. Pysyvästä kuormasta $w_{fin,G}$ (RIL 205-1-2017, 30).

$$w_{fin,Q,1} = w_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def})$$

Kaava 34. Määrävästä muuttuvasta kuormasta $w_{fin,Q,1}$ (RIL 205-1-2017, 30).

$$w_{fin,Q,i} = w_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

Kaava 35. Muusta samanaikaisesta muuttuvasta kuormasta $w_{fin,Q,i}$ (RIL 205-1-2017, 30).

Kertoimet ψ on esitetty aiemmin taulukossa 11 ja virumaluku k_{def} puutavaralle esitetään taulukossa 19.

Taulukko 18. Virumaluku k_{def} puulle ja sahatavaralle (RIL 206-1-2017, 50).

Materiaali	Standardit	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara, Pyöreä puu	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080			
LVL, CLT syrjällään	EN 14374			
Vaneri, Kerto-Q lappeellaan, CLT lappeellaan	EN 636, VTT 184/03	0,80	1,00	2,50
OSB-levy	EN 300: OSB/2	2,25	-	-
	EN 300: OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Lastulevy	EN 312: P4 ja P5	2,25	3,00	-
	EN 312: P6 ja P7	1,50	2,25	-
Kova kuitulevy	EN 622-2: HB.LA, HB.HLA	2,25	3,00	-
Puolikova kuitulevy	EN 622-3: MBH.LA, MBH.HLS	3,00	4,00	-
MDF-levy	EN 622-5: MDF.LA, MDF.HLS	2,25	3,00	-

Taipumille ja vaakasiirtymille on määritelty enimmäisarvot, jotka on esitetty taulukossa 20. Ulokkeille taipuma voi olla kaksinkertainen jänneväliin nähden. Useimmiten pääkanatin on ns. alimmainen useasta risteävästä kannattimesta ja muut ovat toisiokannattimia. (RIL 205-1-2017, 98.)

Taulukko 19. Taipumien ja siirtymien enimmäisarvot. (L = jänneväli, H = rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus) (RIL 205-1-2017, 98).

Rakenne	$w_{inst}^{1)}$	$w_{net,fin}^{2)}$	$w_{fin}^{3)}$
Pääkannattimet	L/400	L/300	L/200
Orret ja muut toisiokannattimet	-	L/200 ⁵⁾	L/150
Rakennuksen vaakasiirtymä ⁴⁾	-	H/300	-

1) Koskee pelkästään lattiaita.

2) Koskee suoria ja esikorotettuja rakenteita, mutta ei tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia kannattimia.

3) Koskee esikorotettuja sekä tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia rakenteita
o esimerkiksi kaaret, mahapalkit, saksiristikot, bumerangipalkit.

4) Hallirakennuksissa vaakasiirtymästä ei ole yleensä haittaa, jolloin sitä ei tarvitse tarkistaa.
o Kerrostaloissa suositellaan vaakasiirtymän rajoittamista enintään arvoon H/500 ylimmän kerroksen lattiatasolla.

5) Lattialevyn taipumaa laskettaessa kuormituksena on lyhytaikainen pistekuorma $Q_k = 2$ kN ja levyn omapaino.

5.3 Jäykistys

Jäykistyksessä määritetään levyjäykisteelle tuleva ulkoinen kuorma ja sen jakautuminen levyille niiden jäykkyyksien suhteessa, jonka jälkeen lasketaan levyjen kestävyudet. Kestävyyksiä verrataan mitoituskuormiin. Viimeisenä tarkistetaan levyjäykisteen ankkurointi perustuksiin. (RIL 244-2007, 9.)

Jäykistyseiniä tulee kestää vaaka- ja pystysuuntaiset kuormat eivätkä ne saa kaatua tai liukua. Käytettävä yksinkertaistettu menetelmä edellyttää jäykistävän osaseinän päätytystysauvan ankkurointia alapuoliseen rakenteeseen tai ankkuroitua seinän alajuoksu-sita, että vähintään yksi kiinnityspiste tulee kunkin jäykistävän lohkon kohdalle. (RIL 205-1-2017, 156.)

Tässä työssä lasketaan vain jäykistävä levytys lounaispäätyyn yksinkertaistaen vahvasti rakennuksen mallia.

Voima $F_{v,Ed}$ vaikuttaa seinän yläreunaan pystykuormien tai ankkuroinnin estäessä seinän nousemisen. Seinän vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo $F_{v,Rd}$ on mahdollista määrittää yksinkertaistetulla menetelmällä. Yksinkertaistettu menetelmä edellyttää seinän koostumista yhdestä/useammasta lohkoista, joihin jokaiseen on puurungon toiselle puolelle kiinnitetty levy, liitinväli levyjen reunoissa on säännöllinen ja kaikkien levyjen leveys on vähintään h/4. Useasta lohkoista koostuvan seinän vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo lasketaan kaavalla 36. (RIL 205-1-2017, 156.)

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd}$$

Kaava 36. Vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo $F_{v,Rd}$ (RIL 205-1-2017, 157).

Kaavassa 36 esiintyvät termit:

$F_{v,Rd}$	seinän vaakaleikkausvoiman mitoitusarvo
$F_{i,v,Rd}$	seinälohkon vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo kaavalla 37 laskettuna. (RIL 205-1-2017, 157.)

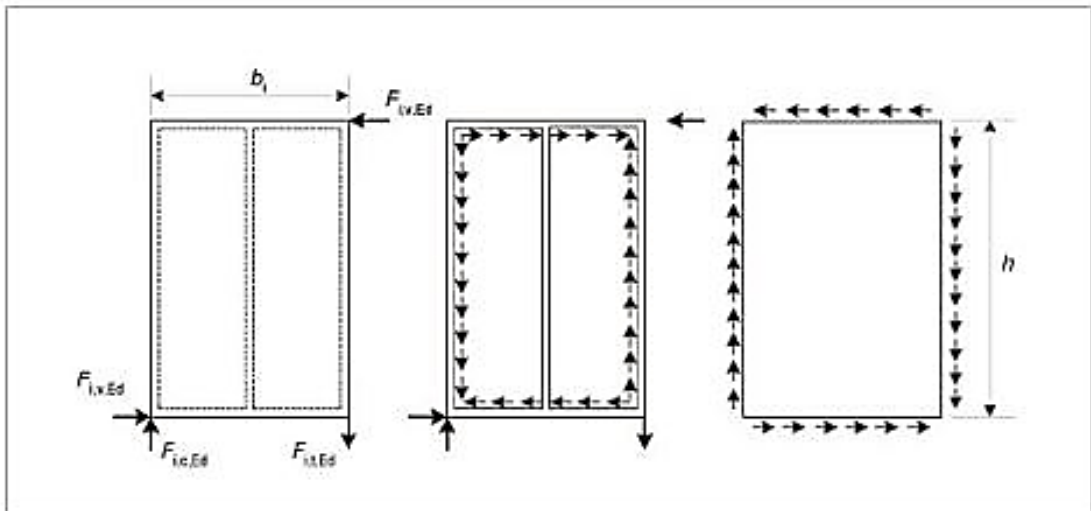
$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} b_i c_i}{s}$$

Kaava 37. Seinälohkoa rasittava vaakavoima $F_{i,v,Rd}$ (RIL 205-1-2017, 157).

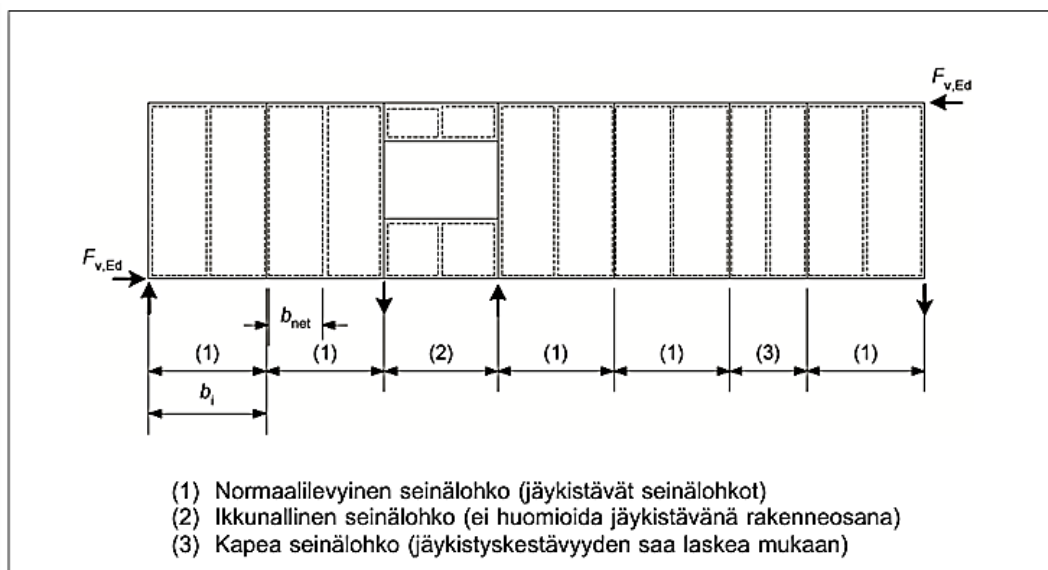
Kaavassa 37 esiintyvät termit:

$F_{f,Rd}$	yksittäisen liittimen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo
b_i	seinälohkon leveys
s	liitinväli
$c_i = \begin{cases} 1 & \text{kun } b_i \geq \frac{h}{2} \\ \frac{2b_i}{h} & \text{kun } b_i < \frac{h}{2} \end{cases}$, jossa h seinän korkeus. (RIL 205-1-2017, 157.)

Liittimien leikkausmitoitustarvoa voidaan suurentaa kertoimella 1,2. Kuvassa 23 esitetään rakenteisiin kohdistuvat voimat ja kuvassa 24 havainnollistetaan esimerkillä, millaisia lohkoja seinässä voi olla, ikkuna- tai oviaukollista seinälohkoa ei huomioida vaakaleikkausvoimakestävyydessä. (RIL 205-1-2017, 157–158.)



Kuva 23. Vaikuttavat voimat: 1. seinälohkossa, 2. puurungossa ja 3. levyssä (RIL 205-1-2017, 157).



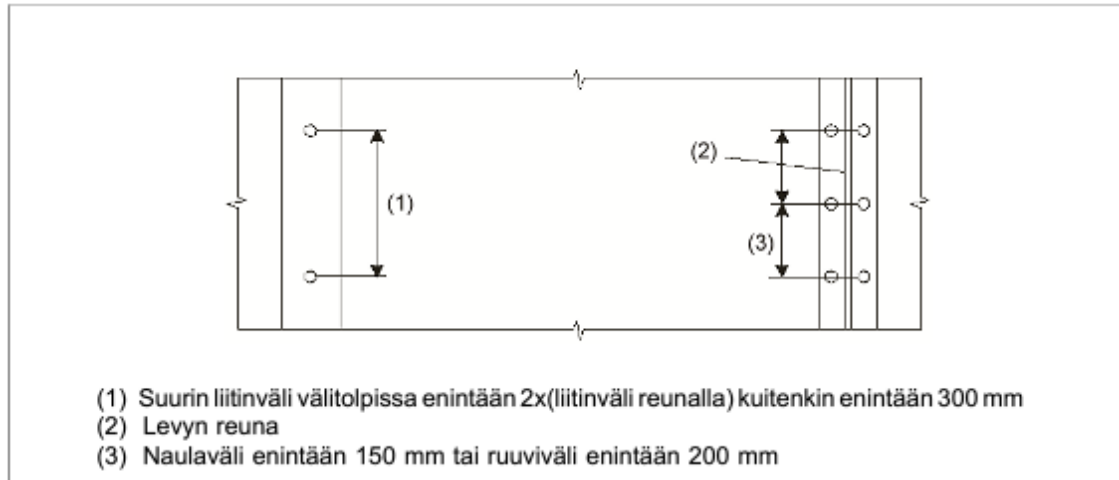
Kuva 24. Kaksiosainen jäykisteseinä ikkunallisella ja muita kapeammalla seinälohkolla (RIL 205-1-2017, 158).

Kuvan 24 voimat $F_{i,c,Ed}$ ja $F_{i,t,Ed}$ määritetään kaavalla 38, jossa h on seinän korkeus.

$$F_{i,c,Ed} = F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed} h}{b_i}$$

Kaava 38. Ulkoiset pystyvoimat $F_{i,c,Ed}/F_{i,t,Ed}$ (RIL 205-1-2017, 157).

Kuvassa 17 esitetään liitinvälit levyille käytettäessä yksinkertaistettua menetelmää jäykisteseinän laskemisessa. Levyn leikkauslommahdus tulee laskea, mikäli $b_{net}/t > 100$. Jotta keskitolppa muodostaisi tuen levyille, liitinvälin tulee olla siinä enintään kaksinkertainen reunojen liittimiin nähden. (RIL 205-1-2017, 158–159.)



Kuva 25. Levyn suurimmat sallitut liitinvälit (RIL 205-1-2017, 159).

6 YHTEENVETO

Liitteessä 1 on mitoitettu NR-ristikon kannatuspalkki. Liimapuu GL30cs kokoa 165 x 360 valittiin palkin materiaaliksi. Määrävin mitoitettava tekijä syntyi kuormitusyhdistelmällä 2, jolla syntyi suurin käyttöaste tukipaineelle sen ollessa 61 %. Kannatuspalkin oletetaan kantavan kaikki NR-ristikoilta tulevat kuormat, joten palkin alla olevaa yläohjauspuuta ei mitoitettu erikseen.

Liitteessä 2 on mitoitettu ulkoseinän runkotolppa. Mitoituksessa on oletettu tolppa nivellisesti tuetuksi, jonka heikompi suunta on tuettu nurjahdusta vastaan ja seinän päälle tulevan palkin olevan keskitetty siten, ettei sen päällä olevasta kuormasta synny epäkeskisyyttä. Runkotolppaksi saatiin mitoitetussa kohdassa 2 kappaletta sahatavara C24 kooltaan 48 x 225. Suurin käyttöaste tuli kuormitusyhdistelmällä 2 nurjahduskestävyydelle sen ollessa 61 %.

Liitteessä 3 on mitoitettu alaohjauspuu, jonka mitoitettava tekijä on leimapaine. Alaohjauspuun materiaaliksi valittiin liimapuu GL30cs 42 x 225. Leimapaineen käyttöasteeksi tuli 93 %.

Liitteessä 4 on mitoitettu levyjäykistys. Jäykistyslaskelma on tehty oletuksella, että rakennus on suorakulmio ja määräävä suunta on pitkä, matalampi sivu. Levyjäykisteeksi saatiin havuvaneri 30 x 1 600 x 3 600, joka naulataan runkotolppiin pyöreillä kone-nauloilla 2,8 x 75 40 mm:n välein. Vaakaleikkausvoiman käyttöasteeksi tuli tällöin 85 %.

Työssä saavutettiin pääpiirustukset ja osa rakennepiirustuksista. Lisäksi syntyi 3D-malli. Rakennus mallinnettiin paikalleen mäkiseen paikkaan. Tämä helpottaa hahmottamaan, kuinka paljon mahdollisesti joudutaan louhimaan kohteessa. Erikoisin piirre rakennuksessa on katon muoto sekä vaihtuva sisäkaton korkeus opetustiloissa. Kattoristikoiden toteuttamistapa saattaisi olla hankalin ratkaistava asia kohteessa ja niiden toteutuksesta tulisi neuvotella ristikkotoimittajan kanssa.

LÄHTEET

Kilpelä, Niina 2019. Esteetön rakennus ja ympäristö. 3.painos. Ympäristöministeriö. Rakennustieto Oy.

RIL 201-1-2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN1991-1.3, EN 1991-1-4. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 205-1-2017. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 243-2-2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 13080. Perusopetuksen tilat. Suunnittelun lähtökohdat. Viitattu 11.5.2021. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.turkuamk.fi/kortit/RT%20103080>.

RT 13081. Perusopetuksen tilat. Tilasuunnittelu. Viitattu 11.5.2021. https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.turkuamk.fi/kortit/RT%20103081?external_system=Juha&page=1.

Suomen Standardoimisliitto SFS 2021. SFS-EN 1991-1-3 + AC + A1. Viitattu 25.5.2021. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/414268.html.stx>.

Ympäristöministeriö 2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista. Viitattu 5.5.2021. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakentamisen-suunnittelutehtavien-vaativuusluokista-A7E116C5_7DAE_430D_8924_A6155D78B461-109187.pdf/5f086d96-51a5-a0e3-8e35-486e62251c60/Ymparistoministerion-ohje-rakentamisen-suunnittelutehtavien-vaativuusluokista-A7E116C5_7DAE_430D_8924_A6155D78B461-109187.pdf?t=1600745630090.

Ympäristöministeriö 2018. Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Viitattu 3.6.2021. http://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf/5e3efaa4-9566-17ae-83c6-2b5805fcaf9d/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_...

NR-ristikon kannatuspalkki

$K_{FI} := 1.0$	Kuormakerroin seuraamusluokassa CC2, jätetty esittämättä osassa kaavoja, taulukko 2
$g_{k1} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja yleensä, peltikate
$g_{k2} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja räystäään kohdalla
$s_k := 2.6 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma maassa (Lieto), kuva 11
$\mu_1 := 0.8$	Lumikuorman muotokerroin, kuva 12 ja taulukko 6
$q_{k1} := \mu_1 \cdot s_k = 2.08 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma katolla (Lieto)
$h := 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen kokonaiskorkeus

$$q_p(h) = q_{p0} \text{ ja } q_p(z) = q_p$$

$$q_{p0} := \left(0.01279 \cdot \left(\ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right)^2 + 0.0895 \cdot \ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right) \cdot \frac{kN}{m^2} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Puuskanopeuspaine harjan korkeudella, kaava 4.

$$q_p := q_{p0} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Rakennuksen mittoja

$h = 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen korkeus
$b := 25.2 \text{ m}$	Rakennuksen pituus
$d := 16.5 \text{ m}$	Rakennuksen leveys
$L_{NR} := 16.6 \text{ m}$	NR-ristikon suurin jänneväli
$L_{rt} := 5 \text{ m}$	Runkotolpan pituus

$$k := 0.6 \text{ m}$$

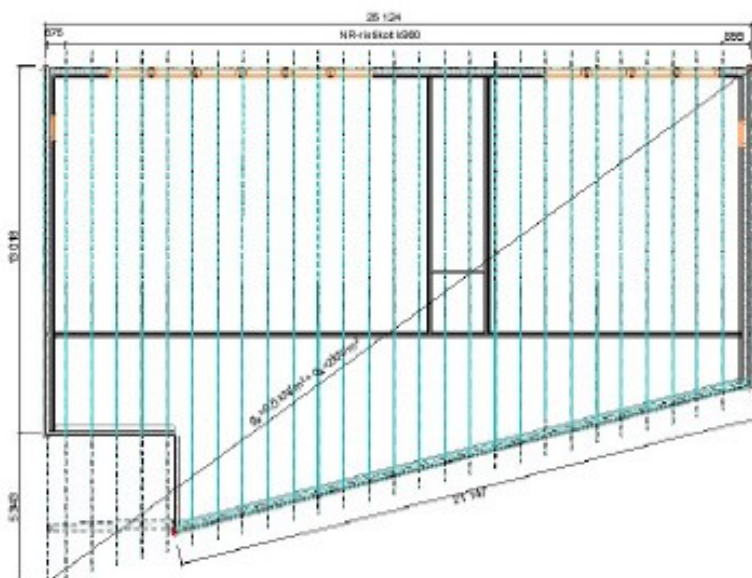
Räystään leveys

$$k_1 := 1596 \text{ mm}$$

Kuormitusleveys ikkunoiden välitolpalle

Perustietoja

- NR-ristikot kannatetaan seinän päällä olevalla palkilla
- NR-ristikoihin tehdään tehtaalla lovi kannatuspalkkia varten



Palkin materiaali

Liimapuu GL30cs, taulukko 15

$$f_{m,k,lp} := 28 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Taivutus syrjällään}$$

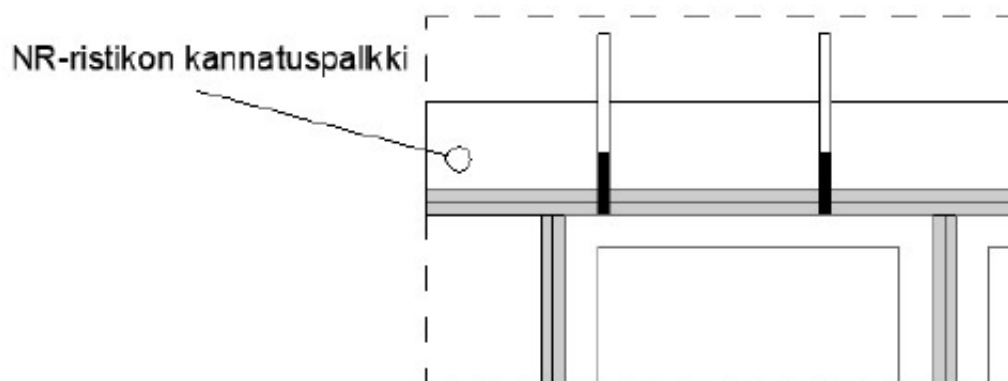
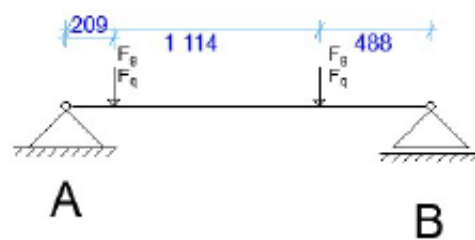
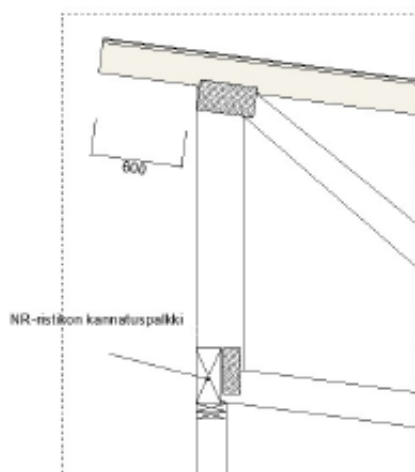
$$f_{v,k,lp} := 3.5 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Leikkaus syrjällään}$$

$$f_{c,90,k,lp} := 3 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Puristus poikittain syrjällään}$$

$$E_{mean,lp} := 13100 \text{ MPa} \quad \text{Kimmomoduuli}$$

$$\gamma_{M,lp} := 1.25 \quad \text{Materiaalin osavarmuusluku, taulukko 12}$$

$$E_{0.05,lp} := 10800 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Kimmomoduuli}$$



Ominaiskuormien aiheuttamat voimasuureet

$$L_{NR} = 16.6 \text{ m}$$

Ristikon jänneväli

$$L_{kp} := 2000 \text{ mm}$$

Ristikon kannatuspalkin jännitysväli

$$k = 0.6 \text{ m}$$

Räystään kuormitusleveys

$$s := 900 \text{ mm}$$

Ristikkojako

$$s_1 := 209 \text{ mm}$$

Pistekuorman etäisyys tuelta B

$$s_2 := 1114 \text{ mm}$$

Pistekuorman etäisyys tuelta B

$$s_3 := 488 \text{ mm}$$

Pistekuorman etäisyys tuelta A

$$F_{g,k} := \frac{L_{NR}}{2} \cdot s \cdot g_{k1} + k \cdot s \cdot g_{k2} = 3.843 \text{ kN} \quad \text{Ristikon tukireaktio yläpohjan omapainosta}$$

$$F_{q,k} := \left(\frac{L_{NR}}{2} + k \right) \cdot s \cdot q_{k1} = 16.661 \text{ kN} \quad \text{Ristikon tukireaktio lumikuormasta}$$

$$B_{g,k} := \frac{F_{g,k} \cdot s_1 + F_{g,k} \cdot s_2}{L_{kp}} = 2.542 \text{ kN} \quad \text{Palkin tukireaktiot yläpohjan omapainosta}$$

$$A_{g,k} := 2 \cdot F_{g,k} - B_{g,k} = 5.144 \text{ kN}$$

$$B_{q,k} := \frac{F_{q,k} \cdot s_1 + F_{q,k} \cdot s_2}{L_{kp}} = 11.021 \text{ kN} \quad \text{Palkin tukireaktiot lumikuormasta}$$

$$A_{q,k} := 2 \cdot F_{q,k} - B_{q,k} = 22.3 \text{ kN}$$

Maksimimomentti yläpohjan omapainosta ja lumikuormasta

$$M_{g,k} := B_{g,k} \cdot s_3 = 1.241 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{q,k} := B_{q,k} \cdot s_3 = 5.378 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksimi leikkausvoima omapainosta ja lumikuormasta

$$V_{g,k} := A_{g,k} = 5.144 \text{ kN} \quad V_{q,k} := A_{q,k} = 22.3 \text{ kN}$$

Palkin lähtötiedot

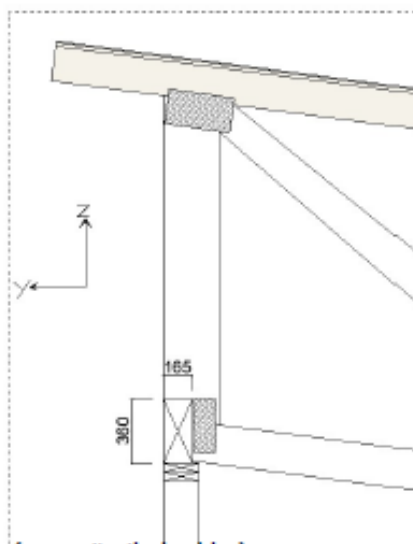
$$h_{lp} := 360 \text{ mm} \quad \text{kannatinpalkin korkeus}$$

$$b_{lp} := 165 \text{ mm} \quad \text{kannatinpalkin leveys}$$

Kuormitusyhdistelmät

KY1: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (pysyvä aikaluokka)

$$1.35 \cdot K_{FI} \cdot G_{kj} \text{ (omapaino)}$$



KY2: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (keskipitkä aikaluokka) määrävä muuttuva lumi

$$1.15 \cdot K_{FI} \cdot G_{kj}(\text{omapaino}) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k.1}(\text{lumi})$$

$$K_{FI} = 1$$

Jätetään pois kaavoista

Taivutuskestävyys KY1

$$M_{Ed.1} := 1.35 \cdot M_{g,k} = 1.675 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksimi taivutusmomentti

$$\sigma_{m.y.d.1} := \frac{6 \cdot M_{Ed.1}}{b_{lp} \cdot h_{lp}^2} = 0.47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Taivutusjännitys

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.6$$

Muunnoskerroin taulukko 13

$$k_h := \left(\frac{600}{h_{lp}} \right)^{0.1} = 1.052 \quad \leq 1.1 \quad \text{Kaava 10}$$

$$f_{m.d.lp} := \frac{f_{m.k.lp} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M.lp}} \cdot k_h = 14.144 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Taivutuslujuuden mitoitusarvo, kaava 9 lisätynä kertoimella k_h .

Mitoitusehto

$$\sigma_{m.y.d.1} \leq f_{m.d.lp}$$

Taivutuskestävyyden käyttöaste KY1

$$\frac{\sigma_{m.y.d.1}}{f_{m.d.lp}} = 0.033$$

Käyttöaste 3,3%

Kiepahduskestävyys

$$l_{ef,lp} := s + 2 \cdot h_{lp} = 1.62 \text{ m}$$

Palkin tehollinen pituus.

$$c := 0.70$$

$$\sigma_{m,crit} := \frac{c \cdot b_{lp}^2}{h_{lp} \cdot l_{ef,lp}} \cdot E_{0.05,lp} = 352.917 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Kaava 20}$$

$$\lambda_{rel,m} := \sqrt{\frac{f_{m,k,lp}}{\sigma_{m,crit}}} = 0.282$$

Palkin suhteellinen hoikkuus, kaava 19

$$k_{crit} := 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.349$$

Kaava 18

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} := \sigma_{m,y,d,1} = 0.47 \text{ MPa}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,d} = (4.699 \cdot 10^{-4}) \frac{kN}{mm^2} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d,lp} = 0.019 \frac{kN}{mm^2} \quad \text{Kaava 16}$$

Kiepahduksen käyttöaste KY1

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d,lp}} = 0.025$$

Käyttöaste 2,5 %

Leikkausvoimakestävyys KY1

$$V_d := 1.35 \cdot V_{g,k} = 6.944 \text{ kN}$$

Maksimi leikkausvoima

$$k_{cr} := 1$$

Palkki liimapuuta, s.42

$$b_{ef,lp} := k_{cr} \cdot b_{lp} = 165 \text{ mm}$$

Kaava 23

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef,lp} \cdot h_{lp}} = 0.175 \frac{N}{mm^2}$$

Leikkausjännitys

$$k_{mod} = 0.6$$

$$f_{v,k,lp} = (3.5 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

$$f_{v,d} := \frac{f_{v,k,lp} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M,lp}} = 1.68 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Leikkauslujuus}$$

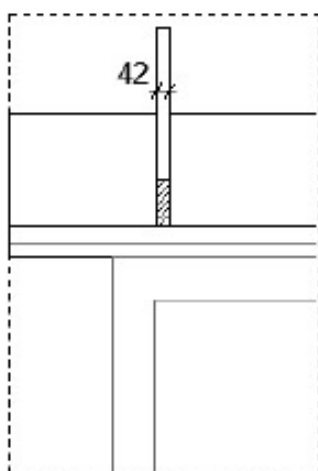
Mitoitusehto

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \text{Kaava 22}$$

Leikkausvoimakestävyyden käyttöaste KY1

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.104 \quad \text{Käyttöaste 10 \%}$$

Tukipainekestävyys palkissa KY1



$$F_d := 1.35 \cdot F_{g,k} = 5.188 \text{ kN} \quad \text{Tukireaktio}$$

$$l := 42 \text{ mm} \quad \text{NR-ristikon ainevahvuus}$$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{b_{lp} \cdot l} = 0.749 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Puristusjännitys palkissa}$$

Palkin puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$k_{mod} = 0.6$$

$$f_{c,90,d} := \frac{f_{c,90,k,lp} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M,lp}} = 1.44 \frac{N}{mm^2}$$

$k_{c,ks}$ -kerroin, tukipainekerroin

$$2 \cdot h_{lp} = 0.72 \text{ m} \quad s = 0.9 \text{ m} \quad k_{c,90} := 1.5 \quad \text{Liimapuu, s.42}$$

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm} \quad \text{Tehollinen kosketuspinnan pituus}$$

$$k_{c,lp} := \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = 3.643 \quad \text{Tukipainekerroin, kaava 25}$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,lp} \cdot f_{c,90,edge} \quad \text{Kaava 24}$$

Tukipaineen kestävyden käyttöaste KY1

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,lp} \cdot f_{c,90,d}} = 0.143 \quad \text{Käyttöaste 14 \%}$$

Taivutuskestävyys KY2

$$M_{Ed,2} := 1.15 \cdot M_{g,k} + 1.5 \cdot M_{q,k} = 9.494 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Maksimi taivutusmomentti}$$

$$\sigma_{m,y,d,2} := \frac{6 \cdot M_{Ed,2}}{b_{lp} \cdot h_{lp}^2} = 2.664 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Taivutusjännitys}$$

$$k_{crit} = 1.349$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{Taulukko 13, keskipitkä aikaluokka}$$

$$f_{m,d,2} := \frac{f_{m,k,lp} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M,lp}} = 17.92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Kaava 9}$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,y,d,2} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d,2} \quad \text{Kaava 16}$$

Taivutuskestävyyden käyttöaste KY 2

$$\frac{\sigma_{m,y,d,2}}{k_{crit} \cdot f_{m,d,2}} = 0.11 \quad \text{Käyttöaste 11 \%}$$

Kiepahduskestävyys KY2

$$l_{ef.lp} := s + 2 \cdot h_{lp} = 1.62 \text{ m}$$

Palkin tehollinen pituus.

$$c := 0.70$$

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c \cdot b_{lp}^2}{h_{lp} \cdot l_{ef.lp}} \cdot E_{0.05.lp} = 352.917 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Kaava 20}$$

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k.lp}}{\sigma_{m.crit}}} = 0.282$$

Palkin suhteellinen hoikkuus, kaava 19

$$k_{crit} := 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel.m} = 1.349$$

Kaava 18

Mitoitusehto

$$\sigma_{m.d} := \sigma_{m.y.d.2} = 2.664 \text{ MPa}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.d} = 0.003 \frac{kN}{mm^2} \quad \leq \quad k_{crit} \cdot f_{m.d.lp} = 0.019 \frac{kN}{mm^2} \quad \text{Kaava 16}$$

Kiepahduksen käyttöaste KY2

$$\frac{\sigma_{m.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d.lp}} = 0.14$$

Käyttöaste 14 %**Leikkausvoimakestävyys KY2**

$$V_{d.2} := 1.15 \cdot V_{g.k} + 1.5 \cdot V_{q.k} = 39.366 \text{ kN}$$

Maksimi leikkausvoima

$$b_{ef.lp.2} := b_{lp}$$

Palkki liimapuuta, $k_{\alpha} = 1$, ei vaikuta teholliseen leveyteen, s 42

$$\tau_{d.2} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{d.2}}{b_{ef.lp.2} \cdot h_{lp}} = 0.994 \frac{N}{mm^2}$$

Leikkausjännitys

$$k_{mod} := 0.8$$

Taulukko 13

$$f_{v.d} = 1.68 \frac{N}{mm^2}$$

Leikkauslujuus, ei muutu.

Mitoitusehto

$$\tau_{d,2} \leq f_{v,d}$$

Kaava 22

Leikkausvoimakestävyyden käyttöaste

$$\frac{\tau_{d,2}}{f_{v,d}} = 0.5917$$

Käyttöaste 59 %**Tukipainekestävyys palkissa KY2**

$$F_{d,2} := 1.15 \cdot F_{g,k} + 1.5 \cdot F_{q,k} = 29.411 \text{ kN}$$

Tukireaktio

$$l = 42 \text{ mm}$$

NR-ristikon leveys

$$\sigma_{c,90,d,2} := \frac{F_{d,2}}{b_{lp} \cdot l} = 4.244 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristusjännitys palkissa

Palkin puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$k_{mod} := 0.8$$

taulukko 13

$$f_{c,90,d,2} := \frac{f_{c,90,k,lp} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M,lp}} = 1.92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

 $k_{c,90}$ -kerroin

$$l_1 \geq 2 \cdot h_2$$

$$k_{c,90} = 1.5$$

Liimapuu, s.43

$$l_{c,90,ef} = 102 \text{ mm}$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$k_{c,lp} := \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = 3.643$$

Tukipainekerroin, kaava 25

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d,2} \leq k_{c,lp} \cdot f_{c,90,d,2}$$

Kaava 24

Tukipainekestävyyden käyttöaste KY 2

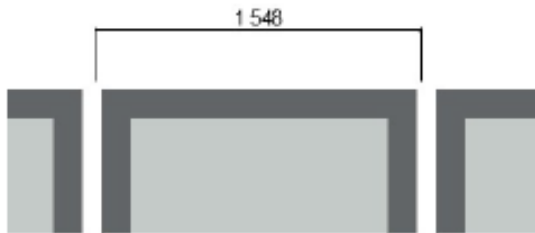
$$\frac{\sigma_{c,90,d,2}}{k_{c,lp} \cdot f_{c,90,d,2}} = 0.607$$

Käyttöaste 61 %

Taipuma KY2

$$L := 1548 \text{ mm}$$

Käytetty kannatuspalkille tulevaa suurinta jänneväliä ikkunan kohdalla.



$$I_y := \frac{b_{lp} \cdot h_{lp}^3}{12} = (6.415 \cdot 10^8) \text{ mm}^4 \quad \text{Palkin jäyhyysmomentti}$$

Yksinkertaistettu taipumalaskenta, kannatinpalkissa näin lyhyellä välillä ei ole mitoittava tekijä.:

$$w_{inst.G} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k1} \cdot \left(\frac{L_{NR}}{2}\right) \cdot L^4}{E_{mean.lp} \cdot I_y} = 0.037 \text{ mm}$$

$$w_{inst.Q} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k1} \cdot \left(\frac{L_{NR}}{2} + k\right) \cdot L^4}{E_{mean.lp} \cdot I_y} = 0.165 \text{ mm} \quad \text{Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista}$$

$$w_{inst} := w_{inst.G} + w_{inst.Q} = 0.202 \text{ mm}$$

Hetkellinen taipuma

Mitoitusehto

$$w_{net.fin} := \frac{L}{300} = 5.16 \text{ mm} \quad \text{Lopputaipuman mitoitusarvo, taulukko 20}$$

$$k_{jako} := s = 0.9 \text{ m}$$

$$k_{def} := 0.8$$

Käyttöluokka 1, taulukko 19

$$w_{fin.G} := (1 + k_{def}) \cdot w_{inst.G} = 0.066 \text{ mm} \quad \text{Kaava 33}$$

$$w_{fin.Q} := (1 + 0.2 \cdot k_{def}) \cdot w_{inst.Q} = 0.191 \text{ mm} \quad \text{Kaava 34}$$

$$w_{fin.1} := w_{fin.G} + w_{fin.Q} = 0.258 \text{ mm} \quad \text{Kaava 32}$$

$$w_{net.fin} \geq w_{fin.1}$$

Taipuman käyttöaste KY 2

$$\frac{w_{fin.1}}{w_{net.fin}} = 0.05$$

Käyttöaste 5 %

NR-ristikon kannatuspalkin dimensioksi saatiin liimapuu GL30 c 165x360.

Kannatuspalkki on mitoitettu siten, että se yksin kantaa NR-ristikoiden välittämät kuormat. Näin ollen kannatuspalkin alla lappeellaan olevia yläohjauspuita ei ole huomioitu laskelmassa.

Ulkoseinän runkotolpan mitoitus

Tolpat oletetaan nivelellisesti tuetuiksi, niiden heikompi suunta on tuettu nurjahdusta vastaan, seinän päällä oleva palkki oletetaan olevan keskeisesti siten, ettei epäkeskisyyttä ole kuormassa. Tuulikuormaa määrittäessä käytetään paikallisia nettopaine kertoimia.

$K_{FI} := 1.0$	Kuormakerroin seuraamusluokassa CC2, jätetty esittämättä osassa kaavoja, taulukko 2
$g_{k1} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja yleensä, peltikate
$g_{k2} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja räystään kohdalla
$s_k := 2.6 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma maassa (Lieto), kuva 11
$\mu_1 := 0.8$	Lumikuorman muotokerroin, kuva 17 ja taulukko 6
$q_{k1} := \mu_1 \cdot s_k = 2.08 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma katolla (Lieto)
$h := 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen kokonaiskorkeus

$$q_p(h) = q_{p0} \text{ ja } q_p(z) = q_p$$

$$q_{p0} := \left(0.01279 \cdot \left(\ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right)^2 + 0.0895 \cdot \ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right) \cdot \frac{kN}{m^2} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Puuskanopeuspaine harjan korkeudella, kaava 4.

$$q_p := q_{p0} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Rakennuksen mittoja

$h := 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen korkeus
$b := 25.2 \text{ m}$	Rakennuksen pituus
$d := 16.5 \text{ m}$	Rakennuksen leveys

$$L_{NR} := 16.6 \text{ m}$$

NR-ristikon suurin jänneväli

$$L_{rt} := 5.166 \text{ m}$$

Runkotolpan pituus

$$k := 0.6 \text{ m}$$

Räystään leveys

$$k_1 := 1596 \text{ mm}$$

Kuormitusleveys ikkunoiden välitolpalle

Materiaaliominaisuudet

Sahatavara C24, taulukko 14

$$f_{c,0,k,c24} := 21 \frac{N}{mm^2}$$

Puristuskestävyys syysuuntaan

$$f_{c,90,k,c24} := 2.5 \frac{N}{mm^2}$$

Puristuskestävyys syysuuntaa vastaan kohtisuorassa

$$f_{m,k,c24} := 24 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuskestävyys

$$E_{0,mean,c24} := 11000 \frac{N}{mm^2}$$

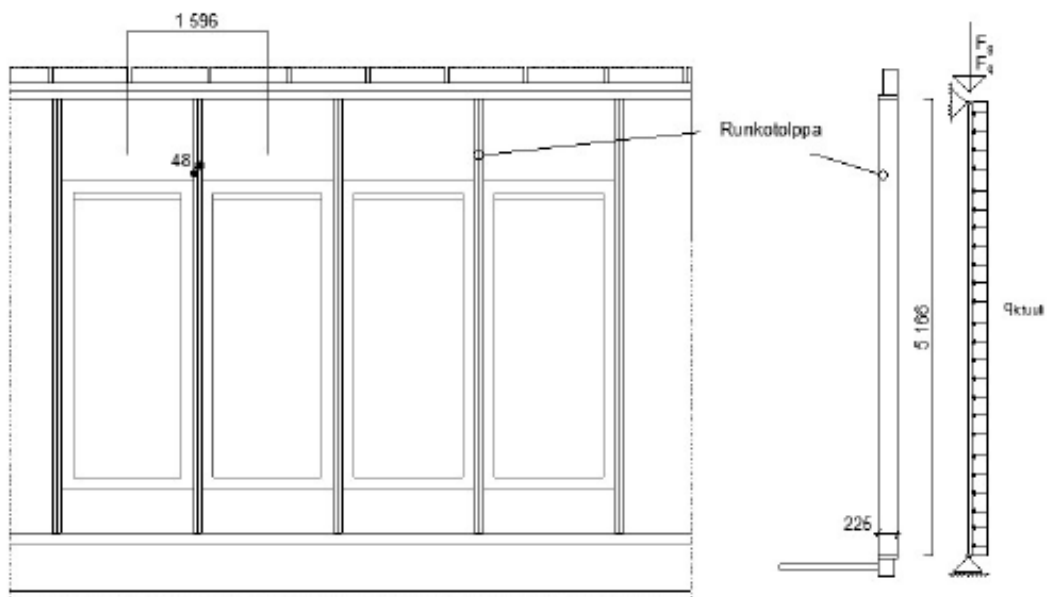
Kimmomoduuli

$$E_{0,05,c24} := 4700 \frac{N}{mm^2}$$

$$\gamma_{M,c24} := 1.3$$

Materiaalin osavarmuusluku, taulukko 12

Runkotolpan mitat



$$b_{rt} := 2 \cdot 48 \text{ mm}$$

Runkotolpan poikkileikkauksen leveys

$$h_{rt} := 225 \text{ mm}$$

Runkotolpan poikkileikkauksen pituus

$$A := h_{rt} \cdot b_{rt} = 21600 \text{ mm}^2$$

Tolpan poikkileikkausala

$$d = 16.5 \text{ m}$$

$$\lambda := \frac{2 \cdot h}{b} = 0.585 \quad \text{Rakennuksen hoikkuusluku}$$

$$d_1 := 11.342 \text{ m} \quad \text{Lyhyempi sivu}$$

$$A_{ref} := h \cdot b = 185.875 \text{ m}^2$$

$$x := \frac{d_1}{b} = 0.45$$

$$c_s := 1 \quad c_d := 1 \quad \text{s.26}$$

$$c_f := 1.2 + \frac{1.37 - 1.2}{0.5 - 0.2} \cdot (x - 0.2) = 1.342$$

Voimakerron interpoloituina, taulukko 9

$$k_1 = 1.596 \text{ m} \quad k = 0.6 \text{ m}$$

Kuormitusleveys ikkunan kohdalla ja räystäs määritetty aiemmin.

$$F_{w,k} := c_s \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_{p0} \cdot A_{ref} = 106.6 \text{ kN}$$

Kaava 5

Pystykuorma tolपालle yläpohjan omapainosta

$$N_{g,k} := \frac{L_{NR}}{2} \cdot k_1 \cdot g_{k1} + k \cdot k_1 \cdot g_{k2} = 6.815 \text{ kN}$$

Pystykuorma tolपालle lumikuormasta

$$N_{q,k1} := \frac{L_{NR}}{2} \cdot k_1 \cdot q_{k1} + k \cdot k_1 \cdot q_{k1} = 29.545 \text{ kN}$$

Kuormitusyhdistelmät

Mahdolliset kuormitusyhdistelmät:

KY1: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (pysyvä aikaluokka)

$$1.35 \cdot K_{FI} \cdot G_{kj} (\text{omapaino})$$

KY2: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (keskipitkä aikaluokka) määrävä muuttuva lumi

$$1.15 \cdot K_{FI} \cdot G_{kj} (\text{omapaino}) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,1} (\text{lumi})$$

KY3: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (hetkellinen aikaluokka), määrävä muuttuva tuuli

$$1.15 \cdot K_{FI} \cdot G_{kj} (\text{omapaino}) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,t} (\text{lumi}) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_{0,tuuli} \cdot Q_{k,1} (\text{tuuli})$$

KY4: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (hetkellinen aikaluokka), määrävä muuttuva tuuli

$$1.15 \cdot K_{FI} \cdot G_{kj} (\text{omapaino}) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,t} (\text{tuuli}) + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_{0,lumi} \cdot Q_{k,1} (\text{lumi})$$

$$\psi_{0,tuuli} := 0.6$$

$$\psi_{0,lumi} := 0.7$$

Taulukko 11

Nurjahduskestävyys (Z-suuntaan) KY1

$$N_{d,1} := 1.35 \cdot N_{g,k} = 9.2 \text{ kN}$$

Maksimi normaalivoima

$$L_{c,z} := 1.0 \cdot L_{rt} = 5.166 \text{ m}$$

Nurjahduspituus

$$I_y := \frac{h_{rt}}{\sqrt{12}} = 64.952 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen

$$\lambda_y := \frac{L_{c,z}}{I_y} = 79.536$$

Runkotolpan hoikkuus luku, kaava 26

$$\beta_c := 0.2$$

Sauvan alkukäyräyden huomioiva kerroin, s.44

$$\lambda_{rel,y} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k,c24}}{E_{0,05,c24}}} = 1.692$$

$$k_y := 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2) = 2.071$$

$$k_{c,y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0.306 \quad \text{Kaavat 28-30}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c,0,d} := \frac{N_{d,1}}{b_{rt} \cdot h_{rt}} = 0.426 \frac{N}{mm^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod,1} := 0.6 \quad \text{Taulukko 13}$$

$$f_{c,0,d} := \frac{f_{c,0,k,c24} \cdot k_{mod,1}}{\gamma_{M,c24}} = 9.692 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,0,d} = 0.426 \frac{N}{mm^2} \quad \leq \quad k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} = 2.968 \frac{N}{mm^2}$$

Nurjahduskestävyyden käyttöaste KY1

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = 0.143$$

Käyttöaste 14 %

Nurjahduskestävyys (Z-suuntaan) KY2

Maksimi normaalivoima

$$N_{d,2} := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.5 \cdot N_{q,k1} = 52.155 \text{ kN}$$

Nurjahduskerroin

$$L_{c,z} = 5.166 \text{ m}$$

$$\lambda_y = 79.536$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c,0,d,2} := \frac{N_{d,2}}{b_{rt} \cdot h_{rt}} = 2.415 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod,2} := 0.8 \quad \text{Taulukko 13}$$

$$f_{c,0,d} := \frac{f_{c,0,k,c24} \cdot k_{mod,2}}{\gamma_{M,c24}} = 12.923 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,0,d,2} = 2.415 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} = 3.958 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Nurjahduskestävyyden käyttöaste KY2

$$\frac{\sigma_{c,0,d,2}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = 0.61 \quad \text{Käyttöaste 61 \%}$$

Nurjahduskestävyys (Z-suuntaan) KY3

Maksimi normaalivoima

$$N_{d,3} := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.5 \cdot N_{q,k1} = 52.155 \text{ kN}$$

Tolpan taivutusmomentti tuulikuormasta

$$A_{net} := k \cdot h = 4.426 \text{ m}^2 \quad \text{Kuormituspinta-ala runkotolpalle}$$

$$c_{p,net} := -1.4 + \frac{-1.1 - -1.4}{10 - 1} \cdot \left(\frac{A_{net}}{m^2} - 1 \right) = -1.286$$

Tuulenpaineen nettopaine kerroin seinän keskialueella (taulukko 9) interpoloituina.

Yksinkertaistuksen vuoksi käytetään koko ajan $c_{p,net}$ kerrointa.

$$q_{w,3} := 1.5 \cdot \psi_{0,tuuli} \cdot k_1 \cdot |c_{p,net}| \cdot q_{p0} = 0.789 \frac{kN}{m}$$

$$M_{w,3} := \frac{q_{w,3} \cdot (L_{rt})^2}{8} = 2.633 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Tuulesta johtuva taivutusmomentti

Nurjahduskerroin

$$L_{c,z} = 5.166 \text{ m}$$

$$I_y = 64.952 \text{ mm}^4$$

$$\lambda_y := \frac{L_{c,z}}{I_y} = 79.536$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c,0,d,3} := \frac{N_{d,3}}{b_{rt} \cdot h_{rt}} = 2.415 \frac{N}{mm^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod,3} := 1.1 \quad \text{Taulukko 13}$$

$$f_{c,0,d,3} := \frac{f_{c,0,k,c24} \cdot k_{mod,3}}{\gamma_{M,c24}} = 17.769 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d,3} := \frac{6 \cdot M_{w,3}}{b_{rt} \cdot h_{rt}^2} = 3.251 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod,3} := 1.1$$

$$f_{m,y,d,3} := \frac{f_{m,k,c24} \cdot k_{mod,3}}{\gamma_{M,c24}} = 20.308 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto ja käyttöaste nurjahdukselle KY3

$$\frac{\sigma_{m,y,d.3}}{f_{m,y,d.3}} \frac{\sigma_{c.0,d.3}}{k_{c,y} \cdot f_{c.0,d.3}} = 0.071 \quad \square \leq 1 \quad \text{Käyttöaste 7 \%}$$

Nurjahduskestävyys (Z-suuntaan) KY4

Maksimi normaalivoima

$$N_{d.4} := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.5 \cdot \psi_{0,lumi} \cdot N_{q,k1} = 38.86 \text{ kN}$$

Nurjahduskerroin

$$L_{c,z} := 1.0 \cdot L_{rt} = (5.166 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$\lambda_y = 79.536$$

$$k_{c,y} = 0.306$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0,d.4} := \frac{N_{d.4}}{b_{rt} \cdot h_{rt}} = 1.799 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod.4} := 1.1$$

Muunnoskerroin, taulukko 13

$$f_{c.0,d.4} := \frac{f_{c.0,k,e24} \cdot k_{mod.4}}{\gamma_{M,e24}} = 17.769 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Maksimi taivutusmomentti

$$q_{w.4} := 1.5 \cdot k_1 \cdot |c_{p,net}| \cdot q_{p0} = 1.316 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{d.4} := \frac{q_{w.4} \cdot (L_{rt})^2}{8} = 4.389 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d.4} := \frac{6 \cdot M_{d.4}}{b_{rt} \cdot h_{rt}^2} = 5.418 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod,4} := 1.1$$

$$f_{m,y,d,4} := \frac{f_{m,k,c24} \cdot k_{mod,4}}{\gamma_{M,c24}} = 20.308 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto ja käyttöaste nurjahdukselle KY4

$$\frac{\sigma_{m,y,d,4}}{f_{m,y,d,4}} \frac{\sigma_{c,0,d,4}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d,4}} = 0.088 \leq 1 \quad \text{Käyttöaste 9 \%}$$

Runkotolpan materiaali C24 48x225

Alaohjauspuun leimapaine

Mitoitetaan pitkän sivun kahden ison ikkunan välisen runkotolpan (2*48 mm) aiheuttama leimapaine.

$K_{FI} := 1.0$	Kuormakerroin seuraamusluokassa CC2, jätetty esittämättä osassa kaavoja, taulukko 2
$g_{k1} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja yleensä, peltikate
$g_{k2} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja räystäään kohdalla
$s_k := 2.6 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma maassa (Lieto), kuva 11
$\mu_1 := 0.8$	Lumikuorman muotokerroin, kuva 17 ja taulukko 6
$q_{k1} := \mu_1 \cdot s_k = 2.08 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma katolla (Lieto)
$h := 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen kokonaiskorkeus

$$q_p(h) = q_{p0} \text{ ja } q_p(z) = q_p$$

$$q_{p0} := \left(0.01279 \cdot \left(\ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right)^2 + 0.0895 \cdot \ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right) \cdot \frac{kN}{m^2} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Puuskanopeuspaine harjan korkeudella, kaava 4.

$$q_p := q_{p0} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Rakennuksen mittoja

$h := 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen korkeus
$b := 25.2 \text{ m}$	Rakennuksen pituus
$d := 16.5 \text{ m}$	Rakennuksen leveys

$L_{NR} := 16.6 \text{ m}$	NK-nstikon suunn jannevaii
$L_{rt} := 5 \text{ m}$	Runkotolpan pituus
$k := 0.6 \text{ m}$	Räystään leveys
$k_1 := 1596 \text{ mm}$	Kuormitusleveys ikkunoiden välitolpalle

Kuormat

Pystykuorma tolalle yläpohjan omapainosta

$$N_{g,k} := \frac{L_{NR}}{2} \cdot k_1 \cdot g_{k1} + k \cdot k_1 \cdot g_{k2} = 6.815 \text{ kN}$$

Pystykuorma tolalle lumikuormasta

$$N_{q,k1} := \frac{L_{NR}}{2} \cdot k_1 \cdot q_{k1} + k \cdot k_1 \cdot q_{k1} = 29.545 \text{ kN}$$

Kuormitusyhdistelmät kaava 7, K_{FI} jätetty esittämättä.

KY1: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (pysyvä aikaluokka)

$$1.35 \cdot G_{kj}(\text{omapaino}) \quad N_{d1} := 1.35 \cdot N_{g,k} = 9.2 \text{ kN}$$

KY2: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (keskipitkä aikaluokka)

$$1.15 \cdot G_{kj}(\text{omapaino}) + 1.5 \cdot Q_{k,1}(\text{lumi})$$

$$N_{d2} := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.5 \cdot N_{q,k1} = 52.155 \text{ kN}$$

Mitoittava kuorma

$$N_{Ed} := \max(N_{d1}, N_{d2}) = 52.155 \text{ kN}$$

Materiaali

Liimapuu GL30cs

$$f_{c,90,k} := 3 \text{ MPa}$$

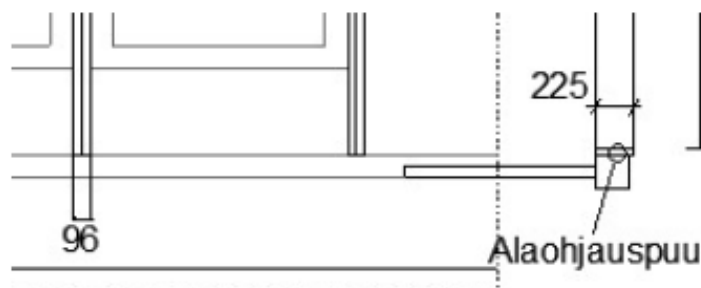
Taulukko 14

$$\gamma_M := 1.3$$

Materiaalin osavarmuusluku taulukko 12

$$k_{mod} := 0.8$$

Käyttöluokka 1 ja lumi/omapaino
>> keskipitkä, taulukko 13



Tolpan lähtötiedot

$$b_{rt} := 2 \cdot 48 \text{ mm}$$

Runkotolpan poikkileikkauksen leveys

$$h_{rt} := 225 \text{ mm}$$

Runkotolpan poikkileikkauksen pituus

$$A_{rt} := h_{rt} \cdot b_{rt} = 21600 \text{ mm}^2$$

Tolpan poikkileikkausala

$$h_{aop} := 42 \text{ mm}$$

Alaohjauspuun korkeus

$$b_{aop} := 225 \text{ mm}$$

Alaohjauspuun leveys

Puristuslujuus syitä vastaan kohtisuoraan

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.846 \text{ MPa}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo, kaava 9

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

$$F_{c,90,d} := N_{Ed} = 52.155 \text{ kN}$$

Syitä vastaan kohtisuoran puristavan kuorman mitoitusarvo

$$l := b_{rt} = 96 \text{ mm}$$

Kosketuspituus

$$k_{seinä} := 600 \text{ mm}$$

k- jako seinässä

$$l_1 := k_{seinä} - l = 0.504 \text{ m}$$

Runkotolppien sisäpintojen välinen etäisyys

$$l_{lisä} := \min\left(30 \text{ mm}, l, \frac{l_1}{2}\right) = 30 \text{ mm}$$

Etäisyys, joka lisätään kosketuspituuteen s.43

$$l_{c,90,ef} := l_{iis\bar{a}} + l + l_{iis\bar{a}} = 156 \text{ mm}$$

Tehollinen kosketuspituus, lisäys molemmin puolin

$$A_{ef} := b_{rt} \cdot l_{c,90,ef} = (1.498 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Tehollinen kosketuspinnan ala

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} = 3.483 \text{ MPa}$$

Puristusjännityksen mitoitusarvo syitä vastaan kohtisuorassa puristuksessa

$$l_1 = 504 \text{ mm} \quad \geq \quad 2 \cdot b_{rt} = 192 \text{ mm}$$

>> Voidaan käyttää suurempaa $k_{c,90}$ arvoa kuin 1.0

$$k_{c,90} := 1.25$$

Sahatavara, s. 43

$$k_{c,L} := \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = 2.031$$

Tukipaine kerroin, kaava 25

Mitoitusehto, kaava 24

$$\sigma_{c,90,d} = 3.483 \text{ MPa} \quad \leq \quad k_{c,L} \cdot f_{c,90,d} = 3.75 \text{ MPa}$$

Syysuuntaa vastaan kohtisuoran puristuksen käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,L} \cdot f_{c,90,d}} = 0.929$$

Käyttöaste 93%

Valitaan alaohjauspuuksi GL30cs 42x225.

Jäykistys

Tässä laskelmassa on yksinkertaistettu niin, että on otettu lounaissivu mitoitettavaksi ja siitä matalamman pään korkeus määrävääksi korkeudeksi. Lisäksi on otettu kuormituslaksi matalampi pitkä sivu, koska toinen reuna tulee olemaan suojaisalla puolella.

$K_{FT} := 1.0$	Kuormakerroin seuraamusluokassa CC2, jätetty esittämättä osassa kaavoja, taulukko 2
$g_{k1} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja yleensä, peltikate
$g_{k2} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja räystäään kohdalla
$s_k := 2.6 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma maassa (Lieto), kuva 11
$\mu_1 := 0.8$	Lumikuorman muotokerroin, kuva 12 ja taulukko 6
$q_{k1} := \mu_1 \cdot s_k = 2.08 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma katolla (Lieto)
$h := 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen kokonaiskorkeus

$$q_p(h) = q_{p0} \text{ ja } q_p(z) = q_p$$

$$q_{p0} := \left(0.01279 \cdot \left(\ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right)^2 + 0.0895 \cdot \ln \left(\frac{7.8}{0.3} \right) \right) \cdot \frac{kN}{m^2} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Puuskanopeuspaine harjan korkeudella, kaava 4

$$q_p := q_{p0} = 0.427 \frac{kN}{m^2}$$

Rakennuksen mittoja

$h := 7.376 \text{ m}$	Rakennuksen korkeus
$b := 25.2 \text{ m}$	Rakennuksen pituus
$d := 16.5 \text{ m}$	Rakennuksen leveys

$L_{NR} := 16.6 \text{ m}$	NR-ristikon suurin jänneväli
$L_{rt} := 5 \text{ m}$	Runkotolpan pituus
$k := 0.6 \text{ m}$	Räystään leveys
$k_1 := 1596 \text{ mm}$	Kuormitusleveys ikkunoiden välitolpalle
$h_{sokkeli} := 600 \text{ mm}$	
$h_{matala} := 5742 \text{ mm}$	
$b := 25.2 \text{ m}$	Rakennuksen pituus
$d := 16.5 \text{ m}$	Rakennuksen leveys suurimmillaan
$d_{louvat} := 11.4 \text{ m}$	Rakennuksen leveys
$c_s c_d := 1$	Varmalla puolella
$x := \frac{d}{b} = 0.655$	
$c_f := 1.2 + \frac{1.37 - 1.2}{0.5 - 0.2} \cdot (x - 0.2) = 1.458$	Voimakerroin interpoloituina, taulukko 9

Tuulikuorma yksinkertaistaen laskettuna.

$\frac{h_{matala}}{b} = 0.228$	Korkeuden suhde leveyteen
$e := \min(b, 2 h) = 14.752 \text{ m}$	
$A_a := h \cdot \frac{e}{5} = 21.762 \text{ m}^2$	Kaikki pinta-alat yli 10 m ²
$\psi_{0.1} := 0.7$	$\gamma_Q := 1.5$
	$\gamma_{G,sup} := 1.15$

Jäykisteseinän kuorma murtorajatilassa

$A_{ref} := h \cdot b = 185.875 \text{ m}^2$	
$F_{w,k} := c_f \cdot q_p \cdot A_{ref} = 115.795 \text{ kN}$	Kokonaistuulikuorma, kaava 5

Jotta saadaan tasainen kuorma, joka huomioi katon muodon tulee kokonaistuulikuorma $F_{w,k}$ jakaa $0.8 \cdot A_{ref}$ tai hyödyntää kerrointa 1.25.

$$q_{w,k} := \frac{F_{w,k}}{0.8 A_{ref}} = 0.779 \frac{kN}{m^2} \quad \text{tai} \quad q_{w,k} := 1.25 \cdot c_f \cdot q_p = 0.779 \frac{kN}{m^2}$$

Seinän yläosaan vaikuttava viivakuorma.

$$w_k := 1.25 \cdot c_f \cdot q_p \cdot (h - 0.2 \cdot h) = 4.595 \frac{kN}{m}$$

$$F_d := \gamma_Q \cdot w_k \cdot \frac{b}{2} = 86.847 \text{ kN} \quad \text{Jäykistävälle seinälle tuleva kuorma.}$$

Jäykisteseinän lähtötiedot.

Liitettäessä levyjä yhteen tulee huolehtia siitä että kuormat siirtyvät alaspäin.

$$h_{seinä} := 5612 \text{ mm}$$

Hyödynnettävä seinän korkeus

$$t := 30 \text{ mm}$$

Vanerin paksuus

$$d_{naula} := 2.8 \text{ mm}$$

Naulan halkaisija

$$b_3 := \frac{h_{seinä}}{4} = 1.403 \text{ m}$$

Seinälohkon minimileveys

$$b_{lohko} := 1800 \text{ mm}$$

$$n_{lohko} := 5$$

$$t_2 := 75 \text{ mm} - t = 45 \text{ mm}$$

Tunkeuma

$$12 \cdot d_{naula} = 33.6 \text{ mm}$$

$$s := 40 \text{ mm}$$

Liitinväli

$$\gamma_M := 1.3$$

Vanerin osavarmuusluku, taulukko 12

$$k_{mod} := 1.3$$

Muunnoskerroin, taulukko 13

Naulan leikkauskestävyys

$$k_p := 1$$

C24, ominaistiheys 290 kg/m³, taulukko 14, kaava 14

$$R_k := 120 \cdot 2.1^{1.7} \cdot N = 423.598 \text{ N}$$

Kaava 11

$$k_t := \left(0.5 + \frac{t}{12 \cdot d_{\text{naula}}} \right) \cdot k_p = 1.393 \quad \text{Kaava 13}$$

$$R_d := \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 590.012 \text{ N}$$

Naulan mitoitusarvo leikkauskestävyydelle, ei pienennetty, koska riittävä tunkeuma, kaava 12.

Naulan mitoitusarvoa voi suurentaa kertoimella 1,2. S.49.

$$F_{f.Rd} := R_d \cdot 1.2 = 708.014 \text{ N}$$

Seinälohkon vaakaleikkausvoimakestävyys

$$b_{\text{lohko}} = 1.8 \text{ m}$$

$$c_i := \frac{2 \cdot b_{\text{lohko}}}{h_{\text{seinä}}} = 0.641$$

$$F_{i.v.Rd} := \frac{F_{f.Rd} \cdot b_{\text{lohko}} \cdot c_i}{s} = 20.438 \text{ kN} \quad \text{Kaava 37}$$

$$\frac{(600 \text{ mm} - 2 \cdot 46 \text{ mm})}{t} = 16.933 \quad \leq \quad 100$$

Ei tarvitse tarkistaa leikkauslommahdusta.

Seinän vaakaleikkausvoimakestävyys

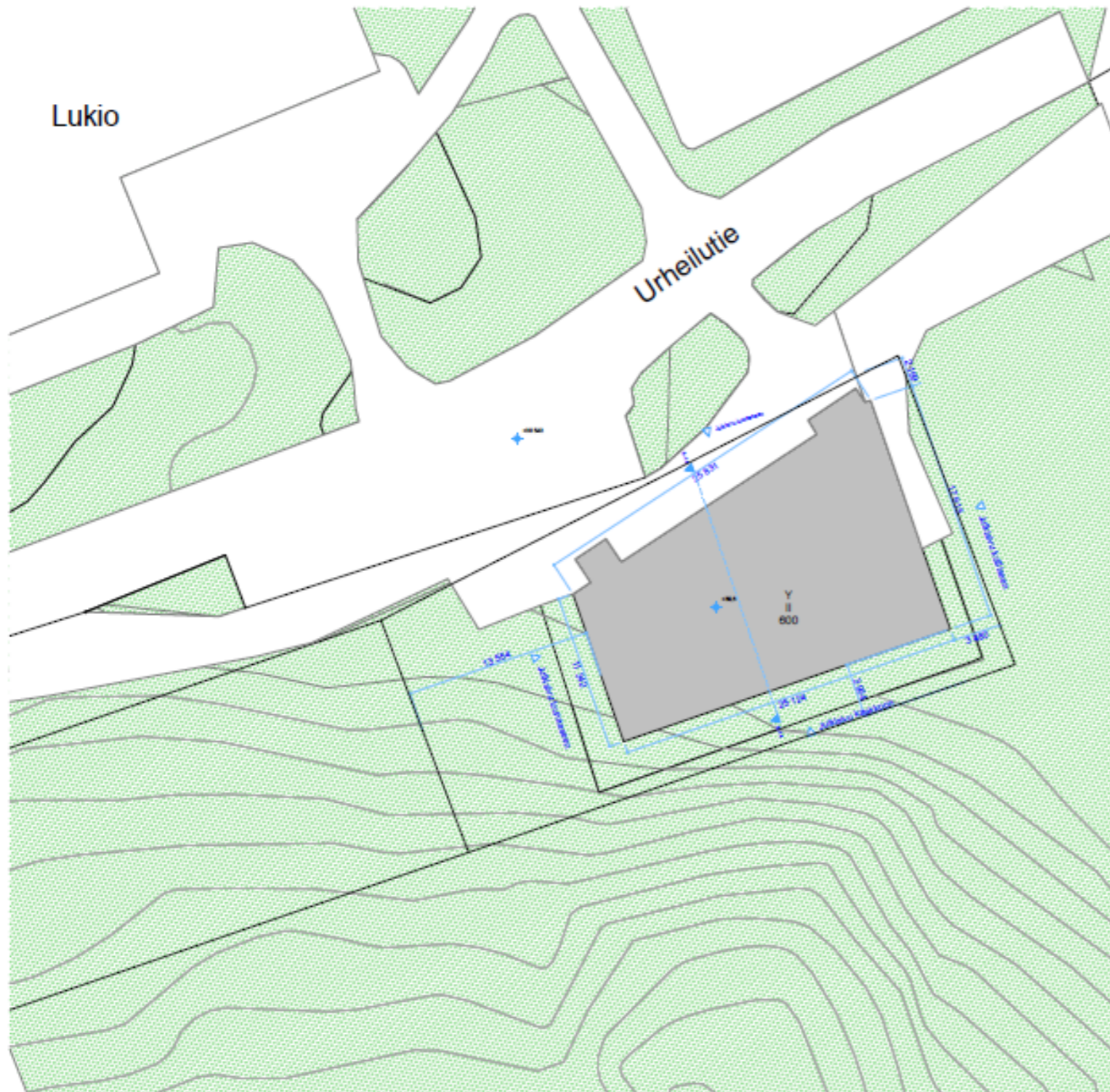
$$F_{v.d} := n_{\text{lohko}} \cdot F_{i.v.Rd} = 102.19 \text{ kN}$$

$$F_d = 86.847 \text{ kN}$$

Jäykisteseinän käyttöaste

$$\frac{F_d}{F_{v.d}} = 0.85 \quad \text{Käyttöaste 85\%}$$

Jäykisteenä käytetään havuvaneria 30/1600/3600, joka kiinnitetään runkotolppiin pyöreillä konenauloilla 2.8*75 40 mm välein.



Lieto
Kirkonseutu
kortteli 14029

Rakennetaan opetustilat

Bruttoala 375,6 m²

Kerrosluku 1
Palotekninen luokka P3

Rakennus lämmitetään kaukolämmöllä.

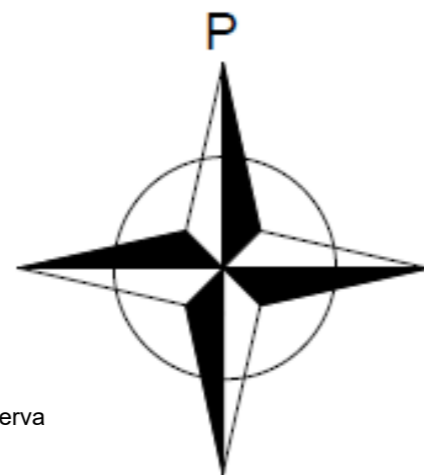
- Rakennus liitetään kunnalliseen viemäriverkostoon
- Kattovedet johdetaan sadevesiviemäriin
- Maanpinnan kallistukset sokkelista pois päin 3m:n matkalla min. 1:20
- Pintavedet johdetaan sadevesikaivoihin ja edelleen sadevesiviemäriin

Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Julkaisupäivä

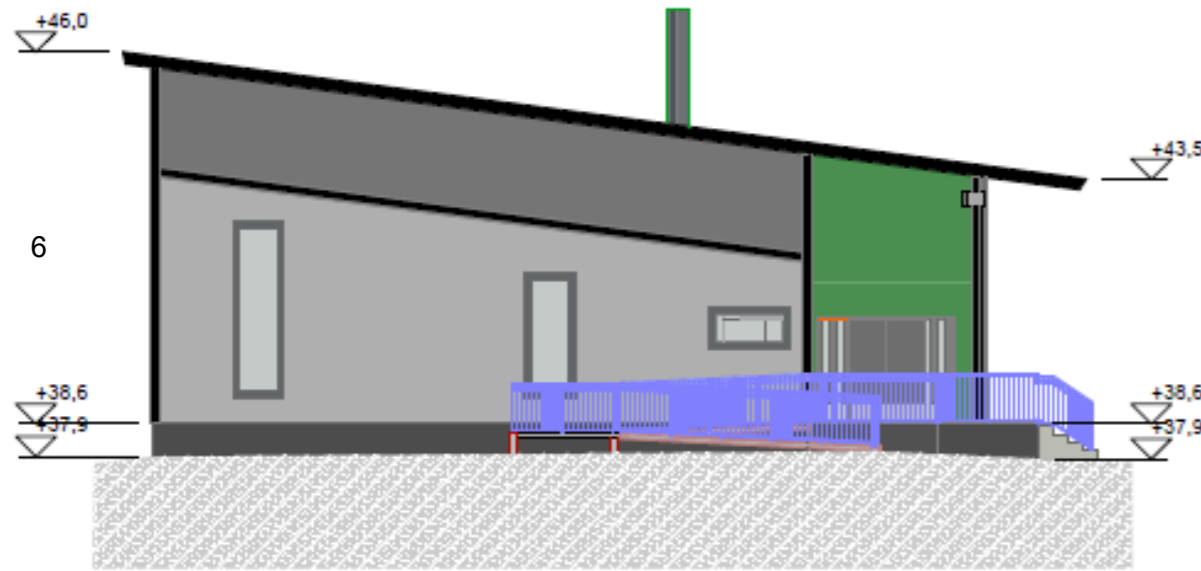
-2.

Asemapiirustus

1:400

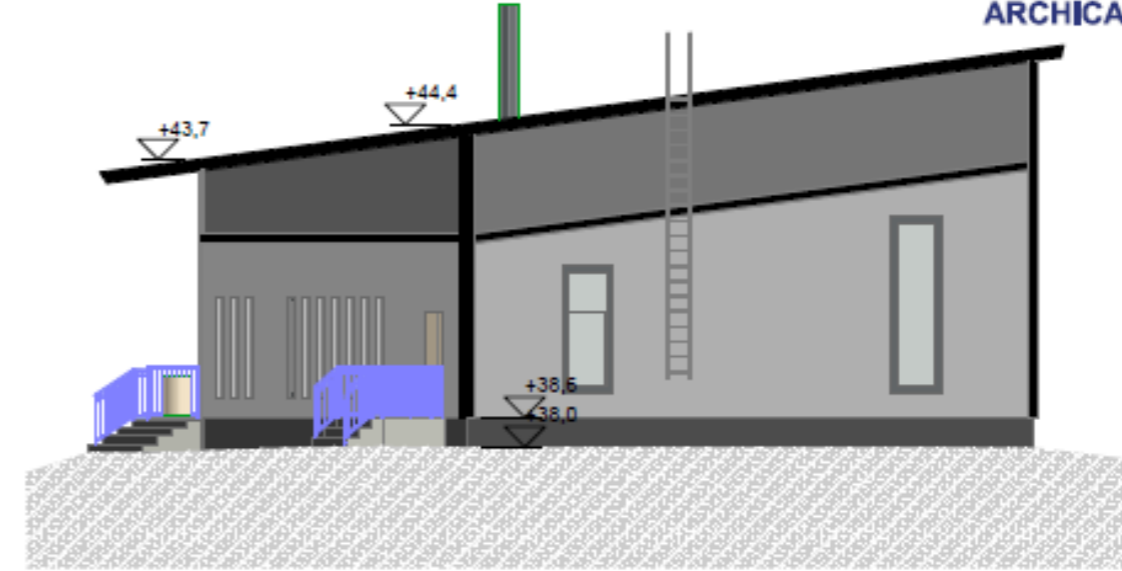


Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila #Kortteli/tila	Tontti/Rnro #Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus 0000			
Rakennustoimenpide Uudiskohde		Piirustustyyppi Pohjapiirustukset	Julkaisu nro 20
Rakennuskohde Liedon Musamaja Urheilutie 2a 21421 Lieto		Piirustuksen sisältö Asemakaava	Mittakaava 1:400
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero 0440427178		Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID A.01.2
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Noora Kanerva RI, opiskelija 26.5.2021		Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi musamajaUUSI.pln



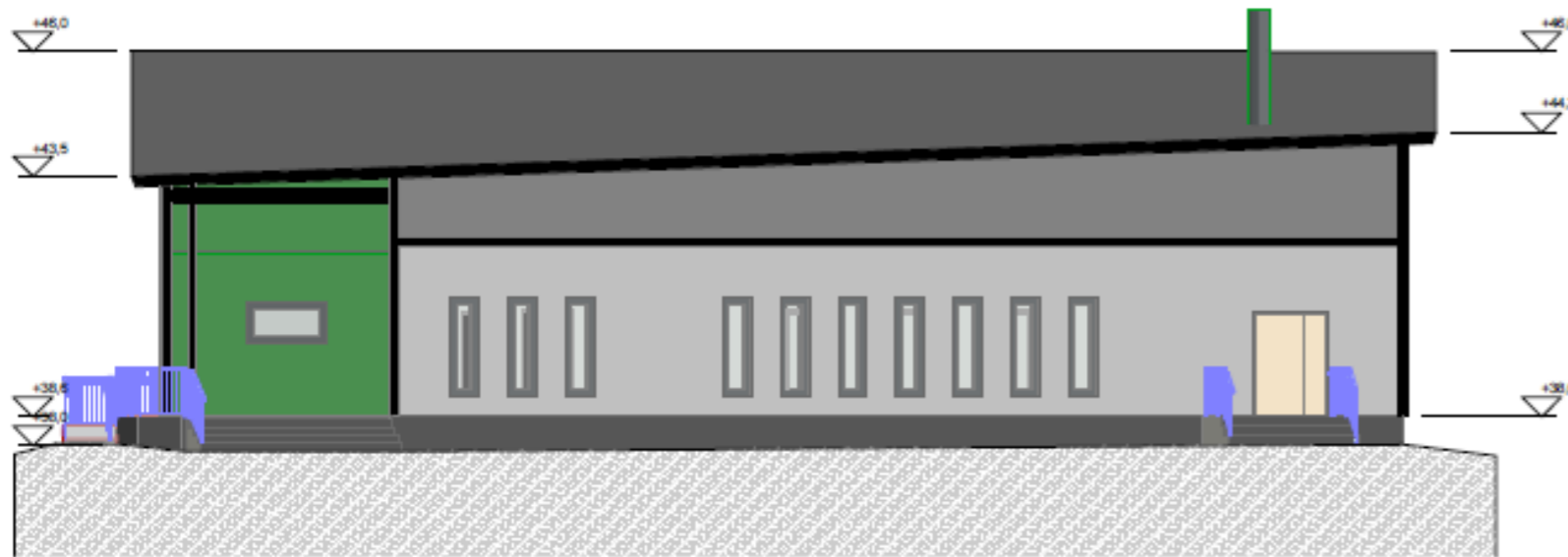
Julkisivu koilliseen

1:150



Julkisivu lounaaseen

1:150



Julkisivu luoteeseen

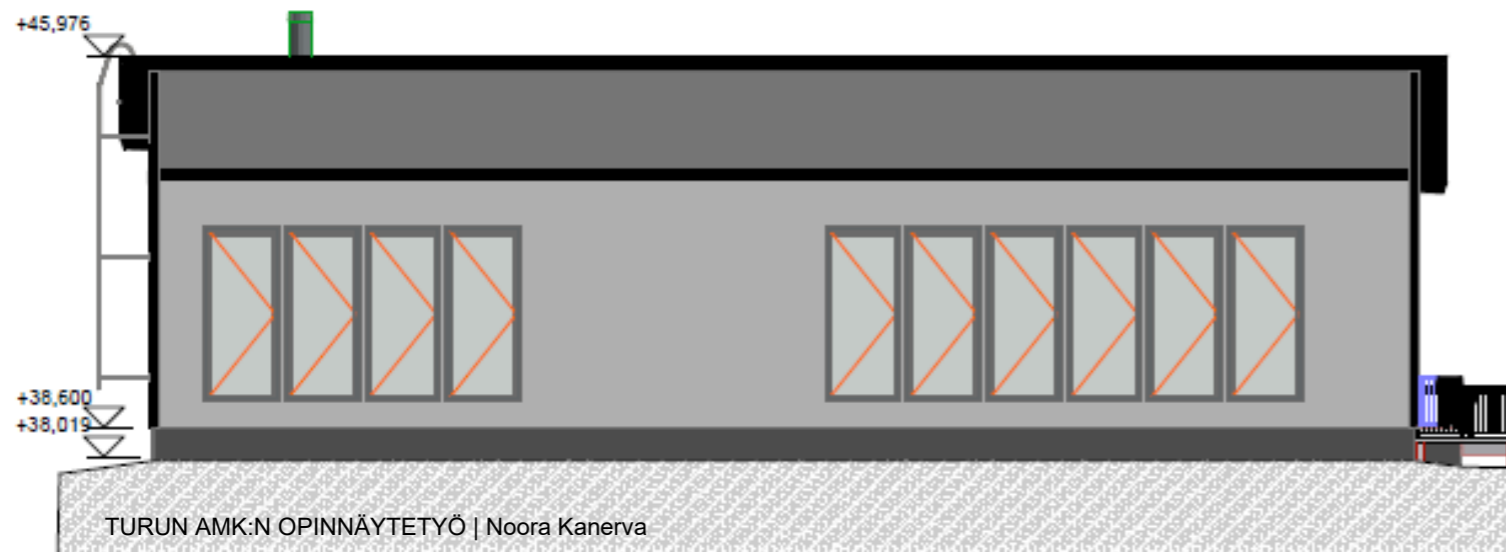
1:150

JULKISIVUJEN VÄRIT:

1. Huopakate, tumman harmaa
2. Vaaka verhouspaneeli seinän yläosa 95 mm, tumman harmaa
3. Pysty verhouspaneeli seinän alaosa 195 mm, vaalean harmaa
4. Sääntöväly, pysty verhouspaneeli 95 mm, vihreä
5. Ovet ja ikkunat, harmaa
6. Vuorilaudat ja vaakalaudat, musta
7. Sokkeli rapattu, harmaa
8. Räystäät ja otsalaudat, musta
9. Nurkkalaudat musta

Kattoturvatuotteet, sadevesijärjestelmä ja kaiteet, tumma harmaa

Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Julkaisupäivä



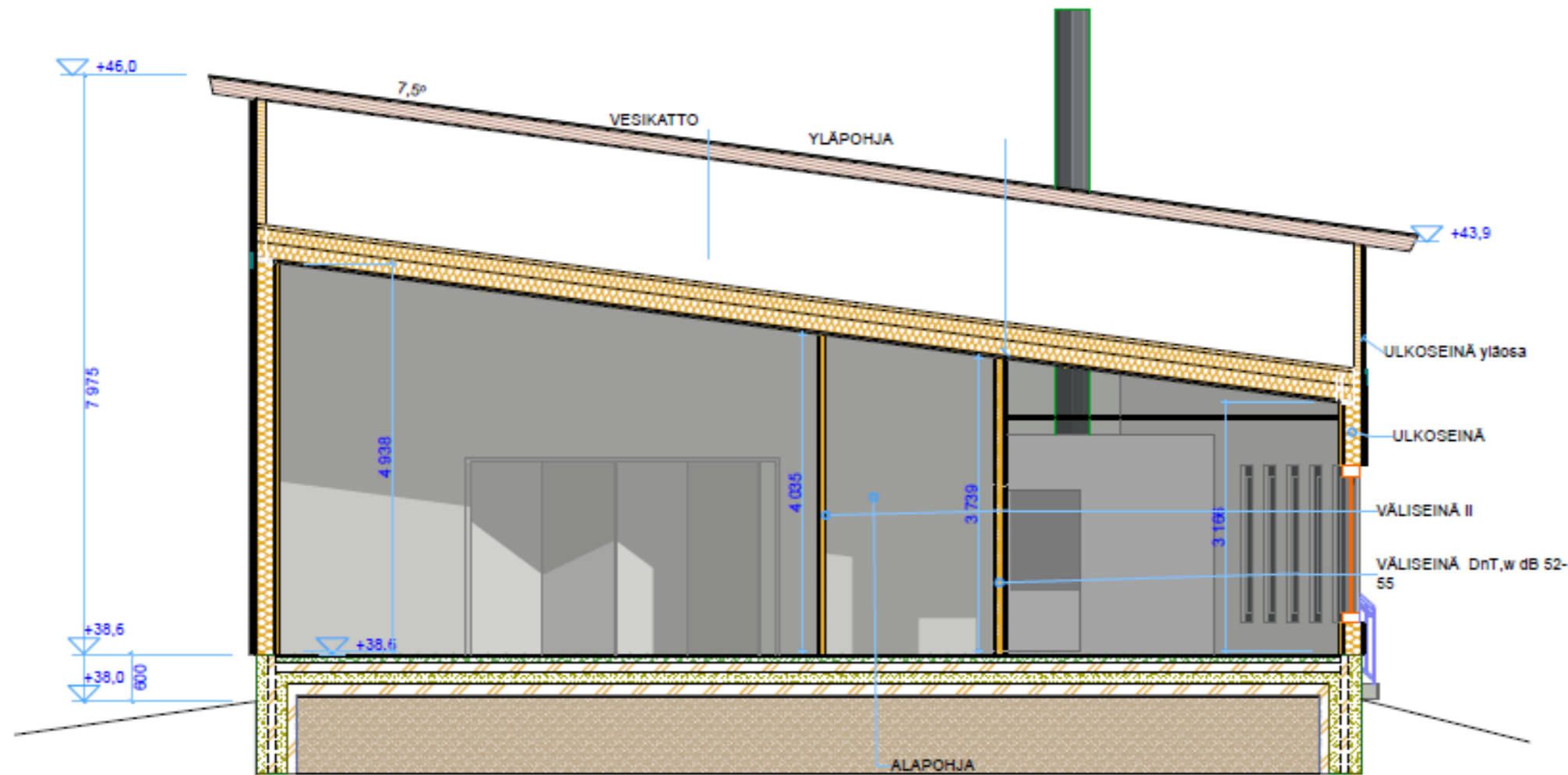
Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila #Kortteli/tila	Tontti/Rnro #Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus 0000				
Rakennustoimenpide Uudiskohde			Piirustustaj Julkisivut	Julkaisu nro 20
Rakennuskohde Liedon Musamaja Urheilutie 2a 21421 Lieto			Piirustuksen sisältö Julkisivut	Mittakaava 1:150
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero 0440427178			Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID A.02.2
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Noora Kanerva RI, opiskelija 26.5.2021			Suunnittelualue AR	Tiedoston nimi musamajaUUSI.pln



Huoneala 319,5 m²
Rakennusala 346,6 m²
Tilavuus 1308m³

Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila #Kortteli/tila	Tontti/Rnro #Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöitä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus 0000				
Rakennustoimenpide Uudiskohde			Piirustustaj Pohjapiirustukset	Juokseva nro 20
Rakennuskohde Liedon Musamaja Urheilutie 2a 21421 Lieto			Piirustuksen sisältö Pohjapiirustus	Mittakaava 1:120
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero			Työnumero	Piirustuksen ID
0440427178			#Prnr	A.01.3
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys			Suunnittelualue	Tiedoston nimi
Noora Kanerva RI, opiskelija 26.5.2021			AR	musamajaUUSI.pln



A-14

Leikkaus A-A (5)

1:75

VESIKATTO

KERABIT 5100 T (TL 2, K-PS 170/5000 HITS.) +
KERABIT 3000 U (TL 2, K-MS 170/3000)
Rakennuslevy, paksuus rakennesuunnitelmien mukaan
Vesikaton kantava rakenne, rakennesuunnitelmien mukaan

YLÄPOHJA

Tuulettuva ilmarako
Tuulensuojajärjestelmä, PAROC Cortex pro
175 mm kivillä PAROC eXtra
200 mm kivillä PAROC eXtra
Höyrynsulku
22 mm harvalaudointi 22x100mm, k 300
13 mm Kipsilevy EK Gyproc
Pintamateriaali/käsittely, huoneselityksen mukaan
U-arvo 0,09 W/m²K

ULKOSEINÄ

yläosa

Yläpohjan kantava rakenne rakennesuunnitelmien mukaan
22 mm tuuletusrako ja koolaus 22*100 k600
28 mm puuverhoaus

ULKOSEINÄ

28 mm puu-ulkoverhoaus
22 mm tuuletusrako ja koolaus 22x100 k600
12 mm puukultutuulensuojalevy
225 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja kantava runko 50x225 k600
Höyrynsulku ISOVER VARIO
50 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja koolaus 50x50 k600
13 mm Kipsilevy EK Gyproc
Pintakäsittely huoneselityksen mukaan
Lämmönläpäisykerroin (laskennassa käytetty lämmönjohtavuus λ/d)
U-arvo 0,14 W/m²K

VÄLISEINÄ

DnT,w dB
52-55

Pintakäsittely huoneselityksen mukaan
13 mm Kipsilevy EK Gyproc
13 mm Kipsilevy EK Gyproc
95 mm mineraalvilla Isover KL AKU
Rangat Gyproc XR 95, k600
13 mm kipsilevy EK Gyproc
13 mm kipsilevy EK Gyproc
Reunaprofiili Gyproc AC 120 ACOUnomic

VÄLISEINÄ II

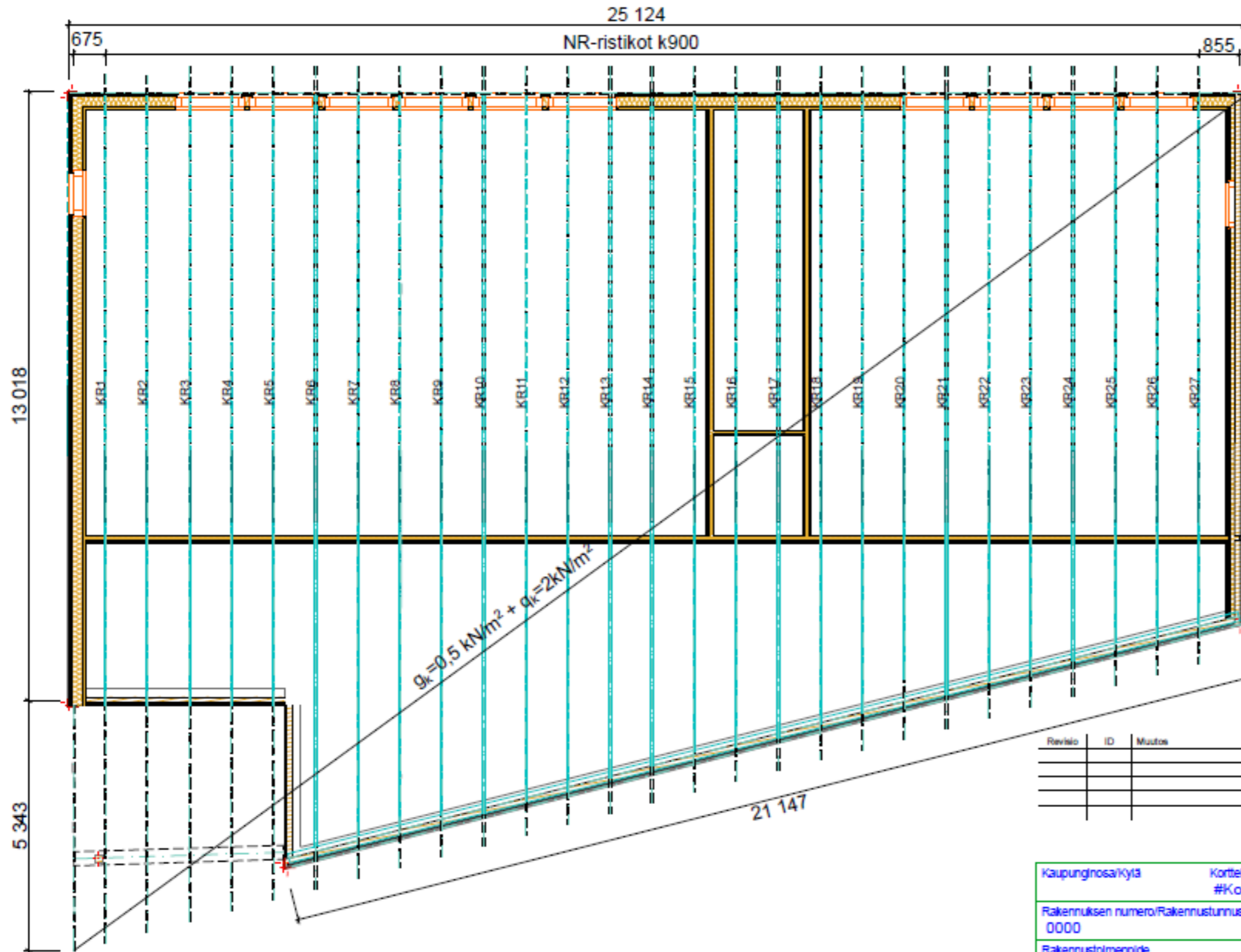
Pintakäsittely huoneselityksen mukaan
13 mm Kipsilevy EK Gyproc
66 mm mineraalvilla Isover KL AKU
Rangat Gyproc XR 66, k600
13 mm kipsilevy EK Gyproc
Reunaprofiili Gyproc AC 66 ACOUnomic

ALAPOHJA

Pintamateriaali/käsittely huoneselityksen mukaan
80 mm Tasausbetoni
100 mm Lämmöneriste EPS
Kantava rakenne, teräsbetonilaatta rakennesuunnitelmien mukaan
150 mm EPS
>200 mm Koneellisesti tiivistetty kapillaarisen veden nousun katkaiseva kerros, esim. pesty sepeili tai salaojasora
Kultukangas (tarvittaessa).
Perusmaa (hiesu ja hieta, salaojittamaton hiekka tai sora, moreeni), kalvurajojen kallistus salaojiin 1:100
U-arvo: 0,14 W/m²K

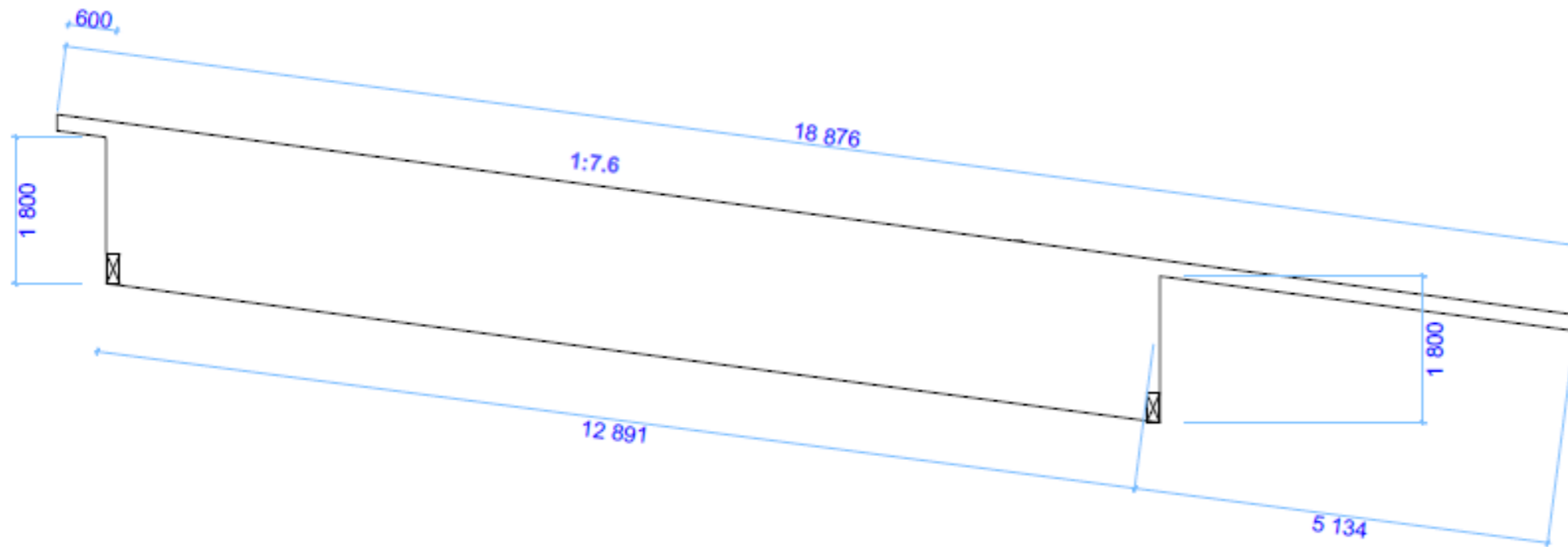
Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila #Kortteli/tila	Tontti/Rnro #Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus 0000				
Rakennustoimenpide Uudiskohde			Piirustustyyppi Julkisivut	Julkaisu nro 20
Rakennuskohde Liedon Musamaja Urheilutie 2a 21421 Lieto			Piirustuksen sisältö Leikkaus A-A 14	Mittakaava 1:75
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero 0440427178			Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID A.02.8
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväs Noora Kanerva RI, opiskelija 4.6.2021			Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi musamajaUUSI.pln



Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila #Kortteli/tila	Tontti/Rnro #Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus 0000			
Rakennusolmenpide Uudiskohde	Piirustustyyppi Pohjapiirustukset	Juokseva nro 19	
Rakennuskohde Liedon Musamaja Urheilutie 2a 21421 Lieto	Piirustuksen sisältö Vesikaton tasopiirros	Mittakaava 1:100	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero	Työnumero	Piirustuksen ID	Muutos
0440427178	#Prnr	A.01.5	
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys	Suunniteluaika	Tiedoston nimi	
Noora Kanerva RI, opiskelija 28.5.2021	AR	musamajaUUSI.pln	



DET-10

KR1 (1)

1:75

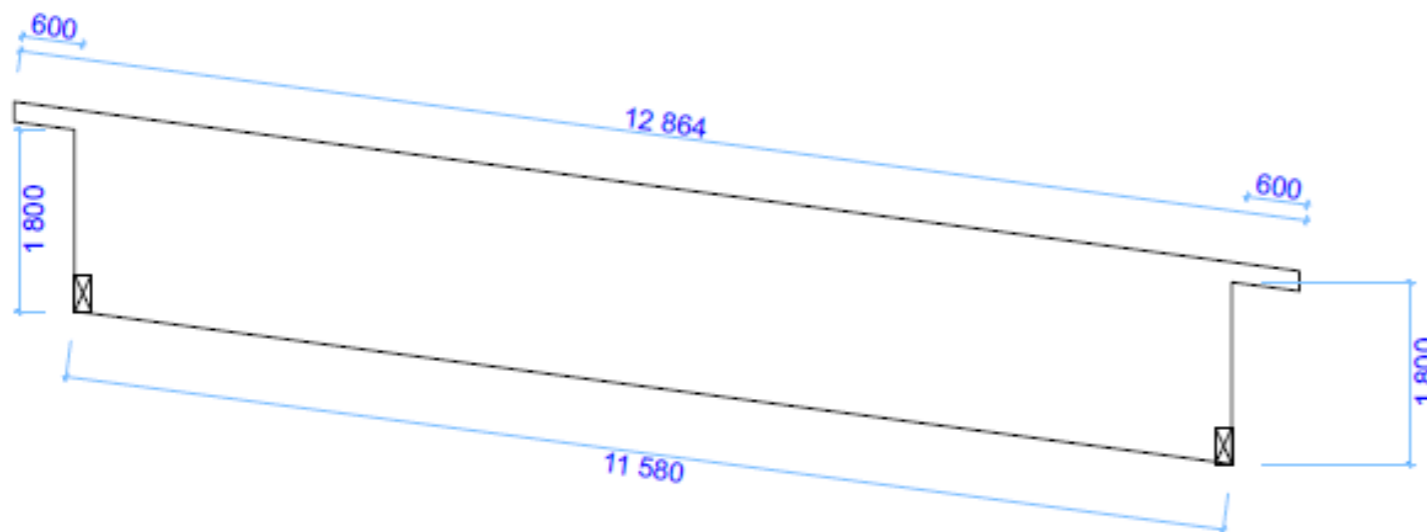
Kohteessa on kaikkiaan 27 erilaista kattoristikkoa, joista täytyy neuvotella toimittajan kanssa.

Ruodejako
Kuormitukset

900 mm
yläpaarre

alapaarre

lumikuorma 2.00 kN/m²
tuulikuorma 0,498 kN/m²
rakenteet 0,5 kN/m²
rakenteet 0,3 kN/m²



DET-11

KR27 (1)

1:75

Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila #Kortteli/tila	Tontti/Rnro #Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus 0000				
Rakennustoimenpide Uudiskohde			Piirustustaji	Julkaisu nro 19
Rakennuskohde Liedon Musamaja Urheilutie 2a 21421 Lieto			Piirustuksen sisältö NR-ristikoiden tilauskaavio	Mittakaava 1:75
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero 0440427178			Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID A.05
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Noora Kanerva RI, opiskelija 26.5.2021			Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi musamajaUUSI.pln