



Mikko Kuukasjärvi

Kattoelementin suunnittelu ja nosto

Kattoelementin suunnittelu ja nosto

Mikko Kuukasjärvi
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, Talon- ja korjausrakentaminen

Tekijä: Mikko Kuukasjärvi

Opinnäytetyön nimi: Kattoelementin suunnittelu ja nosto

Työn ohjaaja: Pekka Kilpinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2013

Sivumäärä: 48 + 57

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tehdä yleisohje nostosuunnitelman tekemisestä Kastelli-talot Oy:n suunnittelijoille sekä tutkia kattoelementtien noston aikaista työturvallisuutta. Elementoinnin lisääntyessä vesikaton rakentamisen maassa valmiiksi kattoelementiksi on todettu olevan kannattavaa sekä aikataulullisesti että työturvallisuuden kannalta. Kastelli-talot Oy:llä ei ole ollut aikaisemmin vaikiintunutta toimintamallia nostosuunnitelman tekemisestä kattoelementtejä nostettaessa.

Teoria opinnäytetyöhön on kerätty haastattelemalla Kastelli-talot Oy:ssä työskenteleviä toimihenkilöitä, joilla on kokemusta puurakenteisen kattoelementin suunnittelusta ja rakentamisesta maassa. Lisäksi tietoa on kerätty tutustumalla nostotyön lainsäädäntöön ja puurakenteiden suunnittelustandardeihin.

Työn tuloksena valmistui ohjeistus nostosuunnitelman tekemisestä suunnittelijoille, mikä käsittää nostosuunnitelmassa huomioitavat asiat yhdellä tai kahdella nostolinjalla nostettaessa. Ohjeen avulla rakennesuunnittelijan on mahdollista tehdä kaikki nostosuunnitelmassa tarvittavat dokumentit. Työturvallisuus osion avulla voidaan kouluttaa uusia työryhmiä turvallisen noston toteutuksessa. Jatkossa voitaisiin perehtyä tarkemmin logistisiin haasteisiin ja ristikoiden vahvistamiseen työmaan toimesta.

.

Asiasanat: Kattoelementti, nostosuunnitelma, työturvallisuus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil engineering, Option of House Building

Author: Mikko Kuukasjärvi

Title of thesis: Designing and lifting of the roof elements

Supervisor: Pekka Kilpinen

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2013

Pages: 48 + 57

The main goal of the thesis was to prepare a general guide for the engineers at Kastelli-talot Ltd regarding the making of a lifting plan and to research the work safety during lifting of the roof elements. Building a roof on the ground into a complete roof element has proven to be the most efficient and safest way to execute the building of a roof. Kastelli-talot Ltd does not have an existing operational model of making of a lifting plan during the lifting of a roof element.

The thesis consists of interviews with staff of Kastelli-talot Ltd whom have experience on designing and building a wood-structured roof elements on the ground. Part of the knowledge is based on legislation and design-standards.

The blueprint which is the outcome of this thesis, operates as a guide for the engineers on what needs to be taken into consideration while executing the lift from one or two lifting lines. Based on this blueprint it is possible for an engineer to prepare all documents needed for a lifting plan.

Keywords: Roof element, liftplan, work safety

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 MAASSA RAKENNETTAVA KATTOELEMENTTI	8
2.1 Tontti	10
2.2 Logistiikka	10
2.3 Kokonaisen kattoelementin valmistaminen	11
2.4 Kattoelementin valmistaminen lohkoina	12
2.5 Katemateriaalien vaikutus	13
3 MAASSA RAKENNETTAVAN KATTOELEMENTIN SUUNNITTELU	15
3.1 Suunnitteluketju	15
3.2 Nostosuunnitelma	16
3.3 Kuormat	17
3.4 Nostolinjan valinta	18
3.5 Nostoapupalkin valinta	21
3.6 Kattoelementin jäykistäminen	22
4 TYÖTURVALLISUUS NOSTOISSA	24
4.1 Nostotöiden suunnittelu	24
4.2 Työryhmä	25
4.3 Nostolaitteiden sijoitus ja valinta	26
4.4 Opastaminen nostotyöhön	27
4.5 Nostoapuvälineet	28
4.5.1 Nostovyöt	28
4.5.2 Kettinkiraksit	30
4.5.3 Lyhentimet	31
4.6 Nosto	31
4.7 Kommunikointi noston aikana	34
5 KATTOLOHKON NOSTOAPUPALKIN MITOITUS	36
5.1 Rakenteiden kuormat	36

5.2 Tuulikuorma	39
5.3 Kuormitustapaukset <i>KT1</i> ja <i>KT2</i>	42
5.4 Mitoituksen tulokset	42
6 YHTEENVETO	45
LÄHTEET	46
LIITTEET	48

1 JOHDANTO

Elementoinnin lisääntyessä myös vesikattojen rakentaminen valmiiksi kattoelementiksi on yleistynyt. Valmiin kattoelementin nostaminen vaatii aina rakennesuunnittelijan tekemän kirjallisen nostosuunnitelman. Nostosuunnitelman tekemisestä ei ole olemassa mitään kirjallista materiaalia, joten rakennesuunnittelijat ovat aina tapauskohtaisesti toteuttaneet kohteen suunnittelun.

Tämän työn tavoitteena on luoda yleisohje nostosuunnitelman tekemisestä Kastelli-talot Oy:n rakennesuunnittelijoille. Työssä käydään läpi nostosuunnitelmasa huomioitavat asiat sekä mitoitetaan nostoapupalkki yhdellä nostolinjalla nostettaessa kattolohkoja varten. Lisäksi työssä tutkitaan noston aikaista työturvallisuutta sekä kattoelementin valmistamiseen liittyviä asioita.

Teoria insinööriyöhön on kerätty haastattelemalla Kastelli-talot Oy:ssä työskenteleviä toimihenkilöitä ja työntekijöitä, joilla on kokemusta puurakenteisen kattoelementin rakentamisesta maassa. Lisäksi tietoa saatiin perehtymällä nostotyön lainsäädäntöön ja puurakenteiden suunnittelustandardeihin. Insinööriyön aikana tehtiin kolme työmaavierailua Oulun Ritaharjussa, joissa kahdessa seurattiin kattoelementin nostoa ja yhdessä seinäelementtien nostoa.

2 MAASSA RAKENNETTAVA KATTOELEMENTTI

Valmiilla kattoelementillä tarkoitetaan kattorakennetta, jossa katon eri rakennusosat kiinnitetään toisiinsa maassa ja tuetaan yhtenäiseksi rakenteeksi (kuva 1). Elementtitehtaissa kattoelementtien valmistaminen ei ole järkevää niiden vaikean kuljetettavuuden vuoksi. Kattoelementti voidaan toteuttaa työmaalla joko kokonaisuutena kattorakenteena tai pienempinä kattolohkoina. Rakennuskohteen työnjohto ja vastaava rakennesuunnittelija harkitsevat jokaisessa kohteessa erikseen kattoelementin esivalmiusasteen. Rakennesuunnittelijan tulee myös huomioida nostovaiheen aiheuttamat ylimääräiset rasitukset kattoelementtejä suunniteltaessa.



KUVA 1. Esimerkki valmiista kokonaisesta kattoelementistä

Kattoelementin maassa rakentamisella saavutetaan monia etuja, mutta ennen kaikkea se on työturvallisuus kysymys, koska maassa työskenneltäessä työtaturmien riski pienenee. Hankalat työvaiheet on yleensä mahdollista suorittaa

jo alhaalla ja tarvittavat kattoturvaluotteet saadaan kiinnitettyä ylhäällä tehtäviä työvaiheita varten. Maassa työskenneltäessä myös nostokaluston tarve pienenee, koska ristikoita ja puutavaraa voidaan käsitellä pienemmällä kalustolla tai käsin. Nostokalustoa tarvitaan ainoastaan valmiin kattoelementin paikalleen nostamisessa. Kattoelementti voidaan nostaa paikalleen heti kun runkotyöt on saatu valmiiksi. Tämä vähentää rakenteiden suojaamistarvetta, koska runko on lyhyemmän aikavälin altis säärasiutuksille. Maassa rakennettaessa kattoelementit voidaan valmistaa irrallaan rakennuksen muusta aikataulusta, joten työmaan resursseja pystytään käyttämään tehokkaammin. (Kilpeläinen – Ukonmaanaho - Kivimäki 2001, 44–45.)

Maassa rakennettavan kattoelementin valmistuksessa on mahdollista saavuttaa muun muassa seuraavia etuja:

- Työturvallisuus paranee. Alhaalla työskenneltäessä ylhäällä tehtävä työ ja telinetyö vähenevät.
- Rakenteiden suojaamistarve vähenee. Runkotöiden valmistuttua vesikatto voidaan nostaa heti paikalleen.
- Työmaan resursseja pystytään hyödyntämään tehokkaammin. Kattolohkot voidaan valmistaa erillään rakennuksen muusta aikataulusta, joten työmaakapasiteettiä voidaan hyödyntää tehokkaammin.
- Nostokaluston tarve pienenee. (Kilpeläinen – Ukonmaanaho - Kivimäki 2001, 44–45.)

Maassa rakennettavan katon haasteet:

- Tonttiolosuhteet
 - Logistiset ongelmat
 - Aluskatteen vaurioituminen ja paikkaus
 - Mittatarkkuudessa pysyminen.
- (Haapala 2013; Hyttinen 2013.)

2.1 Tontti

Kattoelementti voidaan tehdä valmiiksi asti maassa, mikäli tontin olosuhteet ovat siihen suotuisat. Tontin koko ja maastonmuodot aiheuttavat kuitenkin työhön omat haasteensa. Tontilla täytyy olla tarpeeksi suuri ja tasainen paikka kattoelementin välivarastointia varten. Kattoa ei voida rakentaa valmiiksi maassa esimerkiksi rinnetonteilla, koska katolle ei voida järjestää välivarastointia varten tilaa. Rinnetonteilla jouduttaisiin käyttämään kahta nosturia, joista toisella katto pidettäisiin ilmassa runkopystytyksen ajan. Tämä ratkaisumalli ei ole kuitenkaan kustannustehokas, koska jouduttaisiin vuokraamaan useampi nosturi noston ajaksi.

Jos tontin koko on pieni ja tilaa välivarastoinnille on vaikea järjestää, voidaan hyödyntää myös vierekkäisiä tontteja. Kattoelementti nostetaan vierekkäisen tontin perustusten päälle, jolloin ei tarvitse järjestää erikseen tilaa välivarastointia varten. Työpäällikön tulee tehdä kaupungille asianmukaiset ilmoitukset hyvissä ajoin, jos kattoelementti joudutaan välivarastoimaan tielle ja tieosuus joudutaan sulkemaan. Ilmoituksen perusteella viranomaiset osaavat tiedottaa kiertotiestä esimerkiksi sairaus- tai palohälytyksen sattuessa. (Kuusisto 2013.)

2.2 Logistiikka

Logistiikalla tarkoitetaan tarvittavien materiaalien kuljettamista työmaalle. Jotta katon rakentaminen maassa voidaan aloittaa, työmaalle täytyy toimittaa etukäteen osa materiaaleista. Etukäteen työmaalle tulisi toimittaa ainakin seuraavat materiaalit, jotta kattoelementin valmistaminen maassa olisi mahdollista:

- ristikot
- alajuoksut
- ruode puutavara
- aluskatteet
- otsalaudat.

Logistiikan järkevä toteuttaminen on haastavaa, koska esimerkiksi ristikot ja tarvittava puutavara tulevat eri valmistajien kautta. Työmaalle aiheutuu helposti ylimääräisiä kuljetuskustannuksia, jos tavaran toimitusta ei suunnitella ajoissa huolella. (Kokko 2013; Hyttinen 2013.)

2.3 Kokonaisen kattoelementin valmistaminen

Kastelli-talot Oy:ssä kirvesmiehenä toimiva kirvesmies Marko Pellikainen, oli työmaavierailulla tehdyssä haastattelussa sitä mieltä, että haasteellisinta kattoelementin valmistuksissa on mittatarkkuuksissa pysymisessä. Kattorakenteen tekeminen maassa koettiin kuitenkin mielekkäämmäksi tavaksi rakentaa katto kuin perinteisellä tavalla ylhäällä. Työntekijöiden mielestä suurimmiksi hyödyiksi koettiin työturvallisuuden paraneminen, koska ylhäällä työskentely vähenee huomattavasti.

Kattoelementtien valmistus toteutetaan Kastelli-talot Oy:llä lähtökohtaisesti perustusten päällä. Kattolohkot on mahdollista valmistaa myös perustusten ulkopuolella, jos rakentamiselle saadaan järjestettyä tasainen alusta. Perustusten ulkopuolella tehtäessä kattoelementin teko hankaloituu ja on suuri riski, että katosta ei tule oikean kokoinen. (Kuusisto 2013; Haapala 2013.)

Kattoelementin valmistaminen aloitetaan asentamalla alajuoksut paikalleen. Alajuoksuihin voidaan merkata ristikkojako valmiiksi. Tällä saadaan varmistettua, että katosta tulee oikean kokoinen ja että se saadaan tehtyä suoraan kulmaan. (Kuusisto 2013; Hyttinen 2013.)

Aluskate on järkevää asentaa kattoelementtiin valmiiksi maassa. Aluskatteen seen voidaan joutua tekemään reiät nostoliinoja varten, mutta ne saadaan paikattua vesitiiviiksi jälkeenpäin.

Kattoelementtiin voidaan asentaa maassa valmiiksi:

- otsalaudat
- räystäänaluslaudat
- ristikot

- välipäädyt
- räystään jatkeet
- aluskate
- ruoteet
- katemateriaali
- LVIS-kalusto
- päätyräystäselementit
- päätykolmioelementit
- tuulenhajaimet
- läpiviennit.

Kattoelementtiin asennetaan nostoa varten myös nostoapupalkki ja tarvittavat jäykisteet. Nostoapupalkkina käytetään yleensä kertopuu palkkia, jonka koon rakennesuunnittelija määrittelee nostosuunnitelmassa. Kattoelementin jäykistäminen toteutetaan ristikoita toisiinsa sitovin ylä- ja alapaarteiden vinorevauksilla. Jäykistykseen käytettävä materiaali ja sen asentaminen tulee esittää myös nostosuunnitelmassa. (Kuusisto 2013.)

2.4 Kattoelementin valmistaminen lohkoina

Kattoelementti on mahdollista tehdä maassa myös pienemmissä lohkoissa. Lohkoina tehtäessä kattoelementti valmistetaan maassa yleensä 4–6 ristikon nipuissa (kuva 2) ja lohkot liitetään toisiinsa ylhäällä. Lohkoina tehtäessä kuormat jäävät huomattavasti pienemmiksi kuin kokonaisella kattoelementillä, joten työmaalle ei välttämättä tarvitse tilata erillistä nostoapupalkkia ja nostossa voidaan hyödyntää valmiiksi työmaalla olevaa puutavaraa.

Lohkoina tehtäessä erityistä huomiota tulee kiinnittää aluskatteen ja ruoteiden asennukseen. Aluskate täytyy saada aina edellisen lohkon kanssa limittäin, jotta katteesta saadaan vedenpitävä koko kattorakenteen osalta. Ruoteita ei voida asentaa kaikkia valmiiksi alhaalla, koska lohkon ylitse toiseen lohkoon täytyy mennä aina täysi ruode. Tämä tuo omat haasteensa asentamiseen ja lisää ylhäällä tehtävää työmäärää.

Lohkot voidaan toteuttaa myös nostamalla pelkästään ristikkopaketti, jolloin lohkoon ei asenneta valmiiksi aluskatetta tai ruoteita. Ristikkopaketin nostaminen

nopeuttaa tehtävää nostotyötä ja helpottaa päätyjen linjaamista. (Kuusisto 2013.)



KUVA 2. Esimerkki valmiista kattolohkosta

2.5 Katemateriaalien vaikutus

Tässä luvussa tarkastellaan eri katemateriaalien vaikutusta maassa rakennettavan vesikaton toteutuksessa. Eri katemateriaaleille maassa rakennettava kattoelementti voidaan toteuttaa suurempaan esivalmiusasteeseen kuin toisilla materiaaleilla.

Muotopelti

Kattoelementti on mahdollista valmistaa maassa valmiiksi asti. Yhdellä nostolinjalla eli harjalta nostettaessa voidaan maassa asentaa valmiiksi kaikki muu tarvittava materiaali paitsi harjapellit. Useammalla nostolinjalla nostettaessa kattoelementtistä jätetään pellit pois nostoliinon kohdalta ja aluskate paikataan vesitiiviiksi ylhäällä. (Kokko 2013; Tumelius 2013.)

Konesaumattu peltikate

Konesaumatun peltikatteen asentaminen kattoelementtiin on mahdollista, mutta tällöin kattoelementin nosto tulee tapahtua harjalta nostona. Peltikate ei tuo rakenteeseen huomattavaa lisäpainoa, mutta peltikatteen asentaminen maassa ei ole mahdollista kaikilla ristikkotyypeillä. Esimerkiksi porrastavan harjaristikon nosto tulee tapahtua kahdella nostolinjalla, jolloin konesaumatun peltikatteen asennus alhaalla ei ole mahdollista. Saksiristikon nostaminen harjalta on mahdollista, mutta ristikon sauvoitus tulee vahvistaa suunnitellulla tavalla ennen nostoa. (Kokko 2013; Tumelius 2013.)

Tiilikate

Tiilikatteisessa kattoelementissä maassa voidaan asentaa valmiiksi aluskate, läpiviennit, ruoteet, päätyräystästiilet, harjatiilet ja sivuräystästiilet. Kaikkia kattotiiliä ei ole järkevää asentaa valmiiksi kattoelementtiin, koska kattotiilet tuovat elementtiin huomattavan lisäpainon. Suuren painon vuoksi työmaalla jouduttaisiin käyttämään suurempia nostoapupalkkeja ja nostokaluston koko kasvaisi huomattavasti, mikä ei olisi myöskään taloudellisesti kannattavaa. (Kuusisto 2013; Hyttinen 2013.)

Bitumihuopakate

Bitumihuopakatteeseen kattoelementtiin asennetaan maassa valmiiksi raakaponttilaudoitus tai vaneri sekä pohjahuopa. Pohjahuopa voidaan asentaa katto-rakenteeseen naulaamalla, liimaamalla kuumabitumilla tai hitsaamalla neste-kaasuliekillä. Kuumabitumointi tai hitsaaminen edellyttävät aina tulityökoulutuksen. Pintahuopa asennetaan paikalleen rakenteeseen ylhäällä. Pohjahuopaan ja raakaponttilaudoitukseen tehdään alhaalla reikä nostopisteiden kohdalle nostoliinaa varten. Reikä paikataan ylhäällä kattoelementin asennuksen jälkeen. Paikkaus voidaan tehdä asentamalla alapuolelta levy tai laudoittamalla reikä umpeen. Pohjahuopa voidaan paikata ylhäällä esimerkiksi kuumabitumioimalla pohjahuopaa aukon kohdalle, jolloin rakenteesta saadaan vesitiivis.

3 MAASSA RAKENNETTAVAN KATTOELEMENTIN SUUNNITTELU

3.1 Suunnitteluketju

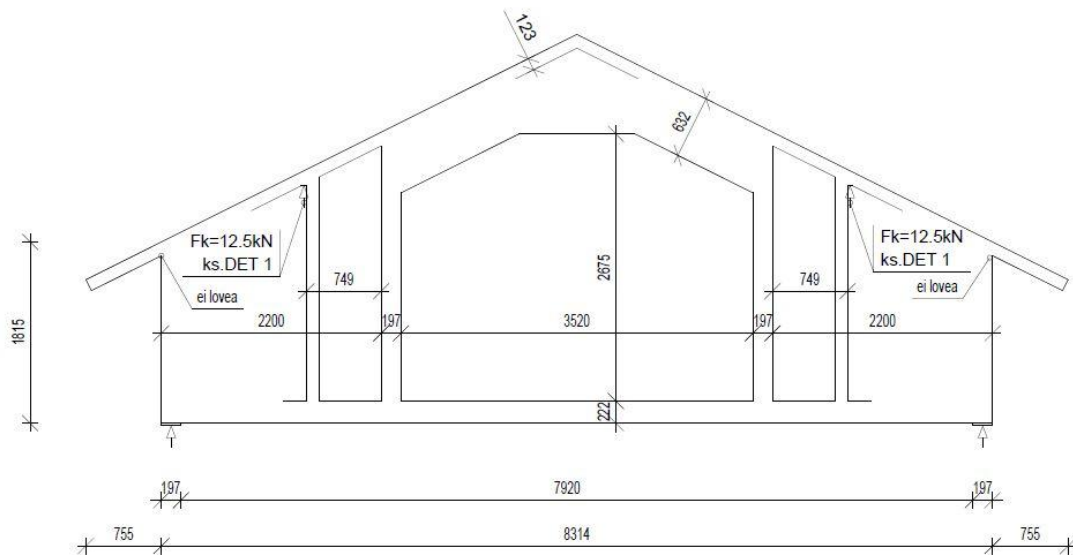
Kattoelementin valmistaminen olisi hyvä huomioida jo aluesuunnitelmaa tehtäessä. Aluesuunnitelma on osa tuotannon suunnittelua, jossa kerrotaan miten työmaan eri toiminnot on sijoitettu työmaalle, esimerkiksi nosturin sijoittaminen ja välivarastointi paikka kattoelementille olisi hyvä olla merkittynä aluesuunnitelmaan. Aluesuunnittelu aloitetaan työmaan toteutussuunnittelu- ja urakkalaskentavaiheessa, jolloin tehdään alustavat päätökset kohteen toteutustavasta, esimerkiksi rungon rakennustavasta ja toteutuksessa käytettävistä työmenetelmistä. (Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Työmaatekniikka. 2007.)

Hankesuunnittelu- ja urakkatarjousvaiheessa työmaa-alueen käytön suunnittelussa kiinnitetään erityisesti huomiota työmaata koko rakentamisen ajan palveluihin järjestelyihin, joista syntyy hankkeeseen aika- ja suoritesidonnaisia kustannuksia. Aluesuunnitelmaan tehdään muutoksia ja sitä täydennetään koko rakennushankkeen ajan rakentamisen edetessä. Aluesuunnitelma laitetaan esille keskeiselle paikalle työmaata, koska se toimii tiedotusvälineenä hankkeen kaikille osapuolille. (Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Työmaatekniikka. 2007.)

Kattoelementin suunnittelu toteutetaan kohteen päärakennesuunnittelijan, ristikkosuunnittelijan ja työmaan yhteistyöllä. Kattoelementin koon ja muodon perusteella tehdään päätös nostetaanko kattoelementti kokonaisuina vai 4–6 ristikon kokoisina pienempinä lohkoina. Lohkoissa tehtäessä nostopalkki mitoitetaan suurimman kattolohkon mukaan ja pyritään hyödyntämään nostopalkkia myös pienempien lohkojen nostossa.

Kohteen päärakennesuunnittelija määrittää katolle parhaiten soveltuvan nostotavan työpäälliköltä saatujen tietojen perusteella. Kattoelementti voidaan nostaa yhdellä tai kahdella nostolinjalla ristikon muodosta riippuen. Rakennesuunnittelija määrittelee kattoelementin nostopisteet, nostopalkin koon ja noston aikaiset jäykisteet. Nämä tiedot tulee esittää myös nostosuunnitelmassa.

Kattoelementtien nostoa varten ristikoiden kestävyys tulee aina varmistaa. Rakennesuunnittelija merkitsee ristikoiden tilauskaavioon nostopisteiden paikat ja niille tulevat kuormat (kuva 3). Näiden tietojen perusteella ristikkosuunnittelija suunnittelee ristikon ja siihen tarvittavat vahvistukset. Ristikkosuunnittelijalla tulee olla ajoissa tieto, että katto rakennetaan maassa valmiiksi. Käytännössä tämä tarkoittaa viimeistään kolmea viikkoa ennen ristikoiden kokoonpanoa.



KUVA 3. Nostopisteiden paikat esitettynä ristikon tilauskaaviossa

Suunnitelmien perusteella työmaa pystyy toteuttamaan kattoelementin rakentamisen ja tekemään nostoa varten tarvittavat jäykisteet. Hyvällä suunnittelulla nosto voidaan toteuttaa työturvallisesti ja kattoelementtiä ei tarvitse siirtää useampaan kertaan. (Kokko 2013; Pura 2013.)

3.2 Nostosuunnitelma

Nostosuunnitelma tulee laatia aina kirjallisena kattoelementtejä nostettaessa. Nostosuunnitelmassa tulee esittää nostopalkkien koko, nostopisteiden kohdat ja niille tulevat kuormat, tarvittavat jäykisteet ristikolle sekä tarvittaessa päädyn kannatus. Kattoelementin rakentaminen olisi hyvä olla tiedossa rakennesuunnit-

telun alkuvaiheessa, koska jälkeempään siitä aiheutuu lisätyötä suunnittelijalle. (Pura 2013.)

3.3 Kuormat

Rakennesuunnittelija määrittää kattorakenteeseen tulevat kuormat murtorajati-
lassa kattoelementin esivalmiusasteen mukaan työpäälliköltä saatujen tietojen
perusteella. Työpäällikkö tutustuu kohteeseen ja tekee tapauskohtaisesti pää-
töksen, mihin esivalmiusasteeseen kattoelementti rakennetaan maassa. Kastel-
li-talot Oy:llä on olemassa suunnittelijoille ohje taulukko, jossa on esitetty arviot
kattorakenteeseen tulevista kuormista eri valmiusasteeseen rakennettuna (liite
1). (Pura 2013.)

Lohkojaon suunnittelu

Kattoelementtien valmistaminen on mahdollista toteuttaa myös jakamalla koko-
nainen katto pienempiin lohkoihin. Kattolohkolla tarkoitetaan noin 4-6 ristikon
kokoista kattoelementtiä. Työpäällikkö tekee jokaisessa kohteessa erikseen
päätöksen, moneenko lohkon katto jaetaan. Lohkojako suunnitellaan sellai-
seksi, että yksittäisen lohkon kuormat pysyvät järkevän suuruisina ja nosto voi-
daan toteuttaa jo valmiiksi työmaalla olevalla nostokalustolla. (Hyttinen 2013.)

Lohkoina tehtäessä kuormat ja nostoapupalkkien koko jäävät huomattavasti
pienemmiksi kuin kokonaisella kattoelementillä. Lohkojen nostoissa olisikin jär-
kevää käyttää nostoapupalkkeina työmaalla valmiiksi olevaa puutavaraa jos
mahdollista. Suurimman kattolohkon perusteella mitoitetaan tarvittavat jäykis-
teet ja palkin koko. Samaa nostoapupalkkia pyritään hyödyntämään myös mui-
den lohkojen nostoissa. Lohkojen nostosuunnitelmassa tulee esittää lohkojako,
nostopisteiden paikat ja niille tulevat kuormat, tarvittavat jäykisteet ja nostoapu-
palkin koko. (Kokko 2013; Hyttinen 2013.)

3.4 Nostolinjan valinta

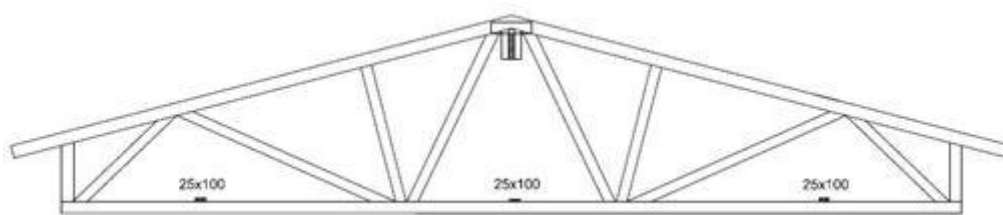
Kattoelementin nosto voidaan tehdä joko yhdellä tai kahdella nostolinjalla. Ristikön muodon ja kattoelementin esivalmiusasteen perusteella tehdään valinta, nostetaanko kattoelementti harjalta vai ristikön kolmannespisteistä. Nostoapupalkkien paikat tulee esittää ristiköiden tilauskaavioissa.

Harjalta nostaminen

Kattoelementin nostaminen harjalta voidaan toteuttaa useimmilla ristikkotyypeillä. Sepa Oy:n vastaavan ristikkosuunnittelija kanssa käydyissä puhelinkeskusteluissa tultiin siihen tulokseen, että esimerkiksi saksiristikön ja kehäristikön nosto harjalta ei välttämättä ole järkevää ristikön kestävyysnäkökulmasta. (Lossi 2013.)

Yhdellä nostolinjalla eli harjalta nostettaessa kattoelementti voidaan tehdä maassa valmiiksi asti harjan materiaaleja lukuun ottamatta. Harjalta nostettaessa ristikön vaakasuuntaisen voimat ovat suuremmat kuin kahdella nostolinjalla nostettaessa. Ristiköiden alapaarteiden nurjahdustuenta tulee suunnitella huolella ja ristikkosauvojen jäykistäminen tehdä tarpeellisin vinorevauksin. Rakennesuunnittelija vastaa siitä, että jäykistykset ovat riittävät ja kattoelementti pysyy ristimitassa noston aikana. (Pura 2013; Kokko 2013.)

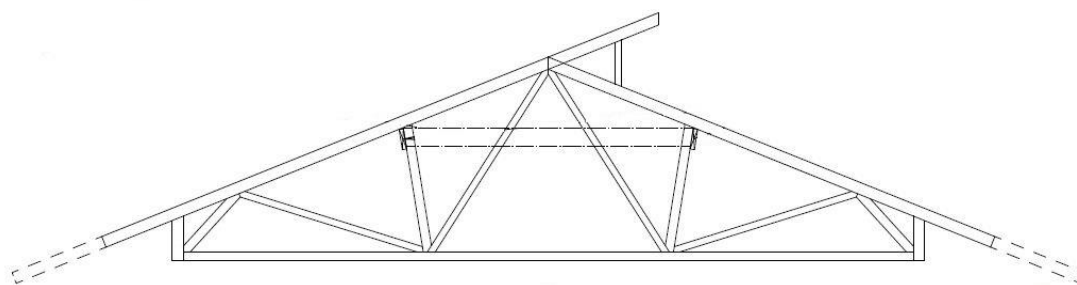
Harjalta nostettaessa ristikkoon suunnitellaan tuennat nostopalkille harjalevyn molemmin (kuva 4). Ristikön harjan kestävyys varmistetaan suuremmalla naula-levyllä. Ristikkosuunnittelija suunnittelee tarvittavat tuennat ja varmistaa ristikön kestävyysnäkökulmasta.



KUVA 4. Esimerkki nostopalkin tuennasta harjalta nostettaessa

Nostaminen kolmannespisteistä

Kattoelementtien nosto kahdella nostolinjalla voidaan toteuttaa kaikilla ristikkotyypeillä. Nosto tapahtuu ristikoiden yläpaarten ja ristikkosauvojen solmupisteeseen sijoitetuista nostoapupalkeista, joiden koko ja paikka on ilmoitettu kohteen nostosuunnitelmassa. Rakennesuunnittelija suunnittelee nostoapupalkkien paikat, mutta pääperiaatteena palkit sijoitetaan ristikon kolmannespisteisiin (kuva 5).

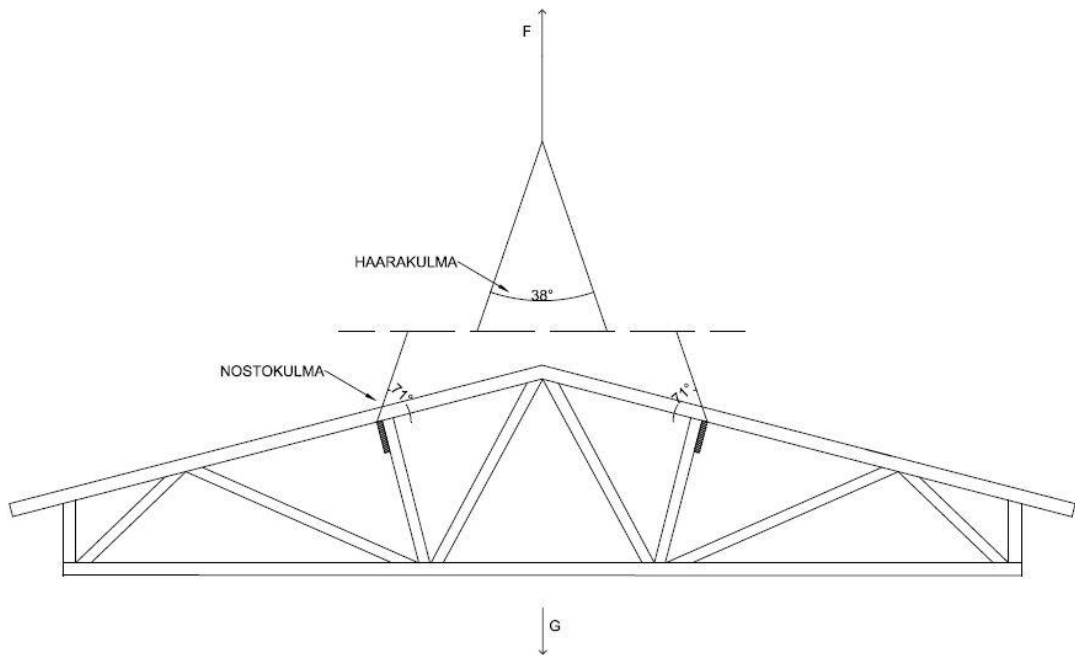


KUVA 5. Esimerkki nostopalkkien sijoituksesta kahdella nostolinjalla nostettaessa

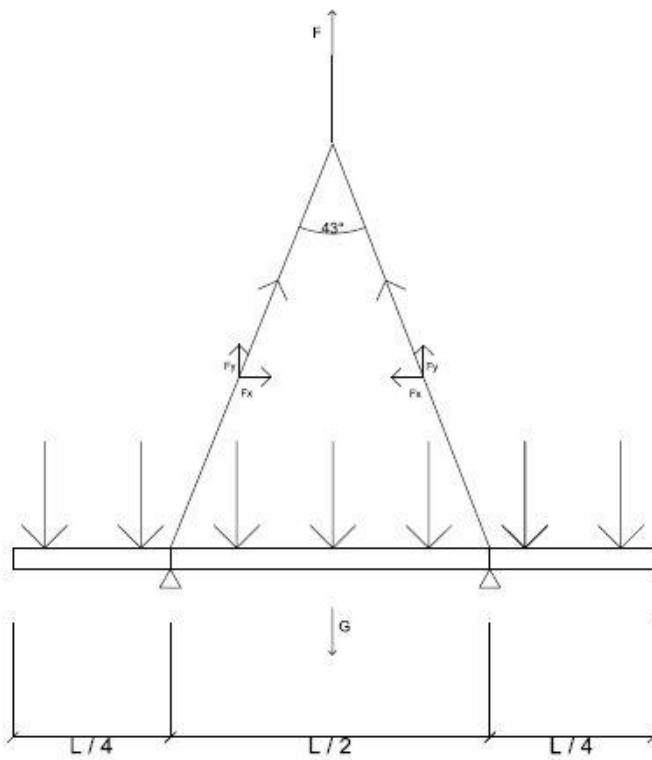
Haara- ja nostokulmat

Kahdella nostolinjalla nostettaessa on tärkeää huomioida myös nostoliinosten kulmien vaikutus rasitukseen. Nostopisteiden epäkeskisyys aiheuttaa puristusta NR-rakenteille ja leikkaus- ja vääntörasituksen yhteisvaikutuksen palkille. Nostokulman kasvaessa eli haara- ja nostokulman muuttuessa pienenee myös vaakasuuntainen voima. Matalalla lakipisteellä nostettaessa aiheutuu suuri haarakulma, jolloin vaakakuormista aiheutuva rasitus tulisi arvioida tapauskohtaisesti (kuva 6). Tarkasteltaessa rakennetta sivusta päin muodostuu myös nostokulma, mutta tämä kulma ei ole mitoituksen kannalta yhtä merkittävä kuin päädyistä tarkasteltuna. Vaakasuuntaisten voimien minimoimiseksi suuriin nostokulmiin ja pieniin haarakulmiin kannattaisi pyrkiä. Haarakulma ei saa nostossa ylittää 60° . Kuvassa 7 on esitetty haara- ja nostokulmat ristikoiden suunnassa. (Karhu

2008,18.) Kahdella nostolinjalla nostettaessa nostopalkkien väliin voidaan asen-
taa vaakajäykiste (kuva 5).



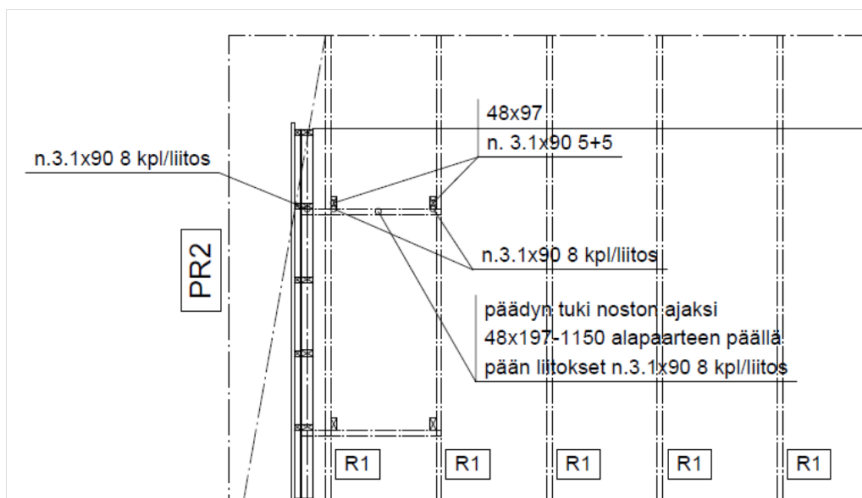
KUVA 6. Haara- ja nostokulmat ristikon suuntaisesti



KUVA 7. Haara- ja nostokulmat nostopalkin suuntaisesti

3.5 Nostoapupalkin valinta

Nostoapupalkin poikkileikkaus määräytyy pitkälti kattoelementin painosta. Nostopisteiden paikat pyritään määrittämään kohtiin, joissa nostoapupalkkien taipumat jäävät mahdollisimman pieniksi. Nostopisteet pyritään sijoittamaan symmetrisesti elementin painopisteen suhteen. Nostopisteitä lisäämällä saadaan pienennettyä palkin poikkileikkausta, koska yhdelle tuelle tulevat kuormat pienenevät kun nostopisteitä sijoitetaan useampaan kohtaan palkissa. Päätyelementtien asentaminen alhaalla tuo kattoelementtiin huomattavan lisäkuorman, jolloin reunimmaisat nostopisteet voidaan tuoda lähemmäksi päätä. Päädyn kannatus (kuva 8) suunnitellaan aina tapauskohtaisesti. Kattoelementin pituuden mukaan rakennesuunnittelija tekee päätöksen, monestako pisteestä kattoelementin nosto on järkevää toteuttaa. (Kokko 2013; Pura 2013.)



KUVA 8. Esimerkki päätyelementin kannatuksesta

Yleisimmin käytetty nostomenetelmä kokonaisia kattorakenteita nostettaessa on 4-pistenosto. Pienet kattolohkot on mahdollista nostaa myös 2-pistenostona harjalta nostettaessa. Pitemmillä kattorakenteilla nosto voidaan toteuttaa myös 8-pistenostona.

Kokonsa puolesta haastavien kattoelementtien nostoissa voidaan käyttää erillistä nostopalkkia (kuva 9). Nostopalkilla kuormat saadaan jakautumaan tasaisemmin koko kattoelementille ja vältetään haitallisten vinokulmien syntyminen.

Palkin käyttöä tulisi nostoissa harkita, koska teräksinen nostopalkki joudutaan yleensä vuokraamaan ja kuljettamaan työmaalle erikseen. Tästä aiheutuu aina ylimääräisiä kustannuksia työmaalle. Rakennesuunnittelija ja työpäällikkö tekevät työmaakohtaisesti päätöksen nostopalkin käytöstä. (Kokko 2013.)



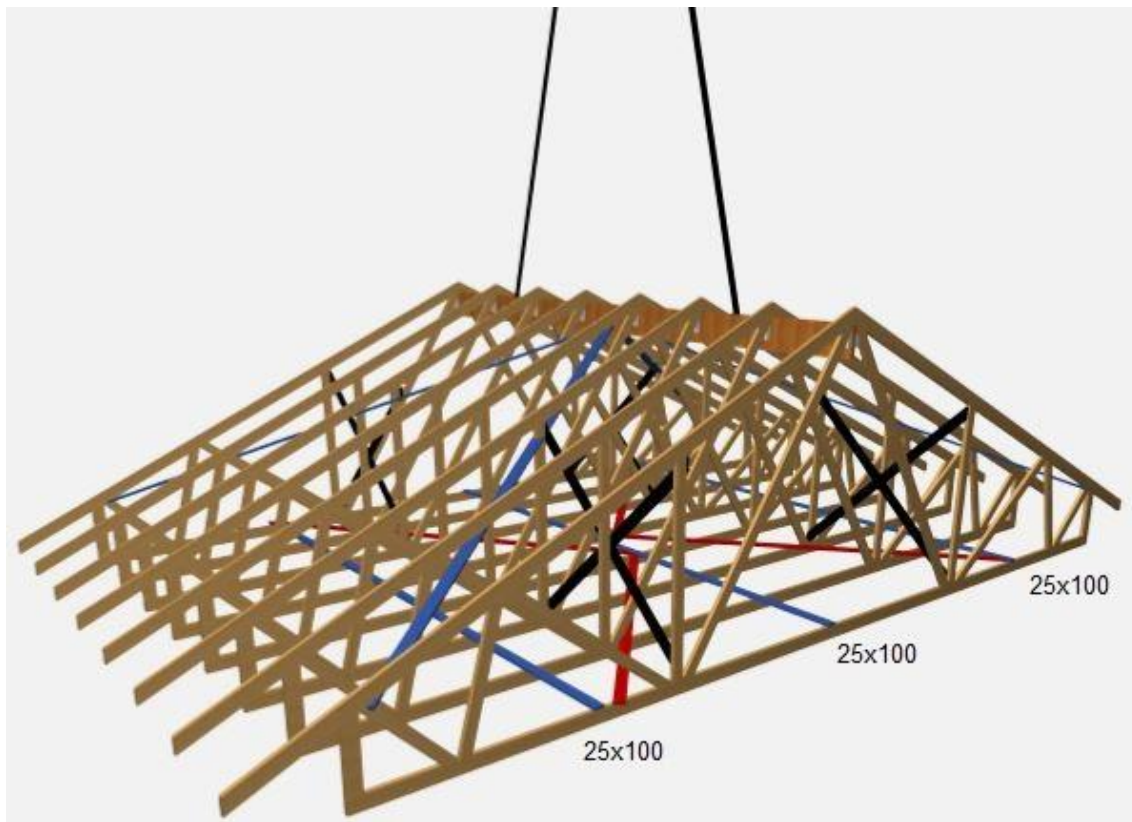
KUVA 9. Esimerkki kattoelementin nostosta nostopalkilla

3.6 Kattoelementin jäykistäminen

Kattoelementin jäykistyksen suunnittelu kuuluu kohteen rakennesuunnittelijan tehtäviin. Rakennesuunnittelija vastaa siitä, että kattoelementin jäykistykset ovat riittävät ja kattoelementti pysyy noston aikana ristimitassa. Jäykisteillä estetään ristikkosauvojen ja alapaarten nurjahtaminen. Jäykistyksessä voidaan käyttää yleisesti käytössä olevia kokonaisjäykistysmenetelmiä.

Kattoelementtiä nostettaessa ristikon alapaarteeseen aiheutuu puristusta nostosta syntyvistä vaakavoimista. Varsinkin harjalta nostettaessa vaakasuuntaiset voimat kasvavat suuriksi, jolloin alapaarre pyrkii nurjahtamaan. Nurjahtamisen estämiseksi kattoelementtiin tulee suunnitella tarvittava jäykistys kattoelementin pituussuunnassa. Alapaarten jäykistäminen voidaan toteuttaa asentamalla 25x100 laudat alapaarten aukkoihin katon pituussuunnassa (kuva 10). Nostoa

varten tarvittavat lisäjäykisteet tulee esittää myös nostosuunnitelmassa. (Pura 2013; Lossi 2013.)



KUVA 10. 3d-mallinnus noston aikaisista jäykisteistä

4 TYÖTURVALLISUUS NOSTOISSA

Nostotöissä on yleensä aina sellaisia vaaratekijöitä, joita ei pystytä täysin poistamaan. Vaara-alueita ei yleensä voida täysin eristää niin, ettei siirrettävä taakka aiheuttaisi vaaraa nostotyöhön osallistuville tai muille lähellä oleville. Nosturin kuljettajalla ja taakan kiinnittäjällä on ratkaiseva merkitys nostotyön turvallisuudessa suorittamisessa. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Onnettomuuksien välttämiseksi on huolehdittava seuraavista asioista:

- nosturi on tukevalla alustalla vaakasuorassa tukijalkojensa varassa
- kuormitustaulukoissa ilmoitettuja maksimikuormia ei saa ylittää
- nostettava taakka on kiinnitetty kunnolla
- nosturille on tehtävä asianmukaiset tarkastukset
- nosturin ylikuormituksenilmaisimet on oltava toimintakunnossa
- koneenkuljettajan ja nostotyön merkinantajan välillä on oltava jatkuva näkö- tai radiopuhelinyhteys
- nosto toteutetaan tasaisilla ja nykimättömillä liikkeillä
- nostopuomi ei saa koskettaa sähköjohtoja tai muita esteitä.
- koneenkuljettajan lisäksi nosturissa ei saa ylimääräisiä henkilöitä noston aikana
- useammalla nosturilla tehtävissä yhteisnostoissa on noudatettava erityistä varovaisuutta
- maksimikuormitusta on vähennettävä kovalla pakkasella (alle -18 °C)
- kovalla tuulella nostettaessa on noudatettava erityistä varovaisuutta (> 10 m/s). Työskentely on keskeytettävä erittäin kovalla tuulella (> 15 m/s)
- taakan alla ei liikuta tarpeettomasti noston aikana
- nostettavaa taakkaa ei saa jättää roikkumaan taukojen ajaksi
- nostossa käytettävät nostoapuvälineet on tarkastettava ja niistä on löydettävä merkintä maksimikuormasta. (Ajoneuvonosturit. 1990.)

4.1 Nostotöiden suunnittelu

Nostosuunnitelma täytyy laatia kirjallisena aina vaikeita nostotöitä tehtäessä tai jos käytetään samanaikaisesti useampaa kuin yhtä nosturia. Suunnitelma teh-

dään yleensä kyseisten töiden urakoitsijoiden ja rakennesuunnittelijan kesken. Nostotyön suunnittelusta vastaa aina tilaaja, tämä on mainittu SML:n ajoneuvonostureiden vuokrauksen yleisten ehtojen 2 §:ssä. Ajoneuvonosturia käytettäessä myös nosturin toimittajan on tarpeellista osallistua suunnitteluun. Työturvallisuuden kannalta on tärkeää, että ainakin työnjohto, nosturin käyttäjä ja nostotyöhön osallistuvat henkilöt ovat perehtyneet nostosuunnitelmaan etukäteen. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Nostotyötä varten on selvitettävä seuraavat asiat:

- olosuhteet nostotyössä
- nostopaikat ja –suunnat
- nostokohdat ja käsiteltävyys nostettavasta taakasta
- nostomenetelmät tarvittaessa suunnittelijan kanssa
- tarvittavat vahvistukset maapohjalle tai rakenteille
- nostotyövaiheet
- turvallisuustoimenpiteet
- henkilöstön opastus ja ohjeiden tarve
- vastuuhenkilöt. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Nostotyötä suunniteltaessa on otettava huomioon nostettavan kappaleen, ympäristön ja ulkoisten olosuhteiden sekä nostolaitteiden ja -apuvälineiden ominaisuudet. Lisäksi täytyy suunnitella nostojen ajoitus, nostokaluston hankinta ja noston tietojen välittämisen tapa. Nostotyössä aiheutuvat vaaratilanteet on tunnistettava ja pyrittävä poistamaan vaaratilanteet työn eri vaiheista. Ennen varsinaisen nostotyön aloitusta nostotyösuunnitelma tarkennetaan nostotyön ympäristötekijöiden osalta. (Nostotöiden turvallisuus. 1998.)

4.2 Työryhmä

Nostotöissä tarvittava työryhmän koko on nosturinkuljettaja ja 1–2 henkilöä taakan kiinnittäjänä. Mikäli kuljettajalla ei ole jatkuvaa näköyhteyttä nostettavaan taakkaan, tarvitaan työturvallisuuden varmistamiseksi erillinen merkinantaja. Kaikkien työhön osallistuvien henkilöiden on tunnettava ohjaamisen käytettävät käsimerkit. Vaikeissa nostoissa sekä usealla koneella suoritettavissa yhteisnostoissa on nimettävä lisäksi noston johtaja. (Ajoneuvonosturit. 1990.)

Varustus

Ennen nostotöiden aloitusta työmaalle tulee varata tarvittava määrä työsuojaimia ja varusteita. Nostotöissä tarvitaan ainakin seuraavat varusteet, jotta kattoelementin nosto ja asennus voidaan suorittaa:

- Vasara
- Ruuvivääntimiä
- Naulapyssy
- Kiristysliinoja
- Vesivaaka (vatupassi)
- Mitta
- Naulaliivit
- Kypärä
- Turvakengät
- Huomiovaatteet
- Leka
- Telineet joka nurkkaan
- Ohjausnaru
- Henkilökortti näkyvillä (Kuusisto 2013; Haapala 2013.)

4.3 Nostolaitteiden sijoitus ja valinta

Nostolaitteiden sijoitus tulee suunnitella hyvissä ajoin, parhaiten se onnistuu rakennustyömaan aluesuunnittelun yhteydessä. Nostolaite on sijoitettava kantavalle ja tasaisella ajo- ja nostoalustalle niin, että nostolaite ei voi kallistua, kaataa tai liikkua hallitsemattomasti. Maaperän kantavuudesta tulee olla riittävät tiedot, joiden avulla voidaan varmistua, että nosturin tukijalat eivät lähde painumaan noston aikana. Ajoneuvonostureiden vuokrauksen yleisten ehtojen mukaan tilaaja vastaa siitä, että maapohjan kantavuus, tasaisuus ja liukkauden torjunta ovat riittävät nostopaikalla. Tilaajan tulee myös huolehtia, että nosturin työskentelyalueella ei pääse liikkumaan asiaankuulumattomia henkilöitä, ajoneuvoja tai koneita. (Ajoneuvonosturin vuokraussopimus. 2009.)

Kattoelementtien nostoon on valittava suorituskyvyltään riittävä nostolaite, jonka nostokyky tulisi olla vähintään 10–15 prosenttia suurempi kuin nostettavan taakan paino. Nosturikohtaisten kuormitustaulukoiden avulla valitaan kohteeseen sopiva nosturi, kun tarvittavat ulottumat ja kuormat ovat selvillä (liite 2). Nosturinkuljettaja vastaa nostokaluston toimivuudesta ja tekee siihen asianmukaiset käyttöönottotarkastukset ennen nostoa sekä täyttää nosturinpystytyspöytäkirjan. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Kattoelementtien nostoissa käytetään yleensä ajoneuvonosturia. Suuremmilla nostokoneilla saavutetaan pienemmät nostokulmat, mutta nostokoneen koon kasvaessa kasvavat myös niiden siirtokustannukset. Pienemmällä nosturilla on mahdollista työskennellä lähempänä nostettavaa taakkaa ja nostokoneen kuljettaja pystyy helpommin havainnoimaan mahdolliset riskitekijät noston aikana. (Hyttinen 2013.)

4.4 Opastaminen nostotyöhön

Taakkojen putoamisen syynä ovat usein olleet nostoapuvälineiden asennus- tai kiinnitysvirheet. Näiden lisäksi väärät työmenetelmät taakkojen sidonnassa ja irrotuksessa ovat aiheuttaneet nostoissa työtapaturmia. (Nostotöiden turvallisuus. 1998.)

Tapaturmien välttämiseksi nostotyötä tekeväille on annettava työn laadun ja työolosuhteiden edellyttämä koulutus ja opastus turvallisiin nostotapoihin. Nostotyötä tekeville henkilöille on kerrottava, mitä kunto- ja merkintäasioita nostoapuvälineestä on varmistettava ennen käyttöä. Oikeanlaisella työnopastuksella voidaan vaikuttaa työntekijöiden asenteisiin ja ehkäistä tapaturmien syntymistä. Nostotyöhön liittyvästä koulutuksesta ja opastuksesta on syytä pitää kirjaa. Tämä helpottaa uuden tai täydentävän koulutuksen suunnittelua jatkossa. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

4.5 Nostoapuvälineet

Nostoapuvälineellä tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, joka on sijoitettu koneen ja nostettavan taakan väliin ja jonka avulla kuormaan voidaan tarttua. Nostoapuvälineiden työmaakohtaisista tarkastuksista on säädetty valtioneuvoston päätöksellä rakennustyön turvallisuudesta (205/2009 muutoksineen). Päätöksen luvussa 4 on todettu, että nostoapuvälineiden rakenne ja kunto on todettava rakennustyömaalla käyttötarkoitukseen sopiviksi ja niitä koskevien vaatimusten mukaisiksi. Lisäksi päätöksessä edellytetään, että nostoapuvälineet on tarkastettava työmaalla ennen niiden käyttöä sekä työn aikana vähintään kerran viikossa. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Nostoapuvälineeseen on aina oltava merkittynä sen suurin sallittu kuorma. Merkittyä kuormaa ei saa missään tilanteessa ylittää. Ellei merkintää löydy, nostoapuvälinettä ei saa käyttää. Havaitessaan vioittuneen nostoapuvälineen tai muun nostoon käytettävän laitteen, työntekijän on itse poistettava vaaratekijä viemällä väline erityistarkastukseen tai poistamalla se muuten käytöstä. Hänen on lisäksi ilmoitettava työnjohdolle ja työsuojeluvaltuutetulle havaitsemistaan vioista ja puutteellisuuksista. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

4.5.1 Nostovyöt

Nostovyöt ovat muita nostoapuvälineitä herkempiä vaurioille ja siksi niiden kuntoa on varmistauduttava aina ennen jokaista käyttökertaa. Nostovyö tulee tarkastaa silmämääräisesti molemmiin puoliin koko pituudeltaan pintavaurioiden, erilaisten leikkautumien, kulumisvaurioiden, ommel- tai silmukkavaurioiden havaitsemiseksi. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Nostovyöt ovat värikoodattu standardin SFS-EN 1492-1 mukaan. Taulukossa 1 on ilmoitettu suurin sallittu nostokuorma eri värikoodeilla oleville nostovöille.

TAULUKKO 1. Nimelliskuormat nostovöille (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Nauhaosan nimellis- kuorma (WLL)	Nauha- osan väri	Nimelliskuormat (t)								
		Suora nosto	Kivistävä nosto	Avonosto			Kaksihaarainen raksi		Kolmi- ja nelihaarainen raksi	
				Saman suuntainen	$\beta =$ 0...45°	$\beta =$ 45...60°	$\beta =$ 0...45°	$\beta =$ 45...60°	$\beta =$ 0...45°	$\beta =$ 45...60°
		M = 1	M = 0,8		M = 2	M = 1,4	M = 1	M = 1,4	M = 1	M = 2,1
1,0	violetti	1,0	0,8	2,0	1,4	1,0	1,4	1,0	2,1	1,5
2,0	vihreä	2,0	1,6	4,0	2,8	2,0	2,8	2,0	4,2	3,0
3,0	keltainen	3,0	2,4	5,0	4,2	3,0	4,2	3,0	5,3	4,5
4,0	harmaa	4,0	3,2	8,0	5,6	4,0	5,6	4,0	8,4	6,0
5,0	punainen	5,0	4,0	10,0	7,0	5,0	7,0	5,0	10,5	7,5
6,0	ruskea	6,0	4,8	12,0	8,4	6,0	8,4	6,0	12,6	9,0
8,0	sininen	8,0	6,4	16,0	11,2	8,0	11,2	8,0	16,8	12,0
10,0	oranssi	10,0	9,0	20,0	14,0	10,0	14,0	10,0	21,0	15,0
Yli 10,0	oranssi									

Nostovyö on poistettava käytöstä seuraavissa tapauksissa:

- merkintä suurimmasta sallitusta kuormasta puuttuu tai ei ole tunnistettavissa.
- nostovyötä on ylikuormitettu
- nostovyössä on solmu
- nostovyössä on havaittavissa laajoja hankausvaurioita tai se on yleisesti kulunut ja likainen
- pinnassa oleva viilto- tai hankausvaurio ylittää 10 prosenttia leveyssuunnasta
- nostovyössä on kemikaalien, lämmön tai kosteuden aiheuttamia vaurioita
- päätteiden ompeleissa on havaittavissa huomattavia kulumia tai lankakatkeamia
- liitosommel on ratkennut. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

4.5.2 Kettinkiraksit

Kettinkiraksilla tarkoitetaan kettingistä ja siihen liitetyistä varusteista koottua nostoapuvälinettä. Nostoissa voidaan käyttää yksi- tai useampihaaraisia kettinkirakseja (kuva 11). Raksien säilytyspaikalle tulisi sijoittaa nosto-ohjeet ja raksin kuormitustaulukko. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)



KUVA 11. Erilaisia kettinkirakseja (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Kettinkiraksi on poistettava käytöstä seuraavissa tapauksissa:

- merkintä suurimmasta sallitusta kuormasta eri kuormitustilanteissa puuttuu
- itselukkiutuvan koukun mekanismi on viallinen tai jos koukun salpa ei lukitse koukkuja
- päärenkaassa, koukuissa tai muissa rakenneosissa on havaittavissa muodonmuutoksia tai koukku on avautunut yli 10 prosenttia
- kuluma kettinkilenkissä on yli 10 prosenttia. Kettinkilenkin mittausta tehdään kahdesta suunnasta ja mittausten keskiarvon tulee olla vähintään 90 prosenttia alkuperäisestä.
- ulkoisesta tekijästä johtuva viilto, lovi, korroosio tai syöpyminen on yli 10 prosenttia ainevahvuudesta tai kettingissä on silmin nähden havaittava taipuma. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

4.5.3 Lyhentimet

Kettinkiraksien pituutta säädellään lyhentimien avulla. Lyhentiminä voidaan käyttää taskumaisia hakalyhentimiä, lyhennyskoukkuja tai pikasäätimiä (kuva 12), joissa kettinki lukittuu jousikuormitteisten tappien varaan. Ennen noston aloittamista työntekijän on varmistettava, että kettinki on turvallisesti lukittuna lyhentimessä eikä pääse missään nostovaiheessa irtoamaan. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)



KUVA 12. Erilaisia kettinkiraksien lyhentimiä (Nostoapuvälineet. Turvallisuus 2010.)

4.6 Nosto

Ennen nostotöiden aloittamista kaikkien nostotyöhön osallistuvien tulee olla selvillä nostosuunnitelmasta ja työmaaturvallisuudesta. Tarvittaessa nostoalue eristetään, jotta ylimääräiset henkilöt eivät pääse kulkemaan vaara-alueella. Kaikkien nostoalueella olevien henkilöiden tulee käyttää asianmukaisia huomio- ja suojarusteita. Nostotyön edetessä on tarkkailtava nostosuunnitelmassa esitettyjä asioita ja niiden toteutusta. Poikkeamiin ja puutteisiin tehdään tarvittavat toimenpiteet, jotta nostotyö olisi turvallinen ja toteutuisi suunnitelmien mukaisesti. Jos nosturin kuljettaja katsoo, että nostotyöstä aiheutuu vaaraa työntekijöille tai nosturille, hän voi kieltäytyä suorittamasta nostotyötä. (Nostotöiden turvallisuus. 1998.)

Nostossa käytetään luvussa 4.5 esiteltyjä nostoapuvälineitä. Tarkastettu nostovyö kiinnitetään nostopisteiden kohdalle nostoapupalkkiin hirttämällä (kuva 13).

Nostovöinä käytetään yleensä 2–3 tonnin liinoja, joka on kiinnitetty kettinkirakseihin. Kettinkiraksien pituutta säädellään lyhentimien avulla, jotta kattoelementti saadaan nostettua tasapainossa.



KUVA 13. Nostovyön kiinnitys nostoapupalkkiin

Ennen varsinaista nostoa tulee suorittaa koenosto. Koenosto suoritetaan nostamalla kattoelementti vain hiukan irti alustaltaan, jonka jälkeen varmistetaan taakan tasapainosta ja nostoapuvälineiden asianmukaisesta kiinnityksestä. Jos kattoelementti kallistuu koenoston aikana, se on laskettava alas ja kiinnitettävä uudelleen. Koenosto toistetaan kunnes kuorman vakaus on varmistettu. Nostovyön kiristyessä kädet ja muut kehon osat on pidettävä irti vammojen välttämiseksi. (Nostovyöt ja päällysteraksit.)

Noston aikana kattoelementin on oltava joka tilanteessa tasapainossa ja noston tulee olla sen suorittajan hallinnassa. Nostossa on varmistettava, että kattoelementti ei pääse pyörimään tai törmäämään mihinkään. Erityisesti on huolehdittava siitä, ettei taakan alla tai vaara-alueella liikuta tarpeettomasti noston aikana. (Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010.)

Kattoelementin nosto tehdään tasaisilla ja nykimättömillä liikkeillä, koska heilahdukset tuovat hetkellisesti ylimääräistä kuormaa nostoapupalkille ja ristikon rakenteille. Nostettavaa kattoelementtiä voidaan hallita alhaalta ohjausliinojen avulla. Ohjausliinat asennetaan kahteen tai kolmeen kulmaan kattoelementtiä. Ohjausliinojen käytöllä varmistetaan, että taakka ei pääse pyörimään tai törmäämään mihinkään noston aikana. Kuvassa 14 ohjausliinat on kiinnitetty kat-

toelementin kahteen kulmaan. Kattoelementin laskeminen paikalleen tulee tapahtua yhtä hallitusti kuin sen nostokin. (Nostovyöt ja päällysteraksit.)



KUVA14. Ohjausliinojen käyttö kattoelementin asennuksessa

Laskettaessa kattoelementtiä talon molemmin puolin on asentaja vastaanottamassa kattoa alumiinitelineiden päällä (kuva 15). Näin varmistetaan, että kattoelementti saadaan laskettua oikealle paikalleen. Alumiinitelineet viedään kulmiin ennen nostotyön aloittamista. Kattoelementti irrotetaan nostoapuvälineistä vasta, kun se on osittain kiinnitetty paikoilleen. Kattoelementin paikalleen saamisen helpottamiseksi jokaiseen kulmaan voidaan asentaa laudasta tehdyt ohjaimet. (Kuusisto 2013; Hyttinen 2013.)



KUVA 15. Kattoelementin paikalleen asentaminen Ritaharjussa

4.7 Kommunikointi noston aikana

Nostoissa on käytettävä erillistä merkinantajaa, jos nostolaitteen sijainti on sellainen, että sen käyttäjä ei voi jatkuvasti valvoa taakan liikkumista. Noston turvallinen suorittaminen vaatii sujuvaa yhteistyötä nosturinkuljettajan, merkinantajan ja nostotyöhön osallistuvien välillä. (Nostoihin ja konetöihin liittyvät käsimerkit. 2010.)

Nostoissa käytettävien merkinantojen tulee olla helposti ymmärrettäviä ja selkeitä. Jos joudutaan käyttämään erillistä merkinantajaa, tulee hänellä olla näkö- tai radioyhteys sekä nostolaitteen käyttäjään että työkohteeseen. Merkinantajana toimii erikseen nimetty henkilö ja hänen tulee osata hyväksytyt merkinannot. (kuva 16) (Nostoihin ja konetöihin liittyvät käsimerkit. 2010.)

Turvamerkit ovat merkkejä, jotka antavat tietoa tai ohjeita työturvallisuudesta tilanteesta riippuen joko kilvin, värein, valo- tai äänimerkein, suullisen viestinnän tai käsimerkkien avulla. Työntekijät tulee perehdyttää työpaikalla käytettävien turvamerkkien merkityksestä. Nostoissa käytettävien käsimerkkien tulee olla mahdollisimman tarkkoja ja yksinkertaisia, jotta ne erottuisivat muista vastaavista merkeistä ja olisivat helposti ymmärrettävissä. Merkinantajan on kyettävä tarkkailemaan kaikkia toimintoja joutumatta kuitenkaan itse vaaraan työtehtävänsä vuoksi. Työntekijöiden tulee tuntea käytettävät käsimerkit, koska väärin

tulkitut merkit voivat aiheuttaa vaaratilanteita ohjaamalla koneita tai taakkoja väärin paikkoihin. (Nostoihin ja konetöihin liittyvät käsimerkit. 2010.)

<p>ALOITA, HUOMIO, KÄSKYN ALKU</p>  <p>Molemmat kädet on levitetty vaakasuoraan eteen.</p>	<p>SEIS, KESKEYTYS, LIIKKEEN LOPETUS</p>  <p>Oikea käsivarsi osoittaa ylös, kämmen eteen.</p>	<p>TOIMINNON LOPPU</p>  <p>Molemmat kädet vastakkain rinnan korkeudella.</p>	<p>NOSTA</p>  <p>Oikea käsivarsi osoittaa ylöspäin, kämmen eteenpäin, ja tekee hitaasti ympyrän.</p>
<p>LASKE</p>  <p>Oikea käsi osoittaa alaspäin, kämmen sisäänpäin, ja tekee hitaasti ympyrän.</p>	<p>PYSTYSUORA ETÄISYYS</p>  <p>Kädet osoittavat kyseisen etäisyyden.</p>	<p>LIIKU ETEEN</p>  <p>Molemmat käsivarret taivutetaan kämmenet ylöspäin ja kädet kyynärpäistä lähtien tekevät hitaita liikkeitä kohti kehoa.</p>	<p>LIIKU TAAKSE</p>  <p>Molemmat käsivarret taivutetaan kämmenet alaspäin ja kädet kyynärpäistä lähtien tekevät hitaita liikkeitä kehosta pois päin.</p>
<p>OIKEALLE MERKINANTAJASTA</p>  <p>Oikea käsivarsi ojennetaan vaakasuoraan kämmen alaspäin, ja tehdään hitaita pieniä liikkeitä oikealle merkinantajasta.</p>	<p>VASEMMALLE MERKINANTAJASTA</p>  <p>Vasen käsivarsi ojennetaan vaakasuoraan kämmen alaspäin, ja tehdään hitaita pieniä liikkeitä vasemmalle merkinantajasta.</p>	<p>VAAKASUORA ETÄISYYS</p>  <p>Kädet osoittavat kyseisen etäisyyden.</p>	<p>VAARA HÄTÄPYSÄYTYS</p>  <p>Molemmat käsivarret osoittavat ylöspäin, kämmenet eteenpäin.</p>

KUVA 16. Yleisesti hyväksytyt merkinannot nostotyössä (Nostoihin ja konetöihin liittyvät käsimerkit. 2010.)

5 KATTOLOHKON NOSTOAPUPALKIN MITOITUS

Opinnäytetyössä tehtiin esimerkki mitoitus nostoapupalkkeille yhdellä tai kahdella nostolinjalla nostettaessa. Tutkittavan kattolohkon ristikon jännepituus on 9,5 metriä ja lohko toteutetaan kuudella ristikolla. Maassa lohkoon asennetaan valmiiksi aluskate, korokerima 24x48 mm, ruoteet 32x100 mm ja päätyelementti lohkon toiseen päähän (kuva 17). Lohkon nostoapupalkki pyritään toteuttamaan työmaalla valmiiksi olevasta puutavarasta, jotta erillistä nostoapupalkkia ei tarvitse työmaalle tilata. Nostoapupalkit on mitoitettu liitteen 6 mukaisesti.

5.1 Rakenteiden kuormat

Esimerkkikohteessa kattolohkoon asennetaan valmiiksi aluskate, korokerima 24x48 mm ja ruoteet 32x100 mm. Aluskatteen painoa ei huomioida mitoituksessa, koska se ei tuo huomattavaa kuormaa rakenteille.

Yksittäiselle ristikolle tulevat kuormat, ristikkojako k900.

Yläpaarteelle tulevat pintakuormat:

- Ruoteet 32x100 k350
 $= 0,032m \times 0,1m \times (1 \div 0,35) \times 5kN/m^3 = 0,046kN/m^2$

Pintakuormista kertyy yhdelle ristikolle kuormaa yhden kannatinvälin levyiseltä alalta.

$$g_k = 0,046kN/m^2 \times 0,9m = 0,042kN/m$$

Korokerimoista yläpaarteelle tulee kuormaa:

$$g_k = 0,024m \times 0,048m \times 5kN/m^3 \approx 0,006kN/m$$

Lisäksi yläpaarteelle tulee kuormaa kattoristikon omasta painosta sekä vinositeiden painosta. Oletetaan vinositeiden painavan yhtä paljon kuin yläpaarre ja puolet painosta siirtyvän yläpaarteelle. Yläpaarteen poikkileikkaus mitat ovat 42x123 mm.

$$g_k = 0,042\text{mm} \times 0,123\text{mm} \times 5\text{kN/m}^3 = 0,026\text{kN/m}$$

Yläpaarteen ja vinositeiden yhteenlaskettu kuorma:

$$g_k = 1,5 \times 0,026\text{kN/m} = 0,039\text{kN/m}$$

Yläpaarteelle tuleva viivakuorma pintakuormasta ja yläpaarteen omasta painosta.

$$g_k = 0,042\text{kN/m} + 0,006\text{kN/m} + 0,039\text{kN/m} = 0,087\text{kN/m}$$

Yläpaarre on $21,8^\circ$ kaltevuudessa (1:2,5). Kuormaa kertyy vinon lappeen matkalta, jonka pituus on lappeen vaakaprojektio/ $\cos(21,8^\circ)$. Yläpaarteen pituuden vaakaprojektio on alapaarteen pituus 9,5 m + räystäät $2 \times 0,755 \text{ m} = 11,01 \text{ m}$.

Kokonaispituus, jolta kuormaa kertyy:

$$L = \frac{11,01\text{m}}{\cos(21,8^\circ)} = 11,86\text{m}$$

Yhden kattokannattajan yläpaarteen kautta alapuolisille rakenteille välittyvä kokonaiskuorma omasta painosta:

$$G_k = 11,86\text{m} \times 0,086\text{kN/m} \approx 1,02\text{kN}$$

Alapaarteen ja vinositeiden kuorma oletetaan samaksi kuin yläpaarteella:

$$g_k = 0,039\text{kN/m}$$

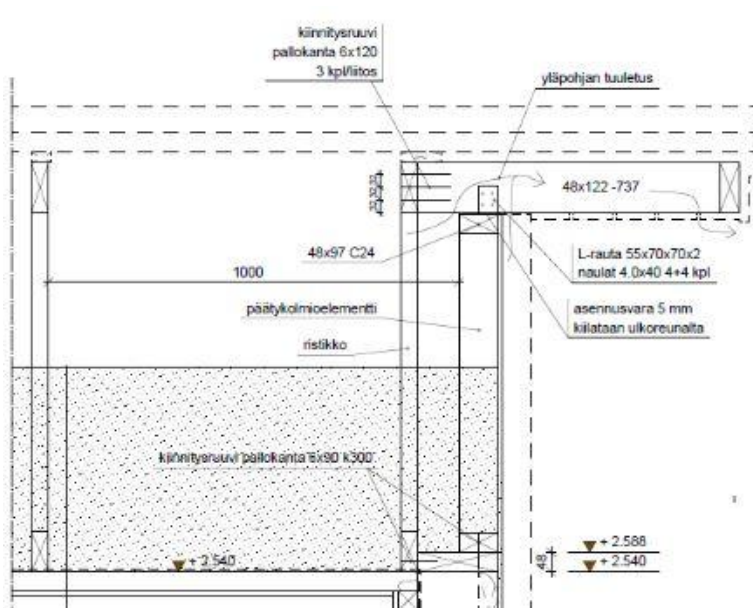
Yhden kattokannattajan alapaarteen kautta alapuolisille rakenteille välittyvä kokonaiskuorma omasta painosta:

$$G_k = 9,5\text{m} \times 0,039\text{kN/m} = 0,371\text{kN}$$

Yläpohjan painon aiheuttama kokonaiskuorma nostoapupalkeille yhden kattokannattimen kautta:

$$G_k = 1,02\text{kN} + 0,371\text{kN} \approx 1,391\text{kN}$$

Kattolohkon toiseen pätyyn asennetaan maassa valmiiksi kuvan 17 mukainen päätyelementti, joka aiheuttaa rakenteeseen lisäkuormitusta.



KUVA17. Kattolohkon päädyn rakenne

Kattolohkon päädyn kuormitukset

- Runkotavara 48x97 ($0,0233kN/m \times 48,81m$) $\approx 1,14kN$
- Gyproc GTS 9 tuulensuojalevy ($7kg/m^2 \times 14,4m^2$) $\approx 1,01kN$
- Koolaus 47x47 k600 ($0,0111kN/m^2 \times 14,4m^2$) $\approx 0,16kN$
- Ulkoverhous UYV 23X145 ($0,115kN/m^2 \times 14,4m^2$) $\approx 0,78kN$

yhteensä = 4,74kN

Päätyrakenteista kertyy viivakuormaa ristikolle R1:

$$g_k = \frac{4,74kN}{9,5m} = 0,499kN/m$$

Ristikon R2 ylä- ja alapaarteista tulee sama kuormitus kuin ristikoilla R1. Päätyvasat on laskettu edellisen laskelman runkotavaraan. Yläpaarten kuormaa kertyy 1,2 m:n leveydeltä.

Viivakuormaa yläpaarten pintakuormista kertyy ristikolle R2:

$$g_k = 0,046kN/m^2 \times 1,2m \approx 0,056kN/m$$

Yläpaarteelle sen viivakuormasta ja omasta painosta tuleva viivakuorma:

$$g_k = 0,056kN/m + 0,039kN/m = 0,095kN/m$$

Ylä- ja alapaarteelta sekä kattolohkon päädyn rakenteelta kertyy viivakuormaa yhteensä:

$$g_k = 0,095kN/m + 0,039kN/m + 0,499kN/m = 0,633kN/m$$

Päädyn rakenteista sekä ylä- ja alapaarteen viivakuormista kertyvän kokonaispainon aiheuttama kuormitus nostoapupalkeille:

$$\begin{aligned} G_k &= 11,86m \times 0,095kN/m + 9,5m \times 0,499kN/m + 9,5m \times 0,039kN/m \\ &= 6,238kN \end{aligned}$$

5.2 Tuulikuorma

Kattolohkojen nostoapupalkkeja mitoitettaessa on huomioitava myös tuulen vaikutus noston aikaisiin kuormiin. Laskelmien esimerkkirakenteet sijaitsevat maastoluokassa III (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 158.). Nosto tilanteesta johtuen tuulennopeuden modifoimattomalle perusarvolle voidaan käyttää arvoa 10m/s. (RIL 201-2-2011. 2011, 95.) Kattolohkojen noston aikaista tuulikuormaa laskettaessa kattoa käsitellään katoksena.

- $z = 5m$ nostokorkeus
- $v_b = 10m/s$ tuulen nopeuden perusarvo
- $\rho = 1,25 kg/m^3$ ilman tiheys

Nopeuspaineen perusarvo lasketaan kaavalla 1 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 40.).

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25kg/m^3 \times (10m/s)^2 = 0,063kN/m^2 \text{ KAAVA 1}$$

Maastokerroin k_r , joka riippuu rosoisuuskertoimesta z_0 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 36.) lasketaan kaavalla 2 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 34.).

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,3m}{0,05m}\right)^{0,07} = 0,215 \quad \text{KAAVA 2}$$

Maaston rosoisuuskerroin korkeudella z lasketaan kaavalla 3 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 34.).

$$c_{r(z)} = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{KAAVA 3}$$

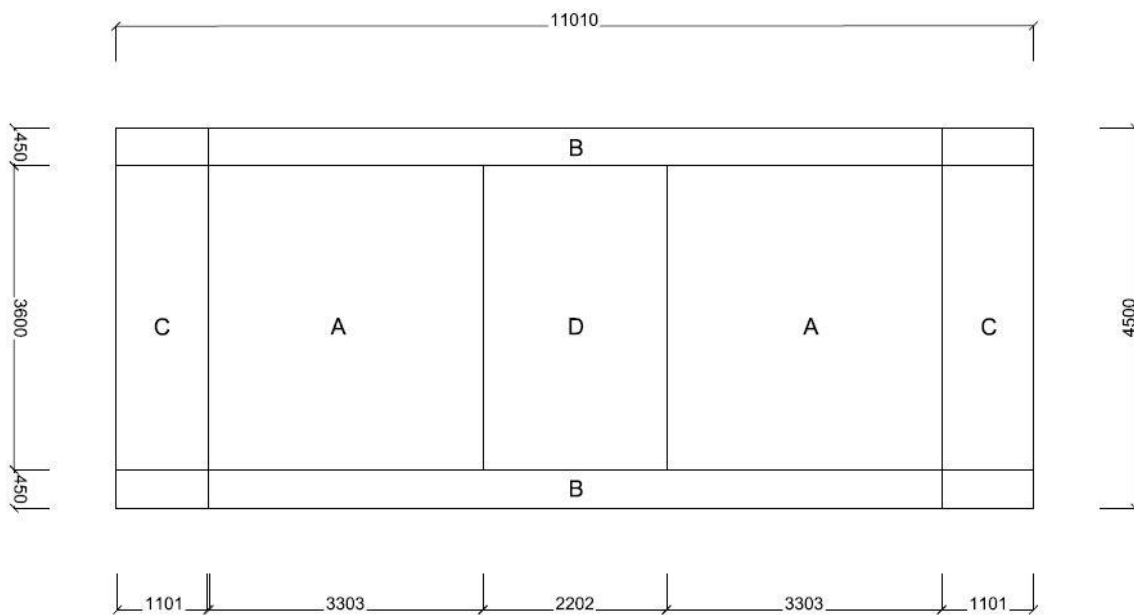
$$= 0,215 \times \ln\left(\frac{5m}{0,3m}\right) = 0,606, \text{ kun } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

Altistuskerroin lasketaan kaavalla 4 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 40.).

$$c_e(7) = c_r(z)^2 \times \left\{1 + \frac{7 \times k_r}{c_r(z)}\right\} = 0,606^2 \times \left\{1 + \frac{7 \times 0,215 r}{0,606}\right\} = 1,281 \quad \text{KAAVA 4}$$

Korkeudella z vallitseva puuskanopeus paine $q_p(z)$ lasketaan kaavalla 5 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 40.).

$$q_p(z) = c_e(z) \times q_b = 1,281 \times 0,063 \text{ kN/m}^2 = 0,08 \text{ kN/m}^2 \quad \text{KAAVA 5}$$



KUVA 18. Harjakaton vyöhykekaavio

Katto jaetaan kuormitusvyöhykkeisiin kuvan 18 mukaan. Vyöhykkeiden nettopainekertoimet on esitetty taulukossa 2. Kertoimet on saatu interpoloimalla lineaarisesti taulukosta 7.7 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 100.). Laskennan yksinkertaistamiseksi laskuissa käytetään kokonaiskerrointa c_f .

TAULUKKO 2. Vyöhykkeiden nettopainekertoimet.

Katon kulma α	Tukkeuma φ	Kokonaiskerroin c_f	Vyöhyke A	Vyöhyke B	Vyöhyke C	Vyöhyke D
21,8	Maksimi φ	+0,636	+1,136	+1,900	+1,536	+0,436
	Minimi $\varphi=0$	-0,936	-1,272	-1,836	-1,400	-2,000

Alaspäin vaikuttava tuulennopeuspaine lasketaan kaavalla 6 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 40.).

$$w_e = q_p(z) \times c_f = 0,08kN/m^2 \times 0,636 = 0,051kN/m^2 \quad \text{KAAVA 6}$$

Nosteena vaikuttava sisäpuolinen tuulennopeuspaine lasketaan kaavalla 6 (SFS-EN 1991-1-4. 2011, 40.).

$$w_e = q_p(z) \times c_f = 0,08kN/m^2 \times (-0,936) = -0,075kN/m^2 \quad \text{KAAVA 6}$$

Suurin kuormitus nostoapupalkille aiheutuu molempien lappeiden ollessa kuormitettuna täydellä alaspäin vaikuttavalla tuulennopeuspaineella. Ylöspäin vaikuttavan nosteen vaikutusta ei huomioida mitoituksessa, koska siitä ei aiheudu lisäkuormitusta nostoapupalkeille.

Ristikolle R1 tuulenpaineesta aiheutuva viivakuorma saadaan

$$g_k = 0,051kN/m^2 \times 0,9m = 0,046kN/m$$

Ristikolle R1 tuulikuormasta aiheutuva kuorma alapuolisille rakenteille saadaan

$$G_k = 11,86m \times 0,046kN/m = 0,546kN$$

Ristikolle R2 tuulikuormasta aiheutuva viivakuorma saadaan

$$g_k = 0,051kN/m^2 \times 1,2m = 0,062kN/m$$

Ristikolle R2 tuulikuormasta aiheutuva kuorma alapuolisille rakenteille saadaan

$$G_k = 11,86m \times 0,062kN/m = 0,726kN$$

Ristikolta R1 aiheutuva kuorma yhdelle nostoapupalkille, kun kattolohko nostetaan kahdella nostolinjalla on

$$G_k = \frac{0,546kN}{2} = 0,273kN$$

Ristikolta R2 aiheutuva kuorma yhdelle nostoapupalkille, kun kattolohko nostetaan kahdella nostolinjalla on

$$G_k = \frac{0,726kN}{2} = 0,363kN$$

5.3 Kuormitustapaukset K_{T1} ja K_{T2}

Nostoapupalkki mitoitetaan tilapäisen mitoitustilanteen mukaan murtorajatilassa. Mitoitus tehdään kahdella eri kuormitustapauksella. Mitoitukset on esitetty liitteissä 3, 4, 5 ja 6. Ristikon R2 vieressä olevat nostopisteet on tuotu lähemmäs päätyä, jotta kattolohko saadaan nostettua tasaisesti ylös. Nostopisteiden paikat tarkennetaan tarvittaessa koenoston perusteella.

Lyhytaikainen aikaluokka. (RIL 205-1-2009. 2009, 30.) (Nosto kestää >10 minuuttia.)

$$K_{T1} = 1,35G_{kj} \text{ (RIL 205-1-2009. 2009, 25.)}$$

- G_{kj} Pysyvien kuormien ominaisarvo
- $k_{mod} = 0,9$ Kuorman keston ja kosteuden vaikutuksen muunnoskerroin. (RIL 205-1-2009. 2009, 45.)

Hetkellinen aikaluokka. (RIL 205-1-2009. 2009, 30.) (Nosto kestää <10 minuuttia.)

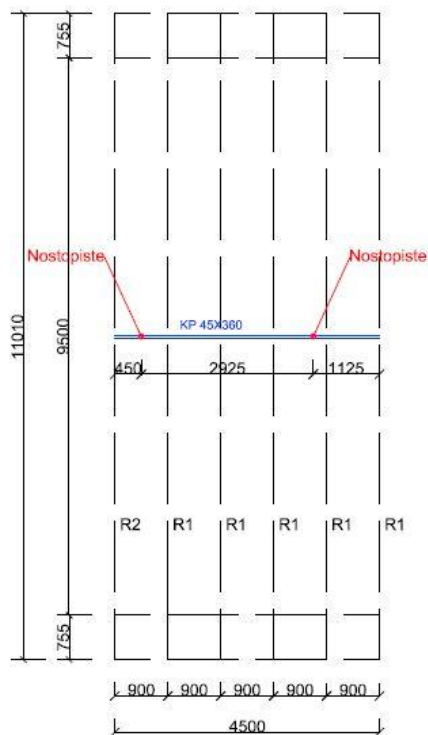
$$K_{T2} = 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} \text{ (RIL 205-1-2009. 2009, 25.)}$$

- G_{kj} Pysyvien kuormien ominaisarvo
- $Q_{k,t}$ Tuulikuorman ominaisarvo
- $k_{mod} = 1,1$ Kuorman keston ja kosteuden vaikutuksen muunnoskerroin. (RIL 205-1-2009. 2009, 45.)

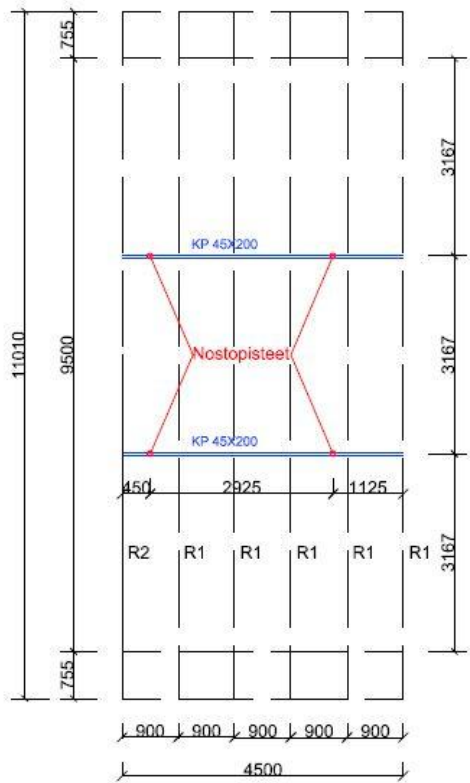
5.4 Mitoituksen tulokset

Mitoituksen tuloksena nostoapupalkiksi yhdellä nostolinjalla nostettaessa saatiin KP 45x360 (kuva 19). Kahdella nostolinjalla nostettaessa nostoapupalkiksi saatiin mitoituksen tuloksena KP 45x200 (kuva 20). Molemmissa kuormitustapauk-

sisä nostoapupalkit kestivät niille asetetut kuormat. Määrääväksi kuormitustapaukseksi saatiin KT1, jossa huomioitiin ainoastaan rakenteen omapaino. Ristikköiden kestävyys tulee varmistaa rakennesuunnittelijalta aina ennen nostoa. Mitoitusten perusteella voidaan sanoa, että kattolohkojen nostaminen tulee tapahtua mahdollisimman pystysuorilla nostolla, jotta vinokulmista aiheutuvat vaakavoimat jäisivät mahdollisimman pieniksi.



KUVA 19. Nostopisteiden sijoitus yhdellä nostolinjalla nostettaessa



KUVA 20. Nostopisteiden sijoitus kahdella nostolinjalla nostettaessa

6 YHTEENVETO

Työni tavoitteena oli saada yleisohje Kastelli-talot Oy:n suunnittelijoille nostosuunnitelman tekemisestä kattoelementtejä nostettaessa. Kastelli-talot Oy:llä ei ole aikaisemmin ollut vakiintunutta toimintamallia nostosuunnitelman tekemisestä, joten ohjeen tekeminen koettiin tarpeelliseksi. Lisäksi työssä tutkittiin kattoelementtien noston aikaista työturvallisuutta ja laadittiin tiivistetty ohje nostossa huomioitavista asioista, joka on tarkoitus jakaa Kastelli-talot Oy:n asennusryhmille.

Työn tuloksena syntyi yleisohje nostosuunnitelman tekemisestä, joka käsittää nostosuunnitelmassa huomioitavat asiat yhdellä tai kahdella nostolinjalla nostettaessa. Ohje on tehty Kastelli-talot Oy:ssä työskentelevien rakennesuunnittelijoiden ja muiden toimihenkilöiden haastattelujen pohjalta. Työn tekeminen osoittautui melko haastavaksi, koska aiheesta ei ole olemassa julkaistua materiaalia tai ohjeita. Ongelmiin ja kysymyksiin saatiin kuitenkin hyvin apua toimihenkilöiltä ja yleisohje nostosuunnitelman tekemisestä saatiin valmiiksi.

Haastattelujen sekä työmaavierailuiden perusteella voidaan todeta, että katon tekeminen maassa on huomattavasti turvallisempi vaihtoehto kuin perinteisellä tavalla ylhäällä valmistaminen. Maassa rakennettaessa vaikeatkin työvaiheet voidaan suorittaa alhaalla, jolloin työturvallisuus paranee huomattavasti. Myös asentajat ja työpäälliköt, joita haastateltiin opinnäytetyön aikana, pitivät maassa rakentamista mielekkäämpänä tapana rakentaa katto.

Vaikka kattoelementtejä on valmistettu maassa useassa kohteessa, niiden valmistamisessa sekä logistiikan toteutuksessa on vielä kehitettäviä asioita. Opinnäytetyön aikana käydyissä keskusteluissa nousi esille, että ristikkotehtaan tekemillä valmisosilla voitaisiin varmistaa ristikon kestävyys työmaalla, jolloin kattoelementtien valmistaminen olisi mahdollista ristikoiden tilauksen jälkeenkin. Valmisosien tekeminen ja niistä aiheutuvat kustannukset olisi hyvä tutkia tarkemmin, mutta tämän opinnäytetyön aikana asia jäi keskustelujen tasolle. Oikein toteutettuna kattoelementtien valmistaminen maassa on hyvä vaihtoehto perinteisellä tavalla ylhäällä rakentamiseen verrattuna.

LÄHTEET

Ajoneuvonosturit. 1990. KONE-RATU 04-3011. Rakennustieto Oy.

Ajoneuvonosturin vuokraussopimus. 2009. Infra ry. Saatavissa:

http://www.infrary.fi/files/2887_AJONEUVONOSTURINVUOKRAUSSOPIMUS_korjattu.pdf. Hakupäivä 30.05.2013.

Haapala, Kari 2013. Asennuspäällikkö, Kastelli-talot Oy: Puhelinkeskustelu 08.05.2013.

Hyttinen, Jarmo 2013. Työpäällikkö, Kastelli-talot Oy: Puhelinkeskustelut 2013.

Lossi, Heikki 2013. Vastaava NR- suunnittelija, Sepa: Puhelinkeskustelut 2013.

Karhu, Janne 2008. Nostettavien kattolohkojen rakennetekniset ratkaisut. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Opinnäytetyö.

Kilpeläinen, Mikko- Ukonmaanaho, Antti- Kivimäki, Marko. Avoin puurakennusjärjestelmä: Elementtirakenteet. Helsinki: WoodFocus, 2001. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-elementtirakenteet/elementtirakenteet.pdf>. Hakupäivä 11.03.2013.

Kokko, Antti 2013. Suunnittelupäällikkö, Kastelli-talot Oy: Haastattelut 2013.

Kuusisto, Timo 2013. Työpäällikkö, Kastelli-talot Oy: Haastattelu 24.04.2013.

Nostoapuvälineet. Turvallisuus. 2010. Työsuojeluhallinto. Tampere: Multiprint Oy. Saatavissa: http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2011/01/TSO_12.pdf. Hakupäivä 08.07.2013.

Nostoihin ja konetöihin liittyvät käsimerkit. 2010. Työterveyslaitos. Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/koneet_laitteet/kasimerkit/sivut/default.aspx. Hakupäivä 30.04.2013.

Nostotöiden turvallisuus. 1998. RATU 1182-S. Rakennustieto Oy.

Nostovyöt ja päällysteraksit. Certex.fi. Saatavissa:

http://www.certex.fi/UserFiles/Archive/11787/Kayttoohjeet_nostovyot_ja_paallysteraksit.pdf. Hakupäivä 12.07.2013.

Pellikainen, Marko 2013. Kirvesmies, Kastelli-talot Oy: Haastattelu 19.03.2013.

Pura, Pekka 2013. Rakennesuunnittelija, Kastelli-talot Oy: Haastattelut 2013.

Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Työmaatekniikka. 2007. RATU C2-0299.

Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0299%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-100195/R0299.pdf>. Hakupäivä 19.06.2013.

RIL 205-1-2009. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1.

2009. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 201-2-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. eurokoodit EN

1991-1-2, EN 1991-1-5, EN 1991-1-6, EN 1991-1-7, EN 1991-3 ja EN 1991-4.

2011. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–4:

Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2011. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Tumelius, Mika 2013. Määrälaskentavastaava, Kastelli-talot Oy: Haastattelut 2013.

LIITTEET

Liite 1 Arviot vesikaton painoista

Liite 2 Ajoneuvonosturin nostokyky eri ulottumilla

Liite 3 Mitoitus, KERTO-S 45x360, KT1

Liite 4 Mitoitus, KERTO-S 45x360, KT2

Liite 5 Mitoitus, KERTO-S 45x200, KT1

Liite 6 Mitoitus, KERTO-S 45x200, KT2

Liite 7 Finnwood-ohjelman tulokset

Liite 8 Muistilista kattoelementtien nostoihin

VESIKATON PAINO/VESIKATON PINTA-ALA	kg/m²
Normaaliristikko ei katetta	20
Normaaliristikko pelti	30
Normaaliristikko tiili	55
Normaaliristikko, tiiliä max 1/4 katosta	30
Perinnekehäristikko ei katetta	40
Perinnekehäristikko pelti	50
Perinnekehäristikkoristikko tiili	75
Perinnekehäristikkoristikko, tiiliä max 1/4 katosta	50

Normaaliristikon paino sisältää:

- puutavara 400 kg/m³
- ristikot (60 kg/kpl)
- päätylementit
- päätyräystäselementit
- vesikatteen ilmoitetussa laajuudessa
- räystäspellit, kattotarvikkeet, aluskatteen
- vesikaton jäykisteet
- nostopalkin/nostopalkit
- sivuseinän otsalaudat

Perinnekehäristikon paino sisältää:

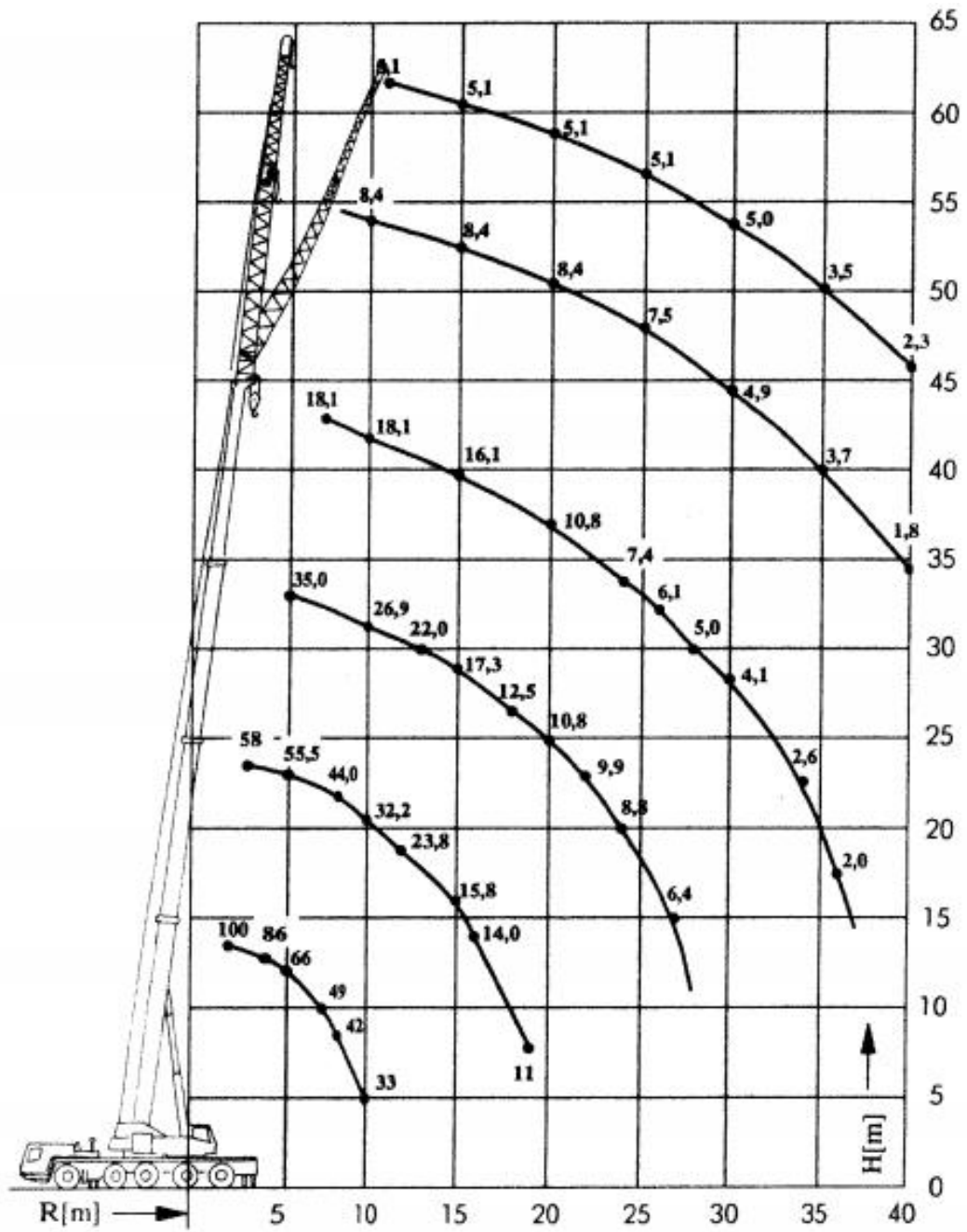
- puutavara 400 kg/m³
- kehäristikot (120 kg/kpl)
- päätylementit
- räystäselementit
- vesikatteen ilmoitetussa laajuudessa
- räystäspellit, kattotarvikkeet ja aluskatteen
- vesikaton jäykisteet
- nostopalkin/nostopalkit

Perinnekehäristikon lisäkuormat

- putkiullakon tuulensuojan, esisteet ja lattiakoolaus 10

Vesikaton pinta-ala lasketaan vesikaton ulkoreunojen mukaan

Rakennesuunnittelija arvioi tapauskohtaisesti ovatko nämä painot riittäviä.



Mitoitus yhdellä nostolinjalla nostettaessa, KT1

Lyhytaikainen aikaluokka (RIL 205-1-2009. 2009, 30.). (Nosto kestää >10 minuuttia).

$K_{T1} = 1,35$ x pysyvät kuormat (RIL 205-1-2009. 2009, 25.).

Materiaaliominaisuudet (RIL 205-1-2009. 2009, 50.).

KERTO-S

- $f_{m,k} = 44 \text{ N/mm}^2$ Taivutus syrjällä
- $f_{v,k} = 4,1 \text{ N/mm}^2$ Leikkaus syrjällä
- $E_{mean} = 13\,800 \text{ N/mm}^2$ Kimmomoduuli
- $f_{c,90,edge,k} = 6,00 \text{ N/mm}^2$ Puristus poikittain syrjällä
- $k_{mod} = 0,9$ Kuorman keston ja kosteuden vaikutuksen muunnoskerroin (RIL 205-1-2009. 2009, 45).
- $\gamma_M = 1,2$ Materiaalin osavarmuusluku (RIL 205-1-2009. 2009, 43.).

Palkin lähtötiedot

- $h = 360 \text{ mm}$ Palkin korkeus
- $b = 45 \text{ mm}$ Palkin leveys

Taivutus

Taivutusjännitys lasketaan kaavalla 1 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$M_d = 1,35 \times M_{g,k} = 1,35 \times 2,82 \text{ kNm} = 3,81 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \times M_{g,d}}{bh^2} = \frac{6 \times 3,81 \text{ kNm} \times 10^6}{45 \text{ mm} \times (360 \text{ mm})^2} = 3,92 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

Taivutuslujuuden mitoitusarvo lasketaan kaavalla 2 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{m,d} = k_h \frac{f_{m,k} \times k_{mod}}{\gamma_m} = 0,98 \times \frac{44N/mm^2 \times 0,9}{1,2} = 32,34N/mm^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

Mitoitusehto määritetään kaavalla 3 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,92N/mm^2}{32,34N/mm^2} \approx 12\%$$

KERTO-S 45x360 kestää taivutusrasituksen.

Leikkaus

Leikkausjännitys lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$V_d = 1,35 \times V_{g,k} = 1,35 \times 6,28kN = 8,48kN$$

nostoapupalkki on kertopuuta $\rightarrow b_{eff} = b$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d = \frac{3}{2} \times \frac{V_d}{b_{eff} \times h} = \frac{3}{2} \times \frac{8480N}{45mm \times 360mm} = 0,79N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

Leikkauslujuus määritetään kaavalla 5 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{4,1N/mm^2 \times 0,9}{1,2} = 3,1N/mm^2 \quad \text{KAAVA 5}$$

Mitoitusehto määritetty kaavalla 6 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,79N/mm^2}{3,1N/mm^2} \approx 26\%$$

KERTO-S 45x360 kestää leikkausrasituksen.

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

Ristikon R2 painosta aiheutuva tukipaine nostoapupalkille

$$b = 45mm \quad \text{Nostoapupalkin leveys}$$

$l = 42mm$ Ristikon kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$l_{c,90,ef} = 102mm$ Tehollinen kosketuspinnan pituus

$k_{c,90} = 1$ Kuorman sijainnin huomioiva kerroin

$F_{g,d} = 6,238kN$ Ristikon R2 tukireaktio nostoapupalkille

Puristusjäännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$F_d = 1,35 \times F_{g,d} = 1,35 \times 6,238kN = 8,42kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{b \times l} = \frac{8420N}{45mm \times 42mm} = 4,46N/mm^2 \quad \text{KAAVA 7}$$

Tukipainekerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} = \frac{42mm + 30mm + 30mm}{42mm} \times 1 = 2,429 \quad \text{KAAVA 8}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaan vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 0,9}{1,2} = 4,5N/mm^2 \quad \text{KAAVA 9}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \times f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \times f_{c,90,d}} = \frac{4,46N/mm^2}{2,429 \times 4,5N/mm^2} \approx 41\%$$

KERTO-S 45x360 kestää ristikön R2 puristusrasituksen.

Syysuuntainen puristus

Nostoliinujen vinoudesta aiheutuu puristusrasitusta palkin pituussuunnassa.

$$N_{g,d,x} = \frac{F_y}{\tan 75^\circ} = \frac{8,95kN}{\tan 75^\circ} = 2,40kN$$

$$N_{g,d,x} = 1,35 \times N_{g,k,x} = 1,35 \times 2,40kN = 3,24kN$$

Syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 11 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{g,d,x}}{A} = \frac{3240N}{16200mm^2} = 0,2N/mm^2 \quad \text{KAAVA 11}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa lasketaan kaavalla 12 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,d} = k_{mod} \frac{f_{c,k}}{\gamma_M} = 0,9 \times \frac{35N/mm^2}{1,2} = 26,25N/mm^2 \quad \text{KAAVA 12}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 13 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} = \frac{0,2N/mm^2}{26,25N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45x360 kestää puristusjännityksen.

Nostoliinan kiinnityksestä aiheutuva tukipaine nostoapupalkille, kun nostoliinan leveys on 90mm.

$$A = 45mm \times 90mm = 4050mm^2 \quad \text{Tukipinnan pinta-ala}$$

$$k_{c,90} = 1 \quad \text{Kuorman sijainnin kerroin}$$

Puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$F_{g,d} = 1,35 \times F_{g,k} = 1,35 \times 8,95kN = 12,09kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{g,d}}{A} = \frac{12090N}{4050mm} = 2,99N/mm^2 \quad \text{KAAVA 7}$$

Tukipainekerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} = \frac{90mm+30mm+30mm}{90mm} \times 1 = 1,667 \quad \text{KAAVA 8}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 0,9}{1,2} = 4,5N/mm^2 \quad \text{KAAVA 9}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \times f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \times f_{c,90,d}} = \frac{2,99N/mm^2}{1,667 \times 4,5N/mm^2} \approx 40\%$$

KERTO-S 45x360 kestää nostoliinasta aiheutuvan puristusrasituksen nostoliinan leveyden ollessa 90mm.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys y-suunnassa

$$N_d = 1,35 \times N_{g,k} = 1,35 \times 2,4 kN = 3,24kN$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900mm = 900mm$$

Poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{45mm}{\sqrt{12}} = 12,99mm \quad \text{KAAVA 14}$$

Sauvan hoikkuusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$\lambda_y = \frac{L_c}{i_y} = \frac{900mm}{12,99mm} = 69,284 \quad \text{KAAVA 15}$$

Sauvan muunnettu hoikkuus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.).

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{69,284}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 1,211 \quad \text{KAAVA 16}$$

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(1,211 - 0,3) + 1,211^2) = 1,279$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,279 + \sqrt{1,279^2 - 1,211^2}} = 0,592 \quad \text{KAAVA 17}$$

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad \text{KAAVA 18}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{3240N/16200mm^2}{0,592 \times 26,25N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45X360 kestää puristusrasituksen y-suunnassa, palkki ei nurjahda.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys z-suunnassa

$$N_d = 1,35 \times N_{g,k} = 1,35 \times 2,4 \text{ kN} = 3,24 \text{ kN}$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyys säde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$i_z = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{360 \text{ mm}}{\sqrt{12}} = 103,923 \text{ mm} \quad \text{KAAVA 14}$$

Sauvan hoikkeusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$\lambda_z = \frac{L_c}{i_z} = \frac{900 \text{ mm}}{103,923 \text{ mm}} = 8,66 \quad \text{KAAVA 15}$$

Sauvan muunnettu hoikkeus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.).

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{8,66}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 0,151 \quad \text{KAAVA 16}$$

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(1,211 - 0,3) + 1,211^2) = 0,504$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,504 + \sqrt{0,504^2 - 0,151^2}} = 1,016 \quad \text{KAAVA 17}$$

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad \text{KAAVA 18}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{3240N/16200mm^2}{1,016 \times 26,25N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45x360 kestää puristusrasituksen z-suunnassa, palkki ei nurjahda.

Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys

Palkin tehollinen pituus lasketaan kaavalla 19 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$l_{ef} = a + 2h = 4500mm + 2 \times 360mm = 5220mm \quad \text{KAAVA 19}$$

Suorakaidepalkin kriittinen taivutusjännitys lasketaan kaavalla 20 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c \times b^2}{h \times l_{ef}} \times E_{0,05} \quad \text{KAAVA 20}$$

$c = 0,58$ KERTO – S ja KERTO – T – LVL: lle

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,58 \times 45^2 mm}{360mm \times 5220mm} \times 11600N/mm^2 = 7,25N/mm^2$$

Palkin suhteellinen hoikkuus lasketaan kaavalla 21 (RIL 205-1-2009. 2009, 77.).

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{43,1N/mm^2}{7,25N/mm^2}} = 2,438 \quad \text{KAAVA 21}$$

Kerroin k_{crit} lasketaan kaavalla 22 (RIL 205-1-2009. 2009, 79.).

$$k_{crit} = \begin{cases} 1, & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m}, & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2}, & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad \text{KAAVA 22}$$

$$= \frac{1}{2,438^2} = 0,168$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 23 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad \text{KAAVA 23}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} = \frac{3,92 \text{ N/mm}^2}{0,168 \times 32,34 \text{ N/mm}^2} \approx 72\%$$

KERTO-S 45x360 kestää taivutusrasituksen.

Yhdistetty taivutus ja puristus

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 24 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,zf,c,0,d}} \leq 1 \quad \text{KAAVA 24}$$

$$\left(\frac{3,92 \text{ N/mm}^2}{0,168 \times 32,34 \text{ N/mm}^2} \right)^2 + \frac{0,2 \text{ N/mm}^2}{1,016 \times 26,25 \text{ N/mm}^2} \approx 52\%$$

KERTO-S 45x360 kestää yhdistetyn taivutus ja puristusrasituksen.

Mitoitus yhdellä nostolinjalla nostettaessa, KT2

Hetkellinen aikaluokka (RIL 205-1-2009. 2009, 30.). (Nosto kestää <10 minuuttia)

$$K_{T2} = 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} \text{ (RIL 205-1-2009. 2009, 25.)}$$

- G_{kj} Pysyvien kuormien ominaisarvo
- $Q_{k,t}$ Tuulikuorman ominaisarvo
- $k_{mod} = 1,1$ Kuorman keston ja kosteuden vaikutuksen muunnoskerroin (RIL 205-1-2009. 2009, 45.).

Palkin lähtötiedot

- $h = 360 \text{ mm}$ Palkin korkeus
- $b = 45 \text{ mm}$ Palkin leveys

Taivutus

Taivutusjännitys lasketaan kaavalla 1 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$M_d = 1,15 \times M_{g,k} + 1,5M_{q,k} = 1,15 \times 2,82kNm + 1,5 \times 0,327kNm = 3,734kNm$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \times M_{g,d}}{bh^2} = \frac{6 \times 3,734kNm \times 10^6}{45mm \times (360mm)^2} = 3,842N/mm^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

Taivutuslujuuden mitoitusarvo lasketaan kaavalla 2 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{m,d} = k_h \frac{f_{m,k} \times k_{mod}}{\gamma_m} = 0,98 \times \frac{44N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 39,526N/mm^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

Mitoitusehto määritetään kaavalla 3 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,842N/mm^2}{39,526N/mm^2} \approx 10\%$$

KERTO-S 45x360 kestää taivutusrasituksen

Leikkaus

Leikkausjännitys lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$V_d = 1,15 \times V_{g,k} + 1,5 \times V_{q,k} = 1,15 \times 6,275kN + 1,5 \times 0,726kN = 8,305kN$$

nostoapupalkki on kertopuuta $\rightarrow b_{eff} = b$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d = \frac{3}{2} \times \frac{V_d}{b_{eff} \times h} = \frac{3}{2} \times \frac{8305N}{45mm \times 360mm} = 0,769N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

Leikkauslujuus määritetään kaavalla 5 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{4,1N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 3,758N/mm^2 \quad \text{KAAVA 5}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 6 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,769N/mm^2}{3,758N/mm^2} \approx 20\%$$

KERTO-S 45x360 kestää leikkausrasituksen.

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

Ristikon R2 painosta aiheutuva tukipaine nostoapupalkille

$b = 45mm$ Nostoapupalkin leveys

$l = 42mm$ Ristikon kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$l_{c,90,ef} = 102mm$ Tehollinen kosketuspinnan pituus

$k_{c,90} = 1$ Kuorman sijainnin huomioiva kerroin

Puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$F_d = 1,15 \times F_{g,d} + 1,15 \times F_{q,d} = 1,15 \times 6,238kN + 1,5 \times 0,726kN = 8,263kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{b \times l} = \frac{8263N}{45mm \times 42mm} = 4,372N/mm^2 \quad \text{KAAVA 7}$$

Tukipaine kerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{90} = \frac{42mm + 30mm + 30mm}{42mm} \times 1 = 2,429 \quad \text{KAAVA 8}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaan vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 5,5N/mm^2 \quad \text{KAAVA 9}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \times f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \times f_{c,90,d}} = \frac{4,372N/mm^2}{2,429 \times 5,5N/mm^2} \approx 33\%$$

KERTO-S 45x360 kestää ristikon R2 puristusrasituksen.

Syysuuntainen puristus

Nostoliinujen vinoudesta aiheutuu puristusrasitusta palkin pituussuunnassa.

$$N_{g,d,x} = \frac{1,15F_{g,k,y} + 1,5F_{q,k,y}}{\tan 75^\circ} = \frac{1,15 \times 8,95kN + 1,5 \times 1,468kN}{\tan 75^\circ} = 3,348kN$$

Syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 11 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{g,d,x}}{A} = \frac{3348N}{16200mm^2} = 0,207N/mm^2 \quad \text{KAAVA 11}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa lasketaan kaavalla 12 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,d} = k_{mod} \frac{f_{c,k}}{\gamma_M} = 1,1 \times \frac{35N/mm^2}{1,2} = 32,083N/mm^2 \quad \text{KAAVA 12}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 13 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} = \frac{0,207N/mm^2}{32,083N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45x360 kestää puristusjännityksen.

Nostoliinan kiinnityksestä aiheutuva tukipaine nostoapupalkille, kun nostoliinan leveys on 90mm.

$$A = 45mm \times 90mm = 4050mm^2 \quad \text{Tukipinnan pinta-ala}$$

$$k_{c,90} = 1 \quad \text{Kuorman sijainnin kerroin}$$

Puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$F_{g,d} = 1,15 \times F_{g,k} + 1,5 \times F_{q,k} = 1,15 \times 8,946kN + 1,5 \times 1,468 = 12,490kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{g,d}}{A} = \frac{12490N}{4050mm} = 3,084N/mm^2 \quad \text{KAAVA 7}$$

Tukipainekerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} = \frac{90mm+30mm+30mm}{90mm} = 1,667 \quad \text{KAAVA 8}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 5,5N/mm^2 \quad \text{KAAVA 9}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \times f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \times f_{c,90,d}} = \frac{3,084 \text{ N/mm}^2}{1,667 \times 5,5 \text{ N/mm}^2} \approx 34\%$$

KERTO-S 45x360 kestää nostoliinasta aiheutuvan puristusrasituksen nostoliinan leveyden ollessa 90mm.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys y-suuntaan

$$N_d = 1,15 \times N_{g,k} + 1,5 \times N_{q,k} = 1,15 \times 2,397 \text{ kN} + 1,5 \times 0,393 \text{ kN} = 3,346 \text{ kN}$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyys säde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{45 \text{ mm}}{\sqrt{12}} = 12,99 \text{ mm} \quad \text{KAAVA 14}$$

Sauvan hoikkuusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$\lambda_y = \frac{L_c}{i_y} = \frac{900 \text{ mm}}{12,99 \text{ mm}} = 69,284 \quad \text{KAAVA 15}$$

Sauvan muunnettu hoikkuus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.).

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{69,284}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 1,211 \quad \text{KAAVA 16}$$

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(1,211 - 0,3) + 1,211^2) = 1,279$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,279 + \sqrt{1,279^2 - 1,211^2}} = 0,592 \quad \text{KAAVA 17}$$

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d}$$

KAAVA 18

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{3346N/16200mm^2}{0,592 \times 32,083N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45X360 kestää puristusrasituksen y-suuntaan, palkki ei nurjahda.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys z-suuntaan

$$N_d = 1,15 \times N_{g,k} + 1,5 \times N_{q,k} = 1,15 \times 2,397kN + 1,5 \times 0,393kN = 3,346kN$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900mm = 900mm$$

Poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.)

$$i_z = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{360mm}{\sqrt{12}} = 103,923mm$$

KAAVA 14

Sauvan hoikkeusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.)

$$\lambda_z = \frac{L_c}{i_z} = \frac{900mm}{103,923mm} = 8,66$$

KAAVA 15

Sauvan muunnettu hoikkeus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.).

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{8,66}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 0,151$$

KAAVA 16

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(0,151 - 0,3) + 0,151^2) = 0,504$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,504 + \sqrt{0,504^2 - 0,151^2}} = 1,015$$

KAAVA 17

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d}$$

KAAVA 18

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{3346N/16200mm^2}{1,015 \times 32,083N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45X360 kestää puristusrasituksen y-suuntaan, palkki ei nurjahda

Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys

Palkin tehollinen pituus lasketaan kaavalla 19 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$l_{ef} = a + 2h = 4500mm + 2 \times 360mm = 5220mm$$

KAAVA 19

Suorakaidepalkin kriittinen taivutusjännitys lasketaan kaavalla 20 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c \times b^2}{h \times l_{ef}} \times E_{0,05}$$

KAAVA 20

$c = 0,58$ KERTO – S ja KERTO – T – LVL: lle

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,58 \times 45^2 mm}{360mm \times 5220mm} \times 11600N/mm^2 = 7,25N/mm^2$$

Palkin suhteellinen hoikkuus lasketaan kaavalla 21 (RIL 205-1-2009. 2009, 77.).

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{43,1N/mm^2}{7,25N/mm^2}} = 2,4389$$

KAAVA 21

Kerros k_{crit} lasketaan kaavalla 22 (RIL 205-1-2009. 2009, 79.).

$$k_{crit} = \begin{cases} 1, & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m}, & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2}, & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad \text{KAAVA 22}$$

$$= \frac{1}{2,438^2} = 0,168$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 23 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

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

KAAVA 23

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} = \frac{3,842 \text{ N/mm}^2}{0,168 \times 39,527 \text{ N/mm}^2} \approx 57\%$$

KERTO-S 45x360 kestää taivutusrasituksen.

Yhdistetty taivutus ja puristus

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 24 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

KAAVA 24

$$\left(\frac{3,842 \text{ N/mm}^2}{0,168 \times 39,527 \text{ N/mm}^2} \right)^2 + \frac{0,2065 \text{ N/mm}^2}{1,015 \times 31,442 \text{ N/mm}^2} \approx 34\%$$

KERTO-S 45X360 kestää yhdistetyn taivutus ja puristusrasituksen.

Mitoitus kahdella nostolinjalla nostettaessa, KT1

Palkin lähtötiedot

- $h = 200 \text{ mm}$ Palkin korkeus
- $b = 45 \text{ mm}$ Palkin leveys

Päädyn rakenteista sekä ylä- ja alapaarteen viivakuormista kertyvän kokonaispainon aiheuttama kuormitus yhdelle nostoapupalkille

$$G_k = \frac{6,238 \text{ kN}}{2} = 3,119 \text{ kN}$$

Yhden kattokannattajan kautta välittyvä kuorma yhdelle nostoapupalkille:

$$G_k = \frac{1,391 \text{ kN}}{2} = 0,696 \text{ kN}$$

Taivutus

Taivutusjännitys y-suuntaan lasketaan kaavalla 1 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$M_{d,y} = 1,35 \times M_{g,k,y} = 1,35 \times 1,408 \text{ kNm} = 1,9 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d,y} = \frac{6 \times M_{d,y}}{bh^2} = \frac{6 \times 1,9 \text{ kNm} \times 10^6}{45 \text{ mm} \times (200 \text{ mm})^2} = 6,333 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

Taivutuslujuus lasketaan kaavalla 2 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{m,y,d} = k_h \frac{f_{m,k} \times k_{mod}}{\gamma_m} = 1,05 \times \frac{44 \text{ N/mm}^2 \times 0,9}{1,2} = 34,65 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

Mitoitusehto määritty kaavalla 3 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{6,333 \text{ N/mm}^2}{34,65 \text{ N/mm}^2} \approx 18\%$$

KERTO-S 45x200 kestää taivutusrasituksen y-suuntaan.

Taivutusjännitys z-suuntaan lasketaan kaavalla 1 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$M_{d,z} = 1,35 \times M_{g,k,z} = 1,35 \times 0,376 \text{ kNm} = 0,508 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 \times M_{d,y}}{bh^2} = \frac{6 \times 0,508 \text{ kNm} \times 10^6}{200 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}^2} = 7,526 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

Taivutuslujuus lasketaan kaavalla 2 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{m,z,d} = k_h \frac{f_{m,0,flat,k} \times k_{mod}}{\gamma_m} = 1,05 \times \frac{50 \text{ N/mm}^2 \times 0,9}{1,2} = 39,375 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

Mitoitusehto määritetään kaavalla 3 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\sigma_{m,z,d} < f_{m,z,d} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{7,526 \text{ N/mm}^2}{39,375 \text{ N/mm}^2} \approx 20\%$$

KERTO-S 45x200 kestää taivutusrasituksen z-suuntaan.

Leikkaus

Leikkausjännitys y-suuntaan lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$V_d = 1,35 \times V_{g,k,y} = 1,35 \times 0,836 \text{ kN} = 1,129 \text{ kN}$$

nostaopupalkki on kertopuuta $\rightarrow b_{eff} = b$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d = \frac{3}{2} \times \frac{V_d}{b_{eff} \times h} = \frac{3}{2} \times \frac{1129 \text{ N}}{45 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}} = 0,188 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

Leikkauslujuus määritetään kaavalla 5 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{v,d} = \frac{f_{r,0,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{2,3 \text{ N/mm}^2 \times 0,9}{1,2} = 1,725 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KAAVA 5}$$

Mitoitusehto määritetty kaavalla 6 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

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

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,188N/mm^2}{1,725N/mm^2} \approx 11\%$$

KERTO-S 45x200 kestää leikkausrasituksen y-suuntaan.

Leikkausjännitys z-suuntaan lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$V_d = 1,35 \times V_{g,k,z} = 1,35 \times 3,14kN = 4,24kN$$

nostoapupalkki on kertopuuta $\rightarrow b_{eff} = b$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d = \frac{3}{2} \times \frac{V_d}{b_{eff} \times h} = \frac{3}{2} \times \frac{4240N}{45mm \times 200mm} = 0,71N/mm^2$$

KAAVA 4

Leikkauslujuus määritetään kaavalla 5 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{4,1N/mm^2 \times 0,9}{1,2} = 3,1N/mm^2$$

KAAVA 5

Mitoitusehto määritetty kaavalla 6 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

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

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,71N/mm^2}{3,1N/mm^2} \approx 23\%$$

KERTO-S 45x200 kestää leikkausrasituksen z-suuntaan.

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

Ristikon R2 tukireaktiosta aiheutuva tukipaine nostoapupalkille

Puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$F_d = 1,35 \times F_{g,d} = 1,35 \times 3,119kN = 4,211kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{b \times l} = \frac{4211N}{42mm \times 45mm} = 2,23N/mm^2 \quad \text{KAAVA 7}$$

Tukipaine kerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} = \frac{42mm+30mm+30mm}{42mm} = 2,429 \quad \text{KAAVA 8}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaan vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 0,9}{1,2} = 4,5N/mm^2 \quad \text{KAAVA 9}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \times f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90,d} \times f_{c,90,d}} = \frac{2,23N/mm^2}{2,429 \times 4,5N/mm^2} \approx 20\%$$

KERTO-S 45x200 kestää ristikon R2 puristusrasituksen.

Syysuuntainen puristus

Nostoliinujen vinoudesta aiheutuu puristusrasitusta palkin pituussuunnassa

$$N_{g,k,x} = \frac{F_y}{\tan 75^\circ} = \frac{4,48kN}{\tan 75^\circ} = 1,2kN$$

$$N_{g,d,x} = 1,35 \times N_{g,k,x} = 1,35 \times 1,2kN = 1,62kN$$

Syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 11 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{g,d,x}}{A} = \frac{1620N}{9000mm^2} = 0,18N/mm^2 \quad \text{KAAVA 11}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa lasketaan kaavalla 12 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,k}}{\gamma_M} = \frac{35N/mm^2}{1,2} = 29,17N/mm^2 \quad \text{KAAVA 12}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 13 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,18N/mm^2}{29,17N/mm^2} = 0,7\%$$

KERTO-S 45x200 kestää puristusjännityksen.

Nostoliinan kiinnityksestä aiheutuva tukipaine nostoapupalkille, kun nostoliinan leveys on 90mm.

$$A = 45mm \times 90mm = 4050mm^2 \quad \text{Tukipinnan pinta-ala}$$

$$k_{c,90} = 1 \quad \text{Kuorman sijainnin kerroin}$$

Puristusjännitys mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$F_{g,d} = 1,35 \times F_{g,k} = 1,35 \times 4,48kN = 6,05kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{g,d}}{A} = \frac{6050N}{4050mm^2} = 1,50N/mm^2$$

Tukipainekerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} = \frac{90mm+30mm+30mm}{90mm} = 1,667 \quad \text{KAAVA 8}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 0,9}{1,2} = 4,5N/mm^2 \quad \text{KAAVA 9}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d} \times k_{c,90} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90,d} \times f_{c,90,d}} = \frac{1,50N/mm^2}{1,667 \times 4,5N/mm^2} \approx 20\%$$

KERTO-S 45x200 kestää nostoliinasta aiheutuvan puristusrasituksen nostoliinan leveyden ollessa 90mm.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys y-suunnassa

$$N_d = 1,35 \times N_{g,k} = 1,35 \times 1,2 \text{ kN} = 1,62 \text{ kN}$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyys säde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{45 \text{ mm}}{\sqrt{12}} = 12,99 \text{ mm} \quad \text{KAAVA 14}$$

Sauvan hoikkeusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$\lambda_y = \frac{L_c}{i_y} = \frac{900 \text{ mm}}{12,99 \text{ mm}} = 69,284 \quad \text{KAAVA 15}$$

Sauvan muunnettu hoikkeus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.).

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{69,284}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 1,211 \quad \text{KAAVA 16}$$

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(1,211 - 0,3) + 1,211^2) = 1,279$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,279 + \sqrt{1,279^2 - 1,211^2}} = 0,592 \quad \text{KAAVA 17}$$

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad \text{KAAVA 18}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{1620\text{N}/9000\text{mm}^2}{0,592 \times 26,25\text{N}/\text{mm}^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45X200 kestää puristusrasituksen y-suunnassa, palkki ei nurjahda.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys z-suunnassa

$$N_d = 1,35 \times N_{g,k} = 1,35 \times 1,2 \text{ kN} = 1,62 \text{ kN}$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900\text{mm} = 900\text{mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyysäde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.)

$$i_z = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{200\text{mm}}{\sqrt{12}} = 57,735\text{mm} \quad \text{KAAVA 14}$$

Sauvan hoikkuusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.)

$$\lambda_z = \frac{L_c}{i_z} = \frac{900\text{mm}}{57,735\text{mm}} = 15,588 \quad \text{KAAVA 15}$$

Sauvan muunnettu hoikkuus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.)

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{15,588}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 0,273 \quad \text{KAAVA 16}$$

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.)

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(0,273 - 0,3) + 0,273^2) = 0,536$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,536 + \sqrt{0,536^2 - 0,273^2}} = 1,003 \quad \text{KAAVA 17}$$

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad \text{KAAVA 18}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{1620N/9000mm^2}{1,003 \times 26,25N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45X200 kestää puristusrasituksen z-suunnassa, palkki ei nurjahda.

Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys

Palkin tehollinen pituus lasketaan kaavalla 19 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$l_{ef} = a + 2h = 4500mm + 2 \times 200mm = 4900mm \quad \text{KAAVA 19}$$

Suorakaidepalkin kriittinen taivutusjännitys lasketaan kaavalla 20 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c \times b^2}{h \times l_{ef}} \times E_{0,05} \quad \text{KAAVA 20}$$

$c = 0,58$ KERTO – S ja KERTO – T – LVL: lle

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,58 \times 45^2 mm}{200mm \times 4900mm} \times 11600N/mm^2 = 13,902N/mm^2$$

Palkin suhteellinen hoikkuus lasketaan kaavalla 21 (RIL 205-1-2009. 2009, 77.).

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{46,2N/mm^2}{13,902N/mm^2}} = 1,823 \quad \text{KAAVA 21}$$

Kerros k_{crit} lasketaan kaavalla 22 (RIL 205-1-2009. 2009, 79.).

$$k_{crit} = \begin{cases} 1, & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m}, & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2}, & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad \text{KAAVA 22}$$

$$= \frac{1}{1,823^2} = 0,301$$

Mitoitusehto määrittyä kaavalla 23 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad \text{KAAVA 23}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}f_{m,d}} = \frac{6,333N/mm^2}{0,301 \times 34,65N/mm^2} \approx 60\%$$

KERTO-S 45x200 kestää taivutusrasituksen.

Yhdistetty taivutus ja puristus

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 24 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \text{KAAVA 24}$$

$$\left(\frac{6,33N/mm^2}{0,301 \times 34,65N/mm^2}\right)^2 + \frac{0,18N/mm^2}{1,003 \times 26,25N/mm^2} \approx 38\%$$

KERTO-S 45x200 kestää yhdistetyn taivutus- ja puristusrasituksen.

Taivutus ($M_y + M_z$)

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 25 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit}f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{KAAVA 25}$$

$k_m = 0,7$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68).

$$\frac{6,333N/mm^2}{0,301 \times 34,65N/mm^2} + 0,7 \times \frac{7,526N/mm^2}{39,375N/mm^2} \approx 74\%$$

Vaakasuuntainen voima aiheuttaa palkkiin leikkaus- ja vääntöjännityksen yhteisvaikutuksen.

Väännöstä aiheutuvan leikkausjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 26 (RIL 205-1-2009. 2009, 70.).

$$T = V_{g,d,x} \times \frac{h}{2} = 1,62kN \times \left(\frac{0,2m}{2}\right) = 0,162kNm$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{T}{ahb^2} = \frac{0,162kNm \times 10^6}{0,286 \times 200mm \times 45^2mm} = 1,397N/mm^2 \quad \text{KAAVA 26}$$

$h \leq b$, α on saatu interpoloimalla taulukosta STEP 1, Puurakenteet 1996, B4/4.

$$k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,15 \times \frac{h}{b} = 1 + 0,15 \times \frac{200}{45} = 1,67 \right.$$

Leikkausvoimat suuntiin y ja z lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$F_{y,d} = 1,35 \times V_{g,k} = 1,35 \times 4,48kN = 6,05kN$$

$$\tau_{y,d} = \frac{3}{2} \times \frac{F_{y,d}}{bh} = \frac{3}{2} \times \frac{6,05kN \times 10^3}{45mm \times 200mm} = 1,01N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} \times \frac{F_{z,d}}{bh} = \frac{3}{2} \times \frac{1,62kN \times 10^3}{45mm \times 200mm} = 0,270N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

Leikkaus- ja vääntöjännityksen yhteisvaikutus lasketaan kaavalla 27 (RIL 205-1-2009. 2009, 72.).

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \times f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \quad \text{KAAVA 27}$$

$$= \frac{1,397N/mm^2}{1,67 \times 3,075N/mm^2} + \left(\frac{1,01N/mm^2}{3,075N/mm^2} \right)^2 + \left(\frac{0,513N/mm^2}{3,075N/mm^2} \right)^2 = 0,408 \leq 1$$

KERTO-S 45X200 kestää leikkaus- ja vääntörasituksen yhteisvaikutuksen.

Mitoitus kahdella nostolinjalla nostettaessa, KT2

Palkin lähtötiedot

- $h = 200 \text{ mm}$ Palkin korkeus
- $b = 45 \text{ mm}$ Palkin leveys

Päädyn rakenteista sekä ylä- ja alapaarten viivakuormista kertyvän kokonaispainon aiheuttama kuormitus yhdelle nostoapupalkille

$$G_k = \frac{6,238kN}{2} = 3,119kN$$

Yhden kattokannattajan kautta välittyvä kuorma yhdelle nostoapupalkille:

$$G_k = \frac{1,391kN}{2} = 0,696kN$$

Taivutus

Taivutusjännitys y-suuntaan lasketaan kaavalla 1 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$M_{d,y} = 1,15 \times M_{g,k,y} + 1,5 \times M_{q,k,y} = 1,15 \times 1,408kNm + 1,5 \times 0,163kNm = 1,864kNm$$

$$\sigma_{m,d,y} = \frac{6 \times M_{d,y}}{bh^2} = \frac{6 \times 1,864kNm \times 10^6}{45mm \times (200mm)^2} = 6,213N/mm^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

Taivutuslujuus lasketaan kaavalla 2 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{m,y,d} = k_h \frac{f_{m,k} \times k_{mod}}{\gamma_m} = 1,05 \times \frac{44N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 42,35N/mm^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

Mitoitusehto määrittäyty kaavalla 3 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\sigma_{m,y,d} < f_{m,y,d} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{6,213N/mm^2}{42,35N/mm^2} \approx 15\%$$

KERTO-S 45x200 kestää taivutusrasituksen y-suuntaan.

Taivutusjännitys z-suuntaan lasketaan kaavalla 1 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$M_{d,y} = 1,15 \times M_{g,k,z} + 1,5 \times M_{q,k,z} = 1,15 \times 0,252kNm + 1,5 \times 0,266kNm = 0,689kNm$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 \times M_{d,y}}{bh^2} = \frac{6 \times 0,689kNm \times 10^6}{200mm \times 45mm^2} = 10,207N/mm^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

Taivutuslujuus lasketaan kaavalla 2 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{m,z,d} = k_h \frac{f_{m,0,flat,k} \times k_{mod}}{\gamma_m} = 1,05 \times \frac{50N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 48,125N/mm^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

Mitoitusehto määritetään kaavalla 3 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\sigma_{m,z,d} < f_{m,z,d} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{10,207N/mm^2}{48,125N/mm^2} \approx 22\%$$

KERTO-S 45x200 kestää taivutusrasituksen z-suuntaan.

Leikkaus

Leikkausjännitys y-suuntaan lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$V_d = 1,15 \times V_{g,k,y} + 1,5 \times V_{q,k,y} = 1,15 \times 0,836kN + 1,5 \times 0,197kN = 1,257kN$$

nostoapupalkki on kertopuuta $\rightarrow b_{eff} = b$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d = \frac{3}{2} \times \frac{V_d}{b_{eff} \times h} = \frac{3}{2} \times \frac{1257N}{45mm \times 200mm} = 0,21N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

Leikkauslujuus määritetään kaavalla 5 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{v,d} = \frac{f_{r,0,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{2,3N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 2,108N/mm^2 \quad \text{KAAVA 5}$$

Mitoitusehto määritetty kaavalla 6 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,21N/mm^2}{2,108N/mm^2} \approx 10\%$$

KERTO-S 45x200 kestää leikkausrasituksen y-suuntaan.

Leikkausjännitys z-suuntaan lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$V_d = 1,15 \times V_{g,k,z} + 1,5 \times V_{q,k,z} = 1,15 \times 3,14kN + 1,5 \times 0,363kN = 4,156kN$$

nostoapupalkki on kertopuuta $\rightarrow b_{eff} = b$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d = \frac{3}{2} \times \frac{V_d}{b_{eff} \times h} = \frac{3}{2} \times \frac{4156N}{45mm \times 200mm} = 0,693N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

Leikkauslujuus määritetään kaavalla 5 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{4,1N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 3,758N/mm^2 \quad \text{KAAVA 5}$$

Mitoitusehto määritetty kaavalla 6 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,693N/mm^2}{3,758N/mm^2} \approx 18\%$$

KERTO-S 45x200 kestää leikkausrasituksen z-suuntaan.

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

Ristikon R2 tukireaktiosta aiheutuva tukipaine nostoapupalkille

Puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$F_d = 1,15 \times F_{g,d} + 1,5 \times F_{q,d} = 1,15 \times 3,119kN + 1,5 \times 0,363kN = 4,131kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{b \times l} = \frac{4131N}{42mm \times 45mm} = 2,186N/mm^2 \quad \text{KAAVA 7}$$

Tukipainekerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} = \frac{42mm+30mm+30mm}{42mm} = 2,429 \quad \text{KAAVA 8}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaan vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 5,5N/mm^2 \quad \text{KAAVA 9}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \times f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90,d} \times f_{c,90,d}} = \frac{2,186N/mm^2}{2,429 \times 5,5N/mm^2} \approx 17\%$$

KERTO-S 45x200 kestää ristikon R2 puristusrasituksen.

Syysuuntainen puristus

Nostoliinujen vinoudesta aiheutuu puristusrasitusta palkin pituussuunnassa

$$N_{g,k,x} = \frac{F_y}{\tan 75^\circ} = \frac{4,48kN}{\tan 75^\circ} = 1,2kN$$

$$N_{g,d,x} = 1,15 \times N_{g,k,x} + 1,5 \times N_{q,k,x} = 1,15 \times 1,2kN + 1,5 \times 0,197kN = 1,676kN$$

Syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 11 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{g,d,x}}{A} = \frac{1676N}{9000mm^2} = 0,186N/mm^2 \quad \text{KAAVA 11}$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa lasketaan kaavalla 12 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{35N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 32,08N/mm^2 \quad \text{KAAVA 12}$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 13 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

KAAVA 13

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,186N/mm^2}{32,08N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45x200 kestää puristusjännityksen.

Nostoliinan kiinnityksestä aiheutuva tukipaine nostoapupalkille, kun nostoliinan leveys on 90mm.

$$A = 45mm \times 90mm = 4050mm^2$$

Tukipinnan pinta-ala

$$k_{c,90} = 1$$

Kuorman sijainnin kerroin

Puristusjännitys mitoitusarvo lasketaan kaavalla 7 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$F_{g,d} = 1,15 \times F_{g,k} + 1,5 \times F_{q,d} = 1,15 \times 4,48kN + 1,5 \times 0,734kN = 6,253kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{g,d}}{A} = \frac{6253N}{4050mm^2} = 1,544N/mm^2$$

Tukipainekerroin lasketaan kaavalla 8 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} = \frac{90mm+30mm+30mm}{90mm} = 1,667$$

KAAVA 8

Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa lasketaan kaavalla 9 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{6N/mm^2 \times 1,1}{1,2} = 5,5N/mm^2$$

KAAVA 9

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 10 (RIL 205-1-2009. 2009, 66.).

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

KAAVA 10

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90,d} \times f_{c,90,d}} = \frac{1,544N/mm^2}{1,667 \times 5,5N/mm^2} \approx 17\%$$

KERTO-S 45x200 kestää nostoliinasta aiheutuvan puristusrasituksen nostoliinan leveyden ollessa 90mm.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys y-suunnassa

$$N_d = 1,15 \times N_{g,k} + 1,5 \times N_{q,k} = 1,15 \times 1,2kN + 1,5 \times 0,197kN = 1,676kN$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900mm = 900mm$$

Poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{45mm}{\sqrt{12}} = 12,99mm \quad \text{KAAVA 14}$$

Sauvan hoikkuusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$\lambda_y = \frac{L_c}{i_y} = \frac{900mm}{12,99mm} = 69,284 \quad \text{KAAVA 15}$$

Sauvan muunnettu hoikkuus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.).

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{69,284}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 1,211 \quad \text{KAAVA 16}$$

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(1,211 - 0,3) + 1,211^2) = 1,279$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,279 + \sqrt{1,279^2 - 1,211^2}} = 0,592 \quad \text{KAAVA 17}$$

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad \text{KAAVA 18}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{1676N/9000mm^2}{0,592 \times 32,083N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45X200 kestää puristusrasituksen y-suunnassa, palkki ei nurjahda.

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys z-suunnassa

$$N_d = 1,15 \times N_{g,k} + 1,5 \times N_{q,k} = 1,15 \times 1,2kN + 1,5 \times 0,197kN = 1,676kN$$

$$\text{Nurjahduspituus } L_c = 1 \times L = 1 \times 900mm = 900mm$$

Poikkileikkauksen jäyhyys säde y-akselin suhteen lasketaan kaavalla 14 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$i_z = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{200mm}{\sqrt{12}} = 57,735mm \quad \text{KAAVA 14}$$

Sauvan hoikkuusluku lasketaan kaavalla 15 (RIL 205-1-2009. 2009, 73.).

$$\lambda_z = \frac{L_c}{i_z} = \frac{900mm}{57,735mm} = 15,588 \quad \text{KAAVA 15}$$

Sauvan muunnettu hoikkuus lasketaan kaavalla 16 (RIL 205-1-2009. 2009, 74.).

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{15,588}{\pi} \sqrt{\frac{35}{11600}} = 0,273 \quad \text{KAAVA 16}$$

Nurjahduskerroin lasketaan kaavalla 17 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(0,273 - 0,3) + 0,273^2) = 0,536$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,536 + \sqrt{0,536^2 - 0,273^2}} = 1,003 \quad \text{KAAVA 17}$$

Mitoitusehto nurjahdukselle määritetään kaavasta 18 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad \text{KAAVA 18}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{N_d/A}{k_c f_{c,0,d}} = \frac{1676N/9000mm^2}{1,003 \times 32,083N/mm^2} \approx 1\%$$

KERTO-S 45X200 kestää puristusrasituksen z-suunnassa, palkki ei nurjahda.

Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys

Palkin tehollinen pituus lasketaan kaavalla 19 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$l_{ef} = a + 2h = 4500\text{mm} + 2 \times 200\text{mm} = 4900\text{mm} \quad \text{KAAVA 19}$$

Suorakaidepalkin kriittinen taivutusjännitys lasketaan kaavalla 20 (RIL 205-1-2009. 2009, 78.).

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c \times b^2}{h \times l_{ef}} \times E_{0,05} \quad \text{KAAVA 20}$$

$c = 0,58$ KERTO – S ja KERTO – T – LVL: lle

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,58 \times 45^2\text{mm}}{200\text{mm} \times 4900\text{mm}} \times 11600\text{N/mm}^2 = 13,902\text{N/mm}^2$$

Palkin suhteellinen hoikkuus lasketaan kaavalla 21 (RIL 205-1-2009. 2009, 77.).

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{46,2\text{N/mm}^2}{13,902\text{N/mm}^2}} = 1,823 \quad \text{KAAVA 21}$$

Kerros k_{crit} lasketaan kaavalla 22 (RIL 205-1-2009. 2009, 79.).

$$k_{crit} = \begin{cases} 1, & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m}, & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2}, & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad \text{KAAVA 22}$$

$$= \frac{1}{1,823^2} = 0,301$$

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 23 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad \text{KAAVA 23}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} = \frac{6,213\text{N/mm}^2}{0,301 \times 42,35\text{N/mm}^2} \approx 48\%$$

KERTO-S 45x200 kestää taivutusrasituksen.

Yhdistetty taivutus ja puristus

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 24 (RIL 205-1-2009. 2009, 76.).

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \text{KAAVA 24}$$

$$\left(\frac{7,242N/mm^2}{0,301 \times 42,35N/mm^2}\right)^2 + \frac{0,186N/mm^2}{1,003 \times 32,083N/mm^2} \approx 32\%$$

KERTO-S 45x200 kestää yhdistetyn taivutus- ja puristusrasituksen.

Taivutus ($M_y + M_z$)

Mitoitusehto määrittyy kaavalla 25 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit}f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{KAAVA 25}$$

$k_m = 0,7$ (RIL 205-1-2009. 2009, 68).

$$\frac{6,213N/mm^2}{0,301 \times 42,35N/mm^2} + 0,7 \times \frac{8,384N/mm^2}{48,125N/mm^2} \approx 61\%$$

Vaakasuuntainen voima aiheuttaa palkkiin leikkaus- ja vääntöjännityksen yhteisvaikutuksen.

Väännöstä aiheutuvan leikkausjännityksen mitoitusarvo lasketaan kaavalla 26 (RIL 205-1-2009. 2009, 70.).

$$T = V_{g,d,x} \times \frac{h}{2} = 1,676kN \times \left(\frac{0,2m}{2}\right) = 0,168kNm$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{T}{ahb^2} = \frac{0,168kNm \times 10^6}{0,286 \times 200mm \times 45^2mm} = 1,447N/mm^2 \quad \text{KAAVA 26}$$

$h \leq b$, α on saatu interpoloimalla taulukosta STEP 1, Puurakenteet 1996, B4/4.

$$k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,15 \times \frac{h}{b} = 1 + 0,15 \times \frac{200}{45} = 1,67 \right.$$

Leikkausvoimat suuntiin y ja z lasketaan kaavalla 4 (RIL 205-1-2009. 2009, 68.).

$$F_{y,d} = 1,15 \times V_{g,k} + 1,5 \times V_{q,k} = 1,15 \times 4,482kN + 1,5 \times 0,734kN = 6,255kN$$

$$\tau_{y,d} = \frac{3}{2} \times \frac{F_{y,d}}{bh} = \frac{3}{2} \times \frac{6,255kN \times 10^3}{45mm \times 200mm} = 1,043N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} \times \frac{F_{z,d}}{bh} = \frac{3}{2} \times \frac{1,676kN \times 10^3}{45mm \times 200mm} = 0,279N/mm^2 \quad \text{KAAVA 4}$$

Leikkaus- ja vääntöjännityksen yhteisvaikutus lasketaan kaavalla 27 (RIL 205-1-2009. 2009, 72.).

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \times f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \quad \text{KAAVA 27}$$

$$= \frac{1,397N/mm^2}{1,67 \times 3,758N/mm^2} + \left(\frac{1,043N/mm^2}{3,758N/mm^2} \right)^2 + \left(\frac{0,279N/mm^2}{3,758N/mm^2} \right)^2 = 0,302 \leq 1$$

KERTO-S 45X200 kestää leikkaus- ja vääntörasituksen yhteisvaikutuksen.

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

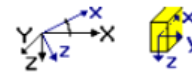
KERTO-S 45x360, KT1

5.11.2013

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

Nimi: KERTO-S 45x360, KT1

C:\...Nosto yhdellä nostolinjalla KT1.s01

RAKENNETIEDOT:

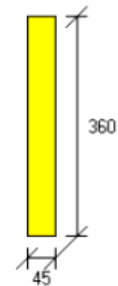
Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: KERTO-S syrjälään
 Poikkileikkaus: 45x360 (varastokoko)
 (B=45 mm, H=360 mm, A=16200 mm², I_y=174960000 mm⁴, W_y=972000 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuomituslev.: 50 mm (pintakuomille)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Vasen uloke: 450.0
 Jänneväli 1: 2925.0
 Oikea uloke: 1125.0
 Yhteensä: 4500.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	450	90	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	3375	90	Liukutuki (Z)

f_{m,k} (M_y): 43.05 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 50.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 35.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 6.00 N/mm²
 f_{t,0,k}: 34.16 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.10 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 2.30 N/mm²
 E_{mean}: 13800 N/mm²
 G_{mean}: 600 N/mm²
 E 0.05: 11600 N/mm²
 G 0.05: 400 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.10 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)



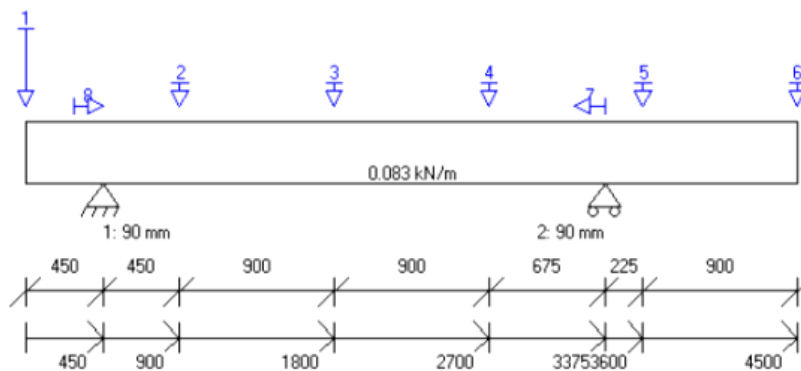
Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x360, KT1

5.11.2013

Osavamuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Hyötykuorma, Lyhytaikainen, Lyhytaikainen):

Pistekuorma: 1:	FZ = 6.24 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 2:	FZ = 1.39 kN	x = 900.0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 1.39 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 4:	FZ = 1.39 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 5:	FZ = 1.39 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 6:	FZ = 1.39 kN	x = 4500.0 mm
Pistekuorma: 7:	FX = -2.40 kN	x = 3375.0 mm
Pistekuorma: 8:	FX = 2.40 kN	x = 4500.0 mm
Rakenneosan paino:	OZ = 0.083 kN/m	x = 0 - 4500 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017) © Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood
KERTO-S 45x360, KT1
5.11.2013

Yhdistelmä 1 (MRT, Lyhytaikainen)
1.00°1.35°Omapaino

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009
Kokonaiskäyttöaste: 71.5 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400
Taipumaraja Wnet,fin: L/300
Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00
Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00
Nurjahdus z-suuntaan: Lc = 900.00 mm
Nurjahdus y-suuntaan: Lc = 900.00 mm

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelein suhteen):

Rakenne on täysin sivuttaistuettu yläpuolelta

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = 4500.00 mm

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2+2xH (Esim. kuormitus rakenteen alapinnassa)

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

Värahtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	8.47 kN	33.21 kN	25.5 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Puristus:	3.24 kN	251.55 kN	1.3 %	3262 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Taivutus (My):	3.80 kNm	5.32 kNm	71.5 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
(ilman kiepahdusta):	3.80 kNm	31.38 kNm	12.1 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Taivutus+puristus:	0.52	1.00	52.4 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
(My=3.80 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=3.24 kN)					
Tukipaine, tuki 1:	12.08 kN	30.38 kN	39.8 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Tukipainekerroin = 1.67					
Tukipaine, tuki 2:	6.24 kN	30.38 kN	20.5 %	3375 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Tukipainekerroin = 1.67					

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 1/1 (Lyhytaikainen):

1.35°Omapaino

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Nx,max	3.24 kN	3262 mm
Vz,max	8.47 kN	450 mm
My,max	3.80 kNm	450 mm

TUKIREAKTIOT:

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x360, KT1

5.11.2013

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	12.08 kN	12.08 kN	0.00 kN	0.00 kN
2:	6.24 kN	6.24 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	8.95
2:	4.62

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

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

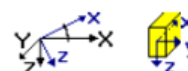
KERTO-S 45x360, KT2

5.11.2013

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

Nimi: KERTO-S 45x360, KT2

C:\...Nosto yhdellä nostolinjalla KT2.s01

RAKENNETIEDOT:

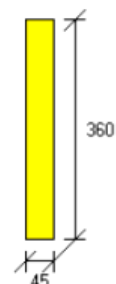
Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: KERTO-S syrjälään
 Poikkileikkaus: 45x360 (varastokoko)
 (B=45 mm, H=360 mm, A=16200 mm², I_y=174960000 mm⁴, W_y=972000 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 50 mm (pintakuomille)

Uloke-/jänneväli pituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Vasen uloke: 450.0
 Jänneväli 1: 2925.0
 Oikea uloke: 1125.0
 Yhteensä: 4500.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	450	90	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	3375	90	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	43.05 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	50.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	35.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	6.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	34.16 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.10 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	2.30 N/mm ²
E _{mean} :	13800 N/mm ²
G _{mean} :	600 N/mm ²
E 0.05:	11600 N/mm ²
G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)



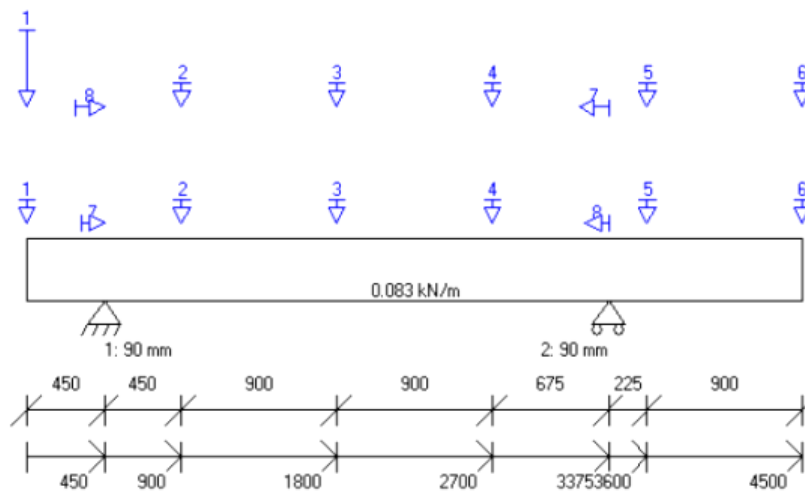
Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x360, KT2

5.11.2013

Osavamuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Hetkellinen kuorma, Hetkellinen):

Pistekuorma: 1:	FZ = 6.24 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 2:	FZ = 1.39 kN	x = 900.0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 1.39 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 4:	FZ = 1.39 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 5:	FZ = 1.39 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 6:	FZ = 1.39 kN	x = 4500.0 mm
Pistekuorma: 7:	FX = -2.40 kN	x = 3375.0 mm
Pistekuorma: 8:	FX = 2.40 kN	x = 4500.0 mm
Rakenneosan paino:	QZ = 0.083 kN/m	x = 0 - 4500 mm

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)		© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood			
		KERTO-S 45x360, KT2			
		5.11.2013			
Tuulikuoma (Tuulikuoma, Hetkellinen):					
Pistekuoma: 1:	FZ = 0.73 kN	x = 0.0 mm			
Pistekuoma: 2:	FZ = 0.55 kN	x = 900.0 mm			
Pistekuoma: 3:	FZ = 0.55 kN	x = 1800.0 mm			
Pistekuoma: 4:	FZ = 0.55 kN	x = 2700.0 mm			
Pistekuoma: 5:	FZ = 0.55 kN	x = 3600.0 mm			
Pistekuoma: 6:	FZ = 0.55 kN	x = 4500.0 mm			
Pistekuoma: 7:	FX = 0.39 kN	x = 450.0 mm			
Pistekuoma: 8:	FX = -0.39 kN	x = 3375.0 mm			
KUORMITUSYHDISTELMÄT:					
Yhdistelmä 1 (MRT, Hetkellinen)					
1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuoma					
MITOITUS:					
Mitoitusstandardi:	EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009				
Kokonaiskäyttöaste:	57.4 %				
MITOITUSPARAMETRIIT:					
Taipumaraja Winst:	L/400				
Taipumaraja Whet,fin:	L/300				
Korotuskertoim, vasen uloke:	2.00				
Korotuskertoim, oikea uloke:	2.00				
Nurjahdus z-suuntaan:	Lc = 900.00 mm				
Nurjahdus y-suuntaan:	Lc = 900.00 mm				
Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):					
Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 900.00 mm					
Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = 4500.00 mm					
Lef1 = Lk1-0.5xH ja Lef2 = Lk2+2xH (Esim. kuormitus rakenteen alapinnassa)					
HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0					
Varähtelymitoitusta ei ole tehty					
MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:					
Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	8.31 kN	40.59 kN	20.5 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Puristus:	3.35 kN	307.45 kN	1.1 %	3262 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Taivutus (My):	3.73 kNm	6.50 kNm	57.4 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
(ilman kiepahdusta):	3.73 kNm	38.36 kNm	9.7 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.34	1.00	34.0 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
(My=3.73 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=3.35 kN)					
Tukipaine, tuki 1:	12.49 kN	37.13 kN	33.6 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Tukipainekerroin = 1.67					
Tukipaine, tuki 2:	8.29 kN	37.13 kN	22.3 %	3375 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Tukipainekerroin = 1.67					

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x360, KT2

5.11.2013

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 1/1 (Hetkellinen):

1.15*Omapaino + 1.50*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
N _{x,max}	3.35 kN	3262 mm
V _{z,max}	8.31 kN	450 mm
M _{y,max}	3.73 kNm	450 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	12.49 kN	12.49 kN	0.00 kN	0.00 kN
2:	8.29 kN	8.29 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	8.95
2:	4.62

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1.47
2:	1.99

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

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

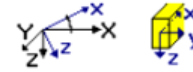
KERTO-S 45x200, KT1

5.11.2013

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



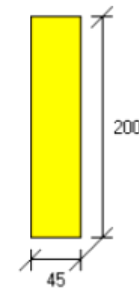
PROJEKTTITIEDOT:

Nimi: KERTO-S 45x200, KT1

C:\...Nosto kahdella nostolinjalla, KT1.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: KERTO-S syntyään
 Poikkileikkaus: 45x200
 (B=45 mm, H=200 mm, A=9000 mm², I_y=30000000 mm⁴, W_y=300000 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 50 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälpituudet:

Uloke-/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Vasen uloke: 450.0
 Jänneväli 1: 2925.0
 Oikea uloke: 1125.0
 Yhteensä: 4500.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	450	90	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	3375	90	Liukutuki (Z)

f_{m,k} (M_y): 46.19 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 50.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 35.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 6.00 N/mm²
 f_{t,0,k}: 34.16 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.10 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 2.30 N/mm²
 E_{mean}: 13800 N/mm²
 G_{mean}: 600 N/mm²
 E 0.05: 11600 N/mm²
 G 0.05: 400 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.10 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

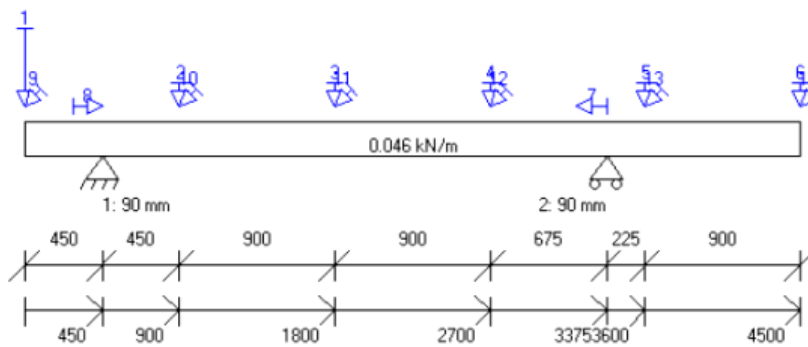
© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x200, KT1

5.11.2013

Osavamuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

kdef:	0.800
-------	-------



KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Hyötykuorma, lyhytaikainen, Lyhytaikainen):

Pistekuorma: 1:	FZ = 3.12 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 2:	FZ = 0.70 kN	x = 900.0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 0.70 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 4:	FZ = 0.70 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 5:	FZ = 0.70 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 6:	FZ = 0.70 kN	x = 4500.0 mm
Pistekuorma: 7:	FX = -1.20 kN	x = 3375.0 mm
Pistekuorma: 8:	FX = 1.20 kN	x = 4500.0 mm
Pistekuorma: 9:	FY = 0.84 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 10:	FY = 0.19 kN	x = 900.0 mm

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)	© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood
	KERTO-S 45x200, KT1
	5.11.2013

Pistekuorma: 11:	FY = 0.19 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 12:	FY = 0.19 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 13:	FY = 0.19 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 14:	FY = 0.19 kN	x = 4500.0 mm
Rakennesan paino:	QZ = 0.046 kN/m	x = 0 - 4500 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Lyhytaikainen)
1.00*1.35*Omapaino

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009
Kokonaiskäyttöaste: 74.5 %

MITOITUSPARAMETRI:

Taipumaraja Winst: L/400
Taipumaraja Wnet,fin: L/300
Korotuskertoimen, vasen uloke: 2.00
Korotuskertoimen, oikea uloke: 2.00
Nurjahdus z-suuntaan: Lc = 900.00 mm
Nurjahdus y-suuntaan: Lc = 900.00 mm

Kiepahdus taivutuksesta My (y-akselin suhteen):
Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 900.00 mm
Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = 4500.00 mm
Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2+2xH (Esim. kuormitus rakenteen alapinnassa)
HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0
Kiepahdus taivutuksesta Mz (z-akselin suhteen):

Ei ole laskettu
Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	4.24 kN	18.45 kN	23.0 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Leikkaus (y):	1.13 kN	10.35 kN	10.9 %	0 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Puristus:	1.62 kN	139.75 kN	1.2 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Taivutus (My):	1.90 kNm	3.15 kNm	60.4 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
(ilman kiepahdusta):	1.90 kNm	10.39 kNm	18.3 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
Taivutus (Mz):	0.51 kNm	2.53 kNm	20.1 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
(laskettu ilman kiepahdusta)					
Taivutus (My+Mz):	0.74	1.00	74.5 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
(My=1.90 kNm, Mz=0.51 kNm)					
Taivutus+puristus:	0.38	1.00	37.7 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen
(My=1.90 kNm, Mz=0.51 kNm, Nx=1.62 kN)					
Tukipaine, tuki 1:	6.05 kN	30.38 kN	19.9 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)	© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood				
	KERTO-S 45x200, KT1				
	5.11.2013				

Tukipainekerroin = 1.67

Tukipaine, tuki 2: 3.14 kN 30.38 kN 10.3% 3375 mm Yhdistelmä 1/1, Lyhytaikainen

Tukipainekerroin = 1.67

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 1/1 (Lyhytaikainen):

1.35°Omapaino

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	1.62 kN	450 mm
$V_{z,max}$	4.24 kN	450 mm
$V_{y,max}$	1.13 kN	0 mm
$M_{z,max}$	0.51 kNm	450 mm
$M_{y,max}$	1.90 kNm	450 mm

TUKIREAKTIOT:

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	6.05 kN	6.05 kN	0.00 kN	0.00 kN
2:	3.14 kN	3.14 kN	0.00 kN	0.00 kN

FY:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	-1.59 kN	-1.59 kN	0.00 kN	0.00 kN
2:	-0.79 kN	-0.79 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino	
Tuki:	FZ [kN]:	FY [kN]:
1:	4.48	-1.18
2:	2.32	-0.59

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

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

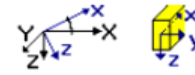
KERTO-S 45x200, KT2

5.11.2013

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



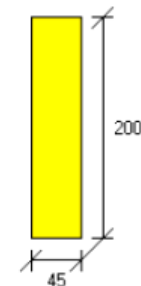
PROJEKTTITIEDOT:

Nimi: KERTO-S 45x200, KT2

C:\...Nosto kahdella nostolinjalla, KT2.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: KERTO-S syrjäkkään
 Poikkileikkaus: 45x200
 (B=45 mm, H=200 mm, A=9000 mm², I_y=30000000 mm⁴, W_y=300000 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamustuokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 50 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälpituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Vasen uloke: 450.0
 Jänneväli 1: 2925.0
 Oikea uloke: 1125.0
 Yhteensä: 4500.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	450	90	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	3375	90	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	46.19 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	50.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	35.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	6.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	34.16 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.10 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	2.30 N/mm ²
E _{mean} :	13800 N/mm ²
G _{mean} :	600 N/mm ²
E 0.05:	11600 N/mm ²
G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

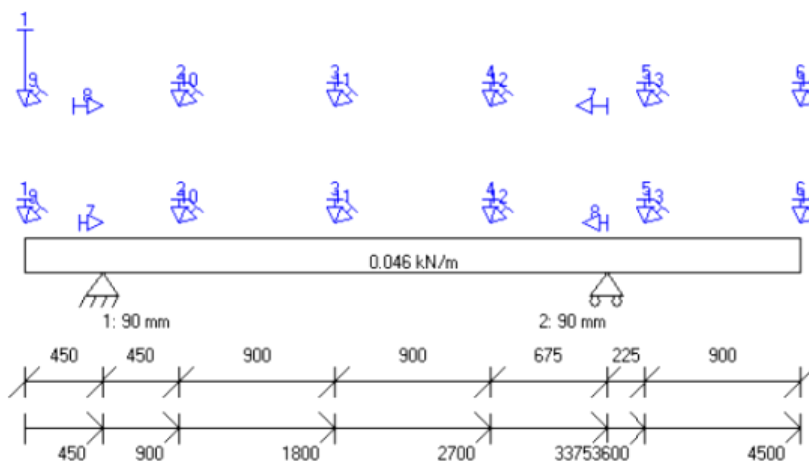
Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x200, KT2

5.11.2013

Osavamuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Hetkellinen kuorma, Hetkellinen):

Pistekuorma: 1:	FZ = 3.12 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 2:	FZ = 0.70 kN	x = 900.0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 0.70 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 4:	FZ = 0.70 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 5:	FZ = 0.70 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 6:	FZ = 0.70 kN	x = 4500.0 mm
Pistekuorma: 7:	FX = -1.20 kN	x = 3375.0 mm
Pistekuorma: 8:	FX = 1.20 kN	x = 450.0 mm
Pistekuorma: 9:	FY = 0.84 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 10:	FY = 0.19 kN	x = 900.0 mm

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x200, KT2

5.11.2013

Pistekuorma: 11:	FY = 0.19 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 12:	FY = 0.19 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 13:	FY = 0.19 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 14:	FY = 0.19 kN	x = 4500.0 mm
Rakenneosan paino:	QZ = 0.046 kN/m	x = 0 - 4500 mm

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pistekuorma: 1:	FZ = 0.36 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 2:	FZ = 0.27 kN	x = 900.0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 0.27 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 4:	FZ = 0.27 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 5:	FZ = 0.27 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 6:	FZ = 0.27 kN	x = 4500.0 mm
Pistekuorma: 7:	FX = 0.20 kN	x = 450.0 mm
Pistekuorma: 8:	FX = -0.20 kN	x = 3375.0 mm
Pistekuorma: 9:	FY = 0.20 kN	x = 0.0 mm
Pistekuorma: 10:	FY = 0.20 kN	x = 900.0 mm
Pistekuorma: 11:	FY = 0.20 kN	x = 1800.0 mm
Pistekuorma: 12:	FY = 0.20 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 13:	FY = 0.20 kN	x = 3600.0 mm
Pistekuorma: 14:	FY = 0.20 kN	x = 4500.0 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma

MITOITUS:

Mitotusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009
 Kokonaiskäyttöaste: 61.3 %

MITOITUSPARAMETRIIT:

Taipumaraja Winst: L/400
 Taipumaraja Wnet,fin: L/300
 Korotuskertoimen vasen uloke: 2.00
 Korotuskertoimen oikea uloke: 2.00
 Nurjahdus z-suuntaan: Lc = 900.00 mm
 Nurjahdus y-suuntaan: Lc = 900.00 mm

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 900.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = 4500.00 mm

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2+2xH (Esim. kuormitus rakenteen alapinnassa)

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

Kiepahdus taivutuksesta Mz (z-askelin suhteen):

Ei ole laskettu

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x200, KT2

5.11.2013

Värahelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	4.16 kN	22.55 kN	18.4 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Leikkaus (y):	1.26 kN	12.65 kN	9.9 %	0 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Puristus:	1.68 kN	170.80 kN	1.0 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Taivutus (My):	1.86 kNm	3.85 kNm	48.5 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
(ilman kiepahdusta):	1.86 kNm	12.70 kNm	14.7 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Taivutus (Mz):	0.69 kNm	3.09 kNm	22.3 %	3375 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
(laskettu ilman kiepahdusta)					
Taivutus (My+Mz):	0.61	1.00	61.3 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
(My=1.86 kNm, Mz=0.57 kNm)					
Taivutus+puristus:	0.32	1.00	32.4 %	3375 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
(My=1.67 kNm, Mz=0.69 kNm, Nx=1.68 kN)					
Tukipaine, tuki 1:	6.25 kN	37.13 kN	16.8 %	450 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Tukipainekerroin = 1.67					
Tukipaine, tuki 2:	4.16 kN	37.13 kN	11.2 %	3375 mm	Yhdistelmä 1/1, Hetkellinen
Tukipainekerroin = 1.67					

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 1/1 (Hetskellinen):

1.15*Omapaino + 1.50*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Nx,max	1.68 kN	450 mm
Vz,max	4.16 kN	450 mm
Vy,max	1.26 kN	0 mm
Mz,max	0.69 kNm	3375 mm
My,max	1.86 kNm	450 mm

TUKIREAKTIOT:

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	6.25 kN	6.25 kN	0.00 kN	0.00 kN
2:	4.16 kN	4.16 kN	0.00 kN	0.00 kN

FY:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	-2.04 kN	-2.04 kN	0.00 kN	0.00 kN
2:	-1.77 kN	-1.77 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

KERTO-S 45x200, KT2

5.11.2013

Kuormitustapaus:	Omapaino	
Tuki:	FZ [kN]:	FY [kN]:
1:	4.48	-1.18
2:	2.32	-0.59

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma	
Tuki:	FZ [kN]:	FY [kN]:
1:	0.73	-0.45
2:	0.99	-0.73

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

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

MUISTILISTA KATTOELEMENTTIEN NOSTOIHIN

1) Valmistautuminen

- Valitaan taakkaan, nostolaitteeseen ja käyttöympäristöön sopiva nostolaite
- Nosturin paikan valinta ja valmistelu
- Nosturin käyttöönottotarkastus
- Valitaan sopivat nostoapuvälineet, tarkastetaan kunto ja tarvittavat merkinnät. (maksimi kuorma)
- Huomioidaan sääolosuhteet, nosturinkuljettaja voi kieltäytyä suorittamasta nostoa, mikäli kokee suorituksen liian riskialttiiksi esim. liian kovan tuulen vuoksi (tuuli > 10 m/s)
- Asunnon jokaiseen kulmaan viedään alumiinitelineet kattoelementin vastaanottoa varten
- Työskentelyalue eristetään tarvittaessa muusta ympäristöstä työturvallisuuden varmistamiseksi

2) Nosto

- Varmistetaan, että nostoapupalkki on kiinnitetty nostosuunnitelmassa esitettyjen ohjeiden mukaisesti
- Kiinnitetään ohjausköydet kattoelementin ohjaimista varten
- Varmistetaan, että nostoapuvälineet ovat oikein kiinnitetty
- Suoritetaan koenosto noin 20cm korkeuteen ja tarkistetaan taakan vakavuus. Jos kuorma alkaa

- kallistua, se on laskettava alas ja kiinnitettävä uudelleen. Koenosto suoritetaan uudestaan kunnes kuorman vakaus on varmistettu
- Nostetaan taakka hitaalla nopeudella suoraan ylöspäin, vinonostoja ei saa tehdä
- Taakkaa liikutetaan hitailla, nykimättömillä liikkeillä. Nytkähdykset aiheuttavat hetkellisesti suuremman kuorman nostoapupalkeille, joka saattaa johtaa vaaratilanteisiin
- Noston aikana varmistetaan, että taakka ei pääse pyörimään tai törmäämään mihinkään. Taakkaa hallitaan kulmiin kiinnitetyillä ohjausnaruilla.
- Taakan alla tai vaara-alueella ei liikuta noston aikana.

3) Laskeminen ja lopettavat toimenpiteet

- Taakan laskeminen on tapahduttava yhtä hallitusti kuin sen nostokin
- Nostoapuvälineet irroitetaan vasta, kun katto on osittain kiinnitetty paikalleen
- Varmistetaan, että nostoapuvälineet eivät takerru kiinni mihinkään niitä irroitettaessa
- Tarkistetaan, että nostokone ja nostoapuvälineet eivät ole vahingoittuneet noston aikana
- Aluskate paikataan nostoliinon kohdalta vesitiiviiksi mahdollisimman pian noston jälkeen
- Jos noston aikana on havaittu vaaratekijöitä, niistä tulee ilmoittaa esimiehelle