

Mikael Kauppila

Teräshallin rungon mitoitus

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Seinäjoen ammattikorkeakoulu tekniikan yksikkö

Rakennustekniikka koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Mikael Kauppila

Työn nimi: Teräshallin rungon mitoitus

Ohjaaja: Martti Perälä

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 53

Liitteiden lukumäärä: 12

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli mitoittaa teräshalli Oy SanCon Finland Ab:lle ja mitoituksesta saataisiin alustavia profiilikokoja. Halli, jota on käytetty mitoitus pohjana, tulisi yrityksen omaan käyttöön varastona tai vuokralle. Halli piti suunnitella sillä tavalla, että sitä pystyisi laajentamaan molempiin suuntiin ja siltanosturi pystyisi asentamaan siihen.

Työ sisältää ristikkosauvojen, pilarien, siltanosturin ratapalkkien ja anturoiden mitoituksen. Työstä on jätetty pois liitos-, värähtely- ja palomitoitus.

Suurin osa mitoituksista tehtiin Excelissä. Sen avulla kokoja ja laskelmat pystyisi helposti muuttamaan. Jos hallikokoa halutaan muuttaa myöhemmin, vain lähtöarvoja tarvitsee muuttaa ja uudet mitoitukset pystyy helposti hakemaan Excelistä. Mitoitukset tarkastettiin Autodesk Robot Structural Analysis-ohjelmassa. Piirustukset tehtiin CADS Planner-ohjelmalla.

Avainsanat: Hallit, teräsrakentaminen, nosturit, mitoitus, Excel

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Mikael Kauppila

Title of thesis: Design of a steel constructed hall

Supervisor: Martti Perälä

Year: 2013

Number of pages: 53

Number of appendices: 12

The subject of the thesis was to design a steel constructed hall for Oy SanCon Finland Ab and to get preliminary profile sizes from the dimensioning. The company's intention is to build a hall for their own use, or which can be rented. The plan was to make the dimensioning so that it would be able to extend the building with boat gables. The company also wanted the possibility of installing a crane into the hall.

The work includes the dimensioning of the truss bars, columns, the crane rail beam and the foundation. The work does not include connections, vibration and fire dimensioning.

Most of the calculations for the hall were made with an Excel program made especially for the thesis. The program is useful for the company if they later want to make changes in the hall size. The calculations were checked with Autodesk Robot Structural Analysis and the drawings were made with CADS Planner.

Keywords: Hall, steel construction, crane, dimensioning, Excel

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	13
2 TYÖN KUVAUS	14
2.1 Tilaaja	14
2.2 Työn tavoitteet.....	14
2.3 Työn rajaukset ja menetelmät	14
3 KUORMITUKSET	17
3.1 Omapainot	17
3.2 Lumikuorma	17
3.3 Tuulikuorma	19
3.4 Ratapalkki	21
3.5 Nosturin kuormat.....	21
3.6 Kuormitusyhdistelmät.....	26
3.7 Jäykisteet	27
3.8 Antura	27
4 RAKENTEIDEN MITOITUS.....	29
4.1 Kevytorret.....	29
4.2 Ristikot	30
4.3 Nosturirata	36
4.4 Kehän voimasuureet	36
4.5 Pilarit	38
4.6 Jäykisteet	44
4.7 Pilariantura.....	47
5 YHTEENVETO.....	51
LÄHTEET	52

LIITTEET.....53

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Periaatekuva hallista.....	13
Kuvio 2. Periaatekuva kehästä.....	13
Kuvio 3. Lumen ominaisarvo maan pinnalla Suomessa.....	18
Kuvio 4. Nosturin vaakavoimat.....	21
Kuvio 5. Nosturin pyöräkuormat.....	24
Kuvio 6. Z-250 orren mitoituskäyrä.	30
Kuvio 7. Ideaaliristikon nivel.....	30
Kuvio 8. Ristikon rautalanka malli.	31
Kuvio 9. Esimerkki ristikkosauvojen laskemisesta Excelissä	35
Kuvio 10. Kehään kohdistavat voimat	36
Kuvio 11. Esimerkki kuormituksesta tulevat voimasuureet	37
Kuvio 12. Katon jäykistysjärjestelmän staattinen malli	44
Kuvio 13. Seinän vinojäykisteiden staattinen malli.....	45
Kuvio 14. Periaatekuvio katon jäykistysjärjestelmästä	45
Taulukko 1. Nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p0}(z)$ kN/m ² , eri maastoluokissa (= $q_p(z)$ tasaisessa maastossa)	20
Taulukko 2. Voimakerroin c_f	20
Taulukko 3 Nosturin kuormitusryhmät.....	26
Taulukko 4 Kuormitus ryhmien dynaamiset kertoimet.....	26
Taulukko 5. Nurjahduskäyrän valinta	33
Taulukko 6. Epätarkkuustekijän arvo	33
Taulukko 7 Kuormitustapaukset ja niiden laskenta elementtimenetelmässä	37
Taulukko 8. Kiepahduskäyrän määrittäminen	41
Taulukko 9. Kiepahduskäyrän epätarkkuustekijän arvot	41
Taulukko 10. Ekvivalentin momentin kertoimet.....	43

Käytetyt termit ja lyhenteet

sleeve-jatkettu Tukikappaleella jatkettu orsi

Latinalaiset isot ja pienet kirjaimet

a_k	Anturan sivumitat, jos on epäkeskisesti kuormitettu antura, se on lyhemmän sivumitan vähimmäisvaatimus
A	Poikkileikkauksen pinta ala
A_k	Anturan pohja pinta-ala jos on neliömuotoinen
A_{ref}	Tuulen vaikutusala, leveys * korkeus
$A_{ref, pääty}$	Tuulen vaikutus-ala päätyä vasten
A_s	Raudoituksen poikki pinta-ala
A_v	Poikkileikkauksen leikkauspinta-ala
B_1	Anturan lyhyempi sivu
B_2	Anturan pitempi sivu
c_1	Mitta pilarin reunasta anturaan ulkoreunaan B_1 suunnassa
c_2	Mitta pilarin reunasta anturaan ulkoreunaan B_2 suunnassa
c_f	Tuulen voimakerroin
c_{nom}	Raudoituksen suojakerroksen vähimmäisvaatimus
$c_s c_d$	Rakennekerroin, voidaan käyttää arvo 1 kun korkeus alle 15m
C_1	Kiepahduksen liittyvä taulukkoarvo

C_2	Kiepahduksen liittyvä taulukkoarvo
C_e	Tuulensuojaus kerroin (1,0 tai 0,8)
C_{mi}	Ekvivalentin momentin kertoimet
C_t	Lämpökerroin
d	Anturan tehollinen korkeus
e_a	Kuorman epäkeskisyys
e_0	Jäykistysjärjestelmän epätarkkuus
E	Sauvan kimmokerroin
f_{cd}	Betonin mitoituslujuus
f_{ck}	Betonin ominaislujuus
f_{yd}	Raudoituksen mitoituslujuus
f_{yk}	Raudoituksen ominaislujuus
f_y	Teräksen myötölujuus
F_{Ed}	Pistekuorman mitoitusarvo
F_w	Kokonaistuulivoima
F_{wd}	Tukireaktio
$F_{W,pääty}$	Tuulen ominaiskuorma päätyä vasten
G	Teräksen liukumoduuli
G_{Ed}	Pysyvien kuormien mitoitusarvo

$G_{k,j}$	Pysyvät kuormat
$H_{B,1}$	Nosturin ajovoima puskimeen ajosta
$H_{B,2}$	Nostovaunun ajovoima puskimeen ajosta
$H_{T,1}, H_{T,2}$	Nosturin poikittaiset vaakavoimat
I	Sauvan jäyhyysmomentti
I_t	Brutto poikkileikkauksen vääntövakio
I_w	Brutto poikkileikkauksen käyritysvakio
I_z	Jäyhyysmomentti z-akselin suhteen
K	Nosturin ajovoima
K_{FI}	Maankohtainen varmuuskerroin seuraamusluokkien mukaan
l_s	Nosturin ajosta aiheutuva momentti akseli
L_{cr}	Sauvan nurjahduspituus
$L_{k,max}$	Nosturin hyötykuorman suurin etäisyys tuesta
$L_{k,min}$	Nosturin hyötykuorman minimi etäisyys tuesta
L_N	Siltanosturin jänneväli
m	Jäykistettävien sauvojen lukumäärä
m_c	Nosturin ja hyötykuorman massa
m_w	Erillisten ajokoneistojen määrä
M	Nosturin ajosta aiheuttava momentti

$M_{I,Ed}$	Mitoitusmomentti anturan pidemmässä suunnassa
$M_{II,Ed}$	Mitoitusmomentti anturan lyhyemmässä suunnassa
$M_{b,Rd}$	Kiepahduskestävyyden mitoitusarvo
M_{cr}	Sauvan kriittinen momentti kiepahduksen suhteen
$M_{c,Rd}$	Taivutuskestävyyden mitoitusarvo
M_{Ed}	Taivutusmomentin mitoitusarvo
$M_{pl,Rd}$	Poikkileikkauksen plastinen taivutuskestävyys
N	Jäykistysjärjestelmään tuleva normaalivoima
$N_{b,Rd}$	Nurjahduskestävyyden mitoitusarvo
N_{cr}	Nurjahduskuorma
$N_{c,Rd}$	Puristuskestävyyden mitoitusarvo
N_{Ed}	Normaalivoiman mitoitusarvo
$N_{nosturi}$	Nosturin vaakavoima
$N_{pl,Rd}$	Plastisuusteorian mukainen poikkileikkauksen normaali-voimakestävyys
$N_{t,Rd}$	Poikkileikkauksen vetokestävyys
P_G	Maanpohjan kantavuus
P_{Ed}	Mitoituskuorma
q_d	Ekvivalentti stabiloiva voima pituusyksikköä kohti

q_{fd}	Tuulen aiheuttama kitka
$q_p(h)$	Nopeuspaine harjan korkeudella (h) maastoluokan mukaan
Q_{c1}	Nosturin sillan omapaino
Q_{c2}	Nostovaunun omapaino
$Q_{c1,k}$	Nosturin sillan mitoituskuorma
$Q_{c2,k}$	Nostovaunun mitoituskuorma
Q_{Ed}	Muuttuvan kuorman mitoituskuorma
$Q_{k,1}$	Määrävä muuttuva kuorma
$Q_{k,i}$	Määrävän kuorman kanssa samanaikainen muuttuva kuorma
$Q_{r,max}$	Hyötykuormasta ja omasta painosta aiheutuva maksimi pyöräkuorma
$Q_{r,(max)}$	Hyötykuormasta ja omasta painosta aiheutuva minimi pyöräkuorma
$Q_{r,min}$	Omasta painosta aiheutuva maksimi pyöräkuorma
$Q_{r,(min)}$	Omasta painosta aiheutuva minimi pyöräkuorma
s	Lumikuorman ominaisarvo katolla
s_k	Maassa oleva lumikuorman ominaisarvo (kN/m ²)
S_B	Puskimen jousivakio
v_1	70% nosturin ajonopeudesta

$V_{c,Rd}$	Leikkauskestävyyden mitoitusarvo
V_{Ed}	Leikkausvoiman mitoitusarvo
$V_{pl,Rd}$	Poikkileikkauksen plastinen leikkauskestävyys
W_{pl}	Poikkileikkauksen plastinen taivutusvastus
$W_{pl,y}$	Poikkileikkauksen plastinen taivutusvastus y-akselin suhteen
z_g	Kuormituksen vaikutusetäisyys kuorman vaikutus pisteestä
z	Sisäinen momenttivarsi

Kreikkalaiset isot ja pienet kirjaimet

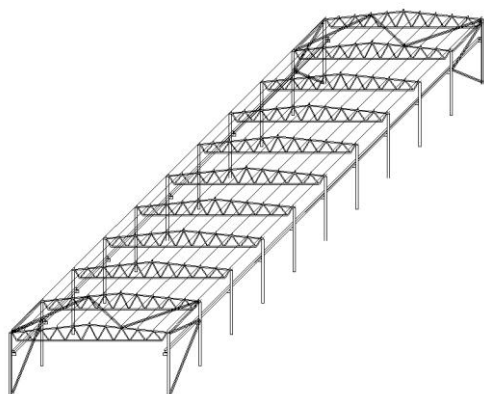
α	Nurjahduskäyrän epätarkkuustekijä
α_m	Jäykistysjärjestelmän pienennystekijä
α_{LT}	Kiepahduksen epätarkkuustekijä
β	Suhteellinen korkeus anturan lävistystarkastelussa
γ_{M_0}	Teräksen osavarmuusluku kestävyystarkastelussa
γ_{M_1}	Teräksen osavarmuusluku stabiiliuden menetyksen suhteen
δ_q	Jäykistysjärjestelmän taipuma tasossaan
λ	Tehollinen hoikkuus
$\bar{\lambda}$	Muunnettu hoikkuus nurjahduksessa
$\bar{\lambda}_{LT}$	Muunnettu hoikkuus kiepahduksessa

μ	Suhteellinen momentti Kitkakerroin pyörien ja radan väliin
μ_i	Lumikuorman muotokerroin
$\sum N_{tuulipilaarit}$	Tuulipilarien tukireaktioiden summa
$\sum Q_{r,max}$	Hyötykuormasta ja omasta painosta maksimi mitoituskuormat radalle
$\sum Q_{r,(max)}$	Hyötykuormasta ja omasta painosta minimi mitoituskuormat radalle
$\sum Q_{r,min}$	Omasta painosta maksimi mitoituskuorma radalle
$\sum Q_{r,(min)}$	Omasta painosta minimi mitoituskuorma radalle
Φ_{LT}	Kiepahduksen apusuure
Φ	Apusuure
φ_i	Dynaamisuuskertoimet
χ	Pienennystekijä
χ_{LT}	Kiepahduksen pienennystekijä
$\Psi_{0,i}$	Kuormayhdistelyn osavarmuusluku
$\phi_1 \phi_2$	Raudoituksen halkaisija

1 JOHDANTO

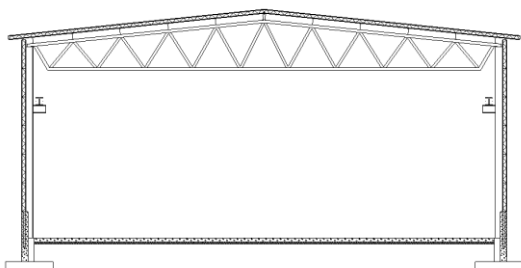
Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli saada teräshallin rungon profiilikoot (Kuvio 1.) Oy SanCon Finland Ab:lle suunniteltuun halliin. Suurin osa mitoituksesta tehtiin Excelissä, että laskelmia pystyisi helposti muuttamaan ja saamaan uudet profiilikoot, koska hallin käyttötarkoitus ja koko on vielä kehitysasteella. Mitoituksessa on otettu huomioon myös siltanosturin käyttö (Kuvio 2).

Excelin mitoitus työkalua voi hyödyntää kehälaskelmissa ja kuormitusyhdistelmissä, jos joskus haluaa mitoittaa puu- tai betonikehiä. Ohjelma on hyvä tehdä käyttäjätavalliseksi että lisäämällä vain alkutiedot saisi heti tulokset näkyviin.



Kuvio 1. Periaatekuva hallista.

Työn alkupuolella käsitellään eri kuormitukset ja mistä eri osille syntyy kuormat. Työn loppupuolella käsitellään mitoitusteoriaa ja ehdot. Liitteenä on otteita Exceliin tehdyistä mitoitus työkaluista. Mitoituksessa on jätetty pois värähtely-, liitos- ja palomitoitus.



Kuvio 2. Periaatekuva kehästä.

2 TYÖN KUVAUS

2.1 Tilaaja

Oy SanCon Finland Ab on yritys, joka sijaitsee Närpiössä. Yrityksen toimenkuvaan kuuluvat kosteusmittaus, vahinkojen saneeraus, rakentaminen ja suunnittelu. Yrityksellä on tarkoitus rakentaa halli omaan käyttöön tai vuokrattavaksi eteenpäin.

Yrityksellä on samalla tontilla vanhempi halli jossa on tällä hetkellä meneillään peruskorjaus. Tontin vieressä kulkeva junarata aiheuttaa tärinää maaperään ja on huomattu, että alueen kantavuus ei ole kovin hyvä. Piha-alueella on tehty massanvaihto. Pohjatutkimuksen avulla saadaan selville, kuinka syvää olisi kantava maaperä tai olisiko paaluantura ainoa vaihtoehto.

2.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteina oli saada teräshallin rungon alustavat profiilikoot ja anturakoko. Halli piti suunnitella siten, että sitä pystyisi laajentamaan molempiin suuntiin ja toivomus oli myös ottaa huomioon siltanosturi, jos sellainen haluttaisiin sinne joskus asentaa. Laskelmat piti tehdä Excelissä ja saada sellainen mitoitustyökalu, että arvoja muuttamalla pystyisi helposti saada uudet profiilikoot. Sen avulla voisi sitten verrata eri rakenneratkaisuja ja hallikokoja, koska hallin käyttötarkoitus ja koko on vielä kehitysasteella.

2.3 Työn rajaukset ja menetelmät

Alustavaan suunnitteluun on käytetty runkokokoa, joka on 20 m leveä, 60 m pitkä ja 9 m harjalle. Kattorakenteeksi tulisi EPS-kattoelementtejä tai vastaavanlaisia elementtejä. Pilarit tulisivat HEB-profiilina ja vapaa korkeus nosturiradan alla on 5 m. Sokkeli tulisi olla vähintään 1,2 m korkeampi kuin lattia.

Tässä vaiheessa päätettiin jättää pois liitoksien mitoitus ja palomitoitus. Junan aiheuttava värähtely ja värinä on myös jätetty pois, mutta sen tutkiminen olisi syytä tehdä, ennen kuin hallia ruvetaan rakentamaan.

Opinnäytetyössä laadittiin Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla laskentapohja, jolla ristikon sauvavoimien arvot voitiin nopeasti laskea eri kuormitustapauksille. Ristikon sauvavoimat on laskettu nivelpistemenetelmällä ja tarkistettu Autodesk Robot Structural Analysisin ohjelmassa. Sauvojen nurjahdus- ja vetokestävyys on laskettu Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus (2010) mukaan.

Laadittiin Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla myös laskentapohja, jolla kehän voimasuureita voitiin nopeasti laskea eri kuormitustapauksille. Kehän voimasuureet on laskentapohjassa laskettu elementtimenetelmän avulla. Laskelmat on tarkistettu Autodesk Robot Structural Analysisin ohjelmassa. Eri kuormien voimasuureet on laskettu lähteen (Perälä 2010) mukaan.

Laadittiin Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla myös laskentapohja, jolla pilarien voimasuureita voitiin nopeasti laskea eri kuormitustapauksille. Pilarien voimasuureita on laskentapohjassa laskettu Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus (2010) mukaan ja tarkistettu Autodesk Robot Structural Analysisin ohjelmassa. Maksimi voimasuureet on saatu kehän laskennasta.

Laadittiin Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla myös laskentapohja, jolla voimasuureet anturassa voitiin nopeasti laskea eri kuormitustapauksille. Anturan voimasuureita on laskentapohjassa laskettu lähteen (Perälä 2012) mukaan. Maksimi kuormat on saatu kehän laskennasta.

Siltanosturin mittatiedot ja kuormat on saatu Demag Crane Designerin ohjelmasta. Kuormituksia RIL 201-2-2011 mukaan voidaan käyttää, jos nosturin valmistajasta ei ole tietoja suunnitteluvaiheessa. Ratapalkin mitoitukseen on käytetty Ruukin ohjelma Ratapalkki 3.0.

Kuormitukset on saatu kertomalla kuormien ominaisarvo osavarmuusluvulla ja laskettu yhteen eri kuormitustapaukset. Kuormitusyhdistelmät ja osavarmuusluvut on laskettu RIL 201-1-2011 mukaan.

3 KUORMITUKSET

3.1 Omapainot

Omapainojen määrittäminen alussa voi olla vaikeaa, kun eri rakenteiden suuruudet on vielä tuntemattomana. Kokenut suunnittelija pystyy arvaamaan omapainojen suuruudet alussa riittävä lähellä eikä tarvitse aina lähteä laskemaan uudestaan, kun on saanut selville rakenteiden kestävyudet.

Omapainot, joita on käytetty alustavissa mitoituksissa ovat:

Kattorakenteet	0,3 kN/m ² (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2010, liite L10.1)
Ristikko	1 kN/m (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2010, liite L10.1)
Pilarit ja ratapalkki	1,5 kN/m (Tekniikan taulukkokirja 2012, 792)
Ulkoseinärakenne	0,2 kN/m ² (RT G2-37655 2008, 5)
Sokkeli	6 kN/m ² (RIL 201-1-2011 2011, 75)

3.2 Lumikuorma

Katolla oleva lumikuorman ominaisarvon määrittäminen

Lumikuorman kinostuminen voi olla määräävää jos on eri korkuiset rakenteet vierekkäin tai paikkoja, mihin lumi pääsee kasaantumaan. Tässä työssä oli katon muoto tavallinen harjakatto eikä ollut tiedossa, että katolle tulisi suurempia esteitä. Katon lumikuorma määritetään siten seuraavasti:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k \quad (1)$$

missä

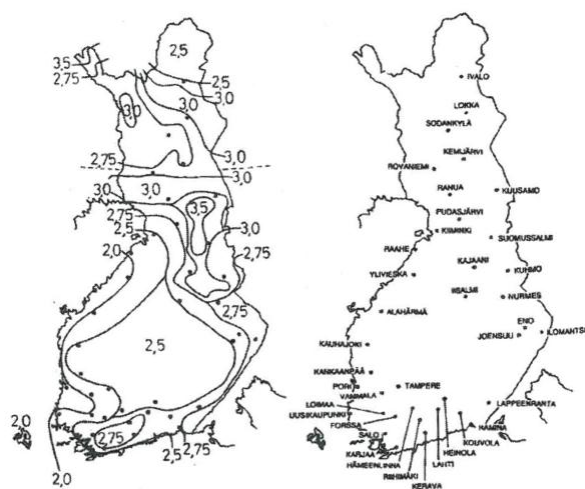
μ_i on lumikuorman muotokerroin

s_k on paikkakunnan maassa oleva lumikuorman ominaisarvo (kN/m^2)
(kuvio 3)

C_e on tuulensuojaisuus kerroin (1,0 tai 0,8)

C_i on lämpökerroin, yleensä 1,0.

(RIL 201-1-2011 2011. 94.)



Kuvio 3. Lumen ominaisarvo maan pinnalla Suomessa (RIL 201-1-2011 112).

Katolla oleva lumikuorman ominaisarvon laskeminen

Närpiössä maanpinnan lumikuorman ominaisarvo on $2,1 \text{ kN/m}^2$.

Lumen ominaiskuormaksi katolla tulee täten

$$s = 0,8 * 2,1 \text{ kN/m}^2 * 1 * 1$$

$$1,68 \text{ kN/m}^2$$

3.3 Tuulikuorma

Tuulikuorman ominaisarvon määrittäminen

Tuulikuorman vaikutus voidaan olettaa olevan sama kaikissa korkeusasemissa, kun on matala rakennus ($h < b$). Kokonaiskuorman laskemiseen voidaan silloin käyttää kaava

$$F_w = c_s c_d * c_f * q_p(h) * A_{ref} \quad (2)$$

missä

F_w on kokonaistuulivoima (kN)

$c_s c_d$ on rakennekerroin, voidaan käyttää arvo 1, kun korkeus alle 15 m

c_f on voimakkeroin (taulukko 2)

$q_p(h)$ on nopeuspaine harjan korkeudella (h), maastoluokan mukaan (taulukko 1)

A_{ref} on vaikutusala, leveys * korkeus

(RIL 201-1-2011. 2011, 136.)

Maastoluokkana on käytetty luokkaa I, koska halli sijaitsee tuulisella paikalla, missä on vähän kasvillisuutta.

Taulukko 1. Nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p0}(z)$ kN/m², eri maastoluokissa ($=q_p(z)$ tasaisessa maastossa) (RIL 201-1-2011, 133).

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

Rakennuksen sivusuhte tuulen suuntaan tarvitaan voimakertoimen määrittämiseen.

$$Sivusuhte = d / b \quad (3)$$

missä

d on rakennuksen tuulen suuntainen pituus

b on kohtisuoraan tuulen suuntaan oleva leveys

(RIL 201-1-2011 2011, 137.)

Taulukko 2. Voimakertoimen c_f (RIL 201-1-2011, 137).

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

Lisäksi tarvitaan tehollinen hoikkuus (λ)

$$\lambda = 2 * h / b \quad (4)$$

kun $h < 15$, missä

λ on tehollinen hoikkuus

h on rakennuksen korkeus

(RIL 201-1-2011 2011, 136.)

Tuulikuorman ominisarvon laskeminen

Päätyä vasten tuulen ominaiskuorma, kun $d/b = 3$ ja $\lambda = 0,9$

$$F_w = 1 * 0,86 * 0,75 * 20 \text{ m} * 9 \text{ m} \quad 116,1 \text{ kN}$$

Pitkää sivua vasten tuulen ominaiskuorma, kun $d/b = 0,33$ ja $\lambda = 0,3$

$$F_w = 1 * 1,27 * 0,75 * 60 \text{ m} * 9 \text{ m} \quad 514,35 \text{ kN}$$

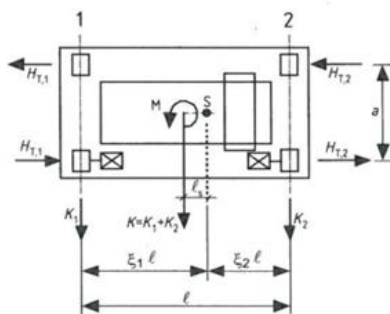
3.4 Ratapalkki

Ratapalkin mitoituksessa käytetään ensisijaisesti nosturin valmistajan määrittämiä pyöräkuormia, jos ne ovat suunnitteluvaiheessa tiedossa. Nosturi aiheuttaa palkkiin pystykuormia omapainosta ja hyötykuormasta. Vaakakuormia tulee kiihdytyksestä, hidastuksesta, vinoajosta, taakan heilumisesta ja vinoon nostamisesta (RIL 201-2-2011, 178).

3.5 Nosturin kuormat

Nostureiden kuormat määritetään staattisista pyöräkuormista kertomalla ne eri tilanteissa syntyvillä dynaamisilla kertoimilla (RIL 201-2-2011, 179).

Nosturin kuormien määrittäminen



Kuvio 4. Nosturin vaakavoimat (RIL 201-2-2011 2011, 184).

$$H_{T,1} = \varphi_5 * \xi_2 * \frac{M}{a} \quad (5)$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 * \xi_1 * \frac{M}{a} \quad (6)$$

missä

$H_{T,1}, H_{T,2}$ ovat poikittaiset vaakavoimat (kuvio 4)

φ_5 on dynaamisuuskerroin (1,0...3,0, ajokoneistosta riippuen)

ξ_1 on $\sum Q_{r,\max} / \sum Q_r$

ξ_2 on $1 - \xi_1$

M on $K * l_s$

a on nosturin pyörien väli

missä

$$\sum Q_r = \sum Q_{r,\max} + \sum Q_{r,(\max)} \quad (7)$$

$$K = \mu * m_w * \sum Q_{r,\min} \quad (8)$$

$$l_s = (\xi_1 - 0,5) * L_N \quad (9)$$

$$\sum Q_{r,\max} = Q_{h,k} + \sum Q_{r,(\min)} * \frac{L_{k,\max}}{L_N} \quad (10)$$

$$\sum Q_{r,(\max)} = Q_{h,k} + \sum Q_{r,\min} * \frac{L_{k,\min}}{L_N} \quad (11)$$

$$\sum Q_{r,\min} = \frac{Q_{c1,k}}{2} * L_N + Q_{c2,k} * \frac{L_{k,\min}}{L_N} \quad (12)$$

$$\sum Q_{r,(\min)} = \frac{Q_{c1,k}}{2} * L_N + Q_{c2,k} * \frac{L_{k,\max}}{L_N} \quad (13)$$

$$Q_{h,k} = \varphi_i * Q_h \quad (14)$$

$$Q_{c1,k} = \varphi_i * Q_{c1} \quad (15)$$

$$Q_{c2,k} = \varphi_i * Q_{c2} \quad (16)$$

missä

K on ajovoima

l_s on nosturin ajosta aiheutuva momentti akseli

μ on kitkakerroin pyörien ja radan väliin (0,2 teräspyörille)

m_w on erillisten ajokoneistojen määrä

$L_{k,max}$ on hyötykuorma suurin etäisyys tuesta

$L_{k,min}$ on hyötykuorman minimi etäisyys tuesta

L_N on siltanosturin jänneväli

Q_{c1} on nosturin sillan paino

Q_{c2} on nostovaunun paino

$Q_{c1,k}$ on nosturin sillan mitoituskuorma

$Q_{c2,k}$ on nostovaunun mitoituskuorma

φ_i on dynaamisuuskerto

Pyöriin tulevat kuormat saadaan sitten

$$Q_{r,max} = \frac{\sum Q_{r,max}}{2} \quad (17)$$

$$Q_{r,(max)} = \frac{\sum Q_{r,(max)}}{2} \quad (18)$$

$$Q_{r,min} = \frac{\sum Q_{r,min}}{2} \quad (19)$$

$$Q_{r,(min)} = \frac{\sum Q_{r,(min)}}{2} \quad (20)$$

missä

$\sum Q_{r,max}$ on radalle tuleva hyötykuorma ja omapainon maksimi kuorma (kuvio 5)

$\sum Q_{r,(max)}$ on radalle tuleva hyötykuorma ja omapainon minimi kuorma (kuvio 5)

$\sum Q_{r,min}$ on radalle tuleva omapainon maksimi kuorma (kuvio 5)

$\sum Q_{r,(min)}$ radalle tuleva omapainon minimi kuorma (kuvio 5)

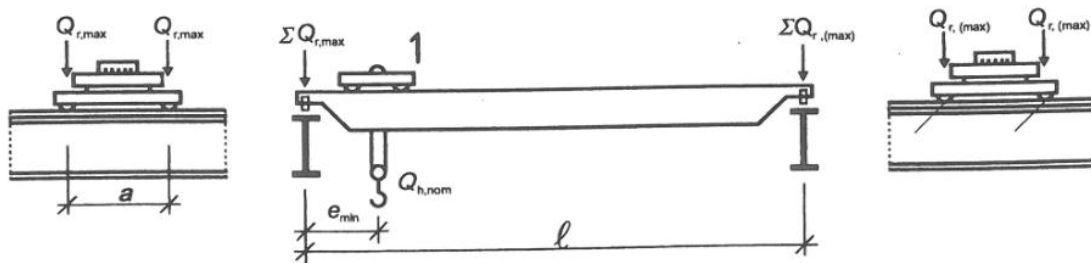
$Q_{r,max}$ on pyörille tuleva hyötykuorma ja omapainon maksimi kuorma (kuvio 5)

$Q_{r,(max)}$ on pyörille tuleva hyötykuorma ja omapainon minimi kuorma (kuvio 5)

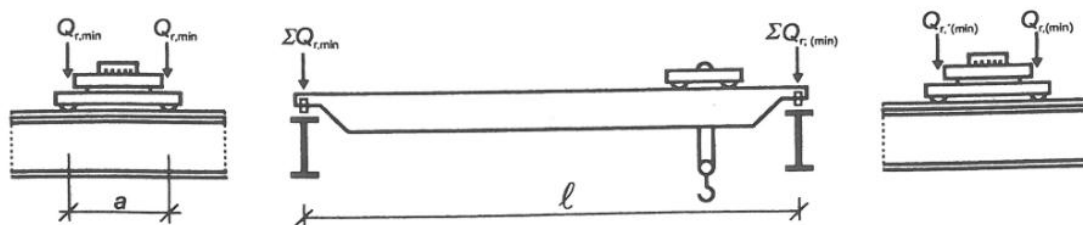
$Q_{r,min}$ pyörille tuleva omapainon maksimi kuorma (kuvio 5)

$Q_{r,(min)}$ pyörille tuleva omapainon minimi kuorma (kuvio 5)

(RIL 201-2-2011 2011, 195)



a) Kuormajärjestely ratapalkin maksimikuorman laskemiseksi



b) Kuormajärjestely ratapalkin minimikuorman laskemiseksi

Kuvio 5. Nosturin pyöräkuormat (RIL 201-2-2011 2011, 182)

Onnettomuuskuormat

Nosturin puskimeen ajosta aiheutuva ajovoima lasketaan kaavasta

$$H_{B,1} = \varphi_7 * v_1 * \sqrt{m_c * S_B} \quad (21)$$

missä

$H_{B,1}$ on ajovoima puskimeen ajosta

φ_7 on dynaamisuuserroin (taulukko 4)

v_1 on 70% nosturin ajonopeudesta

m_c on nosturin ja hyötykuorman massa

S_B on puskimen jousivakio

Nostovaunun puskimeen ajosta aiheutuva ajovoima, jos taakka pääsee vapaasti heilumaan, lasketaan kaavasta

$$H_{B,2} = (Q_{c1} + Q_{c2}) * 0,1 \quad (22)$$

missä

$H_{B,2}$ on ajovoima nostovaunun puskimeen ajosta

(RIL 201-2-2011, 185)

Nosturin kuormitusyhdistelmät

Taulukko 3. Nosturin kuormitusryhmät (RIL 201-2-2011 2011, 180).

	Merkintä	Viittaus	Kuormitusryhmä									
			Murtorajatila							Koe- kuorma	Onnet- tomuus	
			1	2	3	4	5	6	7			
1 Nosturin omapaino	Q_c	2.6	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1
2 Hyötykuorma	Q_h	2.6	φ_2	φ_3	–	φ_4	φ_4	φ_4	η^1	–	1	1
3 Nosturisillan kiihdytys	H_L, H_T	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	–	–	–	φ_5	–	–
4 Nosturisillan vinoonajo	H_S	2.7	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
5 Nostovaunun kiihdytys tai jarrutus	H_{T3}	2.7	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
6 Käyttötuuli	F_W^*	Liite A	1	1	1	1	1	–	–	1	–	–
7 Koekuorma	Q_T	2.10	–	–	–	–	–	–	–	φ_6	–	–
8 Puskinvoima	H_B	2.11	–	–	–	–	–	–	–	–	φ_7	–
9 Törmäyskuorma	H_{TA}	2.11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1

Taulukko 4. Kuormitus ryhmien dynaamiset kertoimet (RIL 201-2-2011 2011, 180).

Dynaamisuuskerroin	Huomioon otettava vaikutus	Kuorma, johon sovelletaan
φ_1	hyötykuorman maasta noston aiheuttamat nosturirakenteiden värähtelyt	nosturin omapaino
φ_2	hyötykuorman maasta noston dynaamiset vaikutukset	hyötykuorma
φ_3	taakan äkillisestä irtoamisesta aiheutuvat dynaamiset vaikutukset, esim. magneetti- tai kahmarikäytön yhteydessä	hyötykuorma
φ_4	nosturin radalla ajosta aiheutuvat dynaamiset vaikutukset	nosturin omapaino ja hyötykuorma
φ_5	ajovoimien dynaamiset vaikutukset	ajovoimat
φ_6	koekuorman dynaamiset vaikutukset nosturin normaaliajossa	koekuorma
φ_7	nosturin puskinvoiman ajosta aiheutuvat vaikutukset	puskinvoimat

3.6 Kuormitusyhdistelmät

Rakenteet pitää mitoittaa niin, että niiden kestävyys eri kuormitustapauksissa murtorajatilassa on vähintään

$$1,35 \cdot K_{FI} \left\{ \sum_{j>1} G_{k,j} \right\} \quad (23)$$

missä

K_{FI} on 1 kun seuraamusluokka on CC2

$G_{k,j}$ on pysyvät kuormat (epäedullisen tai edullisen vaikutuksen aiheuttavat)

tai

$$\left. \begin{array}{l} 1,15 * K_{FI} \\ 0,9 \end{array} \right\} \sum_{j>1} G_{k,j} + 1,5 * K_{FI} * Q_{k,1} + 1,5 * K_{FI} \sum_{i>1} \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (24)$$

missä

$Q_{k,1}$ on määräävä muuttuva kuorma

$\Psi_{0,i}$ on kuormayhdistelyn osavarmuusluku

$Q_{k,i}$ on muiden samanaikaisten muuttuvia kuormia

+ on tässä kuorman vaikutus samanaikaisesti kun muut

(RIL 201-1-2011, 38.)

(Kuormitusyhdistelmät, **LIITE 1**)

3.7 Jäykisteet

Jäykisteiden tarkoitus on siirtää vaakavoimat anturaan ja maaperään. Jäykisteiden pitää pystyä ottamaan vastaan vaakavoimat, että runko pysyy stabiilina. Jäykisteet voi mitoittaa pelkkänä vetosauvana tai veto- ja puristussauvana.

3.8 Antura

Anturan pinta-ala tulee olla niin suuri, että maanpohjan kantavuus kestää sen kuormat. Jos ei ole olemassa riittävän luotettavia tietoja maan kantokyvystä, rakennuspaikalle pitää tehdä pohjatutkimus. Oy KS Geokonsult Ab:n pohjatutkimuk-

sen mukaan massanvaihto olisi yksi vaihtoehto ja sallituksi paineeksi tulisi 200 kN/m².

Anturaan tulevat kuormitukset ovat

- kattorakenteen omapaino
- ristikon omapaino
- pilarin omapaino
- nosturin omapaino
- nosturiradan omapaino
- ulkoseinärakenteen omapaino
- sokkelin omapaino
- lumikuorma
- nosturin hyötykuorma
- niiden edelliset aiheuttavat momentit
- tuulen aiheuttava momentti.

4 RAKENTEIDEN MITOITUS

4.1 Kevytorret

Orret kannattaa sijoittaa ristikon nivelien päälle, jolloin nivelessä ei synny mitään teoreettista momenttia. Orsien jakovälinä on käytetty alustavasti 2 m, orsille tuleva määräävä kuormitus on saatu, kun lumi on määräävä muuttuva kuorma.

$$1,15 * K_{FI} * G_{k,katto} + 1,5 * K_{FI} * Q_{k,lumi} \quad (25)$$

Orsille tuleva kuorma on siten

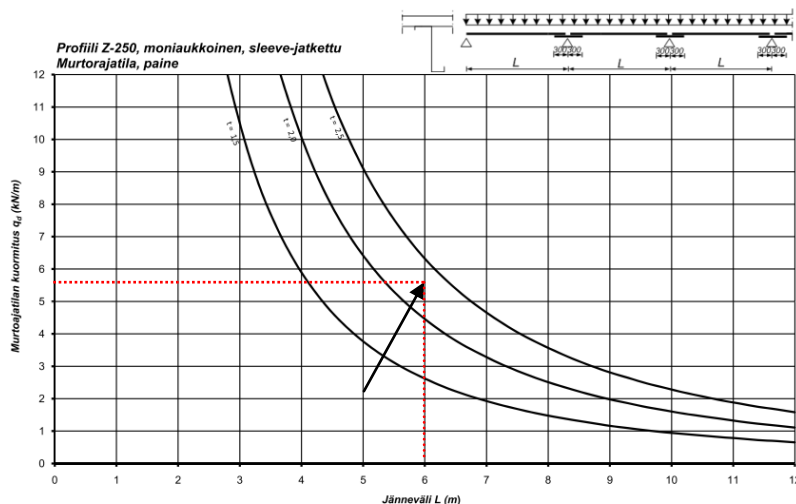
$$G_{Ed,katto} \quad 1,15 * 1,0 * 0,3 \text{ kN/m}^2 * 2 \text{ m} \quad 0,69 \text{ kN/m}$$

$$Q_{Ed,lumi} \quad 1,5 * 1,0 * 1,68 \text{ kN/m}^2 * 2 \text{ m} \quad 5,04 \text{ kN/m}$$

Kuormat voidaan yhdistää, kun niiden vaikutussuunta on sama. Lopputulos saadaan siten

$$P_{Ed} \quad 0,69 \text{ kN/m} + 5,04 \text{ kN/m} \quad 5,73 \text{ kN/m}$$

Z-250/2,5 orsi kestää 6,3 kN/m, kun jänneväli on 6 m ja palkki on moniaukkoinen sleeve-jatkettu palkki. (Kuvio 6.) (Mitoituskäyrät ja suunnitteluohjeet 2010, 57).

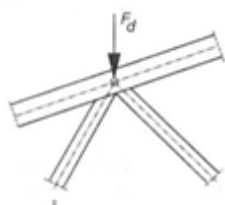


Kuvio 6. Z-250 orren mitoituskäyrä (Mitoituskäyrät ja suunnitteluohjeet 2010, 57).

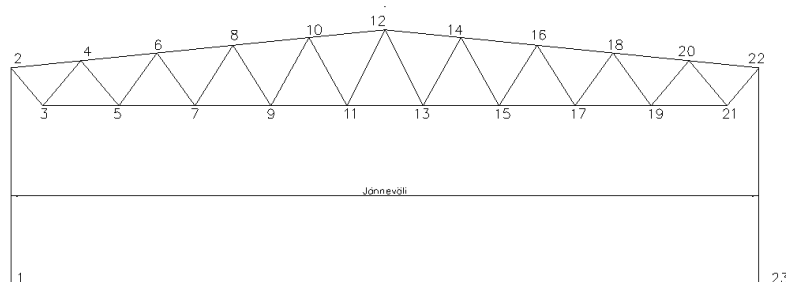
Tarkistetaan, riittävätkö alustavassa mitoituksessa käytetyt omapainot. Thermisol 200-kattoelementin omapaino on $0,12 \text{ kN/m}^2$ (RT G2-37655, 2008, 5) ja Z-250/2,5 orren joka omapaino on $0,0826 \text{ kN/m}$ (Mitoituskäyrät ja suunnitteluohjeet 2010, 3). Lisäksi tulevat kiinnitysmateriaalit, joten $0,3 \text{ kN/m}^2$, jota käytettiin alustavasti, on varmalla puolella oleva arvo.

4.2 Ristikot

Ristikon nivelien jako on alustavasti laskettu niin, että ne ovat kymmenesosa kehan ulkomitasta (Kuvio 8). Jänneväliä on muutettu, kun on saatu selville pilareitten koko. Ristikon omapaino on oletettu vaikuttavan diagonaalien ja yläparren nivelissä (Kuvio 7). Nivelien päälle tuleva määräävä kuormitus on saatu, kun lumi on määräävä muuttuva kuorma.



Kuvio 7. Ideaaliristikon nivel (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 77).



Kuvio 8. Ristikon rautalanka malli.

Yläpaarteen ja diagonaalien niveliin tuleva pistekuormitus, kun kehäjako on 6 m, on siten

$$G_{Ed,katto} \quad 1,15 * 1,0 * 0,3 \text{ kN/m}^2 * 2 \text{ m} * 6 \text{ m} \quad 4,14 \text{ kN}$$

$$G_{Ed,ristikko} \quad 1,15 * 1,0 * 1,0 \text{ kN/m} * 2 \text{ m} \quad 2,3 \text{ kN}$$

$$Q_{Ed,lumi} \quad 1,5 * 1,0 * 1,68 \text{ kN/m}^2 * 2 \text{ m} * 6 \text{ m} \quad 30,24 \text{ kN}$$

Kuormat voidaan yhdistää, kun niiden vaikutussuunta on sama. Lopputulokseksi saadaan siten

$$F_{Ed} \quad 4,14 \text{ kN} + 2,3 \text{ kN} + 30,24 \text{ kN} \quad 36,68 \text{ kN}$$

Sauvojen voimasuureet laskettiin Excelissä niveltasapainon menetelmän mukaan ja laskelmat tarkastettiin Autodesk Robot Structural Analysisin ohjelmassa. Nivel-tasapaino-menetelmä voidaan käyttää Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus (2010, 77) mukaan, kun on staattisesti määritetty ristikko (sauvojen määrä tulee olla 2 * solmujen määrä miinus 3). Sauvat pitää myös kuulua poikkileikkausluokkaan 1 (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, sähköiset liitteet, liite L10.1)

Käsikirjan Rakenneputket (2012) mukaan suositus on, että paarteiden ja diagonaalien leveyssuhde on 0,7–0,8. Valittiin ylä- ja alaparteeksi CFRHS-S355J2H-120x120x5 ja diagonaaliksi CFRHS-S355J2H-100x100x5.

$$100/120=0,83$$

OK

Poikkileikkaus luokka 1 OK

21 kpl nivelet * 2 – 3 on 39, sauvat 39 kpl OK

Nurjahduskestävyyden tarkastelu pitää tehdä puristussauvoille ja vetokestävyys tarkastelu vetosauvoille. Nurjahduskestävyys, kun sauva kuuluu poikkileikkausluokkaan 1, 2 tai 3, saadaan kaavasta

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd} = \chi \frac{A^* f_y}{\gamma_{M_1}} \quad (26)$$

missä

$N_{b,Rd}$ on nurjahduskestävyyden mitoitusarvo

χ on nurjahduksen pienennystekijä

A on sauvan poikkileikkaus pinta-ala

f_y on teräksen myötölujuus

γ_{M_1} on teräksen osavarmuusluku stabiiliuden menetyksen suhteen

Pienennystekijä χ lasketaan kaavasta

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1 \quad (27)$$

missä

$\bar{\lambda}$ on sauvan muunnettu hoikkuus nurjahduksessa

Φ on apusuure nurjahduksessa

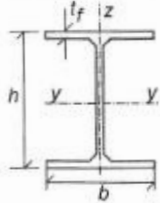
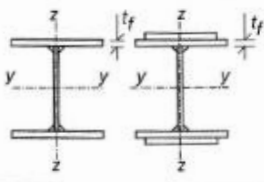

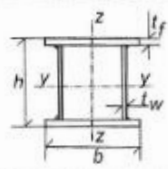
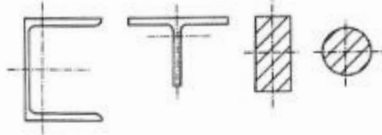

Apusuure Φ lasketaan kaavasta

$$\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad (28)$$

missä

α on nurjahduskäyrän epätarkkuustekijä taulukosta 5 ja 6

Taulukko 5. Nurjahduskäyrän valinta (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 55)

Poikkileikkaus	Mittaehdot	Nurjahdussuunta: akseli, jonka suhteen taivutus tapahtuu	Nurjahduskäyrä		
			S235 S275 S355 S420	S460	
 Valssatut profiilit	$h/b > 1,2$	y - y z - z	$t_f \leq 40$ mm	a b	a ₀ a ₀
			$40 < t_f \leq 100$	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$	y - y z - z	$t_f \leq 100$ mm	b c	a a
			$t_f > 100$ mm	d d	c c
 Hitsatut profiilit	$t_f \leq 40$ mm	y - y z - z	b c	b c	
	$t_f > 40$ mm	y - y z - z	c d	c d	
 Putket	Kuumavalssatut	molemmat	a	a ₀	
	Kylmämuovavat	molemmat	c	c	
 Hitsatut kotelot	Kotelot yleensä	molemmat	b	b	
	Paksut hitsit: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	molemmat	c	c	
 U-, T- ja umpipl.		molemmat	c	c	
 Kulma- profiilit		molemmat	b	b	

Taulukko 6. Epätarkkuustekijän arvo (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 55)

Nurjahduskäyrä	a ₀	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Sauvan muunnettu hoikkuus $\bar{\lambda}$ lasketaan kaavasta

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A^* f_y}{N_{cr}}} \quad (29)$$

missä

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_{cr}^2} \quad (30)$$

missä

N_{cr} on nurjahduskuorma

E on sauvan kimmokerroin

I on sauvan jäyhyysmomentti

L_{cr} on sauvan nurjahduspituus, tässä 0,9 * solmuväli

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 54 — 55)

Vetokestävyys ja mitoitusehto saadaan kaavasta

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M_0}} \quad (31)$$

missä

$N_{t,Rd}$ on poikkileikkauksen vetokestävyys

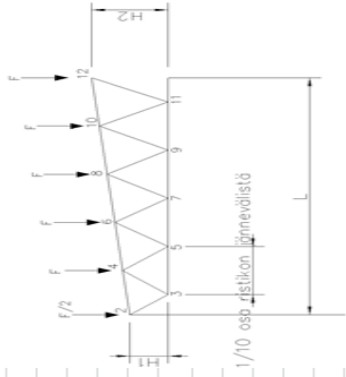
$N_{pl,Rd}$ on plastisuusteorian mukainen poikkileikkauksen normaalivoimakestävyys

γ_{M_0} on poikkileikkauksen kestävyuden osavarmuusluku

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 48)

Excelissä tehtiin laskelmat ja kaavat sillä tavalla, että nurjahdus- ja vetokestävyudet jokaiselle sauvalle saatiin suoraan ohjelmasta. Kaavat tehtiin niin, että ne ottavat huomioon myös sitä, onko veto- tai puristuskuorma. Muuttamalla putkiprofiilit saadaan sitten sopivat kokot (Kuvio 9).

Sauvavoimat	Max Voima		Max PurVoima		Max VetoVoima		Puristus		Käyttöaste													
	Yläpaarte	Alapaarte	Diagonaalit	Diagonaalit	Yläpaarte	Alapaarte	Diagonaalit	Vetoa	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	Diagona KN	Käyttöaste		
Vaakavoima tuella	0	-665,065298	666,666667	-266,2585117	289,2709559																	
Tuki	250 KN	E	210000 N/mm2																			
Piste2	-25 KN	fy	355 N/mm2																			
Piste4	-50 KN	A vä jä ala	2710000 mm4																			
Piste6	-50 KN	A diagonaal	1840 mm2																			
Piste8	-50 KN	lyjä jä ala	4850000 mm4																			
Piste10	-50 KN	I diagonaal	2710000 mm4																			
Piste12	-50 KN	ym0	1																			
Korkeus keskiellä H2	2000 mm	epätar	0,49																			
Korkeus tuella H1	1000 mm																					
Pituus L	10000 mm																					
		Käyttöaste	44,29 %	30,85 %	47,71 %	47,16 %	25,29 %	72,50 %	28,87 %	71,86 %	11,92 %	92,99 %	14,33 %	82,53 %	1,59 %	99,80 %	2,02 %	83,84 %	9,02 %	97,23 %	6,76 %	78,60 %
		99,80 %																				
Sauvat																						
h	mm	2-3	1000	200	1200	200	1400	200	1400	200	1400	200	1600	200	1600	200	1800	200	1800	200	2000	2000
b	mm		1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000
Kulma	asteet		45	57,10593137	50,19442891	0	50,1944	57,10593137	54,4623	0	54,4623221	57,10593	57,9946	0	57,994617	57,105931	60,9459959	0	60,9454	57,105931	63,49495	0
Pituus	mm		1414,21356	2009,975124	1562,049935	2000	1562,05	2009,975124	1720,47	2000	1720,465053	2009,975	1886,8	2000	1886,7962	2009,9751	2059,12603	2000	2059,13	2009,9751	2236,068	2000
Sin			0,71	0,9995	0,77	0,00	0,77	0,10	0,81	0,00	0,81	0,10	0,85	0,00	0,85	0,10	0,87	0,00	0,87	0,10	0,89	0,00
Cos			0,71	0,9995	0,64	1,000	0,64	0,9950	0,58	1,00	0,58	1,00	0,53	1,00	0,53	1,00	0,49	1,00	0,49	1,00	0,45	1,00
Pistvoimat	KN		204,545455	-204,545455	-204,545455	0	126,923	-48,0769231	-126,923	0	63,33333333	-61,66667	-63,333	0	8,8335294	-66,176471	-8,8335294	0	-39,474	-64,473684	39,47368	0
Vaakavoimat	KN		204,545455	-204,545455	-170,4545455	375	105,769	-480,769231	-90,6593	571,42857	45,23809524	-616,6667	-39,583	656,25	5,5147059	-661,76471	-4,9019608	666,66667	-21,93	-644,73684	19,73684	625
Kokovoima	KN		289,270956	-205,565638	-266,2585117	375	165,217	-483,167097	-155,976	571,42857	77,83056194	-619,7423	-74,686	656,25	10,405126	-665,0663	-10,099755	666,66667	-45,156	-647,95251	44,13292	625
		N2 vaaka	N2 pysty	N3 vaaka	N3 pysty	N4 vaaka	N4 pysty	N5 vaaka	N5 pysty	N6 vaaka	N6 pysty	N7 vaaka	N7 pysty	N8 vaaka	N8 pysty	N9 vaaka	N9 pysty	N10 vaaka	N10 pysty	N11 vaaka	N11 pysty	
		5,68E-14	5,11591E-12	0	0	0	5,7554E-13	0	0	0	5,97E-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5E-12
	Ncr	3467155,47	3071810,317	2841930,715	2841931	3071810,317	2342673															
	muun. Hoikk. λ	0,43404667	0,508792837	0,479420218	0,47942	0,508792837	0,52804															
	φ	0,65153969	0,70508932	0,688379826	0,68838	0,70508932	0,71978															
	X	0,87916062	0,838061773	0,854427043	0,85443	0,838061773	0,82718															
	Nb,Rd (N)	574267,714	666426,722	558111,7447	558112	666426,722	540314															
	Nb,Rd (KN)	574,267714	666,426722	558,1117447	558,112	666,426722	540,314															



Kuvio 9. Esimerkki ristikkosauvojen laskemisesta Excelissä

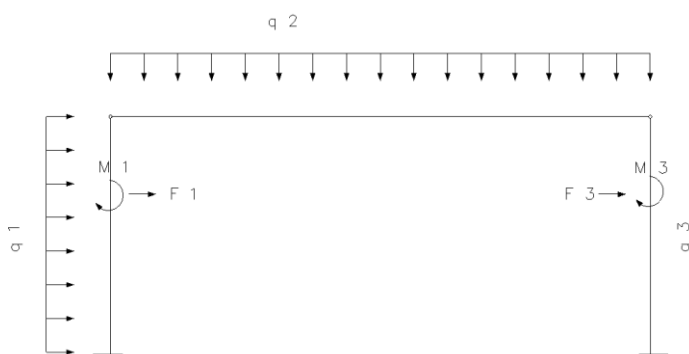
4.3 Nosturirata

Nosturiradan kestävyys mitoitettiin Ruukin ohjelmalla Ratapalkki 3.0. Tarvittavat mitat saatiin Demag Crane Designerin ohjelmasta. Ratapalkin mitoitusohjelmasta saadaan pilarille tuleva kuormitukset.

4.4 Kehän voimasuureet

Kehän suunnittelussa ja mitoituksessa liitoksien valinta on yksi tärkeä asiaa. Jäykkä-liitos toimii eri tavalla kuin nivel-liitos ja voimat siirtyvät siten eri tavalla kehässä. Ristikön ja pilarin väliin valittiin nivel-liitos ja pilarien alapäässä jäykkä-liitos (Kuvio 10).



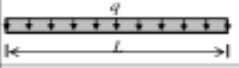
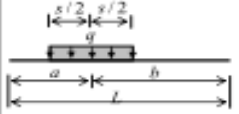
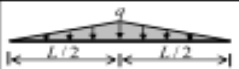
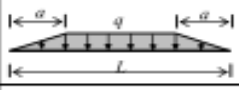

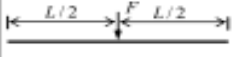
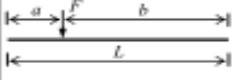
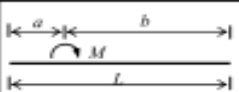
Voimasuureet on laskettu Excelissä elementtimenetelmän mukaan (Taulukko 7). Menetelmän mukaan saadaan helposti sauvojen voimapäsuureet, kun on staattisesti määräämätön rakenne.



Kuvio 10. Kehään kohdistavat voimat.

Taulukko 7. Kuormitustapaukset ja niiden laskenta elementtimenetelmässä (Perälä 2010).

Taulukko 1: Sauvarakenteiden elementtimenetelmän kuormitustermit tasajäykälle sauvalle ($EI = \text{vakio}$); **poikittainen kuormitus.**

N o	Poikittainen kuormitus:		
1		$MK_1 = -\frac{qL^2}{12}, MK_2 = \frac{qL^2}{12}$	$VK_1 = -\frac{qL}{2}, VK_2 = -\frac{qL}{2}$
2		$MK_1 = -\frac{qs}{12L^2} [12ab^2 + s^2(L-3b)]$ $MK_2 = -\frac{qs}{12L^2} [12a^2b + s^2(L-3a)]$	$VK_1 = -\frac{qs}{L} [b + \frac{a-b}{12L^2} (12ab-3s^2)]$ $VK_2 = -\frac{qs}{L} [a + \frac{b-a}{12L^2} (12ab-3s^2)]$
3		$MK_1 = -\frac{5qL^2}{96}, MK_2 = \frac{5qL^2}{96}$	$VK_1 = -\frac{qL}{4}, VK_2 = -\frac{qL}{4}$
4		$MK_1 = -\frac{q}{12L} [L^3 - a^2(2L-a)]$ $MK_2 = \frac{q}{12L} [L^3 - a^2(2L-a)]$	$VK_1 = -\frac{q}{2} (L-a),$ $VK_2 = -\frac{q}{2} (L-a)$
5		$MK_1 = -(\frac{q_1}{20} + \frac{q_2}{30})L^2$ $MK_2 = (\frac{q_1}{30} + \frac{q_2}{20})L^2$	$VK_1 = -\frac{7q_1 + 3q_2}{20} L,$ $VK_2 = -\frac{3q_1 + 7q_2}{20} L$
6		$MK_1 = -\frac{FL}{8}, MK_2 = \frac{FL}{8}$	$VK_1 = -\frac{F}{2}, VK_2 = -\frac{F}{2}$
7		$MK_1 = -\frac{Fab^2}{L^2},$ $MK_2 = \frac{Fa^2b}{L^2}$	$VK_1 = -\frac{Fb}{L} [1 + \frac{a(b-a)}{L}],$ $VK_2 = -\frac{Fa}{L} [1 + \frac{b(a-b)}{L^2}]$
8		$MK_1 = \frac{Mb}{L} (2-3\frac{b}{L})$ $MK_2 = \frac{Ma}{L} (2-3\frac{a}{L})$	$VK_1 = \frac{M}{L} (2-3\frac{a^2+b^2}{L^2})$ $VK_2 = -\frac{M}{L} (2-3\frac{a^2+b^2}{L^2})$
9	Alkukäyrästymä: $\kappa_0 = \text{vakio}$	$MK_1 = -EI\kappa_0, MK_2 = EI\kappa_0$	$VK_1 = 0, VK_2 = 0$

(Taulukko otettu TKK:n kurssista: Rak-54.111 Rakenteiden mekaniikka B).

	Voimasuureiden yhteenlaskenta pohja				Voimat laskettu taulukon mukaan						
	Sauva 1	q(No1)	L(No1)	F(No7)	a(No7)	b(No7)	L(no7)	M(No8)	L(N08)	a(No8)	b(No8)
		8,37	8	0	5,16	2,85	8	23	8	5,16	2,85
MK1	-37,00957		-44,64				0				7,63043
MK2	45,604275		44,64				0				0,964275
VK1	-32,41285		-33,48				0				1,067151
VK2	-34,54715		-33,48				0				-1,06715
		13,8	20	0	0	0	20	0	20	0	0
MK1	-460		-460				0				0
MK2	460		460				0				0
VK1	-138		-138				0				0
VK2	-138		-138				0				0
		0	8	52,5	5,16	2,84	8	-85	8	5,16	2,84
MK1	-62,3538		0				-34,1402				-28,2136
MK2	58,465703		0				62,02933				-3,56363
VK1	-19,12351		0				-15,1514				-3,97216
VK2	-33,37649		0				-37,3486				3,972156

Kuvio 11. Esimerkkikuormituksesta tulevat voimasuureet.

Kehän pilareiden määrääviä kuormitukset on saatu, kun tuuli on määräävä muuttuva kuorma, kaavasta

$$1,15 * K_{FI} * G_{k,katto} + 1,15 * G_{k,ristikko} + 1,5 * K_{FI} * Q_{k,tuuli} + 1,5 * K_{FI} * \psi_{0,lumi} * Q_{k,lumi} + 1,35 * K_{FI} * \psi_{0,nosturi} * Q_{k,nosturi} \quad (32)$$

4.5 Pilarit

Pilarien mitoituksessa on monia eri kuormia ja kestävyystarkasteluita jotka pitää ottaa huomioon. Pystykuormat tulevat kattorakenteen omapainosta, lumikuormasta, nosturin omapainosta, ratapalkin omapainosta ja nosturin hyötykuormasta. Vaakakuormia tulee tuulikuormasta ja nosturin vaakakuormasta. Momenteja tulee kuormien epäkeskisyydestä ja nosturista. Pilaripäiden määrääviä mitoitusarvot on saatu kehän laskennasta.

Puristuskestävyyden määrittäminen

Puristuskestävyys ja mitoitusehto, kun poikkileikkausluokka on 1, 2 tai 3, saadaan kaavasta

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M_0}} \quad (33)$$

missä

N_{Ed} on puristusvoiman mitoitusarvo

$N_{c,Rd}$ on puristuskestävyyden mitoitusarvo

Taivutuskestävyyden määrittäminen

Taivutuskestävyys ja mitoitusehto, kun poikkileikkausluokka on 1 tai 2, saadaan kaavasta

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M_0}} \quad (34)$$

missä

M_{Ed} on taivutusmomentin mitoitusarvo

$M_{c,Rd}$ on taivutuskestävyyden mitoitusarvo

$M_{pl,Rd}$ on poikkileikkauksen plastinen taivutuskestävyys

W_{pl} on poikkileikkauksen plastinen taivutusvastus, jonka arvo löytyy taulukosta jos on valssattu teräsprofiili

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2010, 49).

Leikkauskestävyyden määrittäminen

Leikkauskestävyys ja mitoitusehto, kaikissa poikkileikkausluokissa, saadaan kaavasta

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M_0}} \quad (35)$$

missä

V_{Ed} on leikkausvoiman mitoitusarvo

$V_{c,Rd}$ on leikkauskestävyyden mitoitusarvo

$V_{pl,Rd}$ on poikkileikkauksen plastinen leikkauskestävyys

A_v on poikkileikkauksen leikkauspinta-ala, jonka arvo löytyy taulukosta jos on valssattu teräsprofiili

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2010, 49).

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutuksen määrittäminen

Yhteisvaikutusta ei oteta huomioon, jos

$$V_{Ed} \leq 0,5 * V_{pl,Rd} \quad (36)$$

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 51)

Nurjahduskestävyyden määrittäminen

Nurjahduskestävyys on myös käsitelty luvussa 4.2.

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd} = \chi \frac{A * f_y}{\gamma_{M_1}} \quad (37)$$

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 54)

Kiepahduskestävyyden määrittäminen

Kiepahduskestävyys ja mitoitusehto, kun poikkileikkausluokka on 1 tai 2, saadaan kaavasta

$$M_{Ed} \leq M_{b,Rd} = \chi_{LT} * W_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M_1}} \quad (38)$$

missä

$M_{b,Rd}$ on kiepahduskestävyyden mitoitusarvo

χ_{LT} on kiepahduksen pienennystekijä

$W_{pl,y}$ on poikkileikkauksen taivutusvastus, jonka arvo löytyy taulukosta jos on valssattu teräsprofiili

Pienennystekijä χ_{LT} lasketaan kaavasta

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad (39)$$

missä

Φ_{LT} on kiepahduksen apusuure

$\bar{\lambda}_{LT}$ on sauvan muunnettu hoikkuus kiepahduksessa

Apusuure Φ_{LT} lasketaan kaavasta

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad (40)$$

missä

α_{LT} on kiepahduksen epätarkkuustekijä joka saadaan taulukosta 8–9

Taulukko 8. Kiepahduskäyrän määrittäminen (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 58).

Poikkileikkaus	Rajaehdot	Kiepahduskäyrä
Valssatut I-profiilit	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Hitsatut I-profiilit	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Muut	<i>ei ehtoja</i>	d

Taulukko 9. Kiepahduskäyrän epätarkkuustekijän arvot (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2010, 58).

Kiepahduskäyrä	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

Sauvan muunnettu hoikkuus $\bar{\lambda}_{LT}$ lasketaan kaavasta

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} \quad (41)$$

missä

M_{cr} on sauva kriittinen momentti kiepahduksen suhteen

M_{cr} lasketaan kaavasta

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr}^2} \left\{ \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{cr}^2}{\pi^2} * \frac{G * I_t}{E * I_z} + (C_2 * z_g)^2} - (C_2 * z_g) \right\} \quad (42)$$

missä

C_1 on taulukkoarvo, joka riippuu kuormituksesta ja tukiehdot

C_2 on taulukkoarvo, joka riippuu kuormituksesta ja tukiehdot

I_z on jäyhyysmomentti z-akselin suhteen

L_{cr} on nurjahduspituus

I_w on bruttopoikkileikkauksen vääntövakio

G on teräksen liukumoduuli, 81000 N/mm²

I_t on bruttopoikkileikkauksen käyritysmisvakio

z_g on kuormituksen vaikutusetäisyys kuorman vaikutus pisteestä

, $h/2$ jos profiili on symmetrinen

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2010, 57).

Taivutuksen ja puristuksen yhteiskestävyyden määrittäminen

Kestävyys ja mitoitussehto, kun poikkileikkausluokka on 1 tai 2 ja kiepahdusalttiitit saavat, saadaan kaavasta

kun nurjahdus y-akselin suhteen + taivutus y-akselin suhteen

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{c,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rd}} \leq 1 \quad (43)$$

missä

$$k_{yy} = \begin{cases} C_{my} * (1 + (\bar{\lambda} - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{c,Rd}}) & \text{kun } \bar{\lambda} < 1 \\ C_{my} * (1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{c,Rd}}) & \text{kun } \bar{\lambda} \geq 1 \end{cases} \quad (44)$$

missä

C_{my} on ekvivalentti momentti kerroin joka saadaan taulukosta 10

ja kun nurjahdus z-akselin suhteen + taivutus y-akselin suhteen

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{c,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rd}} \leq 1 \quad (45)$$

missä


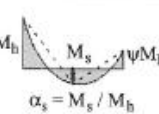
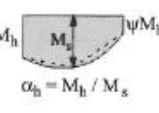
$$\text{jos } \bar{\lambda} < 0,4 : k_{zy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq \left\{ 1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{c,Rd}} \right\} \quad (46)$$

$$\text{jos } \bar{\lambda} \geq 0,4 : k_{zy} = \begin{cases} 1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{c,Rd}} & \text{kun } \bar{\lambda} < 1 \\ 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{c,Rd}} & \text{kun } \bar{\lambda} \geq 1 \end{cases} \quad (47)$$

C_{mLT} on ekvivalentti momentti kerroin joka saadaan taulukosta 10

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2010, 60).

Taulukko 10. Ekvivalentin momentin kertoimet (Hitsatut profiilit 2010, 200)

Momenttipinta	Alue	C_{my} ja C_{mz} ja C_{mLT}	
		Tasan jakautunut kuormitus	Pistemäinen kuormitus
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$
Sivusiirtävien kehiin sauvoille ekvivalentin momentin kertoimiksi valitaan arvot $C_{my} = 0,9$ tai $C_{mz} = 0,9$			
Kertoimet C_{my} , C_{mz} ja C_{mLT} valitaan kyseeseen tulevien tukipisteiden välisen taivutusmomenttipinnan mukaan seuraavasti:			
Momenttikerroin	Akseli, jonka suhteen taivutus tapahtuu	Taso, jossa tukipisteet ovat sivusiirtymättömiä	
C_{my}	y-y	z-z	
C_{mz}	z-z	y-y	
C_{mLT}	y-y	y-y	
a) Lauseke on korjattu lähteen [5] mukaisesti.			
Tekijöille C_{mi} taulukossa esitetyt raja-arvot eivät tarkoita voimassaoloehtoa, vaan laskelmissa so. tekijälle käytettävää raja-arvoa.			

4.6 Jäykisteet

Tuulipilareiden tukireaktiot yläpäässä saadaan kaavasta

$$F_{Wd} = \left(\frac{3}{8}\right) * \frac{F_{w,pääty}}{A_{ref,pääty}} * k * L \quad (48)$$

missä

F_{Wd} on tukireaktio

$F_{w,pääty}$ on tuulen ominaiskuorma päätyä vasten

$A_{ref,pääty}$ on tuulen vaikutus-ala päätyä vasten

k on kuormitusleveys joka vaikuttaa pilariin

L on pilarin pituus

Jäykisteristikon sauvavoimat saadaan kaavasta

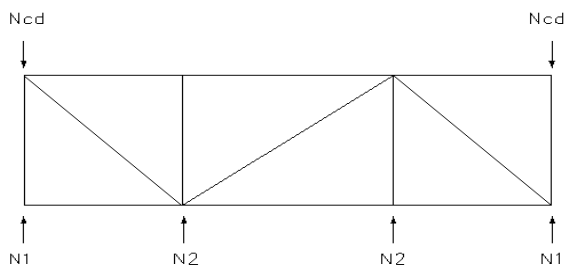
$$N = F_{Wd} + \frac{q_d * L}{4} + \left(q_{frd} \frac{L}{4}\right) \quad (49)$$

missä

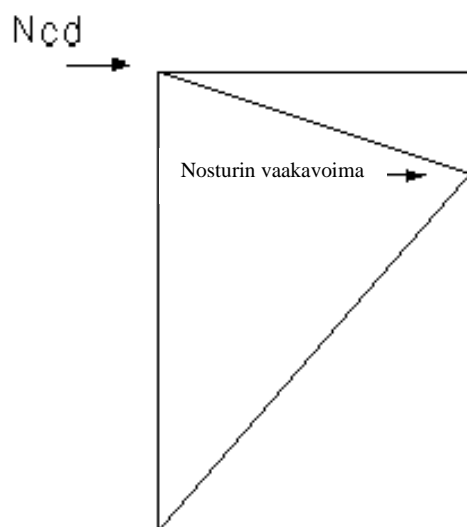
N on jäykistysjärjestelmään tuleva normaalivoima (kuvio 12)

q_d on ekvivalentti stabiloiva voima pituusyksikköä kohti

q_{frd} on tuulen aiheutuva kitka



Kuvio 12. Katon jäykistysjärjestelmän staattinen malli.



Kuvio 13. Seinän vinojäykisteiden staattinen malli.

q_d lasketaan kaavasta

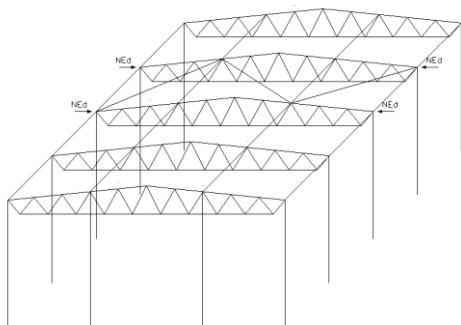
$$q_d = N_{Ed} * 8 * \frac{e_0 + \delta_q}{L^2} \quad (50)$$

missä

N_{Ed} on jäykistysjärjestelmään tuleva normaalivoima (kuvio 14)

e_0 on jäykistysjärjestelmän epätarkkuus

δ_q on jäykistysjärjestelmän taipumaa tasossaan



Kuvio 14. Periaatekuvio katon jäykistysjärjestelmästä.

e_0 lasketaan kaavasta

$$e_0 = \alpha_m * \frac{L}{500} \quad (51)$$

missä

α_m on pienennystekijä

L on jäykistejärjestelmän jänneväli

α_m lasketaan kaavasta

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)} \quad (52)$$

missä

m on jäykistettävien sauvojen lukumäärä

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h} \quad (53)$$

missä

N_{Ed} on jäykistysjärjestelmään tuleva normaalivoima (kuvio 14)

M_{Ed} on sauvan suurin momentti

h on sauvan korkeus

Seinän vinojäykisteiden normaalivoima saadaan kaavasta

$$N_{Ed} = \left(\frac{\sum N_{tuulipilaarit}}{2} + N_{nosturi} \right) * \cos(\alpha) + \left(\frac{\sum N_{tuulipilaarit}}{2} + N_{nosturi} \right) * \sin(\alpha) \quad (54)$$

missä

N_{Ed} on sauvoihin kohdistuva normaalivoima

$\sum N_{tuulipilaat}$ on tukireaktioiden summa

$N_{nosturi}$ on nosturin vaakavoima

(Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2010, liite L10.1)

4.7 Pilariantura

Kuormitukset aiheuttavat momenttia anturaan ja sen takia antura pyrkii kiertymään. Pilarianturan sivumitan tulee olla pidempi momentin suunnassa. Jos anturaa tulee syvempään maanperään, anturankokoa momentin suunnassa voidaan pienentää. Anturan kestävyys on tarkistettu maksimi normaalivoimasta ja maksimi momentista. Maksimi normaalivoima on saatu, kun lumi on ollut määräävä muuttuva kuorma ja maksimi momentti, kun tuuli on ollut määräävä muuttuva kuorma.

Anturan koon määrittäminen

Kestävyys ja mitoitusehto

$$P_G \geq \frac{N_{Ed}}{A} \quad (55)$$

missä

P_G on maanpohjan kantavuus

N_{Ed} on anturaan tuleva pystykuorma

A on anturan pohja pinta-ala

Anturan sivumitan määrittäminen

$$A_k \geq \frac{N_{Ed}}{P_G} \quad (56)$$

$$a_k = \sqrt{A_k} \quad (57)$$

missä

A_k on anturan pohja pinta-ala jos on neliömuotoinen.

a_k on sitten sivumitat, ja jos on epäkeskisesti kuormitettu antura se on lyhemmän sivumitan vähimmäisvaatimus

Momentista aiheuttava epäkeskisyyden määrittäminen

$$e_d = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \quad (58)$$

missä

e_d on kuorman epäkeskisyyden

Pidemmän sivun pituuden määrittäminen

$$a = a_k + 2 * e_d \quad (59)$$

missä

a on anturan pituuden vähimmäisvaatimus kuorman epäkeskisyyden suunnassa

Pohjapaineen määrittäminen

$$P_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{a_k * B_2} \quad (60)$$

missä

P_{Ed} on kuormasta aiheuttava pohjapaine

B_2 on anturan käytetty pituus kuorman epäkeskisyyden suunnassa

Mitoitusmomenttien määrittäminen

$$M_{I,Ed} = \frac{P_{Ed} * c_2^2 * B_1}{2} \quad (61)$$

$$M_{II,Ed} = \frac{P_{Ed} * c_1^2 * B_2}{2} \quad (62)$$

missä

$M_{I,Ed}$ on anturan mitoitusmomentti pidemmässä suunnassa

$M_{II,Ed}$ on anturan mitoitusmomentti lyhyemmässä suunnassa

c_1 on mitta pilarin reunasta anturaan ulkoreunaan B_1 suunnassa

c_2 on mitta pilarin reunasta anturaan ulkoreunaan B_2 suunnassa

B_1 on anturan lyhyempi pituus

B_2 on anturan pitempi pituus

Raudoituksen määrittäminen

$$A_s = \frac{M_{i,Ed}}{z * f_{yd}} \quad (63)$$

missä

$$z = d \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \quad (64)$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu} \quad (65)$$

$$\mu = \frac{M_{i,Ed}}{B_j * d^2 * f_{cd}} \quad (66)$$

$$f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5} \quad (67)$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15} \quad (68)$$

$$d_1 = h - c_{nom} - \frac{\phi_1}{2} \quad (69)$$

$$d_2 = h - c_{nom} - \phi_1 - \frac{\phi_2}{2} \quad (70)$$

missä

A_s on raudoituksen poikki pinta-ala

$M_{i,Ed}$ on momenttien mitoituskuormat

z on sisäinen momenttivarsi

d on anturan tehollinen korkeus

β on suhteellinen korkeus

μ on suhteellinen momentti

B_j anturan pituus kohtisuora momenttilinja

f_{cd} on betonin mitoituslujuus

f_{ck} on betonin ominaislujuus

f_{yd} on raudoituksen mitoituslujuus

f_{yk} on raudoituksen ominaislujuus

h on anturan korkeus

c_{nom} on raudoituksen suojakerroksen vähimmäisvaatimus

ϕ_1 on pidempi suunnan raudoituksen halkaisija

ϕ_2 on lyhyempi suunnan raudoituksen halkaisija

(Perälä 2012).

5 YHTEENVETO

Lopputuloksena on saatu kun ristikon jänneväli on 20 m, nivelien 8 ja 10 välissä on yläpaarten määräävä sauva. Jos CFRHS 120x120x5 käytetään, sen käyttöaste on 73,21 %. Alapaarten määräävä sauva on nivelien 9 ja 11 välillä ja sen käyttöaste on 61,5 %. Diagonaalien määräävä sauva on nivelien 3 ja 4 välissä ja käyttöaste on 35,0 % jos käytetään CFRHS 100x100x5. (liite 2)

Kehän sauvapäävoimat on laskettu kun tuuli on ollut määräävä muuttuva kuorma (liite 3), ja kun lumi on ollut määräävä muuttuva kuorma (liite 4). Nosturin aiheutuva momentti pilariin on saatu nosturin tukivoimien arvot kerrottuna momenttivarsi (pilarin keskivälistä radan keskiväliin).

Nosturin mittatietoja on saatu Demag Crane Designerin ohjelmasta (<http://cranedesigner.demagcranes.com>) (liite 5) ja laskettu pyöräkuormat sen mukaan Excelissä (liite 6). Mittatiedot ja kuormitukset on syötetty Ruukin ohjelma Ratapalkki 3.0:aan sen jälkeen ja saatu ratapalkin kuormitukset ja tukien kuormat (liite 7).

Pilariksi tulisi HEB 320, ja sen kestävyys on tarkistettu liitteessä 8. Maapohjan kantavuutena on käytetty 200 kN/m^2 , vaihtoehto jos massanvaihto tehdään (liite 9). Anturan leveys olisi 2,2 m, pituus 2,5 m ja korkeus 0,4 m (liite 10). Vinojäykisteiden koko CFRHS 120x120x5 olisi riittävä (liite 11).

LÄHTEET

Demag Crane designer.Ei päiväystä.[Verkkajulkaisu]. Demag Cranes & Components GmbH. [Viitattu 8.4.2013]. Saatavan:
<http://cranedesigner.demagcranes.com/CD/produktauswahl.jsp?SessionID=1B02893C819C1773688DD59470D41C63&SetLanguageID=FI&SetCountry=032>

Hitsatut profiilit. 2010.EN 1993 -käsikirja. Hämeenlinna: Rautaruukki Oyj.

Mitoituskäyrät ja suunnitteluohje. 2010. EN-1993-1-3 mukaan kevytorret mallit Z ja C. [Verkkajulkaisu]. Weckman Steel Oy. [Viitattu 7.3.2013]. Saatavana:
http://www.weckmansteel.fi/fi/tuotteet/katto-_ja_seinatuotteet/ladattavat_tiedostot/kantavuustaulukot

Rakenneputket. 2012. EN 1993 -Käsikirja. [Verkkajulkaisu]. Keuruu: Rautaruukki Oyj. [Viitattu 14.4.2013]. Saatavana: <http://www.ruukki.fi/rakenneputket>

Perälä M. 2012. Betoni ja muuratut rakenteet , Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikka yksikkö, talonrakennustekniikka. Opetusmateriaali. Julkaisematon.

Perälä M. 2010. Elementtimenetelmän perusteet, Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikka yksikkö, talonrakennustekniikka. Opetusmateriaali. Julkaisematon.

RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. 2011. Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 201-2-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. 2011. Eurokoodit EN 1991-1-2, EN 1991-1-5, EN 1991-1-6, EN 1991-1-7, EN 1991-3, EN 1991-4. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. 2010. Eurocode 3 -oppikirja. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Thermisol-elementit. 2008. RT G2-37655. [Verkkajulkaisu]. ThermiSol Oy. [Viitattu 14.4.2013]. Saatavana: <http://www.thermisol.fi/media/elementti/rt-kortit>

Valtanen, E. 2012. Tekniikan taulukkokirja. Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy.

LIITTEET

LIITE 1. Kuormitusyhdistelmät

LIITE 2. Ristikon sauvavoimat

LIITE 3. Ote ristikon sauvavoimasta Autodesk Robot Structure:sta

LIITE 4. Kehän sauvapäävoimat kun tuuli on määräävä muuttuva kuorma

LIITE 5. Kehän sauvapäävoimat kun lumi on määräävä muuttuva kuorma

LIITE 6. Ote Demag Crane Designerin ohjelmasta

LIITE 7. Nosturin pyöräkuormat

LIITE 8. Ote Ruukin ohjelmasta Ratapalkki 3.0

LIITE 9. Pilarin kestävyys tarkastelu

LIITE 10. Pohjatutkimus

LIITE 11. Anturan kestävyys mitoitus

LIITE 12. Vinojäykisteiden kestävyys tarkastelu

LIITE 1. Kuormitusyhdistelmät

Kuormitusyhdistelmät					Kehyksen sisällä olevat arvot voi muuttaa															
					kN	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN				
					Pysyvä	Tuuli	Tuuli	Lumi	Lumi	Nosturi	Nosturi	Nosturi	Nosturi	Nosturin	Nosturin					
					kuorma	Päätyisivu	Pikkäisivu	Vasen	Oikea	taakka	jarru	jarru	kiilhditys	kiilhditys	Törmäys	Törmäys				
					Katto	Ristikko	Pilari	N.Rata	Nosturi	Nosturi	Nosturi	Nosturi	Nosturi	Nosturi	Nosturi	Nosturi				
					0,3	1	3	1,2	51	0,63	0,93	1,68	1,68	160	1,25	1,25	3,19	8,9	47	1,6
voimat					6	1	1	6	1	7	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1
valkutusalue					1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,5	1,5	1,5	1,5	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
G	KY 1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	KY 2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	KY 3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,7	0,7	1	1	0	0	0	0	0	0
T	KY 4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,7	0,7	1	0	0	1	0	0	0	0
T	KY 5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,7	0,7	1	0	0	0	0	0	1	0
T	KY 6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,7	0,35	1	0	0	0	0	0	0	0
T	KY 7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,7	0,35	1	0	0	1	0	0	0	0
T	KY 8	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,7	0,35	1	0	0	0	0	1	0	0
T	KY 9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,35	0,7	1	1	0	0	0	0	0	0
T	KY 10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,35	0,7	1	0	0	1	0	0	0	0
T	KY 11	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,35	0,7	1	0	0	0	0	1	0	0
T	KY 12	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
T	KY 13	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
T	KY 14	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
T	KY 15	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
T	KY 16	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,7	0,7	1	0	1	0	0	0	0
T	KY 17	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,7	0,7	1	0	0	0	1	0	0
T	KY 18	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,7	0,7	1	0	0	0	0	0	1
T	KY 19	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,7	0,35	1	0	1	0	0	0	0
T	KY 20	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,7	0,35	1	0	0	0	1	0	0
T	KY 21	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,7	0,35	1	0	0	0	0	0	1
T	KY 22	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,35	0,7	1	0	1	0	0	0	0
T	KY 23	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,35	0,7	1	0	0	0	1	0	0
T	KY 24	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,35	0,7	1	0	0	0	0	1	0
T	KY 25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
T	KY 26	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
T	KY 27	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
L	KY 28	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
L	KY 29	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
L	KY 30	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
L	KY 31	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
L	KY 32	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	KY 33	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
L	KY 34	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
L	KY 35	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
L	KY 36	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	KY 37	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	1	0,5	1	1	1	1	1	0	0	0	0
L	KY 38	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	1	0,5	1	0	0	1	1	1	0	0	0
L	KY 39	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	1	0,5	1	0	0	0	0	0	0	1	1
L	KY 40	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	KY 41	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,5	1	1	1	1	0	0	0	0	0
L	KY 42	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,5	1	0	0	1	1	0	0	0	0
L	KY 43	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0,5	1	0	0	0	0	0	0	1	1
L	KY 44	1	1	1	1	1	1	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	KY 45	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
L	KY 46	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,5	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
L	KY 47	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,5	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
L	KY 48	1	1	1	1	1	1	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	KY 49	1	1	1	1	1	1	0	0	0,5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
L	KY 50	1	1	1	1	1	1	0	0	0,5	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
L	KY 51	1	1	1	1	1	1	0	0	0,5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
N	KY 52	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
N	KY 53	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
N	KY 54	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
N	KY 55	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
N	KY 56	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,7	0,7	1	1	1	1	0	0	0	0	0
N	KY 57	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,7	0,7	1	0	0	1	1	0	0	0	0
N	KY 58	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,7	0,7	1	0	0	0	0	0	1	0	0
N	KY 59	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,7	0,35	1	1	1	0	0	0	0	0	0
N	KY 60	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,7	0,35	1	0	0	1	1	0	0	0	0
N	KY 61	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,7	0,35	1	0	0	0	0	0	0	1	1
N	KY 62	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,35	0,7	1	1	1	0	0	0	0	0	0
N	KY 63	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,35	0,7	1	0	0	1	1	0	0	0	0
N	KY 64	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,35	0,7	1	0	0	0	0	0	1	1	1
N	KY 65	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
N	KY 66	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
N	KY 67	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
N	KY 68	1	1	1	1	1	1	0	0	0,7	0,7	1	1	1	0	0	0	0	0	0
N	KY 69	1	1	1	1	1	1	0	0	0,7	0,7	1	0	0	1	1	0	0	0	0
N	KY 70	1	1	1	1	1	1	0	0	0,7	0,7	1	0	0	0	0	0	0	1	1
N	KY 71	1	1	1	1	1	1	0	0	0,7	0,35	1	1	1	0					

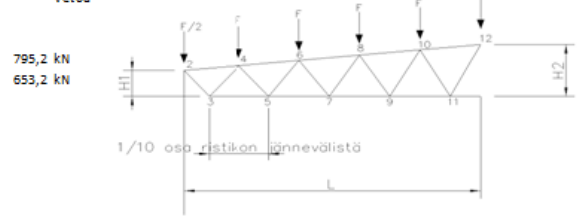
LIITE 2. Ristikon sauvavoimat

Sauvavoimat

Vaakavoima tuella	0
Tuki	183,4 kN
Piste2	-18,34 kN
Piste4	-36,68 kN
Piste6	-36,68 kN
Piste8	-36,68 kN
Piste10	-36,68 kN
Piste12	-36,68 kN
Korkeus keskellä H2	2000 mm
Korkeus tuella H1	1000 mm
Pituus L	10000 mm

Max Voima Yläpaarte	Max Voima Alapaarte	Max PurVoima Diagonaalit	Max VetoVoima Diagonaalit
-487,8795728	489,0534217	-195,3237182	212,2053425
E	210000 N/mm2		
f _y	355 N/mm2		Nt,Rd ylä ja ala
A ylä ja ala	2240 mm2		Nt,Rd diagonaalit
A diagonaalit	1840 mm2		
I ylä ja ala	4850000 mm4		
I diagonaalit	2710000 mm4		
yM0	1		
yM1	1		
epätar	0,49		

Puristus Vetoa



	Käyttöaste 73,21 %	32,49 %	22,63 %	35,00 %	34,59 %	18,55 %	53,19 %	21,18 %	52,72 %	8,74 %	68,22 %	10,51 %
		Diagonaali	Yläpaarte	Diagonaali	Alapaarte	Diagonaali	Yläpaarte	Diagonaali	Alapaarte	Diagonaali	Yläpaarte	Diagonaali
		Vettoa	Puristus	Puristus	Vettoa	Vettoa	Puristus	Puristus	Vettoa	Vettoa	Puristus	Puristus
Sauvat		2-3	2-4	3-4	3-5	4-5	4-6	5-6	5-7	6-7	6-8	7-8
h	mm	1000	200	1200		1200	200	1400		1400	200	1600
b	mm	1000	2000	1000		2000	1000	2000	1000	2000	1000	1000
Kulma	asteet	45	5,710593137	50,19442891		0	50,19443	5,710593137	54,46232	0	54,46232221	5,7105931
Pituus	mm	1414,213562	2009,975124	1562,049935		2000	1562,05	2009,975124	1720,465	2000	1720,465053	2009,9751
Sin		0,71	0,0995	0,77		0,00	0,77	0,10	0,81	0,00	0,81	0,10
Cos		0,71	0,99504	0,64		1,000	0,64	0,9950	0,58	1,00	0,58	1,00
Pystyvoimat	kN	150,0518367	-15,00518367	-150,0518367		0	93,10848	-35,26854327	-93,1085	0	46,459348	-45,237674
Vaakavoimat	kN	150,0518367	-150,0518367	-125,0431973		275,0950317	77,5904	-352,6854327	-66,5061	419,191487	33,18524857	-452,37674
Kokovoima	kN	212,2053425	-150,8002296	-195,3237182		275,0950317	121,2001	-354,444732	-114,421	419,191487	57,09406045	-454,633
		N2 vaaka	N2 pysty	N3 vaaka	N3 pysty	N4 vaaka	N4 pysty	N5 vaaka	N5 pysty	N6 vaaka	N6 pysty	N7 vaaka
		2,84E-14	0,002979609	-2,33349E-06		0	1,13E-07	-1,46052E-06	2,55E-07	-6,736E-12	-2,37973E-06	-1,235E-07
		Ncr	3467155,472	3071810,317	2841930,715		2841931	3071810,317	2342673		2342672,616	3071810,3
	muun. Hoikk, λ	0,434046671	0,508792837	0,479420218		0,47942	0,508792837	0,528041	0,528041		0,528040566	0,5087928
	φ	0,651539691	0,70508932	0,683379826		0,68338	0,70508932	0,719783	0,719783		0,719783358	0,7050893
	χ	0,879160615	0,838061773	0,854427043		0,854427	0,838061773	0,82718	0,82718		0,827179986	0,8380618
	Nb,Rd (N)	574267,7139	666426,7222	558111,7447		558111,7	666426,7222	540314	540314		540313,9669	666426,72
	Nb,Rd (kN)	574,2677139	666,4267222	558,1117447		558,1117	666,4267222	540,314	540,314		540,3139669	666,42672

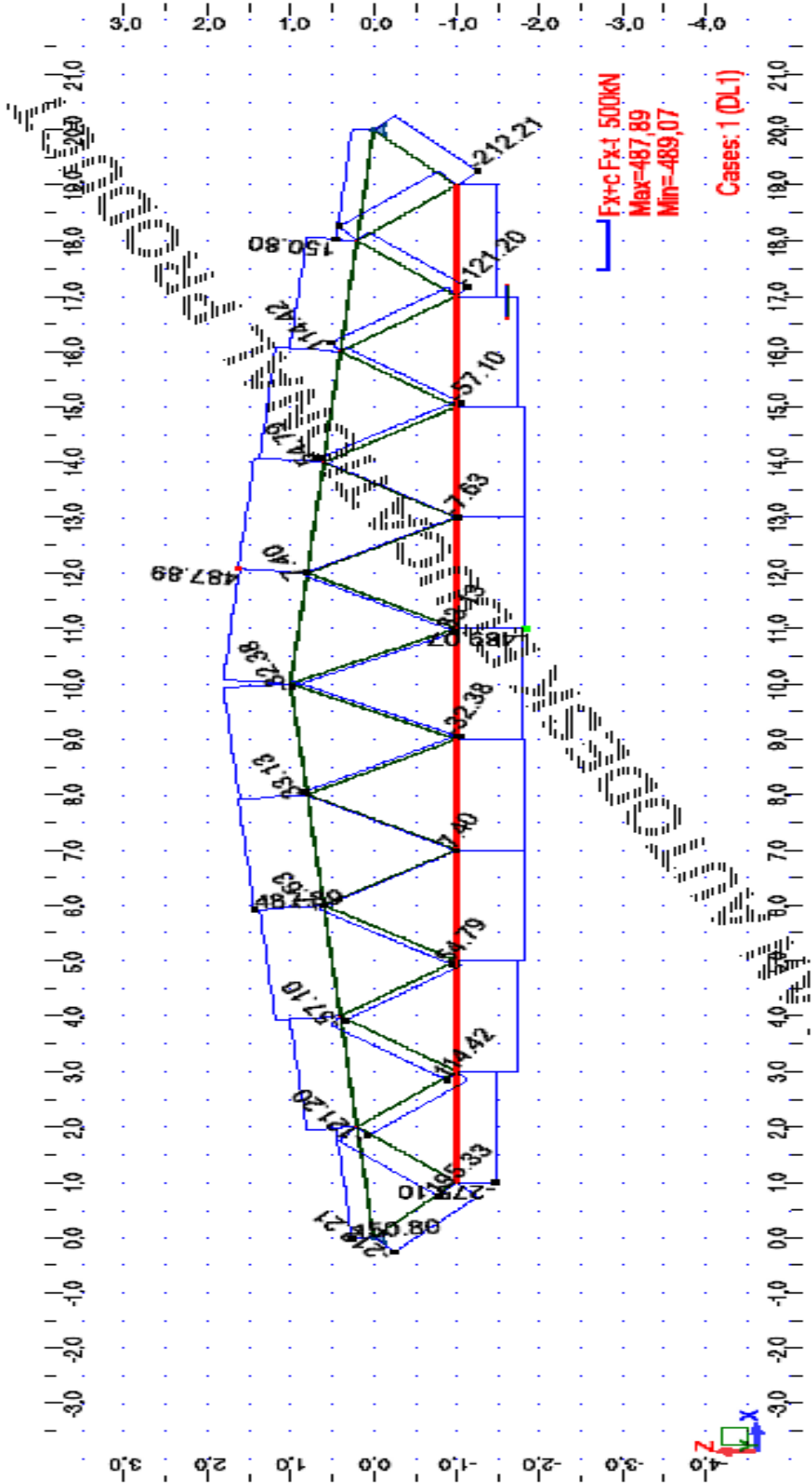
Yläpaarte	kN	Käyttöaste
2-4	-150,80	22,63 %
4-6	-354,44	53,19 %
6-8	-454,63	68,22 %
8-10	-487,88	73,21 %
10-12	-475,33	71,32 %
Alapaarte	kN	Käyttöaste
3-5	275,10	34,59 %
5-7	419,19	52,72 %
7-9	481,41	60,54 %
9-11	489,05	61,50 %
11-13	458,49	57,66 %

Diagonaal	kN	Käyttöaste
2-3	212,21	32,49 %
3-4	-195,32	35,00 %
4-5	121,20	18,55 %
5-6	-114,42	21,18 %
6-7	57,09	8,74 %
7-8	-54,79	10,51 %
8-9	7,63	1,17 %
9-10	-7,40	1,48 %
10-11	-33,13	1,48 %
11-12	32,37	4,96 %

60,54 %	1,17 %	73,21 %	1,48 %	61,50 %	6,62 %	71,32 %	4,96 %	57,66 %
Alapaarte	Diagonaali	Yläpaarte	Diagonaali	Alapaarte	Diagonaali	Yläpaarte	Diagonaali	Alapaarte
Vettoa	Vettoa	Puristus	Puristus	Vettoa	Puristus	Puristus	Vettoa	Vettoa
7-9	8-9	8-10	9-10	9-11	10-11	10-12	11-12	11-13
	1600	200	1800		1800	200	2000	2000
	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000
	0	57,9946168	5,71059314	60,9453959	0	60,9454	5,71059314	63,434949
	2000	1886,79623	2009,97512	2059,126028	2000	2059,13	2009,97512	2236,068
	0,00	0,85	0,10	0,87	0,00	0,87	0,10	0,89
	1,00	0,53	1,00	0,49	1,00	0,49	1,00	0,45
	0	6,47118922	-48,5458319	-6,47118922	0	-28,9566	-47,2966405	28,956641
	481,413828	4,04449326	-485,458319	-3,59510512	489,053422	-16,087	-472,966405	14,47832
	481,413828	7,63113462	-487,879573	-7,40277453	489,053422	-33,1252	-475,325355	32,374508
N7 pysty	N8 vaaka	N8 pysty	N9 vaaka	N9 pysty	N10 vaaka	N10 pysty	N11 vaaka	N11 pysty
7,816E-14	6,2226E-06	8,2575E-07	-4,4449E-06	1,9806E-13	-3,5E-06	-0,00297886	-3,13E-06	2,49E-13
	1947840,15	3071810,32	1635450,694		1635451	3071810,32	1386862,2	
	0,57909049	0,50879284	0,631981493		0,63198	0,50879284	0,686288	
	0,76055007	0,70508932	0,805535769		0,80554	0,70508932	0,8546362	
	0,79770754	0,83806177	0,766270152		0,76627	0,83806177	0,7331588	
	521062,564	666426,722	500527,6634		500528	666426,722	478899,31	
	521,062564	666,426722	500,5276634		500,528	666,426722	478,89931	

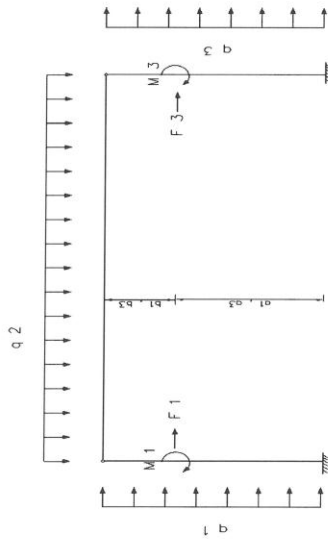
LIITE 3. Ote ristikon sauvavoimasta Autodesk Robot Structure:sta

Diagrams - FX; Cases: 1 (DL1)



LIITE 4. Kehän sauvapäävoimat kun tuuli on määrävä muuttuva kuorma

KEHÄN SAUVAPÄÄVOIMAT



L1	8 m	Q1	52,95439	Qpv	9,76519	Qpo	9,76519	Q2	-14,0056
q1	8,37	M1		Mpv		Mpo		M2	
F1	0								
M1	23								
a1	5,16								
b1	2,85								

	1	2	3	4
VK1	0,023438	0,09375	-0,02344	0,09375
MK1	0,09375	0,5	-0,09375	0,25
VK2	-0,02344	-0,09375	0,023438	-0,09375
MK2	0,09375	0,25	-0,09375	0,5

	0	0	-47,963	27,42141	0	+	-32,4128
	0	0	-191,852	73,12377	0	+	-37,0096
	0	0	47,96295	-27,4214	2046,419	+	-34,5472
	0	0	-191,852	146,2475	292,4951	+	45,60428

L2	20 m	Q1	138	Q2	-138
q2	13,8	M1		M2	
F2	0				
M2	0				
a2	0				
b2	0				

	1	2	3	4
VK1	0,0015	0,015	-0,0015	0,015
MK1	0,015	0,2	-0,015	0,1
VK2	-0,0015	-0,015	0,0015	-0,015
MK2	0,015	0,1	-0,015	0,2

	0	69	0	-69	0	+	-138
	0	920	0	-460	4600	+	-460
	0	-69	0	69	0	+	-138
	0	460	0	-920	-4600	+	460

L3	8 m	Q1	15,60561	Qpv	15,6056	Qpo	14,0056	Q2	14,00561
q3	0	M1		Mpv		Mpo		M2	
F3	1,6								
M3	-72								
a3	5,16								
b3	2,84								

	1	2	3	4
VK1	0,023438	0,09375	-0,02344	0,09375
MK1	0,09375	0,5	-0,09375	0,25
VK2	-0,02344	-0,09375	0,023438	-0,09375
MK2	0,09375	0,25	-0,09375	0,5

	0	0	-47,963	36,18375	0	+	-3,82641
	0	0	-191,852	96,49	0	+	-24,9391
	0	0	47,96295	-36,1837	2046,419	+	2,226406
	0	0	-191,852	192,98	385,96	+	-1,12818

LIITE 6. Ote Demag Crane Designerin ohjelmasta

Demag - STK Designer

Sivu 1/1

Home > Aloitus-projekti > PERUSTIEDOT > Nosturin rakenne > Hinnoittelun yhteenveto

Hinnoittelun yhteenveto

ZKKE 16t x 19400mm



Perustiedot

Nostimien lukumäärä:	1 kpl
Nostoteho:	16 t
Nostoliike:	6,1 m
Vaunun raideleveys:	1400 mm
Jänneväli:	19400 mm
Siltapalkki:	Levykotelopalkki
Taipumasuhde	1/800
Hoitotaso:	Ilman tasoa
Käyttöjännite:	400 V
Verkkotaajuus:	50 Hz

Yleistä

Normi/ Luokitus (DIN 15018) mukaan:	H2 B3
Ohjausjännite:	48 V
Ohjaintyyppi:	DSE
Nostin	
FEM-/ ISO-luokka:	2m / M5
Nostonopeus: (V1)	2,7/0,4 m/min
Vaunun nopeus:	5 - 25 m/min
Valittu Komp.setti	
Pääkannattajan rakenne:	Norm 1
Sillan nopeus:	10/40 m/min

Päärakenneosat

1. Nosturin rakenneosat:

kpl	Rakenneosa	Tyyppi
1	Nostin(met)	EZ DR-Pro 10-16 6/1-6,1 Z-2,7/0,4 1400
2	Sillan siirtotelit ja vaihdemoottorit	DFW-L-Z 250/3150
1	Vaunun virtasyöttö	KBK 25
1	Sillan sähköistys	
1	Sillan ohjaus	DSE
1	Lisäoptiot	
2	Siltapalkki (alihankinta)	
1	Asennus (alih.)	
1	Kokoonpano tehtaalla (alih.)	
1	Weitere Optionen	

Region: Welt, Versio: 03.04.2013

Gedruckt von: Int_DE, 08.04.2013, 07:10

Home > Aloituspöytä > PERUSTIEDOT > Nosturin rakenne > Hinnoittelun yhteenveto

Rakennemitat

ZKKE 16t x 19400mm



Silta

Siltapalkin kiinnitys:	Norm 1
Sillan vapaa ylätila X1:	1065 mm
Sillan vapaa ylätila X2:	1065 mm
Sillan korkeus ajokiskosta H1:	965 mm
Sillan alareuna kiskosta U:	467 mm

Ohje

Nosturin suunnittelija on valinnut tieteeseen ylhäällä paikallaan olevat kuormat ja voimat. Tämä tilanne on pahimmassa käyttötilanteessa. Olemme valmiit laskemaan vaihtoehtotilanteen mukaiset tiedot.

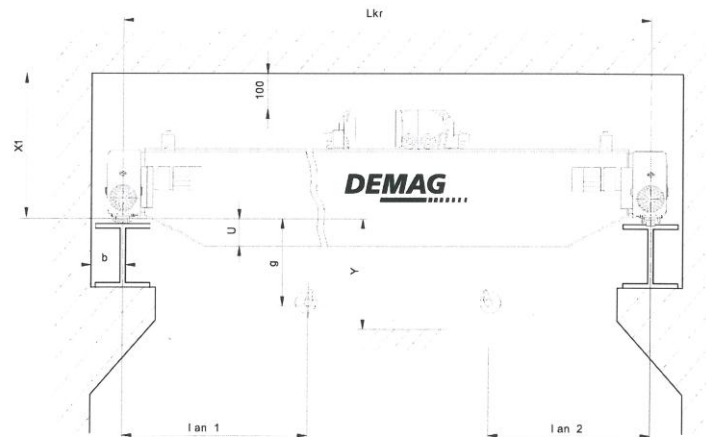
Päätykannattaja

Kantopyörä d:	250 mm
Pyörävälä eKT:	3150 mm
Jukon puskurileveys LeKT:	3792 mm
Päätypuskuri:	DPZ 130
Jukon leveys b:	200 mm

Vaunu

Kiskosta alaeleeseen y:	967 mm
Kiskosta nostokoukkuun g:	240 mm
Koukun sivumitta lan1:	1270 mm
Koukun sivumitta lan2:	1170 mm
Katzspur lka:	1400 mm

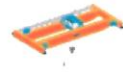
Die Katzfahrmaße wurden ermittelt für eine Kranstromzuführung (DCL) mit Standardanbauten auf Kranseite 1.



Home > Aloitus-projekti > PERUSTIEDOT > Nosturin rakenne > Hinnoittelun yhteenveto

Kuormat ja voimat

ZKKE 16t x 19400mm



Pystypyöräkuormat

maxR11:	11339 kg
maxR12:	9418 kg
minR21:	2979 kg
minR22:	2884 kg
maxR21:	11319 kg
maxR22:	9453 kg
minR11:	2999 kg
minR12:	2850 kg

Ohje

Laskelmassa on kuorma sijoitettu ylänostopisteeseen, tällöin kuormat ja voimat ovat epäedullisimmat. On mahdollista eri komponentivalinnoilla (ohjausrullilla) muuttaa kuormituksia. Antamalla tiedot suunnittelijallemme, voimme tutkia mahdollisia vaihtoehtoja.

Massavoimat

L:	3,19 kN
minHM:	2,51 kN
maxHM:	8,9 kN

Vaakasivuvoimat

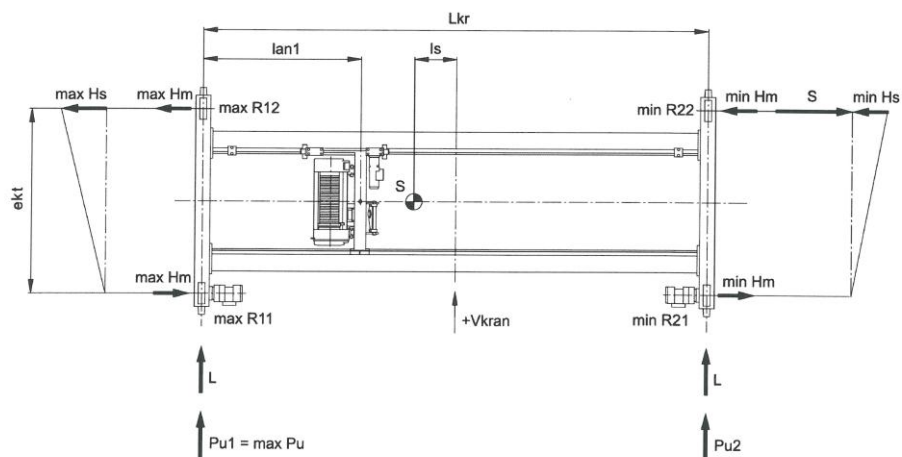
maxHs:	27,01 kN
minHs:	7,55 kN
S:	34,55 kN

Puskurivoimat

maxPU:	35,11 kN
Puskurityyppi:	DPZ 130

Silta

Nosturin omapaino	10621 kg
Vaunun paino	814 kg
Pyöräväli eKT:	3150 mm



Gedruckt von: Int_DE, 08.04.2013, 07:13

LIITE 7. Nosturin pyöräkuormat

NOSTURI		Dynaaminen kerroin		törmäys	
Nosturin jänneväli	19,4 m	1,1		HB,1	47,37152 kN
Nosturin sillan paino Qc1	5,4 kN/m	1,17		HB,2	1,6 kN
Nostovuunun paino Qc2	9 kN	1		ajonopeus	0,666 m/s
Höyrykuorma Qh	16 kN	1		v1	0,4662 m/s
Nostonopeus	2,7 m/s	1,5		SB	413 kN/m
Vaunun Pyörien väli a	3,15 m				
min nostoetäisyys radasta	1,17 m				
Kitakerroin	0,2	1,25			
Ajovoima K	6,692	Vaakavoima radan suuntaan			
Kpl ajokonestoa	1	HL,1	5,019 kN		
Qr,min (MAX ARVO)	33,46	HL,2	5,019 kN		
		Vaakavoima radan kohtisuora			
ΣQr	143,9	HT,1	2,22727 kN		
ΣQr,max	84,511948	HT,2	3,169508 kN		
ξ1	0,5872964	HT,3	1,25 kN		
ξ2	0,4127036	Kiskon Leveys	50 mm		
Is	1,6935497	e	12,5 mm		
M	11,333235 kNm				
		Kuormaryhmä 1,2, taulukko2,2			
		Qc1,k	5,94 kN/m		
		Qc2,k	9,9 kN		
		Qr,(min)	33,460469 kN		
		Qr,min	29,107531 kN		
		Kuormaryhmä 1, taulukko2,2			
		Qh,k	18,72 kN		
		Qr,max	42,255974		
		Qr,(max)	29,672026		
		Kuormaryhmä 3,4,5,6, taulukko2,2			
		Qh,k	16		
		ΣQr,max	37,936134		
		ΣQr,(max)	26,943866		
		Kuormaryhmä 3,4,5,6, taulukko2,2			
		Qc1,k	5,4 kN/m		
		Qc2,k	9 kN		
		Qr,(min)	30,41861 kN		
		Qr,min	26,46139 kN		
		Kuormaryhmä 2, taulukko2,2			
		Qh,k	16		
		ΣQr,max	40,97799		
		ΣQr,(max)	29,59001		

LIITE 8. Ote Ruukin ohjelmasta Ratapalkki 3.0

Ratapalkin mitoitusohjelma

Mitoituksen alkuarvot

4/29/2013

Projektin tiedot:

Projektin nimi: Opinnäytetyö
 Työn nimi: Teräshallin suunnittelu
 Työn numero: 001
 Suunnittelija: Mikael Kauppila
 Päivämäärä:
 Lisätietoja:

Ratapalkin jännevälit:

Tukien 1 ja 2 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 2 ja 3 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 3 ja 4 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 4 ja 5 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 5 ja 6 välinen etäisyys: 6 m

Muut tiedot:

Ratapalkin materiaalin myötöraja: 355 MPa
 Sillan massa (Qc1): 10621 kg
 Vaunun massa (Qc2): 814 kg
 Maksimi kuorma (Qh): 16000 kg

Mitat:

Sillan jänneväli (s): 19.4 m
 Vaunun minimietäisyys reunasta (xe): 1.17 m
 Pyörien väli (Xw): 3.15 m
 Sillan minimietäisyys
 ratapalkin vasemmasta päästä: 0 m

Mitoituskertoimet:

Materiaalin osavarmuusluvut:

γ_{M0}	1.00	γ_{M1}	1.00
γ_{M2}	1.25	$\gamma_{M,ser}$	1.00

Kuormien osavarmuusluvut:

γ_G	1.15	γ_Q	1.35
------------	------	------------	------

Kuormien yhdistelykertoimet:

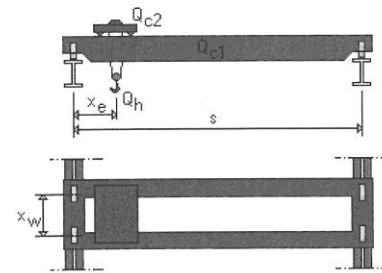
Nosturikuormien yhdistelykerroin: 1.00
 Testikuorman osavarmuusluku: 1.25
 Dynaamisen testikuorman suuruus käyttökuorman nähden: 1.10
 Staattisen testikuorman suuruus käyttökuorman nähden: 1.25

Dynaamiset kertoimet:

a-arvo: 0.10 ϕ_3 1.00

Väsymimitoituksen osavarmuusluvut:

γ_{Mf} 1.25 γ_{Ff1} 1.00



Kiskon tiedot:

Kiskon nimi: 50x30

Poikkipinta-ala: 1485 mm²

br: 50 mm

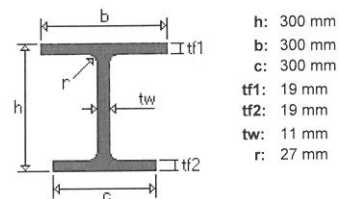
tr: 30 mm



Kisko on kiinnitetty jäykästi palkkiin.

Profiilin tiedot:

Profiilin nimi: HE300B



h: 300 mm
 b: 300 mm
 c: 300 mm
 tf1: 19 mm
 tf2: 19 mm
 tw: 11 mm
 r: 27 mm

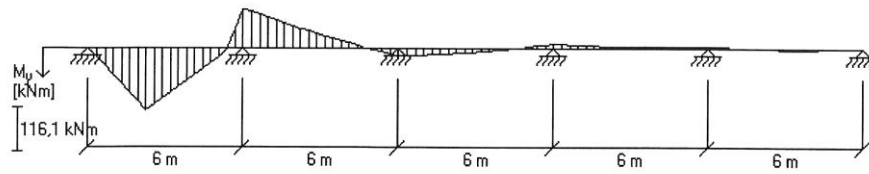
Tuulikuorman yhdistelykerroin: 0.50

Ratapalkin mitoitusohjelma

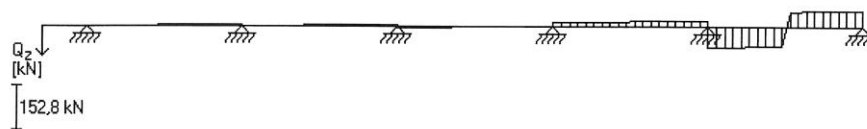
Statiikan ja staattisen mitoituksen tulokset

3.5.2013

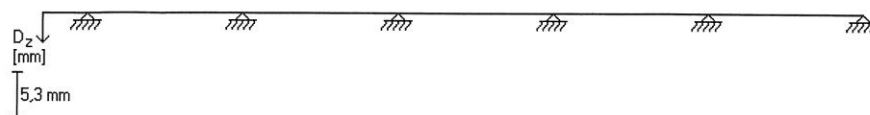
Taivutusmomentit:		Maksimiarvot:	Minimiarvot:
Pystyvoimien aiheuttama	$M_{y,Sd}$	190,86 kNm	-142,01 kNm
Vaakavoimien aiheuttama	$M_{z,Sd}$	44,03 kNm	-44,03 kNm
Kohta palkilla	x	2,21 m	6,00 m
Tuesta		1	1



Leikkausvoimat:		Maksimiarvot:	Minimiarvot:
Pystyvoimien aiheuttama	$V_{z,Sd}$	213,38 kN	-224,95 kN
Vaakavoimien aiheuttama	$V_{y,Sd}$	36,46 kN	-36,46 kN
Kohta palkilla	x	0,00 m	0,00 m
Tuesta		1	4

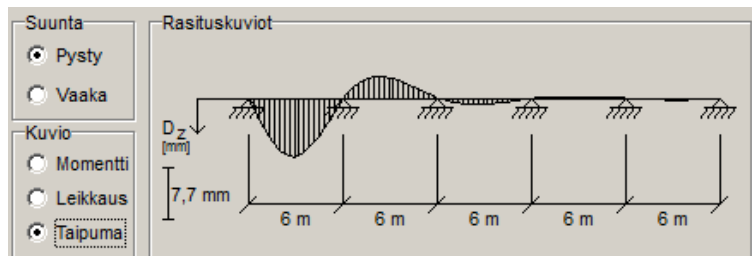
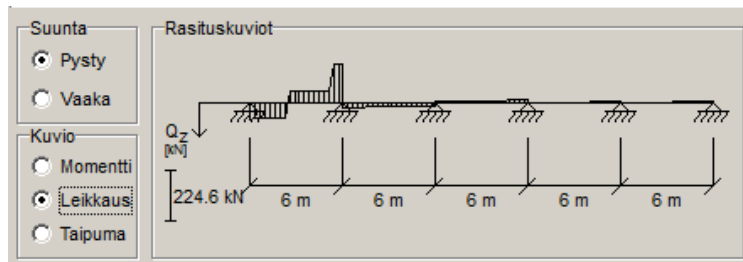
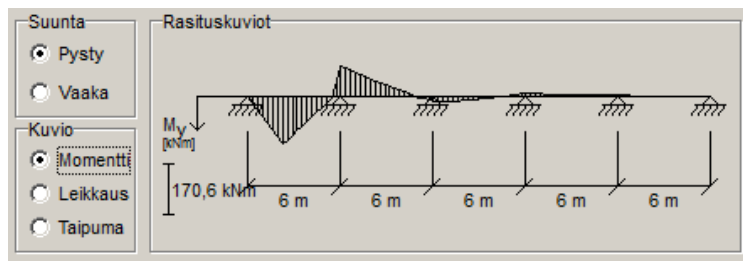


Taipumat:		Maksimiarvot:	Minimiarvot:	Aukko(max):	Aukko(min):
Taipuma pystysuunnassa		9,33	-3,50	5	2
Taipuma vaakasuunnassa		4,77	-4,77	1	1



Mitoituksen tulokset: Mitoittava kuormitustapa: 8

	100 %	%
Momenttikestävyys		55
Leikkauskestävyys		31
Materiaalin lujuuteen perustuva uuman kestävyys		22
Uuman kestävyys paikalliselle lommahdukselle		33
Vääntökestävyys		78
Kiepahduksestävyys		73
Kestävyys käyttörajatilassa		80



Ratapalkin mitoitusohjelma

Projektin tiedot:

Projektin nimi: Opinnäytetyö
 Työn nimi: Teräshallin suunnittelu
 Työn numero: 001
 Suunnittelija: Mikael Kauppila
 Päivämäärä:
 Lisätietoja:

Muut tiedot:

Ratapalkin materiaalin myötöraja: 355 MPa
 Sillan massa (Qc1): 10621 kg
 Vaunun massa (Qc2): 814 kg
 Maksimi kuorma (Qh): 16000 kg

Mitat:

Sillan jänneväli (s): 19.4 m
 Vaunun minimietäisyys reunasta (xe): 18.23 m
 Pyörien väli (Xw): 3.15 m
 Sillan minimietäisyys
 ratapalkin vasemmasta päästä 0 m

Mitoituskertoimet:

Materiaalin osavarmuusluvut:

γ_{M0} 1.00 γ_{M1} 1.00
 γ_{M2} 1.25 $\gamma_{M,ser}$ 1.00

Kuormien osavarmuusluvut:

γ_G 1.15 γ_Q 1.35

Kuormien yhdistelykertoimet:

Nosturikuormien yhdistelykerroin: 1.00
 Testikuorman osavarmuusluku: 1.25

Dynaamisen testikuorman suuruus käyttökuormaan nähden:

Staattisen testikuorman suuruus käyttökuormaan nähden:

Dynaamiset kertoimet:

a-arvo: 0.10 ϕ_3 1.00

Väsymimitoituksen osavarmuusluvut:

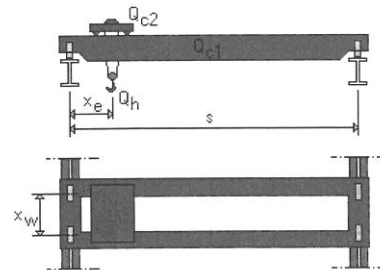
γ_{Mf} 1.25 γ_{Ff1} 1.00

Mitoituksen alkuarvot

4/29/2013

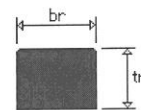
Ratapalkin jänneväli:

Tukien 1 ja 2 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 2 ja 3 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 3 ja 4 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 4 ja 5 välinen etäisyys: 6 m
 Tukien 5 ja 6 välinen etäisyys: 6 m



Kiskon tiedot:

Kiskon nimi: 50x30

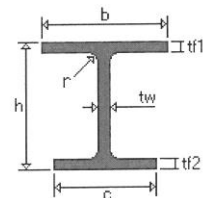


Poikkipinta-ala: 1485 mm²
 br: 50 mm
 tr: 30 mm

Kisko on kiinnitetty jäykästi palkkiin.

Profiilin tiedot:

Profiilin nimi: HE300B



h: 300 mm
 b: 300 mm
 c: 300 mm
 tf1: 19 mm
 tf2: 19 mm
 tw: 11 mm
 r: 27 mm

Tuulikuorman yhdistelykerroin: 0.50

1.10

1.25

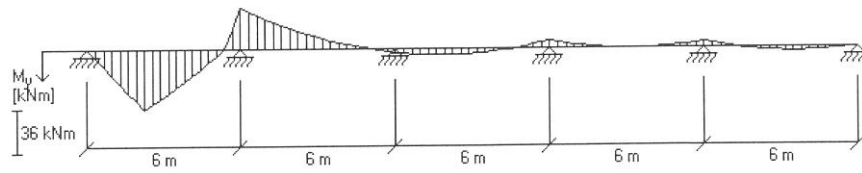
 ϕ_4 1.00 ϕ_5 1.50

Ratapalkin mitoitusohjelma

Statiikan ja staattisen mitoituksen tulokset

4/29/2013

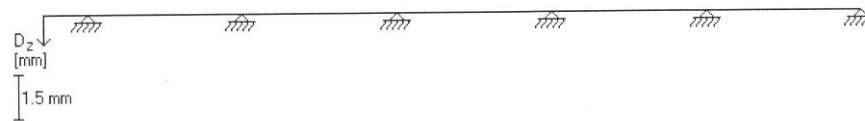
Taivutusmomentit:		Maksimiarvot:	Minimiarvot:
Pystyvoimien aiheuttama	$M_{y,Sd}$	60.02 kNm	-46.40 kNm
Vaakavoimien aiheuttama	$M_{z,Sd}$	44.03 kNm	-44.03 kNm
Kohta palkilla	x	2.21 m	6.00 m
Tuesta		1	1



Leikkausvoimat:		Maksimiarvot:	Minimiarvot:
Pystyvoimien aiheuttama	$V_{z,Sd}$	67.62 kN	-71.09 kN
Vaakavoimien aiheuttama	$V_{y,Sd}$	36.46 kN	-36.46 kN
Kohta palkilla	x	0.00 m	0.00 m
Tuesta		1	4



Taipumat:		Maksimiarvot:	Minimiarvot:	Aukko(max):	Aukko(min):
Taipuma pystysuunnassa		2.56	-0.89	5	2
Taipuma vaakasuunnassa		4.76	-4.76	1	1



LIITE 9. Pilarin kestävyys tarkastelu

H PILARI		Teräslaji		H-Profiili	
vM1	355	N/mm ²	1	h	320
Korkeus	8	m		b	300
Ned	420	kN		tw	11,5
				tf	20,5
Med	155,74	kNm		d	225
				kg/m	127
				c laippa	117/25
				c uuma	225
				r	27
				ly	308200000 mm ⁴
Nc,Rd	5726150	N		A	16,30 mm ²
Nc,Rd	572615	kN		Wply	2149000 mm ³
Mc,Rd	762895000	Nmm		Wely	1926000
Mc,Rd	762895	kNm		lz	92390000
				Wplz	939100
				Welz	9159000
(Ned/Nc,Rd)+(Med/Mc,Rd)	0,277491139	<=1	TOSI	lw	2,069E+12 mm ⁶
NURJAHDUKKESTÄVYYS				lt	22510000 mm ⁴
Ncr,y	2495236,47	N		zg	160
Ncr,z	748004,2095	N			
λy	1,51487049	=>Nurjahduskäyrä		h/b	1,066666667
λz	2,766810017	=>Nurjahduskäyrä		c/t (uuma)	19,56521739
φy	1,870944285			α	0,500228618 <=1
φz	4,956487288			PL1 Kun α>0,5:	58,54875098 >=(c/t)
X(y)	0,336820274			PL1 Kun α<=0,5:	58,55361614 >=(c/t)
X(z)	0,110267562			PL2 Kun α>0,5:	67,41977386 >=(c/t)
Nb,Redy	1928683,411	N		PL2 Kun α<=0,5:	67,49930749 >=(c/t)
Nd,Redy	1928683411	kN			
Nb,Rdz	631408,6004	N			
Nb,Rdz	631,4086004	kN			
cm	1				
NURJAHDUKUS JA KIEPAHDUS YHTEISVAIKUTUS					
kyy kun λy<1	1,000286333				
kyy kun λy>1	1,000174212				
kzy kun 0,4<λz<1	0,754609993				
kzy kun λz>1	0,9999911309				
kzy kun 0,4<λz>1	0,911309412				
nurj y-aks ja taiv y-aks	0,427894869				
nurj z-aks ja taiv y-aks	0,216414834				
E	210000				
Lcr	16000	mm			
G	81000				
L	8000	mm			
c1	3,26				
c2	0,15				
Nurjahduskäyrä taulukko					
a	0,34				
b	0,21				
c	0,34				
d	0,49				
	0,79				
KIEPAHDUSKESTÄVYYS					
Mcr	2907423188	Nmm			
λLT	0,512245627				
αLT	0,21				
φLT	0,610184134				
1/λ²LT	3,811039774				
XLT	0,971680619				
Mb,Rd	741290285,9	Nmm			
Mb,Rd	741,2902859	kNm			

LIITE 10. Pohjatutkimus



1

Oy SanCon Finland OY
Mikael Kauppila
Stationsvägen 12
64200 Närpiö

MAAPERÄTUTKIMUS

28.03.2013

MAAPERÄTUTKIMUS UUDISRAKENNUSTA VARTEN

Yleistä

Oy SanCon Finland Ab:n (Mikael Kauppila) toimeksiannosta on KS Geokonsult suorittanut maaperätutkimuksen uudisrakennusta varten Stationsvägenillä 12 Närpiössä. Alueella suoritettiin painokairauksia 6 pisteessä, missä PT 5 ja 6 ei saatu sijoitettua toivottuun nurkkaan/seinälinjaan tontilla sijaitsevan täyttömaakan/vallin takia. Alueelta nostettiin ylös 2 maanäytettä jotka analysoitiin (kts. analyysitulokset). Kairauspisteet vaaittiin ja lähtökorkeutena käytettiin viereisen hallirakennuksen lattiakorkeutta +100,00 (kts. tutkimuskartta 1895.1, ei viralliset korkeudet).

Maaperä

Tontti koostuu koskemattomasta peltoalueesta. Kairauksien, maanäyteanalysoinnin ja visuaalisten määritysten perusteella todettiin että humuksen/roudan alla oli hienoa hiekkaa/ hiekkaa (paksuus n. 0,5-1,1 m, ruskea väriltään) ja sen alla kerros silttiä/ hiekkaista silttiä (paksuus n. 0,4 – 1,4 m, harmaa väriltään) ja/tai kerros silttiä/ savea (paksuus n. 0,6 – 1,6 m) aina tiiviiseen hienoon hiekkaan/ hiekkamoreeniin asti (paksuus n. 0,1 – 4,0 m, siniharmaa väriltään). Pisteessä PT 6 ei havaittu hHK/HkMr-kerrosta.

Kairaukset päättyivät kiveen tai kallioon. Kairausvyvydet käyvät parhaiten ilmi kairausdiagrammeista (mittakaava 1:100) joista myös maalajimerkinnot ilmenevät.

Hm = humus
HkSi = hiekkainen siltti
Sa = savi
Si = siltti
hHK = hieno hiekka
HkMr = hiekkamoreeni

Suosittelava perustaminen

Maaperä sisälsi siltti- ja savi ja siltti/ hiekkainen siltti-kerroksia mitkä painuvat kun niitä kuormitetaan. Mikäli rakennus perustetaan maanvaraisena siltti- ja savikerroksien yläpuolella tulee rakennus painumaan.

Oy KS GEOKONSULT Ab
Friggantie / Friggasvägen 8
68500 Kruunupy / Kronoby
Puh./ tel 0400-266 604
Fax 06-835 9203
www.ks-geokonsult.fi

Y-tunnus / FO nummer:
0641201-4



Mikäli rakennus perustetaan maanvaraisena tulee painumat olemaan suurin piirtein seuraavat:

<u>Pohjapaine</u>	<u>Painuma/5 vuotta</u>
10 kN/m ² = 1 ton/m ²	1-4 cm
20 kN/m ² = 2 ton/m ²	1-7 cm
30 kN/m ² = 3 ton/m ²	2-8 cm

Painumat voivat aiheuttaa halkeamia ja muita vahinkoja rakennuksessa. Näin ollen suositellaan että tuleva rakennus perustetaan paalujen varaan tai massanvaihdolla. Paalut tunkeutuvat suurin piirtein yhtä syväälle kuin kairauksetkin, (teräspaalut, betonipaalut luokka 2, kts. kairausdiagrammit, pisteet kairattu kiveen/kallioon, mittakaava 1:100). Syvin piste kairattiin 6,2 m:n syvyyteen maanpinnasta mitattuna kiveen tai kallioon (PT 1).

Paalutuksessa tulee noudattaa RIL:n julkaisua LPO-2005 (Lyöntipaalutusohjeet). Varsinkin loppulyöntisarjat ovat tärkeitä jotta paalutuksessa saavutetaan oikeat kantavuudet. Lattian alla täytyy olla vähintään 0,2 m paksuinen, hyvin läpäisevä karkea hiekka- /sorakerros mikä kallistuu joka paikassa rakennuksen salaojiin.

Toinen vaihtoehto on että alueella suoritetaan massanvaihto, siten että perustus ulottuu kiveen tai kallioon tai hienoon hiekkaan/ hiekkamoreeniin saakka, raja tulee todeta visuaalisesti rakennusvaiheessa (kts. kairausdiagrammit 1895.2, hHk/ HkMr, sallittu paine on 200 kN/m² = 20 tonnia/m² hienossa hiekassa/ hiekkamoreenissa (siniharmaa väriltään).

Massanvaihto (n. ~ 2,5 m) tapahtuu siten, että hienosta hiekasta/hiekkamoreeni-kerroksesta tai kalliosta ylöspäin täytetään esim. murskeella (0 – 65 mm) max. 0,3 – 0,4 metrin kerroksilla ja joka kerros tulee tiivistää hyvin (hiekk, sora proctor > 95 % proctorkoe, murske, sora E2/E1 < 2,2 levykuormituskoe).

Maaperä häiriintyy nopeasti ja tulisi sen takia pitää kuivana ja häiriintymättömässä tilassa perustamisvaiheessa.



Suosittelava
routasuojaus

Kaikki perustukset missä routimattomat perustamissyvytydet alitetaan pitää routasuojata.
Perustusten routasuojat pitää ohentaa rakenteesta pois päin asteittain niin, että routimiserot saadaan pidemmälle matkalle.

Suosittelava
salaojitus

Rakennukset tulee salaojittaa 110 mm salaojaputkilla joiden ympärille täytetään salaojitussoraa tai sepeliä.
Salaojien kaltevuus viimeisellä metrillä ennen salaojakaivoa tulee olla tarpeeksi suuri niin, että kaivon nouseminen routiessa ei tuki salaojia.

KS GEOKONSULT



Ronnie Mattsson
Laatinut



Kenneth Nordström
Hyväksynyt



Tilaja ja suunnittelukohte

Oy SanCon Finland Oy
Stationsvägen 12
64200 Närpiö

Piirustuksen sisältö

VALOKUVIA

Maaperätutkimus uudisrakennusta
varten



www.kpnet.com/ksgeokonsultt
68500 KRUUNUPYY, 0400-266 604

Päiväys

21.03.2013

Suunn.

Ronnie Mattsson

Tark.

KENNETH NORDSTRÖM

Hyv.

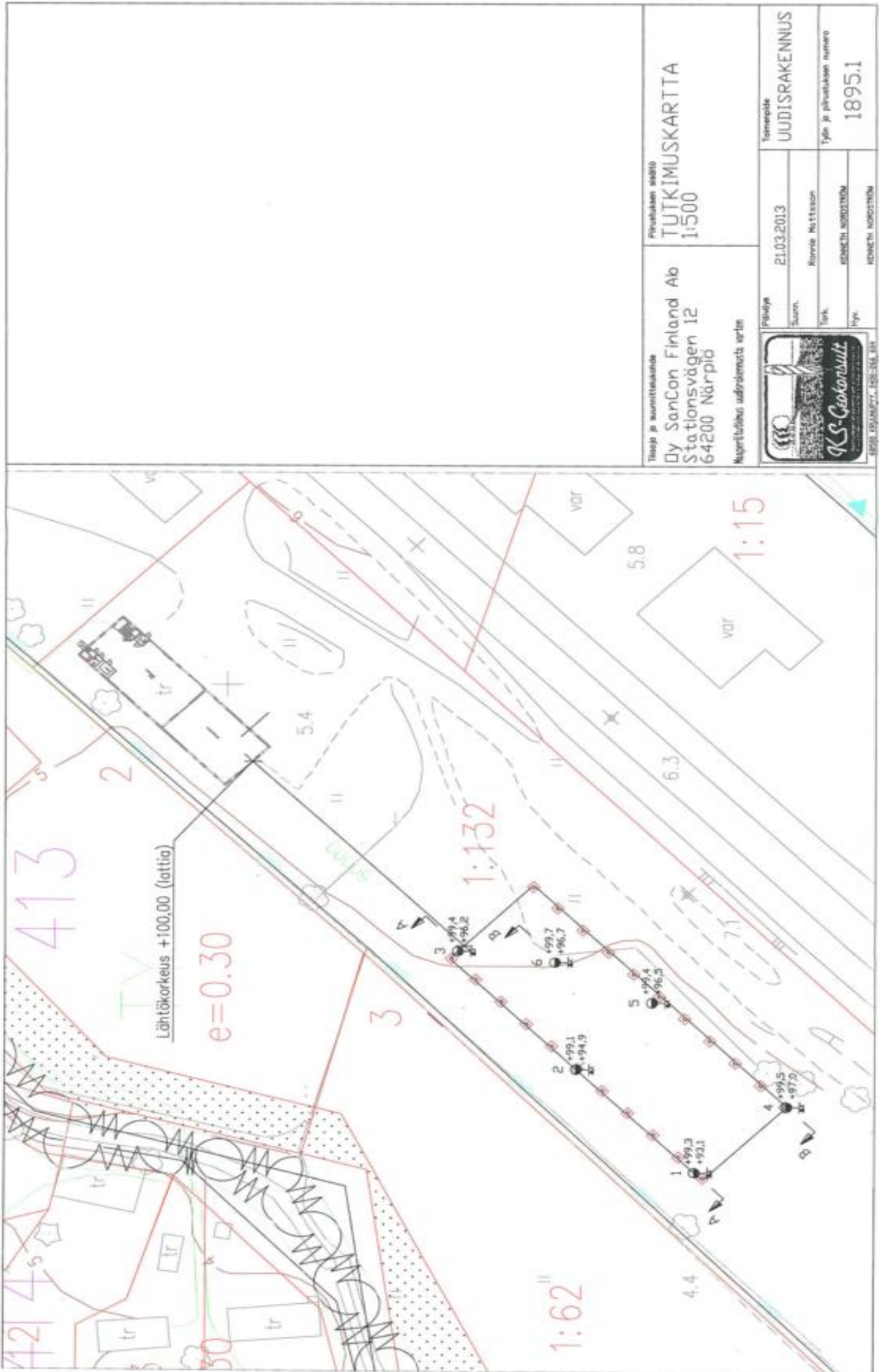
KENNETH NORDSTRÖM

Toimenpide

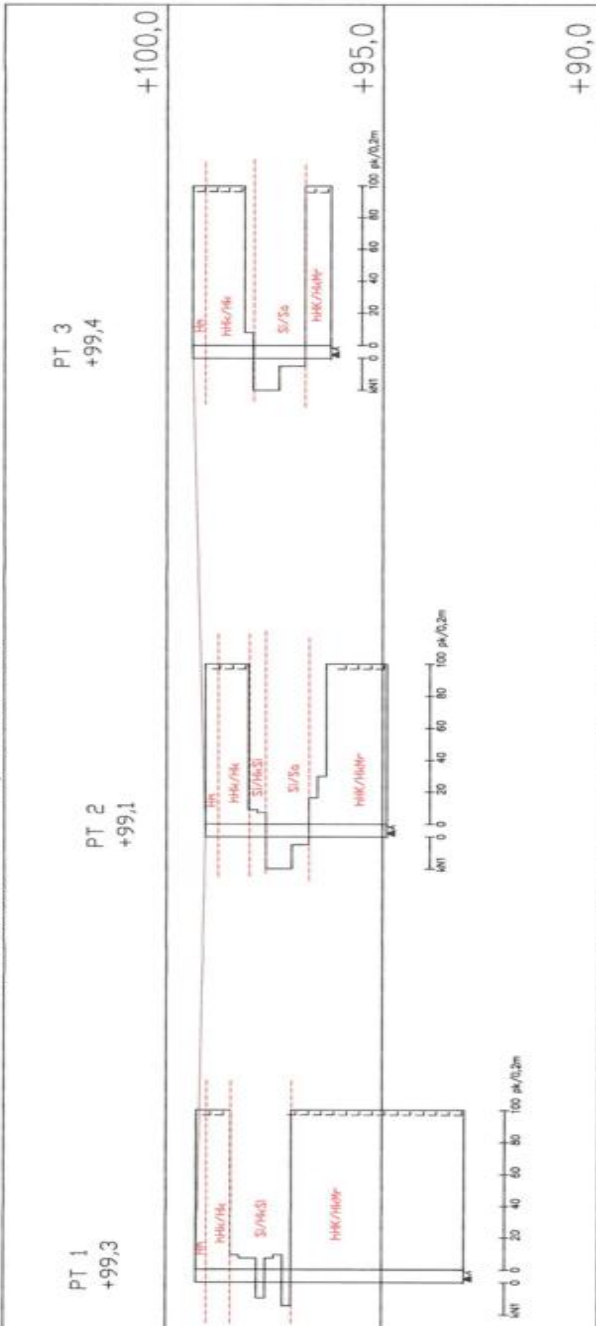
UUDISRAKENNUS

Työn ja piirustuksen numero

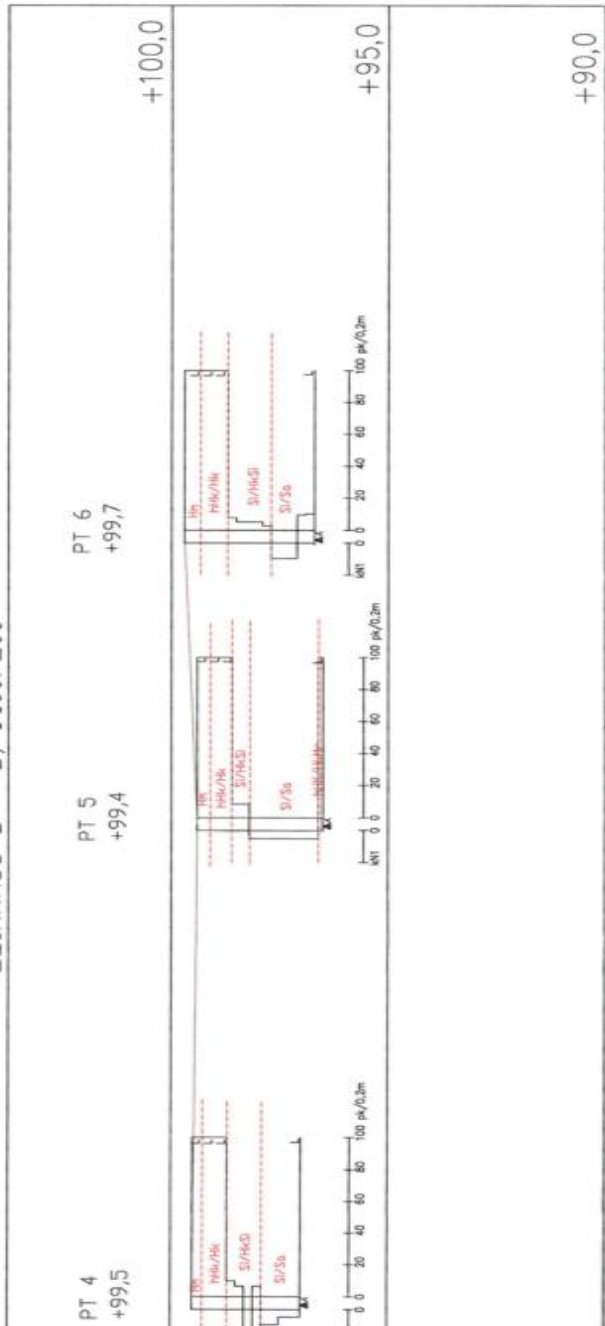
1895



LEIKKAUS A - A, 1:100/200



LEIKKAUS B - B, 1:100/200



Työ ja suunnittelukohta

Dy SanCon Finland Ab
Stationsvägen 12
64200 Närpiö

Näyttökuvan uudelleenmuokaus

Piirustuksen sisältö

KAIRAUSDIAGRAMMIT
PT 1-6
A-B, 1:100/200



KSK Geoteknilliset
KESKUSLABORATIORATIA, 215-216, 010

Päiväys
21.03.2013

Suunn.
Ronnie Mattsson

Tark.
KENNETH NORDBLÖM

Hv.
KENNETH NORDBLÖM

Tönnöryhtiö
UUDISRAKENNUS

Työn ja piirustuksen numero
1895.2

LIITE 11. Anturankestävyysmitoitus

PILARIANTURA		Max Ned		Max Med	
PG	200 kN/m ²	PG	200 kN/m ²	PG	200 kN/m ²
Betoni	35 MN/m ²	Ned	520 kN	Ned	470 kN
Raudtoitus	500 N/mm ²	Med	115 kNm	Med	200 kNm
Raud d mitta	12 mm	Betoni	19,83333333	Betoni	19,83333333
Pilarin sivu 2	0,4 m	Raudtoitus	434,7826087	Raudtoitus	434,7826087
Pilarin sivu 1	0,6 m	Sivumitta 2	1,61245155 m	Sivumitta 2	1,532970972 m
cnom	60 mm	Sivumitta 1	2,054759242 m	Sivumitta 1	2,384034801 m
Anturan h	400 mm	pilarin sivumitta 1	0,6 m	pilarin sivumitta 1	0,6 m
d	0,328 m	pilarin sivumitta 2	0,4 m	pilarin sivumitta 2	0,4 m
betoni tiheys	24 kN/m ³	ulokeen mitta	0,727379621 m	ulokeen mitta	0,892017401 m
ed	0,425531915 m	Ped	156,9479788	Ped	128,6030699
Max sivu 2	2,2 m	ed	0,221153846 m	ed	0,425531915 m
Max sivu 1	2,5 m	ed	41,51910565	Mi,ed(metrille)	51,16441265
Ped max Ned	114,8683093 kN	cnom	60 mm	cnom	60 mm
Ped max Med	129,5601173 kNm	teräs d	12 mm	teräs d	12 mm
Max Ped	156,9479788 kN/m ²	teräs A	113,0973355 mm ²	teräs A	113,0973355 mm ²
ftcd	1,497982473	Anturan h mitta	400 mm	Anturan h mitta	400 mm
piiri u	3,312 m	tehollinen korkeus d	334 mm	tehollinen korkeus d	334 mm
Au	0,675584 m ²	ak	2,057692308 m	ak	1,64893617 m
Delta Ved	193,523005				
Ped,g	145,9079788				
Ped,red	0,225152259				
B	0,001693074	u	0,011637848	u	0,015085004
Px	0,001596518	B	0,011706367	B	0,015200532
Py	0,001644087	z	332,0450367	z	331,4615112
P	504,3634462 kN	As	287,5933457	As	355,0280956
Vrd,c	520	k/k laskettu	634,1035935	k/k laskettu	488,3414425
max Ned	326,476995	k/k todellinen	620 mm	k/k todellinen	480 mm
Ved,red					
k	1,272 >=1				
Uloke 1	0,95				
Uloke 2	0,9				
M1,Ed	155,8101059 kNm				
M2,Ed	130,7950127 kNm				

TOSI

TOSI

