

Mari Salmi

## ULOKKEELLISEN TELINEEN LUJUUSLASKENTA

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
2019

# ULOKKEELLISEN TELINEEN LUJUUSLASKENTA

Salmi, Mari  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
maaliskuu 2019  
Sivumäärä: 28  
Liitteitä: 3

Asiasanat: FEM, suunnittelu, telineet

---

Opinnäytetyön aiheena oli tarkastella ulokkeellisen telineen kuormankestävyyttä ja laatia käyttöohje Eupart Oy:lle. Laskelmissa oli otettava huomioon materiaalivaatimukset, työturvallisuus ja sallitut kuormat. Opinnäytetyön laajuuteen kuuluu telineen lujuustarkastelu ja käyttöohjeen teko.

Työ aloitettiin keräämällä tietoja kuumasinkitystä teräksestä ja telineosien kuormituksen kestävydestä.

Työ tehtiin piirtämällä 3D-malli telineestä SolidWorks-suunnitteluohjelmaa käyttäen. Valmiiseen piirustukseen tehtiin FEM-analyysi. Lisäksi telineelle tehtiin stabiliteettitarkastelu.

Tuloksia tarkastelemalla saatiin tietoon kuormituksen kestävyys telineelle ja niiden pohjalta tehtyä käyttöohje.

Lopuksi telineestä tehtiin piirustus Scaffold Designer -ohjelman avulla.

# THE STRENGTH OF THE SCAFFOLDING BRACKETS

Salmi, Mari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical Engineering

March 2019

Number of pages: 28

Appendices: 3

Keywords: FEM, design, scaffold

---

The subject of this thesis was to look at scaffolding brackets the load-bearing capacity and prepare a manual. Calculations had to be taken into account material requirement, safety at work and permissible load. The scope of the thesis was to create the strength of the scaffold and prepare the manual.

The work was started by collecting information of galvanized steel and scaffolding parts load-bearing capacity.

The work was done by drawing 3D-model of the scaffold with SolidWorks and to finished drawing simulation finite element analysis. In addition simulation finite duckling analysis.

Finally the design was approved of the scaffold with Scaffold Designer.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYS.....	7
2.1	Eupart Oy .....	7
3	KIILALIITOS .....	7
3.1	Kiila.....	7
3.2	Reikälevy .....	8
3.3	Kiilaliitos.....	8
4	TELINEESEEN TARVITTAVAT OSAT .....	9
4.1	Kierrejalkalevy ja pystysuora aloituskappale .....	9
4.2	Pystyputki .....	9
4.3	Putkijokka .....	10
4.4	U-Kaksoisjokka.....	10
4.5	Uloke.....	11
4.5.1	Käyttökohteet .....	11
4.6	Terästaso 0,32 m ja teräksinen välikate .....	12
4.7	Pystyvinojäykiste .....	13
4.8	Porrastorni.....	13
5	TELINEEN KOKOAMINEN .....	13
6	ALKUTIEDOT .....	14
6.1	Selvittäminen .....	14
6.2	Vaatimukset .....	14
6.2.1	Materiaalin vaatimukset .....	14
6.2.2	Valtioneuvoston asetuksen vaatimukset.....	14
6.3	Standardi DIN EN 12811 .....	15
6.3.1	Terästaso .....	15
6.3.2	Jokka .....	16
6.3.3	Pystyvinojäykiste.....	16
7	TEORIAA .....	16
7.1	Elementtimenetelmä .....	17
7.1.1	Sauva .....	17
7.1.2	Palkki .....	17
7.1.3	Ristikko .....	17
8	LASKELMAT .....	18
8.1	Telineiden mitat .....	18

8.2	Stabiliteetti .....	18
8.3	Lujuustarkastelu .....	21
8.4	Ulokkeen sallittukuormitus .....	24
9	PIIRUSTUS TELINEESTÄ..... <b>VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.</b>	
10	YHTEENVETO .....	27
	LÄHTEET .....	29
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Eupart Oy:n suorittamat teollisuuseristykset tehdään telineiltä, koska putkistot, säiliöt ja kanavat ovat yleensä korkealla. Lisäksi telineisiin voidaan joutua tekemään uloke, jotta eristys pystytään toteuttamaan tarpeeksi lähellä työkohdetta. Telineitä tekevältä yritykseltä vaaditaan tietoja telineen turvallisuusvaatimusten täyttämisestä. Turvallisuusvaatimuksiin kuuluvat lujuuden, jäykkyyden ja kantokyvyn määrittäminen kyseiselle telineelle. Kysyttäessä on pystyttävä antamaan dokumentit telineen kuormankestävyydestä ja sen käytöstä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella telineasentajille käyttöohjeet ulokeellisten telineiden pystyttämiseen. Käyttöohjeen pitää sisältää sallitut kuormat ja materiaalitiedot, jotta telineistä saadaan turvallisuusvaatimusten mukaiset.

Opinnäytetyössä käytetään mallinuksessa Alfix Modul Plus II -telinetavaraa ja telineiden kuormien kestävyiden ratkaisemiseksi SolidWorks-mallinnusohjelmaa. Telineille tehtiin myös stabiliteettitarkastelu. Piirustus tehtiin Scaffolding Desing -piirustusohjelmalla. Lopuksi tehtiin kuormien tarkastelun pohjalta käyttöohjeet telineille.

## 2 YRITYS

### 2.1 Eupart Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Eupart Oy, joka on vuonna 1990 perustettu perheyritys. Yrityksellä on 80 omaa työntekijää ja niiden lisäksi alihankkijoita. Yrityksen toimipaikat sijaitsevat Euran Kiukaisissa sekä Raumalla. Kiukaisissa on päätoimipiste, jossa on konttori, esivalmistusverstaas ja telinevarikko. Yrityksen toimialaan kuuluvat teollisuus- ja turbiinieristykset sekä teline- ja sääsuoja-asennukset. (Eupart Oy:n [www-sivut](#)).

Yrityksen merkittäviä asiakkaita ovat Raumalla sijaitsevat Oy Botnia Mill Service Ab, UPM Paper ENA sekä Harjavallan Suurteollisuuspuisto. Toimintaa on ympäri Suomea, mutta se keskittyy sijaintinsa takia Satakuntaan. Yrityksellä on jonkin verran toimintaa myös ulkomailla kuten Ruotsissa.

Yrityksen mainoslauseena on ”eristämme teollisuuden kasvua”. Tämä ilmenee muun muassa yrityksen kone- ja laiteinvestointeina. Yritys kouluttaa erilaisilla rekrytointimenetelmillä tulevaisuuden työntekijöitä alalle. Näin koetetaan turvata ammattitaidon säilyminen eristys- ja telinealalla. Henkilöstölle järjestetään erilaisia koulutuksia esimerkiksi työkokemusta omaaville telineasentajille erityinen sertifikaattikoulutus.

## 3 KIILALIITOKSEN RAKENNE

### 3.1 Kiila

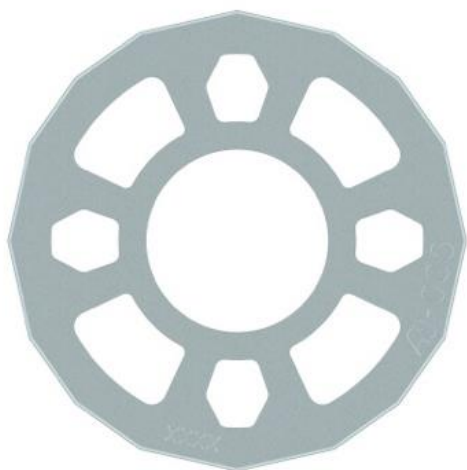
Putkijokissa ja vinojäykisteissä on molemmissa päissä liitäntäosa, jonka keskeltä menee pystysuuntainen reikä. Kiila kulkee liitäntäosan kolossa ja sen pystyy nostamaan kolostaan ylös. Kiilan tippuminen on estetty tekemällä toiseen päähän pyöreä kohoama. Liitäntäosan keskellä oleva vaakasuuntainen kolo on suunniteltu reikälevyn paksuiseksi. Kiilan muoto kiristää liitokset lujiksi.



Kuva 1. Putkijokan pään liitätäosa ja kiila

### 3.2 Reikälevy

Pystyputken teräsreikälevyssä on kahdeksan liitospaikkaa, joista neljä pienintä ovat putkijokkien sijoitukseen sekä neljä muuta ovat vinojäykisteiden liitospaikkaa. Ensimmäinen reikälevy on 400 mm pystyputken päästä ja siitä 500 mm välein.



Kuva 2. Pystyputken reikälevy

### 3.3 Kiilaliitos

Kiilaliitos on muoto- ja voimasulkeinen liitântä. Pystyputkeen pystyy tekemään 500 mm välein kiilaliitoksen. Liitos tehdään asettamalla putkijokka pienemmän reiän päälle ja nostamalla samalla kiila ylös. Kiila asetetaan reikään ja painetaan kiinni, joka



varmistetaan hakkaamalla vasaralla kiilan leveämpää päätä. Näin syntyy luja ja kestävä liitos, joka mahdollistaa myös nopean työnteon vanhoihin pulttilukkoliitoksiin nähden. Purku vastaavasti tapahtuu lyömällä kiilan alapuolelle kapeaan päähän.



Kuva 3. Kiilaliitoksen näyttäminen (Alfix GmbH www-sivut 2019)

## 4 TELINEESEEN TARVITTAVAT OSAT

### 4.1 Kierrejalkalevy ja pystysuora aloituskappale

Kierrejalkalevy koostuu kolmesta osasta: pohjalevystä, ruuvikarasta ja sakaramutterista. Ruuvikara on kiinnitetty pystysuoraan keskelle pohjalevyä, jonka mitta on 150 x 150 mm. Kierrejalkalevy säädetään oikealle korkeudelle sakaramutterin avulla ja sen maksimi säätökorkeus on 0,60 m. Pystysuora aloituskappale tiputetaan sakaramutterin päälle, joka on 0,41m korkea. Aloituskappaleessa on reikälevy, johon telineen ensimmäinen kerros kiinnitetään.

### 4.2 Pystyputki

Pystyputken pituudet vaihtelevat välillä 0,5 - 4,0 m. Putkessa on reikälevy 500 mm välein. Reikälevyssä on kahdeksan kiinnityspaikkaa kiilaliitokselle (esim. 0,5 m pystyputkessa on yksi reikälevy ja 1 m pystyputkessa kaksi reikälevyä jne.).



Kuva 4. Pystyputki

### 4.3 Putkijokka

Putkijokassa on molemmissa päissä kiilaliitos ja sen kenttäpituus on 0,36 - 3,07 m. Putkijokan kiilaliitos asennetaan pystyputken reikälevyn pienimpiin reikiin. Putkijokkia käytetään kaiteina sekä tasojen sivustoilla.



Kuva 5. Putkijokka

### 4.4 U-Kaksoisjokka

U-kaksoisjokassa käytetään 48 mm x 52 mm x 2,5 mm U-profiilia, jossa ovat pysty-  
vahvikkeina 60 mm x 30 mm x 2 mm suorakaidepalkki sekä alaputkena 33,7mm x 2,6  
mm pyöreäputkipalkki. U-kaksoisjokka liitetään pystyputken korvaan kiilalla ja niiden  
mitat tulevat pystyjen keskikohdan välisen etäisyyden mukaan. Telineosan mitan nä-  
kyy alapalkkien määrästä.

Taulukko 1. Kuormaluokat telinetasolla

1,57m U-kaksoisjokka	2 pystypalkkia
2,07m U-kaksoisjokka	3 pystypalkkia
2,57m U-kaksoisjokka	4 pystypalkkia



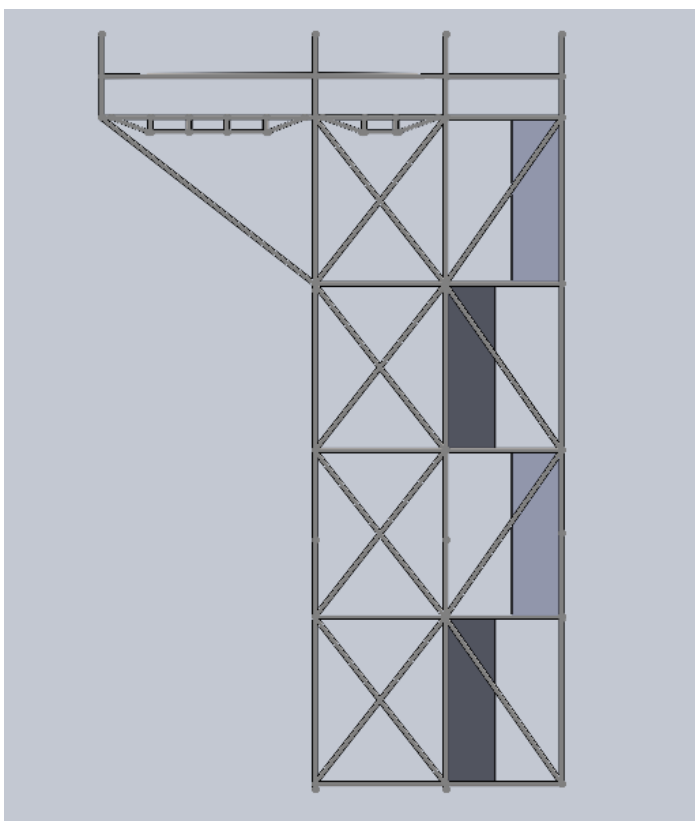
Kuva 6. U-kaksoisjokka

## 4.5 Uloke

Ulokkeella tarkoitetaan telineiden osaa, joka on perustelineen ulkopuolella. Ulokkeellinen teline voi levittää telinettä ulos- tai sisäänpäin. (Alfix-systemsin [www-sivut](http://www.sivut)) Tällaisella telineellä päästään lähemmäs työstettävää kohdetta kuten rakennussyvennyksessä. Ulokkeet ovat valmisosia pituus välillä 0,36 - 1,09 m, mutta suuremmat ulokkeet tehdään erillisosista.

### 4.5.1 Käyttökohteet

Ulokkeellisen telineen käyttökohteet ovat sellaisia, ettei pystysuoraa telinettä pystytä tekemään alhaalta asti oikeaan kohtaan. Telineeltä työskentelyn edellytyksenä on päästä lähemmäs työstettävää kohdetta. Telineeseen tehtävät muutokset ovat helpoin toteuttaa yleensä ulokkeella ja monesti ainoa tapa.



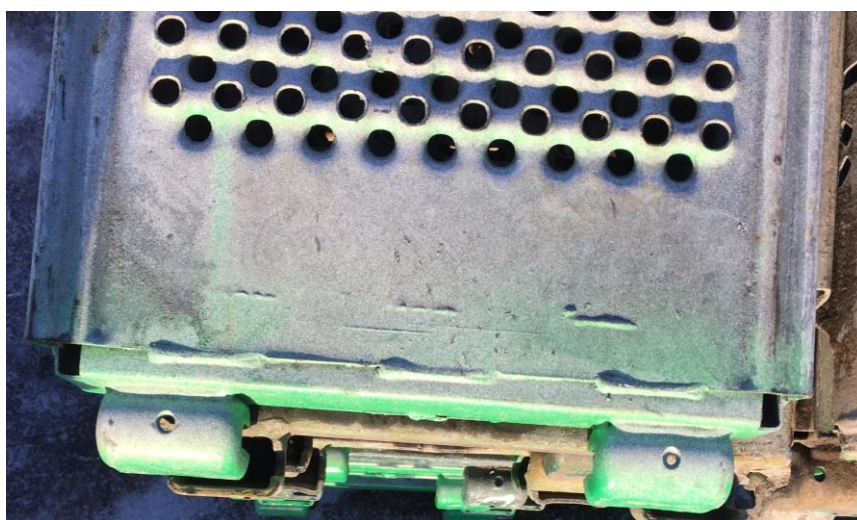
Kuva 7. Ulokkeellinen teline

#### 4.6 Terästaso 0,32 m ja teräksinen välikate

Terästaso on 0,32 m leveä ja pituus vaihtelee 0,73 - 3,07 m, jonka pinta on liukumista estävä. Terästason molemmissa päissä olevat koukut upotetaan U-kaksoisjokan kooloon. Välikate on muuten samanlainen kuin terästaso, mutta on vain 0,19 m leveä.



Kuva 8. Terästasopino



Kuva 9. Terästason koukut ja liukumisen estävä pinta

#### 4.7 Pystyvinojäykiste

Pystyvinojäykisteen nousukorkeus on 2,0 m ja pituudet vaihtelee perusrudukon mukaan.

#### 4.8 Porrastorni

Porrastorni tehdään telineille kulkua varten, joka sijaitsee yleensä telineen sivussa. Teline-elementeistä löytyy valmiit osat porrastornin tekoon. Porrastorni on tukevampi kulkutie, kun tikaslavoilla tehty kulkutie. Porrastornin kuilun koko 2,57 metriä pitkä ja 1,40 metriä leveä. Rakennusporrastornien kuormaluokka on 3, jonka kuormitus on 2 kN/m<sup>2</sup> standardin 12811-1 mukaan ja ne kuuluvat A-luokan portaisiin.

### 5 TELINEEN KOKOAMINEN

1. Aseta maahan vaakajokat pidemmälle sivulle ja lyhyemmälle sivulle U-kaksoisjokat. Näin muodostuu suorakulmio.
2. Kierrejalkalevyt laitetaan telineen kulmien kohdalle riittävän lujalle perustalle (esim. vanerilevyllä parannetaan perustusta) ja aloituspalat tiputetaan sakaramutterin päälle.
3. Vaaka- ja U-kaksoisjokat kiinnitetään aloituspalojen reikälevyyn, jonka jälkeen tarkistetaan telineen suorakulmaisuus ja suoruus. Asetetaan terästatot paikoilleen.
4. Pystyputket asetetaan kierrelevyjalkoihin, jolloin ne menevät osittain sisäkäin.
5. Seuraavat U-kaksoisjokat ja putkijokat asennetaan samoin, mutta 2 metriä ylemmäs eli neljä reikälevyä ylemmäs.
6. Terästaton koukut upotetaan ylempien U-kaksoisjokkien koloon molemmin puolin ja lisätään tasoja koko telineen leveydelle.
7. Pystyjäykiste asennetaan aloituskappaleen reikälevyn sisäpuolelle isompaan reikään. Pystyjäykisteen nousukorkeus on 2 metriä. Tee toiselle puolelle sama.
8. Telineeseen lisätään vain kerroksia tarpeen mukaan. Telineen kulku sovitetaan mahdollisimman turvalliseen paikkaan telineen yhteyteen.

9. Teline ankkuroidaan kaatumisen estämiseksi tai tehdään sivuille lisätorneja telineohjeen mukaisesti.

## 6 ALKUTIEDOT

### 6.1 Selvittäminen

Ennen telineen kuormituksen laskemista selvitettiin asioita, jotka asettavat sille vaatimuksia.

U-kaksoisjokkatelineen suunnittelussa on huomioitava:

- Materiaalin vaatimukset
- Kuormaluokat
- Telineen heikoin osa
- Tuen tarve

### 6.2 Vaatimukset

#### 6.2.1 Materiaalin vaatimukset

Yrityksen käyttämä telinetavara on Alfix Modul Plus II, jonka materiaali on kuuma-sinkitty teräs S235JRH. Materiaalin myötölujuus tavallisesti olisi 235 MPa, mutta työstämällä se on korotettu 320 MPa. Telineputken halkaisija 48,3 mm, jonka seinänpaksuus on 3,2 mm.

#### 6.2.2 Valtioneuvoston asetuksen vaatimukset

Telinetyöskentelyssä noudatetaan valtioneuvoston asetusta rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Uloketelineillä on tavallisten telineiden lisäksi vaatimuksia.

Työtelinevaatimukset

- Riittävä lujuus, jäykkyys ja seisontavakaus
- Materiaali tunnettu ja turvallinen
- Vaurioituneet telineosat poistettava
- Vino- ja vaakasiteiden kestettävä veto- ja puristuskuormat

#### Uloketelineen lisävaatimukset

- rakennesuunnitelma työkohteessa tehtävään telineeseen
- elementtiteline käyttöohjetta noudatettava ja puuttuvista tiedoista laadittava rakennesuunnitelma
- tuettava ja ankkuroitava rakenteeseen, jotta se ei pääse irtoamaan

### 6.3 Standardi DIN EN 12811

#### 6.3.1 Terästaso

Telineen hyötykuormaksi määritellään telinetyön aikainen suurin kuorma, jonka pohjalta valitaan luokka kyseiselle tasolle. Standardissa jaetaan telinetasot kuuteen kuormaluokkaan, joista pintakuorma on tärkein tieto. Pintakuormat vaihtelevat 0,75 – 6,00 kN/m<sup>2</sup>. Kaksi ensimmäistä luokkaa ovat kevyille telineille ja kolmannesta luokasta ylöspäin voidaan varastoida tavaraa tasolle. Yleensä käytetyt terästasot 2,07 m kuuluu 6-luokkaan ja 2,57 m kuuluu 5-luokkaan.

Taulukko 2. Kuormaluokat telinetasolla

	Kuormaluokka	Tasaisesti jaettu kuorma $q_1$ in kN/m <sup>2</sup>	500 mm x 500 mm kokoon keskitetty kuorma $F_1$ / kN	200 mm x 200 mm kokoon keskitetty kuorma $F_2$ / kN	Osa-alueen kuormitus	
					$q_2$ / kN/m <sup>2</sup>	Osa-alueen kerroin $a_2$ <sup>1)</sup>
Teline- tasot	1	0,75	1,50	1,00	-	-
	2	1,50	1,50	1,00	-	-
	3	2,00	1,50	1,00	-	-
	4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
	5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
	6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5



### 6.3.2 Jokka

Taulukosta 2. selviää jokkien luokat, joita ovat jokka, vahvistettu jokka ja U-kaksoisjokka. Lisäksi jokkien pituudet 0,73 – 3,07 m, joille on annettu tasaisen- ja pistekuormituksen rajat.

Taulukko 3. U-jokan kuormitusrajat

	Jokka	Vahvistettu jokka		U-kaksoisjokka			
Pituus L [m]	0,73	1,09	1,40	1,57	2,07	2,57	3,07
tasaisesti jaettu kuorma sal. q [kN/m]	17,00	17,50	10,80	12,50	9,50	6,70	5,00
Yksittäiskuorma sal. P [kN] keskellä	6,00	8,90	7,15	11,10	8,20	7,50	6,00

### 6.3.3 Pystyvinojäykiste

Taulukko 4. Pystyvinojäykisteen kuormitukset

Pystyvinojäykiste: sallittu <sup>1</sup> normaalivoima, kentän korkeus 2,0 m						
Kenttäpituus [m]	0,73	1,09	1,57	2,07	2,57	3,07
Painevoima sal. D [kN]	14,70	14,30	12,30	10,30	8,50	6,90
Vetovoima sal. D [kN]	14,70	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20

## 7 TEORIAA

Yleensä laskettavat rakenteet ovat monimutkaisempia ja niiden selvittämiseen käytetään elementtimenetelmää. CAD-ohjelmistoihin on tänä päivänä sisällytetty laskentaohjelmistoja, jotka kykenevät analysoimaan myös kokoonpanoja. SolidWorks kuuluu tällaisiin ohjelmiin. Laskennan suorittaminen ja tulosten saaminen on helppoa, mutta tuloksia pitää tarkastella kriittisesti käyttäen omaa järkeä. Tulokset ovat varmimmalla pohjalla, jos tulokset on saatu useammalla eri menetelmätavalla ja niiden suuruus samaa luokkaa. (Hietikko 2013, 207.)



## 7.1 Elementtimenetelmä

### 7.1.1 Sauva

Sauvamainen kappale on usein vedon tai puristuksen kohteena, joita esiintyy esim. ristikkorakenteissa. Sauvoihin voi kohdistua vain puristus- tai vetokuormitusta. Voimaa kutsutaan normaalivoimaksi ja se vaikuttaa sauvaan sen pituusakselin suuntaisesti. Negatiivista normaalijännitystä sanotaan puristusjännitykseksi ja vetojännitys vastaavasti on positiivinen. Jännityksen yksikkönä käytetään Pa (Pascal) eli  $\text{N/m}^2$ , mutta käytännöllisempi arvo on MPa eli  $\text{N/mm}^2$ . (Hietikko 2013, 51-53.)

Telineosista sauvoja ovat juoksut ja vinojäykisteet, jotka voivat ottaa kuormitusta vain liitoskohtiin. Nämä telineosat eivät kestä poikittaissuuntaista kuormitusta.

### 7.1.2 Palkki

Sauvaan vaikuttavan normaalivoiman lisäksi palkkia voi kuormittaa leikkaus- tai taivutusrasituksin. Taivutus on näistä pahempi. Palkin kuormitukset ovat helppo mallintaa, koska ne kyetään muuttamaan matemaattiseen muotoon. Palkin rasituskuvia piirtämällä voidaan määrittää kuormitus mielivaltaisessa pisteessä. Telineosista putkijokat ovat sellaisia, että voima voi vaikuttaa muihinkin kohtiin kuin solmukohtiin.

### 7.1.3 Ristikko

Ristikoksi kutsutaan kitkattomilla nivelillä toisiinsa liitettyjä sauvojen muodostamia rakenteita. Ristikkorakenteita on kahta tyyppiä: tasoristikoita ja avaruusristikoita. Tasoristikossa sauvat ovat samassa tasossa ja muut ovat avaruusristikoita. Rakennusteline on avaruusristikko. Kuormitukset kohdistuvat ainoastaan liitoskohtiin. Ristikon kasassa pysymiseksi tarvitaan tarpeeksi sauvoja, jotka muodostavat kolmiota. Sauvojen puutteesta syntyy mekanismi, josta seuraa kaatuminen sivuttaisen helposti. Telineessä peruspukki tarvitsee tukea vinojäykisteillä ja lisäksi terästasotkin vahvistavat

rakennelmaa. Nämä myös estävät mekanismin synnyn telineeseen. (Salmi 2014, 159-268)

## 8 LASKELMAT

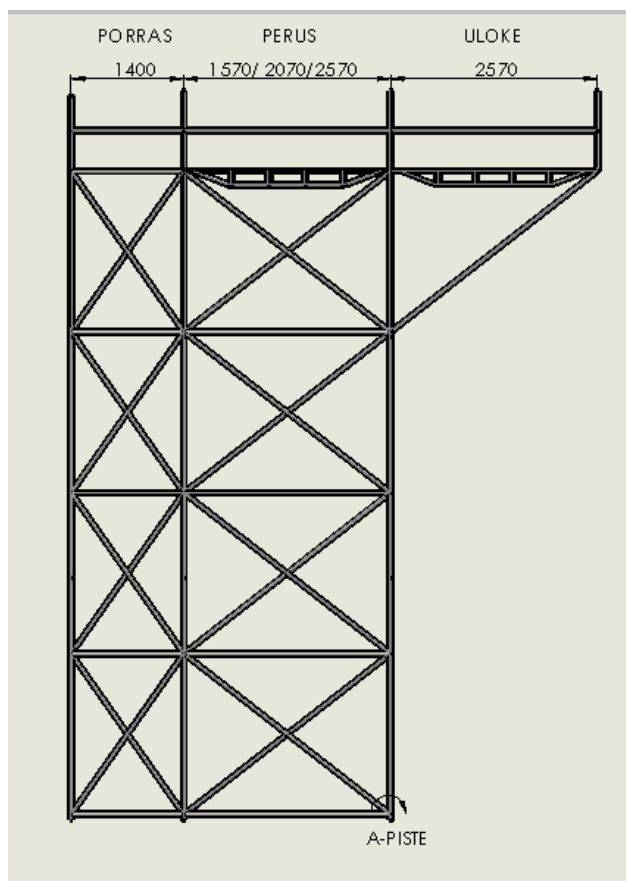
Telinelaskelmat tehtiin stabiliteeteista, lujuustarkasteluista ja U-kaksoisjokkien sallituista kuormituksista. Laskelmat tehtiin SolidWorksin ja Excelin avulla.

### 8.1 Telineiden mitat

Perustelineet ovat 1,57 x 2,57 m; 2,07 x 2,57 m ja 2,57 x 2,57 m. Näiden ylin taso on 8 metrissä. Ylimpään tasoon liitetään 2,57 x 2,57 m uloke, joka tuetaan vinojäykisteiden avulla 2 metriä alemmas pystyputken reikälevyyn. Kulkutienä käytetään telineen sivussa olevaa porrastornia.

### 8.2 Stabiliateetti

Telineistä laskettiin liitteen 2. mukaisesti painot perustelineille, ulokkeille ja porrastorneille, joiden avulla saatiin gravitaatiovoimat. Telineosien momentit laskettiin A-pisteen suhteen, joka sijaitsi perustelineen ja ulokkeen välissä.



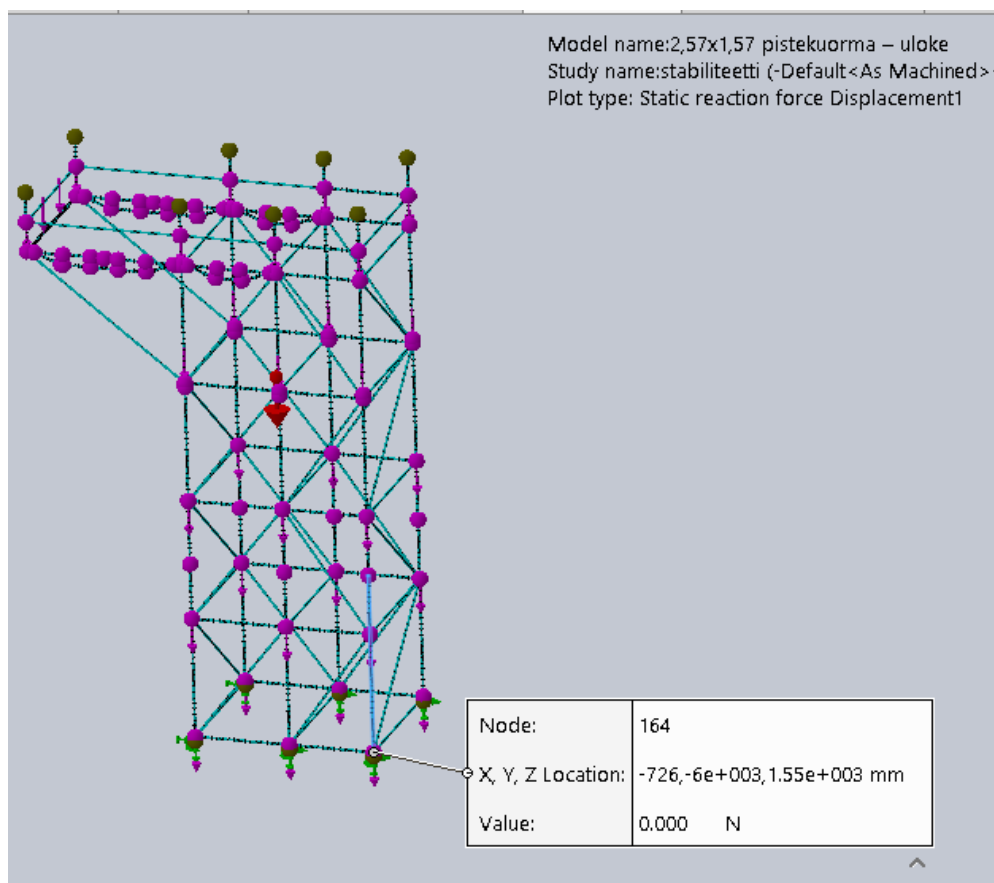
Kuva 10. A-pisteen sijanti

Momenttien summan avulla selvitettiin ulokkeen päässä kuorman suuruus, jossa käytettiin varmuuskertoimena 1,5. Työntekijöiden painona käytetään 100 kg, jolloin telineen kantavuudeksi saadaan 3, 4 tai 6 työntekijää.

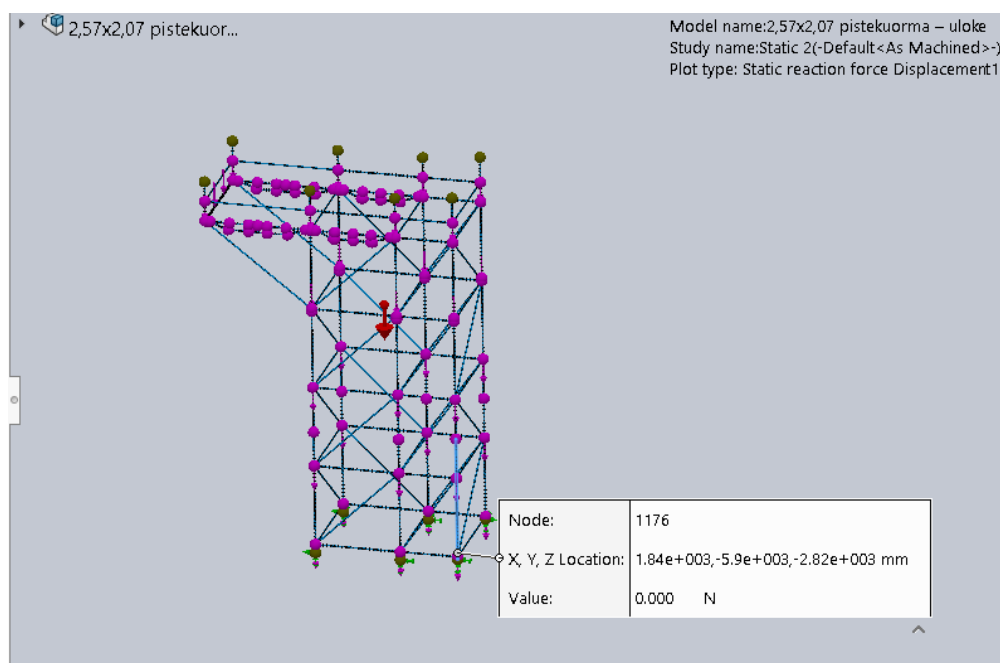
Taulukko 5. Ulokkeen pään kuorma

1,57 x 2,57m	346 kg
2,07 x 2,57 m	449 kg
2,57 x 2,57 m	649 kg

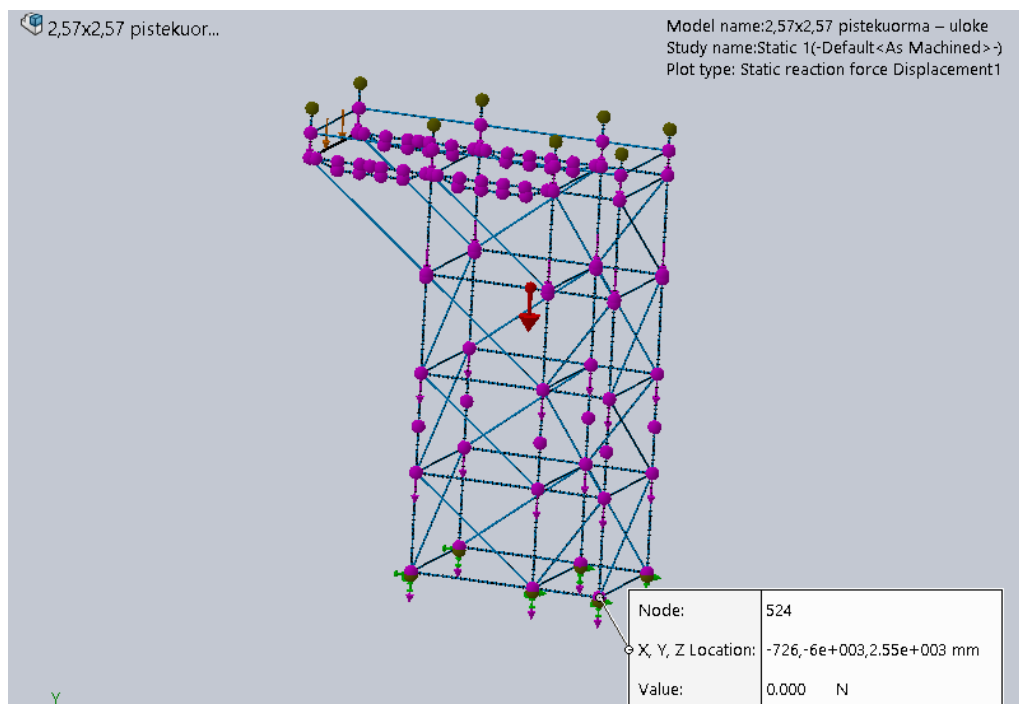
Stabiilitetarkastelu tehtiin Y-akselin suuntaista tukivoimaa tarkkailemalla. Kuvaa-  
jan värit vaihtelevat sinisestä punaiseen ja näin kuvataan kyseisen kohdan jännitystä.  
Punainen on suurin vetojännitys ja sininen on puristusjännitys. Teline kaatuksi kuor-  
mitusta lisäämällä, koska tukivoima muuttuisi negatiiviseksi eli vetäväksi voimaksi.



Kuva 11. Stabiliateettitarkastelu 1,57 m, jota kuormitetaan 5186 N voimalla.



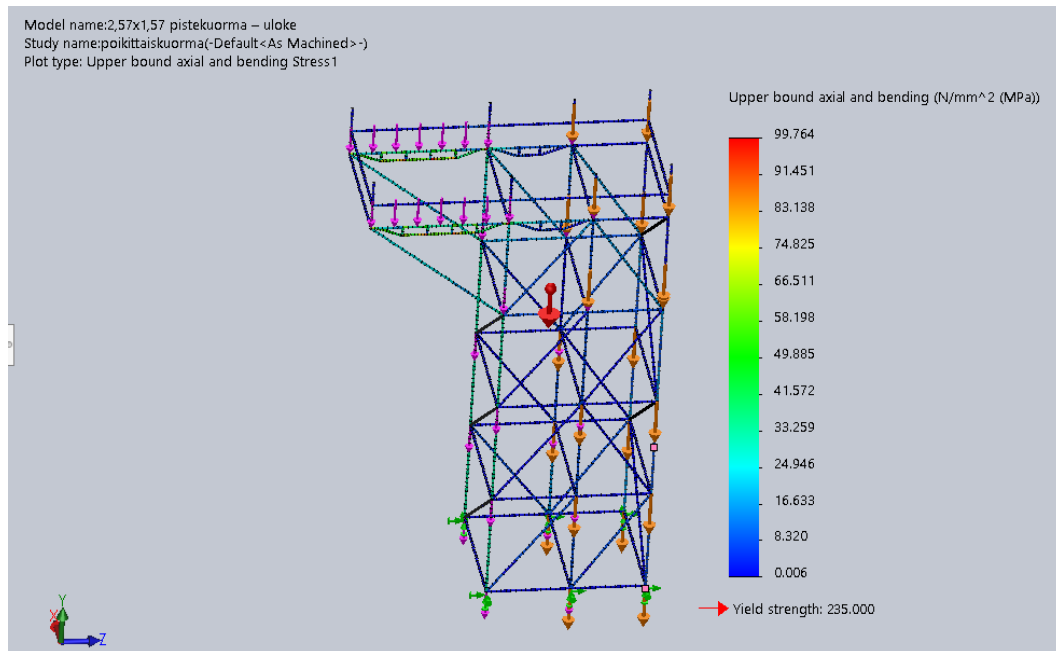
Kuva 12. Stabiliateettitarkastelu 2,07 m, jota kuormitetaan 6735 N voimalla.



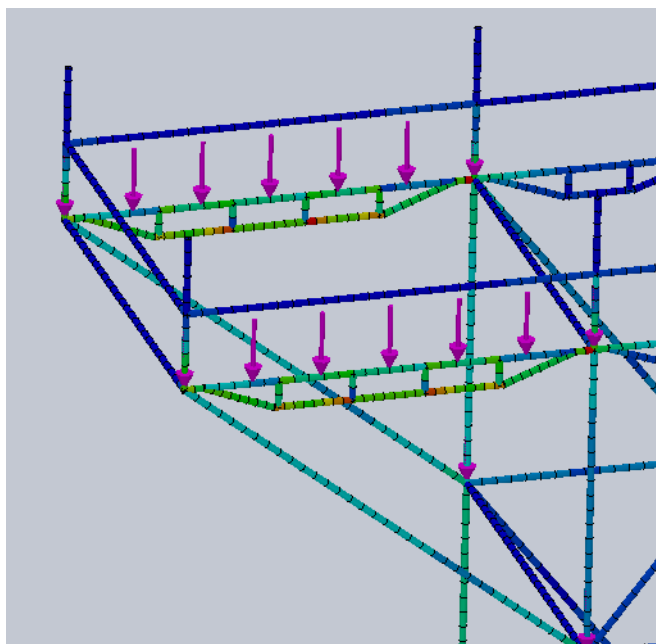
Kuva 13. Stabiilitetarkastelu 2,57 m, jota kuormitetaan 9737 N voimalla.

### 8.3 Lujuustarkastelu

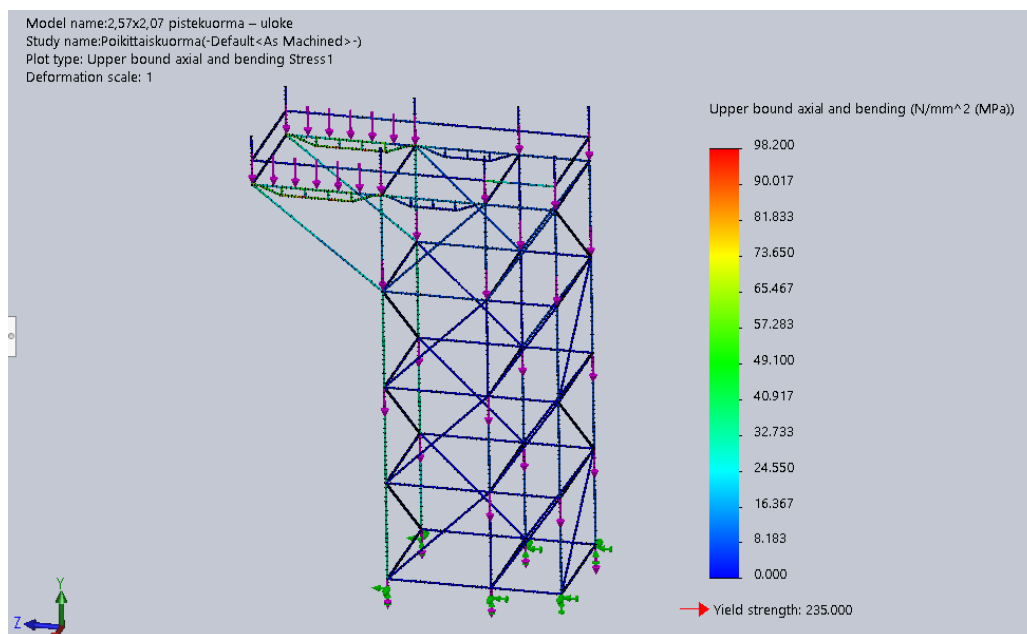
Lujuustarkastelussa otettiin huomioon myös porrastorni sekä tasojen painot. Tasojen painot otettiin huomioon lisäämällä ne vastaavina voimina telineen solmukohtiin. Perustelineen leveys on ainoa vaihtuva muuttuja. Nämä muuttuvat arvot ovat 1,57 m, 2,07 m ja 2,57 m. U-kaksoisjokkia (2,57 m) kuormitetaan 6,7 kN/m poikittaissuuntaisella voimalla ulokkeessa. Telinejalat ovat kiinnitetty kiinteästi. Jännitykset vaihtelevat välillä 0-100 MPa. Jännitystarkastelu suoritettiin lujuuslaskennan avulla.



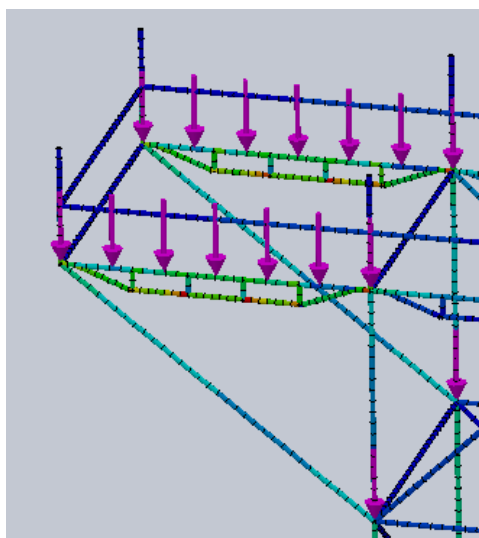
Kuva 14. Poikittaiskuomitus 1,57 m



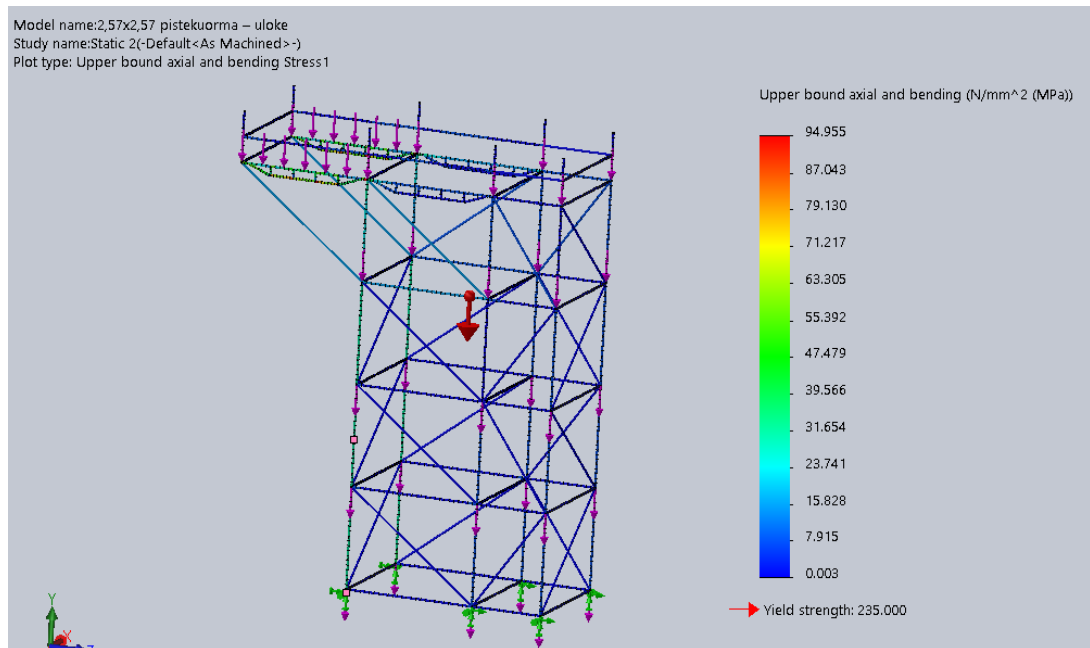
Kuva 15. Ulokkeen lähempi jännitystarkastelu



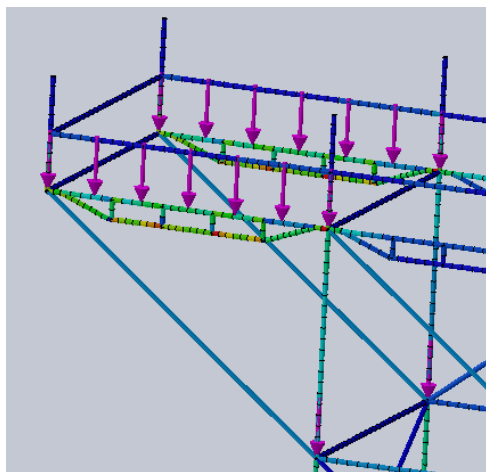
Kuva 16. Poikittaiskuormitus 2,07 m



Kuva 17. Ullokkeen jännitys



Kuva 18. Poikittaiskuormitus 2,57 m



Kuva 19. Ulokkeen jännitys

#### 8.4 Ulokkeen sallittu kuormitus

Telineiden ulokkeet ovat 2,57 m x 2,57 m kokoisia, joiden pinta-ala ovat 6,6 m<sup>2</sup>. Kuormaa vastaanottava U-kaksoisjokka kestää 6700 N/m. Kertomalla se kuorma-alueen pituudella voimaksi saadaan 17219 N. U-kaksoisjokat ovat molemmin puolin, jolloin kuorma on kaksinkertainen 3443,8 kg. Pinta-alaa kohti oleva kuorma on tällöin 521,8 kg /m<sup>2</sup>.



## 9 TELINEPIIRUSTUS

Kuvassa 20. on Scaffold Designer -suunnitteluohjelmalla tehty telinepiirustus, jossa keskiosana on 1,57 m U-kaksoisjokasta tehty perusteline. Telineelle kulkemista varten perustelineen vieressä on porrastorni. Uloke on piirustuksessa perustelineestä ulkoneva osa ylhäällä. Telinepiirustus antaa todellisemman kuvan telineosista kuin SolidWorks-mallit.



Kuva 20. Telinepiirros

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella ulokkeellisen telineen kuormankestävyyttä ja tietojen pohjalta laatia telineen käyttöohje. Telineen lujuustarkastelussa käytettiin hyväksi standardissa DIN EN 12811 kerrottuja kuormituksia ja niiden avulla telineestä saatiin turvallinen.

SolidWorksin käytöstä oli kokemusta oppitunneilta, mutta opin paljon uusia asioita työtä tehdessäni. Scaffold Designer ohjelmaa opettelin käyttämään opinnäytetyön toimeksiantajayrityksessä. Työssä tarvittiin myös lujuusoppia ja elementtimenetelmiä konetekniikan koulutusohjelmasta.

Haasteellista opinnäytetyössä oli opetella käyttämään telinepiirustusohjelmaa ja tehdä tarpeeksi yksinkertainen malli lujuustarkastelua varten. Lisäksi saksan kielen osaamisesta olisi paljon hyötyä, koska yrityksessä käytetään saksankielistä telinealan materiaalia.

Telineille tehtiin piste- ja poikittaiskuormitustarkastelu. Tuloksia tarkastelemalla huomattiin telineiden kestävän hyvin kuormitusta. Tapauksen 2. pistekuormitusta tarkastellessa huomattiin eroavaisuus muihin tapauksiin, mutta ero johtuu todennäköisesti mallin epätarkkuudesta. Telineiden kulkutieksi tehtiin porrastornit ja stabiliteettitarkastelu telineille.

Työn lopputuloksena saadut laskelmat osoittavat telineiden kestävän kuormituksen. Telineet tulee ankkuroida turvallisen käytön varmistamiseksi. Laskemien pohjalta saatiin laadittua käyttöohje telineille työmaalle.

Tämän työn lukijan on huomattava, että nämä laskelmat eivät takaa telineen turvallista käyttöä, vaan teline on ankkuroitava voimassa olevien määräysten mukaisesti.



## LÄHTEET

Alfix GmbH www-sivut. Viitattu 21.5.2018.  
<https://www.alfix-systems.com>

Asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. A 205/2009

Eupart Oy www-sivut. Viitattu 16.04.2018.  
<http://www.eupart.fi>

Salmi, T. 2014 Statiikka. Tampere: Pressus Oy.

## LIITE 1

### Jokkien kuormat

JOKKA	PISTEKUORMA	PINTAKUORMA	LUOKKA
0,73 m	600 kg	1241 kg	Jokka
1,09 m	890 kg	1907 kg	Vahvistettu Jokka
1,40 m	715 kg	1900 kg	Vahvistettu Jokka
1,57 m	1110 kg	1962 kg	Kaksoisjokka
2,07 m	820 kg	1966 kg	Kaksoisjokka
2,57 m	750 kg	1721 kg	Kaksoisjokka
3,07 m	600 kg	1442 kg	Kaksoisjokka

Pistekuorma tarkoittaa telineosan keskikohtaan kohdistuvaa kuormitusta.

Pintakuorma tarkoittaa kuormitusta, joka on jaettuna koko telineosan pituudelle.

## LIITE 2

PORRAS		PERUS		ULOKE		KUORMA
Pysty 3m	87,6 kg	Pysty 3m	175,2 kg	Putkijokka 2,57m	69,3 kg	
Pystyvinojäkiste 2,57m	87,2 kg	Jalat	12 kg	Pystyvinojäkiste 2,57m	43,6 kg	
Porras	104 kg	Putkijokka 2,57m	99 kg	Terästatot 0,32m	119,7 kg	
jokka	60 kg	U-kaksoisjokka 1,57 m	92 kg	Välimate 0,19m	13,9 kg	
Terästatot 0,32m	136,8 kg	Pystyvinojäkiste 2,57m	32,7 kg	U-kaksoisjokka 2,57 m	30,2 kg	
Jalat	8 kg	Pystyvinojäkiste 1,57m	70,4 kg	Pysty 1,09m	11 kg	
		Terästatot 0,32m	273,6 kg			
		Välimate 0,19m	13,9 kg			
		Pysty1m	22 kg			
		Putkijokka 1,57m	12,6 kg			
	483,6 kg	Paino	803,4 kg		287,7 kg	500 kg
	-4836 N	Voima	8034 N		2877 N	5000 N
Momentti 1	-10999 Nm	Momentti 2	-6025,5 Nm	Momentti 3	3696,95 Nm	Momentti 4 12850 Nm
		M1+M2+M3=M	-13328 Nm	M / 2,57 m =	-5186 N	-346 kg
		Summa momentti	-478 Nm		-318,69 N	

PORRAS		PERUS		ULOKE		KUORMA
Pysty 3m	87,6 kg	Pysty 3m	175,2 kg	Putkijokka 2,57m	69,3 kg	
Pystyvinojäkiste 2,57m	87,2 kg	Jalat	12 kg	Pystyvinojäkiste 2,57m	43,6 kg	
Porras	104 kg	Putkijokka 2,57m	99 kg	Terästatot 0,32m	119,7 kg	
Jokka	60 kg	U-kaksoisjokka 2,07 m	124 kg	Välimate 0,19m	13,9 kg	
Terästatot 0,32m	136,8 kg	Pystyvinojäkiste 2,57m	32,7 kg	U-kaksoisjokka 2,57 m	30,2 kg	
Jalat	8 kg	Pystyvinojäkiste 2,07m	77,6 kg	Pysty 1,09m	11 kg	
		Terästatot 0,32m	410,4 kg			
		Pysty1m	22 kg			
		Putkijokka 2,07m	16,2 kg			
	483,6 kg	Paino	969,1 kg		287,7 kg	500 kg
	-4836 N	Voima	9691 N		2877 N	5000 N
Momentti 1	-10977,7 Nm	Momentti 2	-10030,2 Nm	Momentti 3	3696,945 Nm	Momentti 4 12850 Nm
		M1+M2+M3=M	-17311	M / 2,57 m =	-6735,78 N	-449 kg
		Summa momentti	-4461		-2973,97 N	

PORRAS		PERUS		ULOKE		KUORMA
Pysty 3m	87,6 kg	Pysty 3m	175,2 kg	Putkijokka 2,57m	69,3 kg	
Pystyvinojäkiste 2,57m	87,2 kg	Jalat	12 kg	Pystyvinojäkiste 2,57m	43,6 kg	
Porras	104 kg	Putkijokka 2,57m	99 kg	Terästatot 0,32m	119,7 kg	
jokka	60 kg	U-kaksoisjokka 2,57 m	151 kg	Välimate 0,19m	13,9 kg	
Terästatot 0,32m	136,8 kg	Pystyvinojäkiste 2,57m	32,7 kg	U-kaksoisjokka 2,57 m	30,2 kg	
Jalat	8 kg	Terästatot 0,32m	478,8 kg	Pysty 1,09m	11 kg	
		Välimate 0,19m	13,9 kg			
		Pysty1m	22 kg			
		Putkijokka 1,57m	19,8 kg			
	483,6 kg	Paino	1004,4 kg		287,7 kg	500 kg
	-4836 N	Voima	10044 N		2877 N	5000 N
Momentti 1	-15814 Nm	Momentti 2	-12907 Nm	Momentti 3	3696,95 Nm	Momentti 4 12850 Nm
		M1+M2+M3=M	-25023 Nm	M / 2,57 m =	-9736,7 N	-649 kg
		Summa momentti	-12173 Nm		-8115,5 N	

## ULOKKEELLISEN TELINEEN KÄYTTÖOHJE



- Telinejalkojen alle asetettava puulankut ja varmistettava niille kantokykyinen alusta.
- Vinojäykiste pystysuunnassa 2 metrin välein
- Ankkuroi teline 2 m ja 8 m korkeudesta seinään
- Telineellä voi työskennellä:

1,57 m + 2,57 m uloke + porrastorni	3 työntekijää
2,07 m + 2,57 m uloke + porrastorni	4 työntekijää
2,57 m + 2,57 m uloke + porrastorni	6 työntekijää



