



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Utanen

SUUNNITTELUOHJE MUUNTAJAN
KUORMANSIDONTAPISTEIDEN LU-
KUMÄÄRÄSTÄ JA SJOITTELUSTA

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jani Utanen
Opinnäytetyön nimi	Suunnitteluohje muuntajan kuormansidontapisteiden lukumäärästä ja sijoittelusta
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	33 + 8 liitettä
Ohjaaja	Timo Gröndahl

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä suunnitteluohje kuormansidontapisteiden lukumäärästä sekä sijoittelusta. Työ tehtiin ABB Oy:n Vaasan muuntajatehtaalle. Suunnitteluohjeen avulla suunnittelijan on mahdollista varmistaa, että lainsäädännön minimivaatimukset täyttyvät ja muuntaja on mahdollista kuljettaa turvallisesti.

Työn alussa selvitettiin vaatimukset kuormitusvoimille, jonka jälkeen perehdyttiin kuljetuksessa käytettäviin kuormansidontavälineisiin. Tutkimuksessa eriteltiin kaikki vuoden 2016 muuntajat ja todettiin yhtenäisen sidontapistesijoittelun olevan mahdotonta, jokaisen muuntajan ollessa erilainen asiakaslähtöisen suunnittelun vuoksi. Teoriaosuudessa perehdyttiin myös ABB:n organisaatioon, muuntajan rakenteeseen, kuljetukseen liittyviin asioihin sekä ohjeen luomiseen.

Työn tuloksena mallinnettiin PTC Creo Parametric 2.0 -ohjelmaa käyttäen muuntajan kuljetukseen käytettävät kuljetuslavetit 2D-kuvien pohjalta. Kuljetuslavetit mallinnettiin, jotta suunnittelija pystyy sijoittamaan kuljetuskunnossa olevan muuntajan lavetille ja tarkistamaan onko sidonta esteetön. Sidontapisteiden lukumäärän määrittelyyn tehtiin laskentatyökalu Excel-ohjelmalla. Ohjelman avulla pystytään laskemaan kuinka paljon muuntajasta jää sidottavaa massaa jäljelle tietyllä määrällä sidontoja sekä kuinka paljon eteen-, sivuille- ja taaksepäin liikettä estäviä sidontoja on oltava. Laskentatyökalulle luotiin myös käyttöohje samaan Excel-pohjaan, jotta suunnittelija ymmärtää mistä tulokset muodostuvat ja kuinka ohjelmaa käytetään.

ABSTRACT

Author	Jani Utanen
Title	Design Guide for Cargo Securing Points
Year	2017
Language	Finnish
Pages	33 + 8 Appendices
Name of Supervisor	Timo Gröndahl

The objective of this thesis was to create a design guide for the number of cargo securing points and their location. The thesis was done for ABB Ltd. Vaasa transformer factory. With the help of the design guide the designers are able to ensure that the minimum requirements set by the legislation are met and that it is possible to transport the transformers safely.

In the beginning the requirements for load forces were defined and cargo attachment equipment were familiarized with. The research included going through all transformers that were manufactured in 2016 and using the information gathered about the products, it was possible to state that every transformer needed specific cargo securing points.

As a result 3D models of the transport carriage were made on the basis of the 2D pictures. The models were created so that the designers are able to place the transformers on the transport carriage and to make sure the securing is unobstructed. An Excel calculation tool was designed to ensure the sufficient number of securing points. Using the calculation tool the designers are able to check the amount of mass that needs to be tied down and the amount of force focusing on the movement to left, right and back. A guide for the calculation tool was also designed, so that anyone working on the project knows how to use it.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
2	ABB	9
	2.1 ABB:n historiaa	9
	2.2 ABB Suomessa	9
	2.3 ABB:n muuntajat ja Vaasan muuntajatehdas	10
3	MUUNTAJA	11
	3.1 Erikoismuuntaja	11
	3.2 Aktiiviosa	11
	3.3 Säiliö	12
	3.4 Kansi	13
	3.5 Paisuntasäiliö	13
	3.6 Läpiviennit	14
4	MUUNTAJAN KULJETUS JA SIDONTA	16
	4.1 Muuntajan kuljetus	16
	4.2 Erikoiskuljetus	17
	4.3 Kuormansidonta	18
	4.4 Sidontavälineet	19
	4.4.1 Sidontavyöt	19
	4.4.2 Sidontaketjut	20
	4.5 Kuorman varmistaminen	21
5	TUTKIMUS	24
6	OHJEEN KIRJOITTAMINEN	26
	6.1 Käyttöohjeen rakenne	26
	6.2 Käyttöohjeen haasteet	26
7	LASKENTATYÖKALUN OHJEISTAMINEN	28
	7.1 Työn aloitus	28
	7.2 Työn eteneminen	28

7.3 Ohjeen rakenne	30
8 YHTEENVETO	31
LÄHTEET.....	33

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Säiliö	12
Kuva 2. Kansi	13
Kuva 3. Paisuntasäiliö	14
Kuva 4. Läpiviennit kannella	15
Kuva 5. 3D-mallit valmiista ja kuljetusvalmiudessa olevasta muuntajasta	17
Kuva 6. Kuormansidontavyö	20
Kuva 7. Kuormansidontaketju ja vanttikiristin	21
Kuva 8. Kuorman varmistamista kuvaava kuva	22
Kuva 9. Jäähdyttimien jakauma	25
Taulukko 1. Sidontavoima nimellislujuudesta	19
Taulukko 2. Sidontavälineiden ominaisuuksia	21
Taulukko 3. Kitkakertoimia eri materiaalipareille eri olosuhteilla	22

LIITELUETTELO

LIITE 1. Muuntaja sijoitettu mallinnetulle kuljetuslavetille ja alle laitettu ohjeet kuinka laskentaohjelmaa käytetään

LIITE 2. Kuljetuslavetti 10000-30000 kg muuntajille

LIITE 3. Kuljetuslavetti 10000-45000 kg muuntajille

LIITE 4. Kuljetuslavetti 20000-50000 kg muuntajille

LIITE 5. Kuljetuslavetti 30000-60000 kg muuntajille

LIITE 6. Kuljetuslavetti 40000-70000 kg muuntajille

LIITE 7. Kuljetuslavetti 60000-100000 kg muuntajille

LIITE 8. Kuljetuslavetti yli 100000 kg muuntajille

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB:n Vaasan muuntajatehtaalle rakennesuunnitteluun. ABB Oy Transformers-yksikön valmistamat muuntajat ja kuristimet ovat fyysiseltä kooltaan ja massaltaan usein sellaisia, että ne joudutaan kuljettamaan maanteilla erikoiskuljetuksina. Kuljetettavien muuntajien massat vaihtelevat 1000-170 000 kg välillä. Lainsäädäntö asettaa kuormansidontaan minimivaatimukset, joiden toteuttamiseen tuotteessa pitää olla edellytykset.

Työn tavoitteena on tehdä kuormansidontapisteiden sijoittelusta ja lukumäärästä suunnitteluohje. Ohjeen tekemiseksi on aluksi selvitettävä vaatimukset kuormitusvoimille, jonka jälkeen on laskennallisesti määriteltävä sidontavälineiden minimimäärä kuhunkin kuormitussuuntaan. Tämän jälkeen on analysoitava kuinka sidontapisteet tulisi tuotteeseen sijoittaa esteettömän sidonnan mahdollistamiseksi.

Tällä hetkellä suunnittelijoiden käytössä on muuntajan kuljetusohje, jonka mukaan muuntaja on minimissään sidottava. Tarkemman tarkastelun ja laskelmien jälkeen on kuitenkin todettu, että suuremmissa muuntajissa lainmukaiset minimivaatimukset eivät täyty tässä ohjeessa.

Työstä saatu hyöty on, että suunnitteluohjeen avulla suunnittelijan on mahdollista varmistaa, että kuljetuksiin liittyvien lainsäädäntöjen minimivaatimukset täyttyvät ja tuote on mahdollista kuljettaa turvallisesti perille.

2 ABB

ABB on vuonna 1988 perustettu ruotsalais-sveitsiläinen sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka syntyi kun ruotsalainen Asea Ab ja sveitsiläinen Brown, Boveri & Cie yhdistyivät. ABB:n pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. ABB työllistää yli 100 maassa yhteensä noin 132 000 henkilöä, joista noin 5 100 henkilö työskentelee Suomessa. /4/

ABB:n liiketoiminta koostuu neljästä divisioonasta, jotka ovat Electrification Products, Robotics and Motion, Industrial Automation ja Power Grids. Muuntajat sijoittuvat Power Grid divisioonaan. /4/

2.1 ABB:n historiaa

Vuonna 1988 ruotsalainen Asea Ab ja sveitsiläinen Brown, Boveri & Cie fuusioituivat, jonka seurauksena syntyi ABB. Suomalaiset juuret ovat myös vaikuttaneet ABB:n toimintaan, kun Asea Ab osti Kymi-Strömberg Oy:n sähköteknisen osan vuonna 1987. /2/

Suomalainen Axel Gottfrid Strömberg perusti vuonna 1889 yrityksen Oy Strömberg Ab:n. Tasavirtakoneet, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistuskeskukset sekä asennukset olivat liiketoiminnan ydin. /2/

2.2 ABB Suomessa

ABB on yksi Suomen suurimmista teollisista työnantajista, pääkaupunkiseudulla suurin. ABB:llä on Suomessa kaksi päätehdaskeskittymää Vaasan Strömberg Parkissa ja Helsingin Pitäjänmäellä, joissa valmistetaan useita erilaisia sähköteknologian tuotteita mm. taajuusmuuttajia, sähkömoottoreita, releitä, erikoismuuntajia sekä sähkönsiirto- ja jakelujärjestelmiä. /4/

Vuonna 2015 Suomessa oli ABB:llä henkilöstöä 5 066 ja toimintaa noin 20 paikakunnalla. Suomen ABB:n liikevaihto vuonna 2015 oli 2,2 miljardia euroa. Suomen ABB investoi merkittävästi myös tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Vuonna 2015 tutkimukseen ja kehitykseen investoitiin 138 miljoonaa euroa. /3/

2.3 ABB:n muuntajat ja Vaasan muuntajatehdas

Ympäri maailmaa, missä sähköä tuotetaan, siirretään ja kulutetaan, löytyy ABB:n muuntajia. ABB:n muuntajabisnes työllistää maailmanlaajuisesti 34 maassa ja 73 paikkakunnalla noin 17 000 henkilöä. Pienitehoisten erikoismuuntajien kehityksestä vastaa maailmanlaajuisesti Suomen ABB:n Transformers-yksikkö. /1/

Helsingissä vuonna 1949 aloitettiin muuntajien valmistus. 1955 liiketoiminta siirrettiin kuitenkin Vaasaan, jossa se on jatkunut tähän päivään asti. ABB Vaasan muuntajatehtaalla valmistetaan erikoismuuntajia ja sähkölaitosmuuntajia, kuten taajuusmuuttajakäyttöjen ja rautateiden sähköistysverkon muuntajia, uuni- ja tasa-suuntaajamuuntajia, laiva- ja offshore-muuntajia sekä reaktoreita 170 kV jännitteeseen ja 63 MVA:n tehoon asti. Suomen muuntajahuolloista vastaa myös Vaasan muuntajatehdas. Jokainen ABB Vaasan tehtaalla valmistettu muuntaja on yksilöidysti räätälöity asiakkaan vaatimusten ja tarpeiden mukaisesti, joten liukuhihnatuotantoa ei ole. /1/ /2/

3 MUUNTAJA

Muuntaja on sähkömagneettinen laite, jota käytetään vaihtosähkön virran tai jännitteen muuttamiseen toiseksi samantaajuiseksi virraksi tai jännitteeksi. Muuntaja on keksitty jo yli 100 vuotta sitten ja sen perusosina ovat edelleen magneettisesti johtava sydän ja sähköisesti johtavat käämit. Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Kun vaihtojännite kytketään muuntajan ensiökäämiin, syntyy rautasydämeen muuttuva magneettivuon. Magneettivuon lävistäessä samalla rautasydämellä olevan toisiokäämin, indusoituu siihen jännite. Muuntajan tuottaman teho otetaan ulos toisiokäämistä. /12/

3.1 Erikoismuuntaja

Asiakkaan tarpeisiin räätälöityjä muuntajia kutsutaan erikoismuuntajiksi. Kuitenkin kaikki muuntajat ovat rakenteeltaan lähes samanlaisia. Aktiiviosa, säiliö, kanssi, paisuntasäiliö, jäähdyttimet sekä erilaiset suoja- ja mittalaitteet kuuluvat muuntajan perusrakenteeseen. /12/

3.2 Aktiiviosa

Muuntajan aktiiviosa muodostuu rautasydäimestä ja käämityksistä, joita yleensä muuntajassa on vähintään kaksi kappaletta. Aktiiviosassa tapahtuu jännitetason muuttaminen halutulle käyttötasolle. Muuntajan sähköiset arvot, kuten teho ja muuntosuhde ovat tavallisesti vakioituja, joten tavallisissa muuntajissa aktiiviosa on myös vakioitu. /12/

Erikoismuuntajissa sen sijaan aktiiviosat voivat erota toisistaan hyvinkin paljon. Tästä johtuen myös erikoismuuntajien sähköiset arvot voivat poiketa toisistaan huomattavasti. Aktiiviosien rakenteiden vaihtelu tarkoittaa käytännössä sydämen valmistustapaa ja materiaalia sekä käämien lukumäärää ja tyyppiä. /12/

3.3 Säiliö

Muuntajan kantavana runkona, jäähdyttimenä ja öljysäiliönä toimii säiliö, joka suojaa myös aktiiviosaa (**Kuva 1**). Radiaattorisäiliö koostuu pohjasta, neljästä erilaisesta seinäelementistä sekä kaulavanteesta. Nämä elementit kootaan yhteen hitsaamalla. Säiliön on oltava öljytiivis ja se tulee valmistaa materiaaleista, jotka kestävät ympäristörasitukset. /12/

Säiliöihin asennetaan erilliset jäähdyttimet. Tavallisesti säiliön jäähdyttiminä toimivat radiaattorit, joihin on mahdollista asentaa lisjäähdyttimiksi tuulettimet pohjaan tai kylkeen. Erikoistapauksissa radiaattoreiden sijaan voidaan käyttää myös vesi- tai ilmajäähdytystä. /12/



Kuva 1. Säiliö

3.4 Kansi

Aktiiviosa kiinnitetään kokoonpanovaiheessa muuntajan kanteen, jonka avulla aktiiviosa lasketaan säiliöön (**Kuva 2.**). Kannen tehtävänä on vahvistaa säiliön rakennetta, tukea aktiiviosan kiinnitystä ja sulkea säiliö. Kansi kiinnitetään säiliöön, joko pulttiliitoksilla tai hitsaamalla. Suurin osa muuntajan mittalaitteista ja varusteista asennetaan muuntajan kannelle. Pääasiassa kannelle asennetaan myös läpiviennit. /12/



Kuva 2. Kansi

3.5 Paisuntasäiliö

Öljyn tilavuus muuttuu kun öljyn lämpötila laskee tai nousee. Tätä varten on paisuntasäiliö, joka toimii muuntajan öljyn paisuntatilana (**Kuva 3.**). Paisuntasäiliö mitoitetaan siten, että se on suunnilleen täynnä öljyä, kun öljyn lämpötila on korkeimmillaan. Lämpötilan ollessa alimmillaan, paisuntasäiliössä oleva öljy varmis-

taa, että säiliö on aina täynnä öljyä. Muuntajan aktiiviosan on oltava aina öljyn peitossa. /12/



Kuva 3. Paisuntasäiliö

3.6 Läpiviennit

Sähköverkkoon kytkentä tapahtuu muuntajan läpivientien kautta. Läpiviennit sijoitetaan tavallisesti kannelle, mutta toisinaan myös muuntajan kylkeen (**Kuva 4.**). Posliiniläpiviennit ovat yleisimmin käytetyt läpiviennit. Jos jännite kasvaa yli 52 kV, käytetään kondensaattoriläpivientejä. Lisäksi joskus käytetään kisko- tai pistokeläpivientejä. Läpivienti täytetään öljyllä, joka kasvattaa rakenteen jännitekestoisuutta. Kondensaattorirakenteen etuna posliinirakenteeseen verrattuna on se, että sillä saadaan merkittävästi pienemmällä etäisyyksillä sama eristystaso. /12/



Kuva 4. Lämpiviennit kannella

4 MUUNTAJAN KULJETUS JA SIDONTA

Tässä luvussa kerrotaan muuntajan kuljetuksesta, yleisistä asioista kuljetukseen liittyen sekä kuorman sidonnasta.

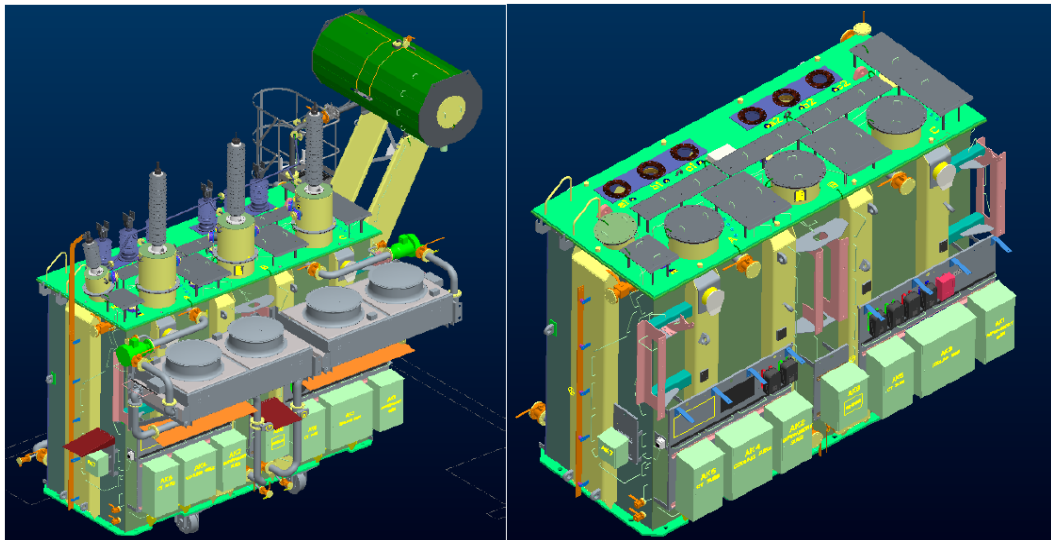
Kuljetukset on yksi yrityksen keskeisimmistä asioista yrityksen toiminnassa. Kuljetukseen liittyen on otettava huomioon paljon asioita, jotta toimitettava tuote saadaan vietyä asiakkaalle turvallisesti ja viranomaisten puolesta laillisesti.

Logistiikkaan ei sisälly pelkästään kuljetusten järjestäminen vaan esimerkiksi pakkaus, varastointi, hallinto ja pääomat kuuluvat logistiseen ketjuun. Suomalaisen vientituotteen hinnasta merkittävä osa koostuu kuljetuskustannuksista, koska kuljetusetäisyydet ovat pitkiä. Yrityksen liikevaihdosta yli 10 % on arvioitu logistiikkakustannusten osuudeksi. /11/

4.1 Muuntajan kuljetus

Muuntaja on fyysiseltä kooltaan usein niin iso komponentti, ettei sitä ole mahdollista kuljettaa laissa määrättyjen mittojen puitteissa maantiekuljetuksina. Yleensä muuntajasta on purettava uloimpia osia, jotka lisäävät korkeutta tai leveyttä. Näitä ovat esimerkiksi läpiviennit, paisuntasäiliö ja jäähdyttimet (**Kuva 5.**). Näiden komponenttien irrottamisella mahdollistetaan muuntajan kuljettaminen pienemässä koossa, joten muuntajaa ei tarvitse kuljettaa välttämättä erikoiskuljetuksena, mikä vähentää merkittävästi kuljetuskustannuksia. Muuntaja voi pysyä sallituissa mitoissa vaikka uloimpia rakenteita ei poistetaakaan, mutta poisto voi olla välttämätön, koska osat eivät välttämättä kestä kuljetuksesta aiheutuvia rasituksia. Puretut osat toimitetaan muuntajan yhteydessä erillisissä laatikoissa. Tilauksen yhteydessä voidaan muuntajalle tilata kuljetus, asennus ja käyttökoulutus, mutta asiakas voi ostaa myös pelkän muuntajan ja hoitaa itse kuljetuksen ja asennuksen.

/12/



Kuva 5. 3D-mallit valmiista ja kuljetusvalmiudessa olevasta muuntajasta

4.2 Erikoiskuljetus

ABB Oy Transformers-yksikön muuntajat ja kuristimet ovat fyysiseltä kooltaan ja massaltaan usein sellaisia, että ne joudutaan kuljettamaan maantiellä erikoiskuljetuksina. Kuljetettavat muuntajat luokitellaan jakamattoman esineen kuljetukseen.

Erikoiskuljetus on tiekuljetus, jossa ylitetään ainakin yksi yleisesti tielle sallittu massa-arvo tai mitta. Kaikkia tiellä liikkuvia koskee sama lainsäädäntö, myös erikoiskuljetuksia. Lisäksi erikoiskuljetuksille on asetettu nimenomaan niitä koskevat määräykset, säädökset ja erilliseen kuljetuslupaan liittyvät ehdot. Tavaraliikenteen kuljetuksille on yleisesti määritelty yhtenäiset kansainväliset lainsäädännöt, mutta erikoiskuljetuksille ei ole. Lainsäädännössä erikoiskuljetuksiksi on määritelty kuormaamattoman ajoneuvon kuljetus ja jakamattoman esineen kuljetus. /5/ /13/

Kuormaamattoman ajoneuvon kuljetuksella tarkoitetaan esimerkiksi ajoneuvonosturia, erikoiskuljetusperävaunua tai muuta erikoisajoneuvoa, jonka massa- tai mitta-arvot ylittävät yleisesti tiellä sallitut massa- tai mitta-arvot. /13/

Jakamattoman esineen kuljetuksella tarkoitetaan kuormaa, jota ei voida tiekuljetuksessa jakaa kahteen tai useampaan kuormaan aiheuttamatta vaaratilanteita tai kohtuuttomia kustannuksellisia menetyksiä. Jakamatonta esinettä ei voida sen mitta- tai massa-arvojen takia kuljettaa millään ajoneuvoyhdistelmällä tai ajoneuvolla niin, että tielle yleisesti sallitut mitta- tai massa-arvot eivät ylitä. /13/

4.3 Kuormansidonta

Kuorma, jota kuljetetaan, on aina sidottava tai varmistettava. Kuljettajan on huolehdittava, että kuljetettava tuote ei aiheuta vaaraa

- kuorma-autossa tai sen läheisyydessä oleville ihmisille
- kuljetettavalle ajoneuville tai muille tienkäyttäjille
- muiden omaisuudelle
- kuljetettavan ajoneuvon ohjattavuudelle ajon aikana.

Kuljettajan jarruttaessa ajoneuvon vauhti hidastuu, mutta kuljetettavana oleva tuote yrittää jatkuvuuden lain mukaan jatkaa matkaa aikaisemmin kuljetulla nopeudella. Ajoneuvon kasvattaessa nopeutta, yrittää kuljetettavana oleva tuote hitausvoimansa takia jäädä paikalleen, kun taas ajoneuvolla ajettaessa mutkaan, pyrkii keskipakovoima liikuttamaan kappaletta sivusuunnassa. Kaikki voimat ovat suuria, jos ajoneuvolla joudutaan kolaritilanteeseen, nopeaan väistöliikkeeseen tai hätäjarrutukseen. /5/

Kuormansidonnassa käytettävien sidontavälineiden nimellisljuuksien summa, kuormatilan molemmilta puolilta yhteenlaskettuna, on oltava vähintään kuorman painon suuruinen estettäessä kuorman liikkumista eteenpäin. Sivulle ja taaksepäin vaadittava nimellisljuuksien summa on puolet kuorman painosta. Jos kuorma on tuettu ja kitkavoimaa kuorman ja kuormalavan välillä on käytetty hyväksi, voidaan käyttää pienempää sidonnan ljuutta. /5/

Sidontavälineitä on pyrittävä käyttämään mahdollisimman vaakasuorassa, estettäessä kuorman eteenpäin liikkuminen. Ilman erityistä syytä sidontaväline ei saa olla yli 60° kulmassa vaakatasoon nähden. Kulman ylittäessä 60° vaakatasoon

nähden ei sidontavoima enää vastaa koko nimellislujutta, joten suositellaan las-
kettavaksi sidontavoiman nimellislajuuden hyväksi taulukossa 1 esitetty osuus. /8/

Taulukko 1. Sidontavoima nimellislajuudesta

Sidontavälineen kulma	Sidontavoima nimellislajuudesta
0 – 60	100 %
60 – 70	70 %
70 - 80	35 %
80 -	25 %

4.4 Sidontavälineet

Tavallisesti muuntajien kuljetuksissa käytetään sidontavälineinä kettinkejä tai si-
dontavöitä, mutta muihin maantiekuljetuksiin on olemassa lukuisia erilaisia sidon-
tavälineitä, muun muassa teräsvajereita, sidontaverkkoja ja kuormatukitankoja.
/13/

Sidontavälineillä voidaan siirtää vain jännitysvoimia. Sidontavälineissä ilmaistaan
sidontakyky lyhenteellä LC (lashing capacity), joka on sama kuin suurin sallittu
jännitysvoima. Sidontakyky on osuus murtolajuudesta ja se ilmoitetaan voiman
yksikkönä eli dekanewtoneita (daN) tai kilonewtoneita (kN). /6/

Sidontavälineen valintaan vaikuttavat kuorman paino, koko, muoto ja kuljetusolo-
suhteet. Sidontavälineen on oltava riittävän pitkä sekä tarjottava riittävä sidonta-
kyky, jotta se soveltuu sidottavalle kuormalle. /10/

4.4.1 Sidontavyöt

Voimassa olevat säädökset vaativat, että sidontavyön täytyy kestää nimellislajuu-
teensa nähden kaksinkertainen kuormitus murtumatta ja sen metalliosien 1,4 ker-
tainen. /13/

Sidontavöitä on tarjolla 25-75 mm levyisinä ja ne ovat joko yksi- tai kaksiosaisia. (Kuva 6.) Yleisesti 50 mm leveitä vöitä käytetään kuorma-autolla tapahtuvissa kuljetuksissa ja painavammissa kuljetuksissa 75 mm leveitä vöitä. Sidontavöiden murtolujuudet vaihtelevat tavallisimmin 1000-10 000 kg välillä, mutta raskaiden esineiden kuljetuksiin on saatavilla jopa 22 500 kg asti. /7/ /13/



Kuva 6. Kuormansidontavyö

4.4.2 Sidontaketjut

Raskaimpien kappaleiden, kuten suurien muuntajien, työkoneiden, teräsrullien ja betonielementtien sidontaan käytetään yleensä ketjuja. Yleisimmät käytössä olevat sidontaketjut ovat lyhythahloiset ketjut (lenkin halkaisija 10 mm tai 13 mm) sekä vanttikiristimet (Kuva 7.) 10-13 mm ja 13-16 mm ketjulle. /13/



Kuva 7. Kuormansidontaketju ja vanttikiristin

Kiinnitysvälineissä on oltava CE-merkintä sekä nimellisluku näkyvillä. Taulukossa 2 on esitetty sidontaketjuille ja vanttikiristimille niiden ominaisuuksia. /7/

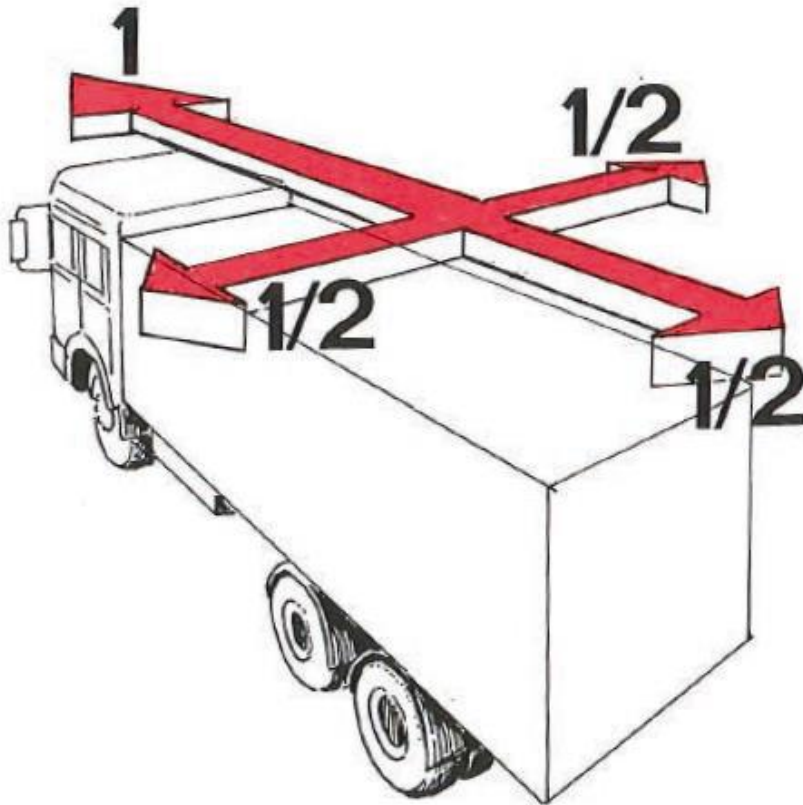
Taulukko 2. Sidontavälineiden ominaisuuksia

Sidontaväline	Nimellisluku (kg)	LC (kg)	Murtoluku (kg)
Sidontaketju 10 mm	9000	6300	12600
Sidontaketju 13 mm	15000	10600	21200
Vanttikiristin 10-13 mm	10800	7500	15000
Vanttikiristin 13-16 mm	15000	10500	21000

4.5 Kuorman varmistaminen

Kuljettava kuorma ei saa merkittävästi liikkua kuormakoriin nähden, kun siihen kohdistuu eteenpäin voima, joka vastaa kiihtyvyyttä 10 m/s^2 , tai voiman kohdistuessa sivulle tai taaksepäin, joka vastaa kiihtyvyyttä 5 m/s^2 . Kuorman eteenpäin estävien sidosten nimellislukujen summan kuormatilan molemmilta puolilta yhteen laskettuna on siis oltava vähintään kuorman painon suuruinen, sekä sivulle ja taaksepäin vähintään puolet kuorman painosta. Kuorman varmistamiseen tulee

käyttää sitomista, tuentaa, lukitsemista tai peittämistä. Varmistamisen lujuuteen voidaan kitkavoiman tuottama lisä laskea hyväksi. (**Taulukko 3.**) Kitkan suuruutta ei pidä yliarvioida, koska kitkapinta voi olla kostea, epäpuhdas, luminen tai jäinen, mikä pienentää kitkakerrointa (**Kuva 8.**). /5/ /13/



Kuva 8. Kuorman varmistamista kuvaava kuva

Taulukko 3. Kitkakertoimia eri materiaalipareille eri olosuhteilla

Materiaalipari	kuiva, puhdas	kostea, epäpuhdas	luminen, jäinen
Metalli – metalli	0,30	0,20	0,10
Puu - puu	0,30	0,30	0,20
Puu – metalli	0,30	0,30	0,10
Puu – betoni/kivi	0,40	0,40	0,30
Puu – kitkavaneri	0,40	0,40	0,30

Metalli – betoni	0,30	0,20	0,10
Puu – kumi	0,40	0,30	0,20
Metalli - kumi	0,40	0,20	0,10

5 TUTKIMUS

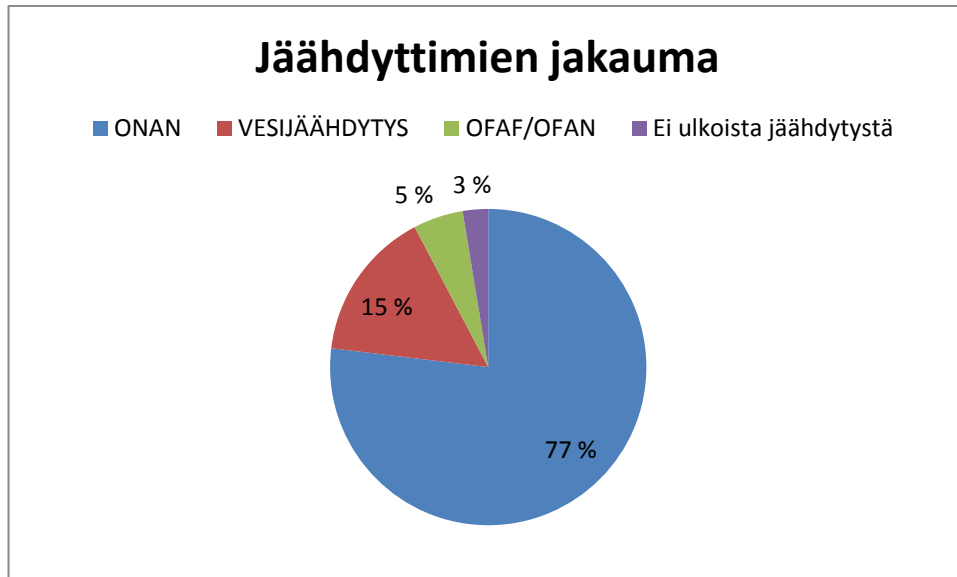
ABB Oy Transformers-yksikön muuntajat ja kuristimet ovat fyysiseltä kooltaan 1000-170 000 kg välillä. Jotta saatiin esille kuinka sidontapisteiden sijoitteluun ja lukumäärään vaikuttavat koko, paino, jäähdytystyyppi ja seinillä olevat mahdolliset sidontaa hankaloittavat esteet, päätettiin tarkastella kaikki viime vuonna suunnittelusta valmistuneet muuntajat.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kaikki vuonna 2016 suunnittelusta valmistuneet muuntajat, joita oli yhteensä 78 kappaletta. Kevyin valmistunut muuntaja painoi kuljetuskunnossa 8 000 kg, kun taas painavin muuntaja painoi 159 000 kg kuljetuskunnossa. Valmistuneiden muuntajien massojen keskiarvo oli 47 195 kg. Kun muuntajan painot järjesteltiin taulukossa pienimmästä suurimpaan, oli muuntajan massojen mediaani 41 600 kg. Vuonna 2016 yleisimmät painot jakautuivat 30 000-70 000 kg välille.

Tutkimuksessa kerättiin tietoa myös esteetöntä sidontaa hankaloittavista tekijöistä, kuten onko muuntajan seinällä moottorinohjain tai muita asiakkaan vaatimia varusteita. Valmistuneista muuntajista 49 %:lla oli seinällä moottorinohjain. Mikäli päädyssä oli moottorinohjain tai muu varuste, kuten kojekaappi, esti se yleensä mahdollisen ristiinsidonnan, joten ohjeeseen lisättiin kohta, jossa pyritään kuljetamaan muuntaja se pää edellä, jonne esteetön ristiinsidonta on vaikeampi mahdollistaa.

Tarkastelussa huomioitiin myös muuntajan jäähdytystyyppi. Vaihtoehtoina olivat ONAN (Oil Natural Air Natural)-jäähdytys, eli normaali radiaattorijäähdytteinen muuntaja. Toinen vaihtoehto oli vesijäähdytys. Kolmas vaihtoehto oli OFAF/OFAN (Oil Forced Air Forced/Oil Forced Air Natural)-jäähdytys, eli öljy kierrätetään öljypumpun avulla, jossa matkan varrella öljy viilennetään joko tuuletin avulla tai ilman. Neljäs taulukkoon huomioitu asia oli kuristin, jossa ulkoista jäähdytystä ei ole. Kuvaa 9 tutkiessa, voidaan todeta, että yleisin jäähdytystyyppi oli normaali radiaattorijäähdytys, jota käytettiin 77 % valmistuneista muuntajista. Toiseksi yleisin oli vesijäähdytys, 15 %. Kolmanneksi yleisin oli

OFAF/OFAN-jäähdytys, 5 % ja neljäntenä ilman ulkoista jäähdytystä oli 3 % valmistuneista muuntajista.



Kuva 9. Jäähdyttimien jakauma

6 OHJEEN KIRJOITTAMINEN

Ohje on esimerkiksi laitteen tai ohjelman käyttöohje, menettelyohje jonkin asian hoitamiseksi tai määräys asian tekemisestä. Ohje voi olla suositus tai ehdotus, mutta se voi olla myös sitova. Käyttöohjeet ovat perusta tuotteiden turvalliselle käytölle. /9/

6.1 Käyttöohjeen rakenne

Ohjeen alussa tulee tuoda selkeästi esiin, mitä ohje koskee ja kenelle se on suunnattu. Ohjeen tulee olla asiallinen ja selkeä kuvaus tuotteen käyttämisestä. Ohjeita pitäisi olla vain yksi. Ohjeen rakenne etenee samoin kuin käyttäjän toimintojen asiallinen järjestys. /14/

Virheistä varoittaminen on yksi käyttöohjeiden olennaisimmista tarkoituksista. Käyttöohjeiden ei kuitenkaan tule varoitella virheistä liioitellusti, koska tuolloin varoitukset menettävät tehonsa. Suurin osa onnettomuuksista johtuu tuotteiden väärästä käytöstä, ei niinkään vaarallisista tuotteista. /14/

Ohje käsittelee aluksi lyhyesti laitteen normaalikäytön ja sellaiset rajoitukset, jotka koetaan tarpeelliseksi. Ohjeissa korostetaan myös takuuta tai valmistajan vastuun päättymistä, mikäli laitetta käytetään virheellisesti tai väärin tarkoituksiin. Hyvissä ohjeissa tulee ilmetä, mitä käyttäjän tulee ottaa huomioon, kun laite otetaan ensikertaa käyttöön ja mitkä asiat ovat sellaisia, mitä on otettava huomioon jatkuvasti tai säännöllisin väliajoin. /14/

Kuvien käyttö ohjeissa koetaan usein helpottavaksi tekijäksi, mikä näin ollen selkeyttää tekstin ymmärtämistä.

6.2 Käyttöohjeen haasteet

Ohjeiden suurin ongelma on niiden lukematta jättäminen tai väärinymmärrykset. Se, että ihmiset eivät lue käyttöohjeita johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että käyttöohjeet ovat liian laajoja tai vaikeasti luettavia. Näiden ongelmien valossa onkin erityisen tärkeää, että käyttöohjeen alussa on kaikkein tärkeimmät ja oleellimmat

asiat. Mikäli käyttöohje on hyvinkin laaja, on sen jäsentäminen tärkeää, välttämättömät asiat sanotaan alussa selkeästi. /9/

7 LASKENTATYÖKALUN OHJEISTAMINEN

Koska opinnäytetyön aiheena oli määrittellä laskennallisesti sidontapisteiden lukumäärä, valittiin ohjeistuksen ohjelmaksi Excel, sen matemaattisten ominaisuuksien vuoksi. Vaihtoehtoina olisivat olleet Powerpoint-ohjelma, mutta myös Word-ohjelma, johon olisi pystynyt tekemään selvityksen mitä Excelissä tapahtuu kun muutetaan soluissa olevia lukuarvoja. Todettiin kuitenkin, että nopein ja selkein tapa on, että käyttöohjeet ovat samassa ohjelmassa laskentatyökalun kanssa. Ohjetta kirjoittaessa pyrittiin siitä tekemään selkeä ja helposti ymmärrettävä. Ohjeissa on monesti ongelmana pituus, jonka vuoksi lukija voi turhautua ja ohjeet jäävät lukematta.

7.1 Työn aloitus

Työn aloituspalaveri pidettiin joulukuussa 2016 toimihenkilöiden neuvotteluhuoneessa. Palaverissa käsiteltiin opinnäytetyöhön kuuluvaa sisältöä ja keskusteltiin työn laajuudesta sekä siitä, mikä työn ongelmakohta oli. Opinnäytetyön aiheeksi rajattiin suunnitteluohje, jonka avulla suunnittelija pystyy määrittelemään sidontapisteiden lukumäärän sekä paikan. Ensimmäisessä palaverissa sovittiin seuraavista välipalavereista, jossa seurataan opinnäytetyön etenemistä, sekä annettiin ohjeita mitä asioita kannattaa aluksi selvittää ja keihin ihmisiin olla yhteydessä.

Ennen varsinaisen opinnäytetyön kirjoittamisen aloittamista tehtiin opinnäytetyösuunnitelma, jossa ilmeni mitä asioita selvitetään ja mistä sisällysluettelo koostuu. Työhön tehtiin myös suuntaa antava aikataulukaus.

7.2 Työn eteneminen

Kun työn aloittamiseen oli saatu lupa ja ensimmäinen palaveri pidettyä, aloitettiin selvittämään maantiekuljetuksiin liittyviä olennaisia asioita. Olennaisia asioita olivat muun muassa kuormansidonta, sidontavälineet, vaatimukset kuormitusvoimille sekä muuntajien kuljetuksiin käytettävä kuljetuskalusto.

Toisen palaverin aikana nostettiin esille idea, että muuntajat jaetaan tiettyihin painoluokkiin ja kuhunkin painoluokkaan tulisi vakiomäärä sidontapisteitä. Palaverin

yhteydessä päätettiin, että käydään kaikki vuonna 2016 suunnittelusta valmistuneet muuntajat, ainakin jollain tasolla läpi. Sidontapisteiden lukumäärä, sijoittelu ja esteetöntä sidontaa hankaloittavat esteet eivät olleet niin hyvin tiedossa, että mahdollista ohjetta olisi voinut ryhtyä tekemään.

Valmistuneita muuntajia läpikäydessä tultiin siihen tulokseen, että vakiomäärä sidontapisteitä kuhunkin painoluokkaan ei ole paras mahdollinen idea. Tietyillä painoluokalla tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että kaikkiin 25 000-50 000 kg painaviin muuntajiin sijoitettaisiin saman verran sidontapisteitä. Vakiomäärä sidontapisteitä ei ole periaatteessa mahdollinen, koska jokainen muuntaja on yksilö, joka valmistetaan asiakkaan toiveiden mukaisesti ja halutuilla lisävarusteilla. Joten jos jäähdyntyyppinä käytetään esimerkiksi vesijäähdytystä ja se sijoitetaan muuntajan pitkälle sivulle, on sinne käytännössä mahdoton sijoittaa sidontapisteet samalla tavalla kuin muuntajaan, jossa seinällä ei ole sidontaa vaikeuttavia varusteita.

Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin minkälaisella kalustolla kuljetusyrietykset kuljettavat muuntajia. Käytettävistä laveteista saatiin 2D-kuvat, joiden perusteella mallinnettiin suunnittelijoiden käytössä olevalla PTC Creo Parametric 2.0 ohjelmalla 3D-mallit. Yhtenä tärkeimpänä tarkoituksena oli myös, että sidontapisteet sijoitetaan muuntajan seinille sellaisiin paikkoihin, että pystytään tekemään sidontavaiheessa esteetön sidonta. Mallinnettuja lavetteja oli yhteensä 7 kappaletta, jotka kattavat kaikki painoluokan muuntajat. Ideana lavettien mallinnuksessa oli, että suunnittelija pystyy sijoittamaan kuljetuskunnossa olevan muuntajan sille sopivalle kuljetuslavetille ja piirtämään kuljetussidontoja esittävät viivat lavetissa oleviin sidontapisteisiin. Näin pystytään tarkistamaan onko sidonta mahdollisesti esteetön ja alle 60 asteen kulmassa.

Todettiin, että sidonnat saadaan selkeästi näkyviin 3D-malliin, kun lavetit otettiin mukaan käyttöön. Tämän jälkeen alettiin kehittämään Excel-ohjelmalla laskentataulukkoa, jolla pystytään laskemaan kuinka paljon muuntajasta jää jäljelle sidottavaa painoa tietyllä kitka-arvolla. Lisäksi laskentaan otettiin mukaan se paljonko sidontakiristimet tuottavat kitkavoimaa lisää muuntajan ja lavetin välille, kun kiristimet sijoitetaan 0-60 asteen kulmaan. Työkalu näyttää kuinka paljon muunta-

jan painosta jää sidottavaa massaa jäljelle ja näyttää paljonko suunnittelijan on sijoitettava kiinnityspisteitä eteenpäin estäville voimille sekä sivuille ja taaksepäin estäville voimille. Laskentatyökalulla voidaan laskea kitkan tuottama hyöty myös sidonnoille, jotka ylittävät 60 asteen. Tämän kaltaisia sidontoja käytetään jos halutaan mahdollisimman suuri hyöty kitkavoiman avulla tai sidontaa ei ole mahdollista laittaa loivempaan kulmaan, mutta silloin suunnittelijan on huomioitava, että sidontavälineestä ei saa laskea koko nimellislujuutta enää hyödyksi muuntajan liikkeeseen estäviin voimiin.

7.3 Ohjeen rakenne

Laskentatyökalun käyttöohje pyrittiin saamaan hyvän käyttöohjeen mukaiseksi. Excel-ohjelman pohjaan on tehty kaksi sivua, jossa teoriapohjainen sivu ja laskentatyökalu käyttöohjeineen on jaettu eri sivuille. Ohjeeseen on pyritty sisällyttämään kaikki oleellinen asia, jotta se olisi helposti lähestyttävä ja laskentatyökalu olisi mahdollisimman yksinkertainen käyttää.

Ohjeen alussa on teoriaosuus, jossa kerrotaan kuljetukseen liittyvistä perusasioista. Perusasioilla tarkoitetaan tietoa kuorman sidonnasta, sidontavälineistä ja kuorman varmistamisesta. Ensimmäisellä sivulla selitetään myös kuinka laskentatyökalussa sidontavälineiden kulmat muuttaa kiristimien tuottamaa kitkan määrää ja kuinka sidontavälineitä lisäämällä ja kitkaa muuttamalla muuntajan sidottava paino muuttuu.

Toisella sivulla on laskentatyökalu, johon on selitetty vaihe vaiheelta kuinka edetään askeleittain lopputulokseen, jossa muuntaja on sijoitettu kuljetuslavetille, sidontoja esittävät viivat piirrettyinä sekä sidontavälineiden kulmat sijoitettuna laskentataulukon. Tämän jälkeen voidaan tarkistaa onko kiinnityspisteitä riittävästi, että saadaan lain vaatimat sidonnat tehtyä. Samalla sivulla on esitetty myös kuvien kanssa muutama esimerkki kuinka laskelmat ja sidonnat tehdään.

8 YHTEENVETO

Tavoitteena työssä oli tehdä kuormansidontapisteiden sijoittelusta ja lukumäärästä suunnitteluohje. Suunnitteluohjeen avulla suunnittelijan on mahdollista varmistaa, että lainsäädännön minimivaatimukset täyttyvät ja tuote on mahdollista kuljettaa turvallisesti perille.

Yksi tärkeimmistä tavoitteista oli myös, että kuormansidontapisteet sijoitellaan paikkoihin, joihin kuljetusliikkeen kuljettaja pystyy sitomaan kuorman esteettömästi ja lain mukaisin keinoin, eikä tulisi tilanteita, että sidontoja tehtäessä huomataan, että sidontoihin tarkoitetuista kuormansidontapisteistä sidonta ei ole mahdollinen.

Työn lopputuloksena suunnittelijoiden käyttöön mallinnettiin kuljetusliikkeiden käyttämät kuljetuslavetit kullekin painoluokalle. Suunnittelijoille luotiin myös laskentatyökalu, jonka avulla suunnittelija pystyy laskemaan kuinka paljon muuntajasta jää sidottavaa massaa jäljelle tietyllä määrällä sidontoja sekä kuinka paljon eteen-, sivuille- ja taaksepäin liikettä estäviä sidontoja on oltava. Laskentatyökälulle luotiin myös käyttöohje samaan Excel-pohjaan, jotta suunnittelija ymmärtää mistä mitkäkin arvot koostuvat ja kuinka ohjelmaa käytetään.

Työ oli alussa haastava, mutta myös opettavainen. Työ aloitettiin aloituspalaverilla, jossa käytiin läpi työn aikana käytäviä asioita ja keihin yhteyshenkilöihin kannattaisi olla yhteydessä. Työn edetessä saatiin kerättyä lisää aiheeseen liittyvää tietoa ja alkoi syntyä järkevämpiä ideoita. Noin puolessa välissä projektia todettiin, että kuormansidontapisteiden sijoittelulle ei voida määrittellä tarkkoja paikkoja, koska jokainen valmistunut muuntaja on yksilö. Siitä saatiin idea kokeilla mallintaa suunnittelun käyttöön kuljetusliikkeillä olevat kuljetuslavetit ja katsoa pystytäänkö niiden avulla tarkistelemaan onko sidonta esteetön. Testien perusteella idea vaikutti mahdolliselta. Tämän jälkeen suunniteltiin laskentatyökalu, jota pystytään hyödyntämään mallinnettujen kuljetuslavettien kanssa.

Valmistuneen laskentatyökalun ja käytettävien lavettien toimivuus tullaan näkemään vasta useiden käyttöjen ja niistä saatujen kokemusten perusteella. Tällä ta-

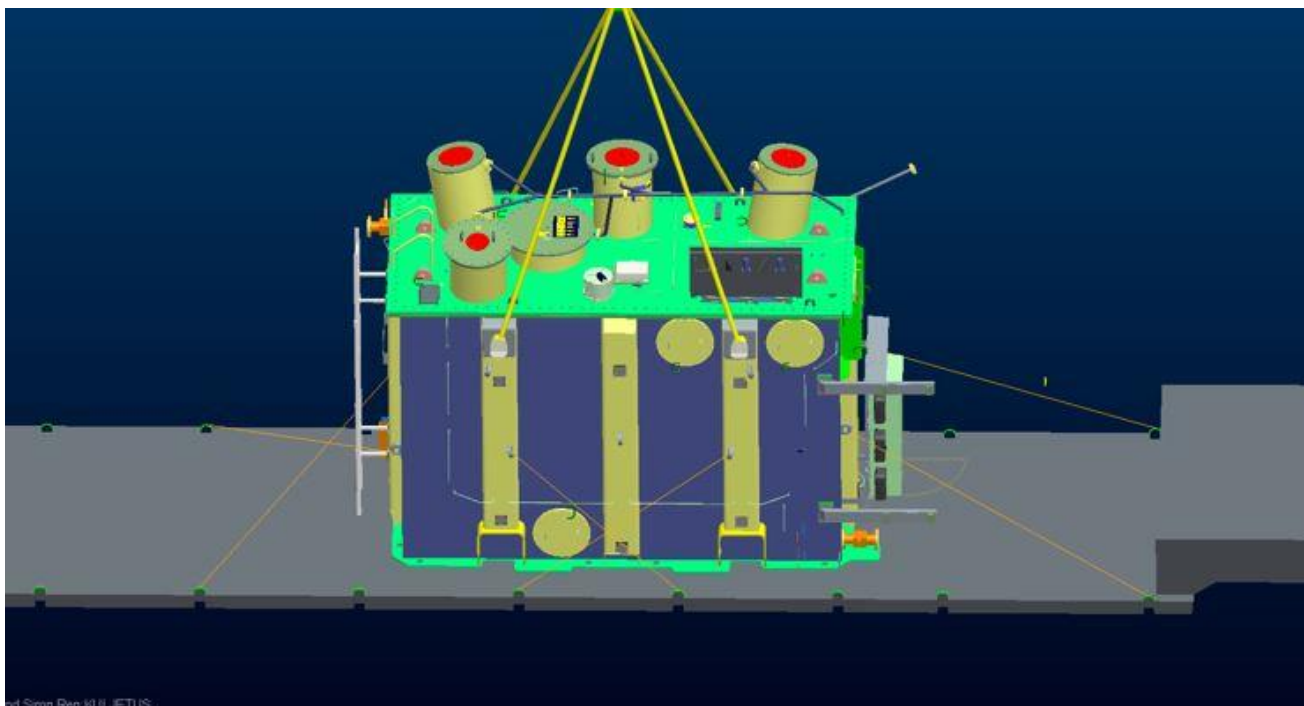
voin laskentatyökalu ja sen käyttö tulee varmasti muokkautumaan parempaan suuntaan.

Jatkokehittäessä kokonaisuutta, tulee tämänhetkinen laskentatyökalu toivottavasti olemaan pohjana uusille ideoille. Yhtenä jatkokehitysideana olisi, että kuljetusliikkeet toimittaisivat täydellisesti kuljetuslavetteja vastaavat mallit suunnittelijoille, koska 2D-kuvia mallintaessa, ei kaikkia kiinnityskohtia ole mahdollista havaita. Mikäli täysin oikeita kuljetuslavetteja vastaavat mallit olisi saatavilla, pystyttäisiin periaatteessa jo suunnitteluvaiheessa kuljetuskuvaan merkitsemään tulevat sidonnat sekä kumpi puoli edellä muuntaja kuljetetaan. Tämä nopeuttaisi ja selkeyttäisi myös merkittävästi kuljettajien toimintaa tehtaalla.

LÄHTEET

- /1/ ABB Oy, Transformers. Viitattu 20.2.2017.
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/transformers>
- /2/ ABB Suomessa 125 vuotta. Viitattu 20.1.2017
http://www.easyfairs.com/uploads/tx_ef/ABB_Suomessa_125_v.pdf
- /3/ ABB Suomessa avainluvut. Viitattu 19.4.2017.
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/avainluvut>
- /4/ ABB Suomessa. Viitattu 19.4.2017.
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /5/ Autokoulun kuorma-autokirja. 2009. Opetustarvike Oy. Keuruu.
- /6/ Euroopan unioni. 2014. Kuorman varmistaminen tieliikenteessä. Viitattu 30.3.2017
http://www.logy.fi/media/liitetiedostot/lastiturvallisuus/eu_bpg_fi.pdf
- /7/ Haklift. Tuoteluettelo 2016. Viitattu 6.4.2017.
http://www.e-julkaisu.fi/haklift/tuoteluettelo_2016/
- /8/ Hokkanen, S., Inkinen, M. & Käenmäki, J. 2008. Tavaraliikenneyrittäjä. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- /9/ Korpela, J. Ohjeen kirjoittaminen. 1996. Viitattu 12.4.2017
<https://www.cs.tut.fi/~jkorpela/kirj/7.7.html>
- /10/ Kuormasidonnan käsikirja. Lorda ry 2004. Viitattu 20.2.2017.
<http://docplayer.fi/1506934-Kuormasidonnan-kasikirja-copyright-lorda-ry-2004-1-painoksen-pdf-versio.html>
- /11/ Logistiikkaselvitys 2016. Turun kauppakorkeakoulu. Viitattu 21.3.2017.
<http://blogit.utu.fi/logistiikkaselvitys/wp-content/uploads/sites/92/2016/11/Logistiikkaselvitys202016.pdf>
- /12/ Muuntajatekniikan perusteet. 2007. Opintomoniste. ABB:n sisäisen koulutusmateriaali.
- /13/ Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry. 2011. Kuljettajan käsikirja. Helsinki. Kirjaamo Trafi.
- /14/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2016. Tuotteiden käyttöohjeet ja turvallista käyttöä koskevat merkinnät. Viitattu 12.4.2017
http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/Tuotteiden_kaytto-ohjeet_opas.pdf

LIITE 1



1. Vaihe: Muuntajan paino kohtaan merkitään muuntajan kuljetuspaino.
2. Vaihe: Valitaan muuntajan massalle sopiva lavetti ja sijoitetaan muuntaja n. keskelle lavettia sekä se puoli kuljetussuuntaan päin, johon sidontapisteitä on vaikeampi sijoittaa. Esteenä esimerkiksi moottorinohjain.
3. Vaihe: Tarkistetaan onko AJ-seinän sidontakorvista sidonta esteetön (Jos näyttää epävarmalta, voidaan tarkistaa curve-toiminnolla)
4. Vaihe: Mikäli kyllä, piirretään curve-toiminnolla sidontavälineitä kuvaavat viivat lavetissa oleviin kiinnityspisteisiin
5. Vaihe: Mikäli ei, lisätään sidontakorvia esteettömän sidonnan mahdollistamiseksi ja piirretään curve-toiminnolla sidontavälineitä kuvaavat viivat lavetissa oleviin kiinnityspisteisiin.
6. Vaihe: Tarkistetaan esim. AJ-seinällä olevien sidontojen asteet ja merkitään ne kohtaan 1. kulma asteina. Mikäli toinen sidontakulma eroaa merkittävästi ensimmäisen sidontakulman arvoista, voidaan sidontakulma merkitä kohtaan 2. kulma asteina
7. Vaihe: Toistetaan YJ-seinälle vaiheet 3-6
8. Vaihe: Kun sidontapisteiden kulmat on arvioitu, lisätään 1.kulma asteina sidontapisteiden lukumäärä kohtaan 1. kiristimien lkm. kohtaan
9. Vaihe: Mikäli kulmia on useampia, lisätään 2. kulma asteina kohtaan 2. Kiristimien lkm. Jne.
10. Vaihe: Lisätään muuntajan taakse ja eteen curve-toiminnolla sidontoja esittävät viivat. Molemmissa päissä on oltava sidontapisteitä vähintään 2 kpl

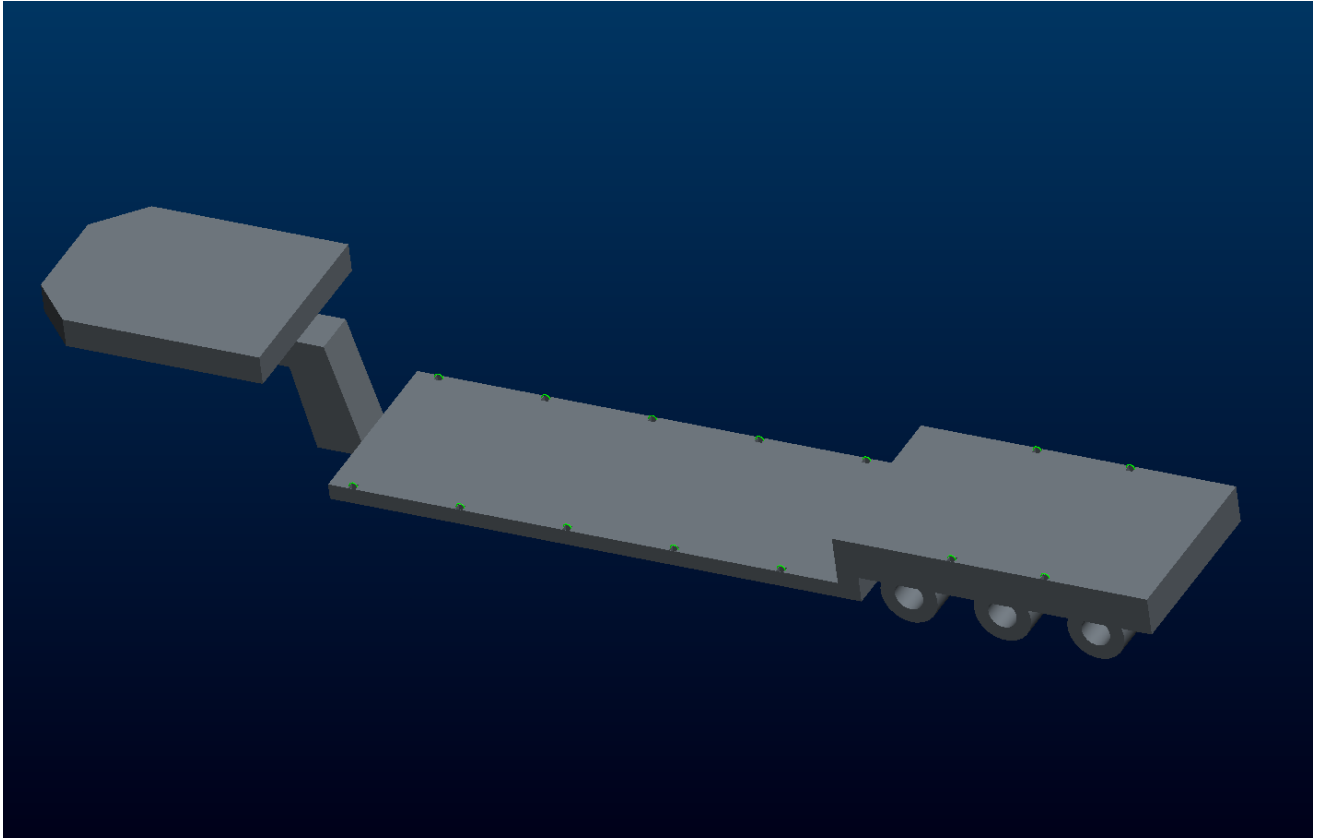
11. Vaihe: Muuntajan sidottava paino kohdasta tarkistetaan kuinka paljon jäljelle jäävä sidottava paino on.
12. Vaihe: Tarkistetaan kuinka paljon eteenpäin estäviä liinoja/ketjuja on oltava ja luku pyöristetään ylöspäin seuraavaan tasalukuun.
13. Vaihe: Tarkistetaan kuinka paljon sivuille ja taaksepäin estäviä liinoja/ketjuja on oltava.
14. Vaihe: Mikäli piirrettyjen sidontaketjujen määrä riittää, ei sidontakorvia tarvitse lisätä.
15. Vaihe: Mikäli näyttää, että estävien sidontojen määrään haluaa lisää varmuutta, voidaan lisätä pystysuoralla sidonnalla lisää kitkan tuottamaa voimaa

Muuntajan paino		62100
1. Kulma asteina	30	0,5
2. Kulma asteina	45	0,7071
3. Kulma asteina	0	0
4. Kulma asteina	0	0
5. Kulma asteina	0	0
6. Kulma asteina	0	0
1. Kiristimen LC	10600	8480
2. Kiristimen LC	10600	8480
3. Kiristimen LC	10600	8480
4. Kiristimen LC	10600	8480
5. Kiristimen LC	10600	8480
6. Kiristimen LC	10600	8480
Kitka	0,3	
1. Kiristimien lkm.	2	
2. Kiristimien lkm.	2	
3. Kiristimien lkm.	0	
4. Kiristimien lkm.	0	
5. Kiristimien lkm.	0	
6. Kiristimien lkm.	0	
1. Kiristimien tuottama kitka		2544
2. Kiristimien tuottama kitka		3597,8
3. Kiristimien tuottama kitka		0
4. Kiristimien tuottama kitka		0
5. Kiristimien tuottama kitka		0
6. Kiristimien tuottama kitka		0
Yhteensä		6141,8
Kitka		0,7
Muuntajan sidottava paino		37328
Eteenpäin estäviä liinoja/ketjuja oltava		3,733
Sivuille ja taaksepäin estäviä liinoja/ketjuja oltava		1,866

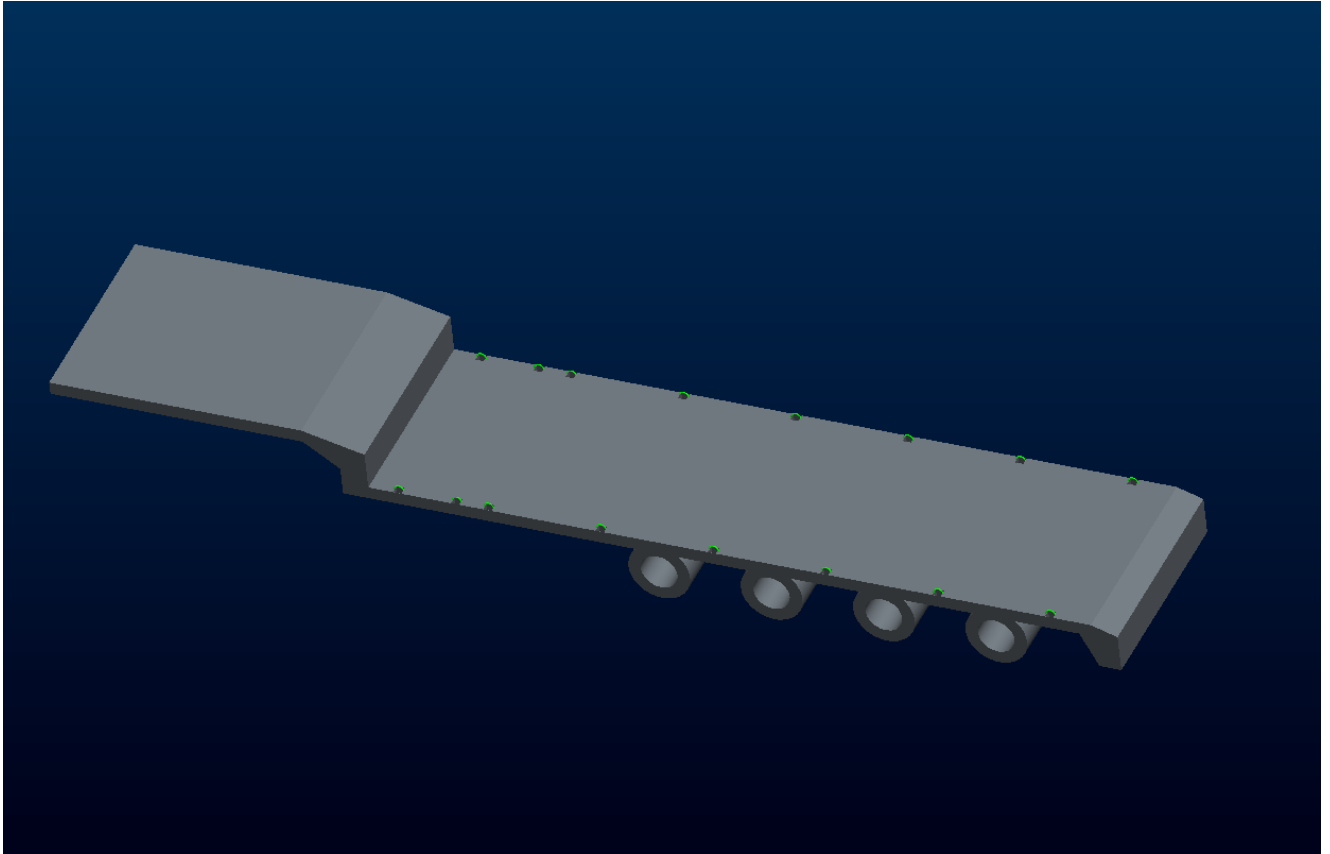
LIITE 2



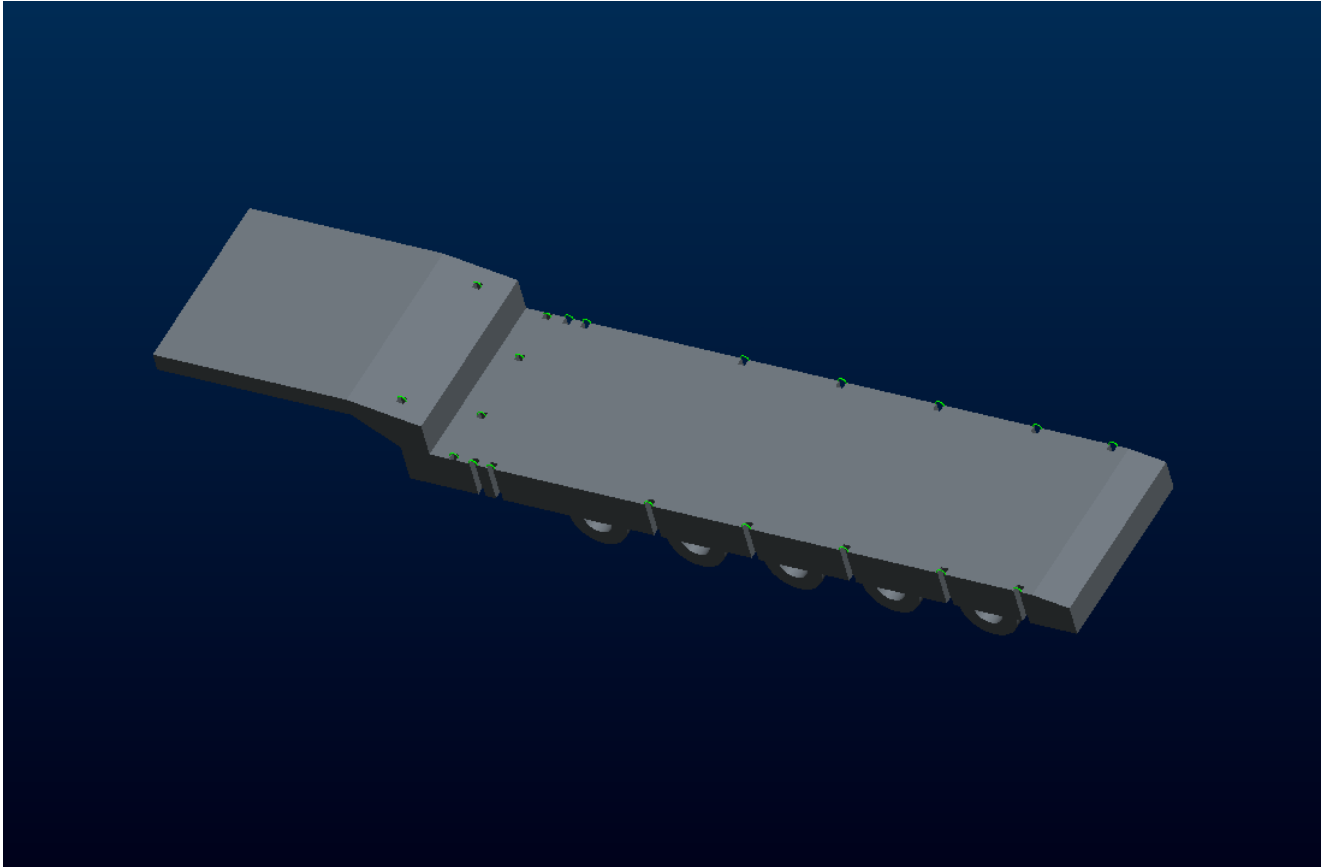
LIITE 3



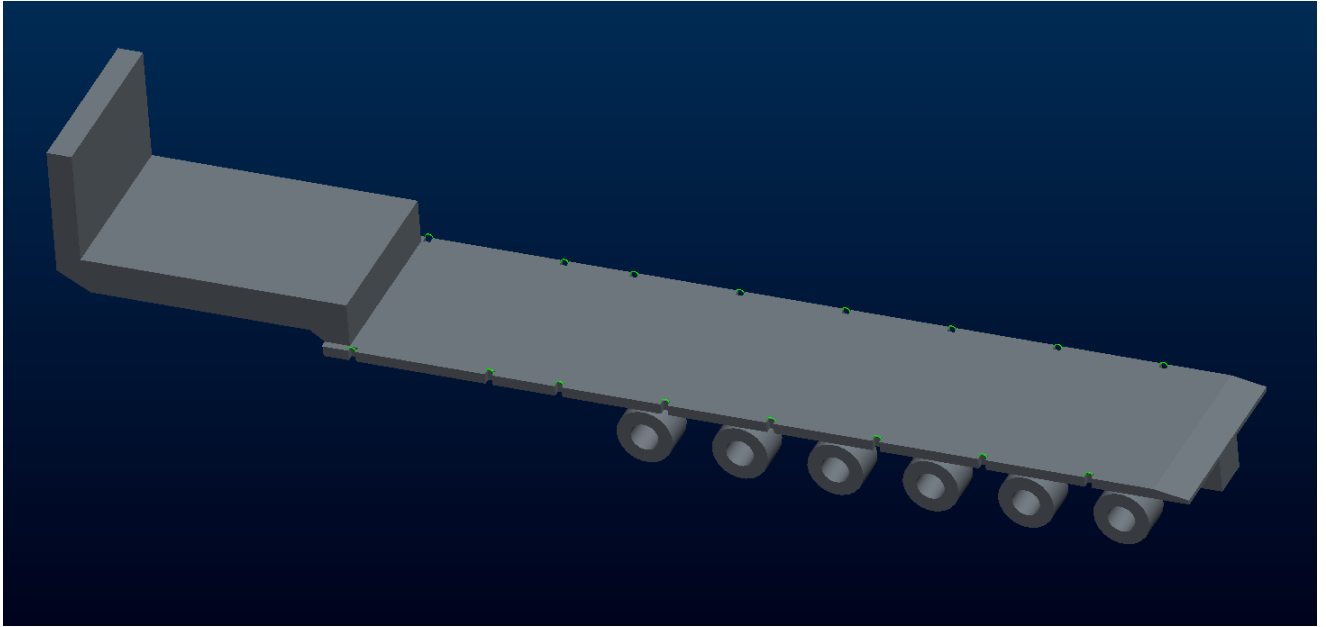
LIITE 4



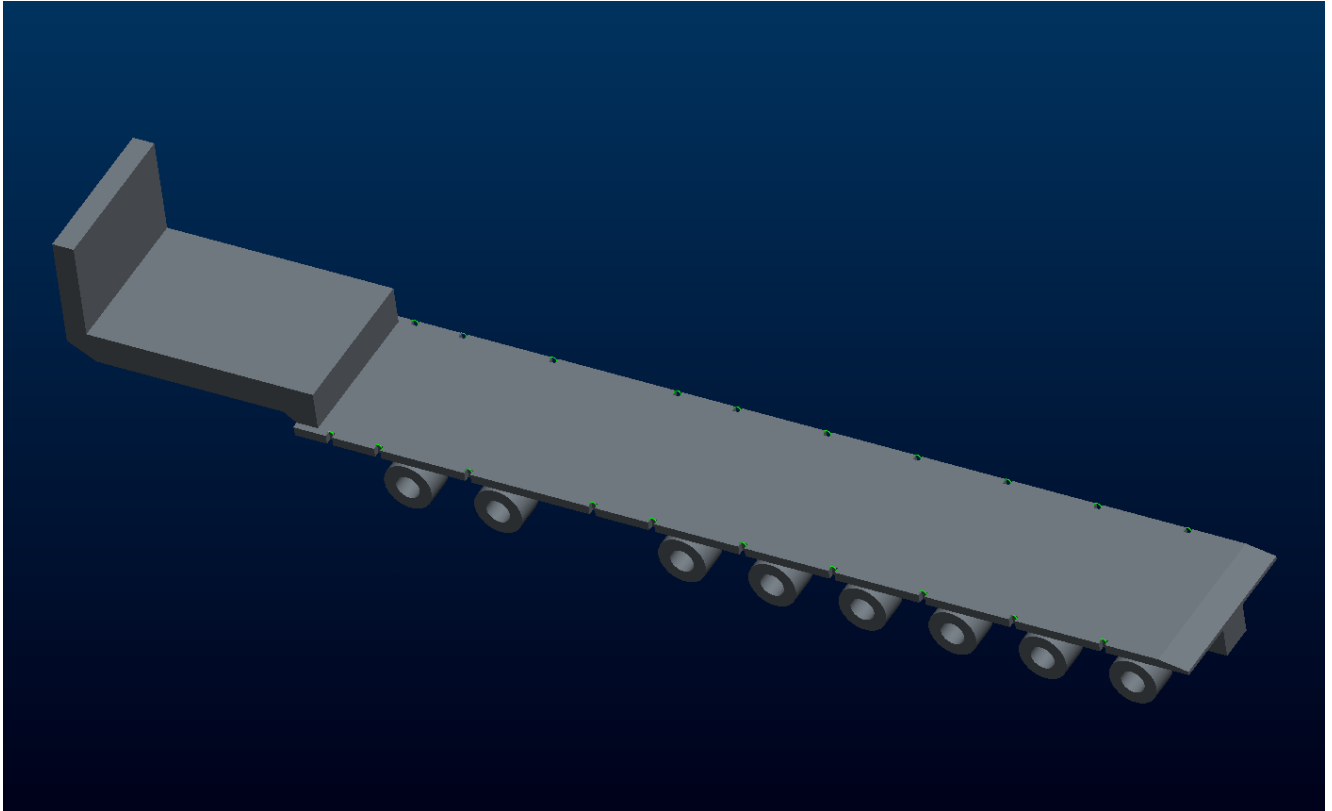
LIITE 5



LIITE 6



LIITE 7



LIITE 8

