



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Janne Hautala

# KEROSIINILAITOKSEN KULJETTIMEN KEHITTÄMINEN

ABB Oy Transformers

Tekniikka ja liikenne  
2016

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Janne Hautala
Opinnäytetyön nimi	Kerosiinilaitoksen kuljettimen kehittäminen
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	56 + 6 liitettä
Ohjaaja	Marko Rantasalo

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ABB Oy Transformers -yksikön kerosiinilaitokselle uusi, nykyisen kuljettimen korvaava kuljetinratkaisu. Lisäksi tehtävänä oli tuottaa riittävät tekniset tiedot kuljetinratkaisun hankintatoimien aloittamiseksi. Nykyisen kuljetinratkaisun ongelmana oli kuljetusvaunujen jääminen kerosiinilaitoksen uuniin kuivausprosessin ajaksi. Tämä aiheutti ongelmia vaunujen laakereille sekä kuivausprosessin puhtausvaatimuksille.

Tehdasympäristössä erittäin raskaiden kappaleiden siirtäminen ylhäältä katettuihin tiloihin esimerkiksi siltanosturilla, on usein mahdotonta. Erilaiset kuljettimet, kuten ilmatyyny-, pyörä- ja kiskokuljettimet soveltuvat tällaiseen tarkoitukseen erittäin hyvin. Opinnäytetyössä kartoitettiin kuljettimia tuottavat valmistajat, joiden internetsivuillaan antamien tietojen pohjalta saatiin vertailutietoa siitä minkä tyyppinen kuljetin olisi kaikkein sopivin kerosiinilaitoksen linjalle. Linjan olosuhteet selvitettiin haastatteleamalla kerosiinilaitoksen kuljettimen käyttäjiä ja huoltohenkilöstöä sekä tutkimalla arkistojen dokumentteja. Lisäksi kuljetinratkaisun kannalta tärkeimmät kohteet mitattiin, kuljettimen ja paletin toimintamittojen selvittämiseksi.

Nykytilanteen kartoittamisessa selvisi käytössä olevan kuljetinratkaisun suurin ongelma, joka oli kuljetinvaunujen liikkuvien osien voiteluaineiden nopea kuivuminen ja sen tuomat ongelmat. Yhtä merkittävä ongelma oli kerosiinilaitoksen uuniin vaunujen mukana kulkeutuvat epäpuhtaudet. Vaunujen aiheuttama ongelma saatiin ratkaistua korvaamalla vaunut paletteilla, eli teräksisillä kuormalavoilla. Kuljetintyyppiksi valittiin langattomasti ohjattava, akkukäyttöinen kiskokuljetin, joka tasakantisena pystyisi ajamaan palettien alta. Perusteina kiskokuljettimen valintaan olivat muiden kuljettimien aiheuttamat laajemmat muutostyöt kerosiinilaitoksen linjalle.

## ABSTRACT

Author	Janne Hautala
Title	Development of the Transport System for a Vapour Phase Drying Plant
Year	2016
Language	Finnish
Pages	56 + 6 Appendices
Name of Supervisor	Marko Rantasalo

---

The objective of this thesis was to research and make a plan for a new solution of the current transporter of the vapour phase drying plant (VPD) for ABB Oy Transformers, as well as providing necessary technical information for the procurement process. The problem of the current rail guided transport system was that the carts of the transport system were left in the VPD plants oven during the drying process. This caused problems for the bearings of the carts and reduced the cleanliness level of the drying process.

Transferring extremely heavy parts inside the factory to top covered areas is often impossible with a crane. Pallet transporters, such as rail, wheel and air film transporters are very suitable for this type of transportations. Pallet transporter manufacturers were searched from the internet, and the information given on their websites was used in this thesis to compare which transport type was the most suitable for the production line at a VPD plant. The conditions of the production line at the VPD plant were researched by interviewing the plant operators and maintenance personnel as well as investigating archived documents. Important dimensions in the VPD line were measured to be used in creating the functional dimensions for the new transport system.

By investigating the current situation it was found out that the main problem was in rapid drying of lubricants in the bearings and other moving parts of the transporter cart which caused wearing and problems in operating the transporter. An equally important reason was that the carts were carrying impurities to the oven of the VPD plant. Problems that carts caused were solved by replacing them with steel pallets. The selected transporter type was a battery operated and remote controlled rail pallet with a flat deck. The reason for the selection of the rail transporter was that the other transport types would have caused larger modification operations to the production line of the VPD plant.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	KULJETTIMEN NYKYTILANTEEN KARTOITUS .....	10
	2.1 Kerosiinilaitos .....	10
	2.1.1 Toimintakuvaus.....	11
	2.1.2 Kerosiinilaitoksen linjan layout .....	11
	2.2 Kerosiinilaitoksen kiskokuljetin .....	12
	2.2.1 Tekniset ominaisuudet .....	13
	2.2.2 Toimintakuvaus ja operointi .....	14
	2.2.3 Kuljettimen ongelmat ja vaikutukset kuivausprosessiin.....	16
3	KULJETINTYYPIJÄ VALMISTAJAT .....	20
	3.1 Ilmatyynykuljettimet.....	20
	3.1.1 Toimintakuvaus ja käyttövaatimukset.....	21
	3.1.2 Vahvuudet ja heikkoudet.....	22
	3.2 Kiskokuljettimet.....	23
	3.2.1 Toimintakuvaus ja käyttövaatimukset.....	23
	3.2.2 Vahvuudet ja heikkoudet.....	24
	3.3 Pyöräkuljettimet .....	24
	3.3.1 Toimintakuvaus ja käyttövaatimukset.....	25
	3.3.2 Vahvuudet ja heikkoudet.....	25
	3.4 Muita kuljetustapoja.....	25
	3.5 Kuljetinvalmistajat .....	26
4	UUDEN KULJETINRATKAISUN SUUNNITELMA .....	27
	4.1 Eri kuljetintyyppien soveltuvuus kerosiinilaitokselle .....	27
	4.1.1 Ilmatyynykuljettimet .....	27
	4.1.2 Kiskokuljettimet .....	28
	4.1.3 Pyöräkuljettimet .....	29
	4.1.4 Nykyisen kuljettimen kustomointi .....	29

4.2 Paletti .....	30
4.2.1 Paletin suunnittelu.....	30
4.2.2 Paletin teräsrakenteen lujuuslaskenta.....	31
4.2.3 Mallintaminen ja piirustusten teko.....	42
4.2.4 Valmistusohjeet.....	43
4.3 Uusi kuljetinratkaisu .....	44
4.3.1 Ominaisuudet .....	45
4.3.2 Toimintamitat.....	46
4.3.3 Tarvittavat muutokset kerosiinilinjalle .....	49
4.3.4 Kiskokuljetinvalmistajat .....	50
5 YHTEENVETO .....	52
LÄHTEET.....	54

## LIITTEET

**KUVALUETTELO**

<b>Kuva 1.</b> Nykyinen kiskokuljetin. Ajolaite kytkettynä vetävään vaunuun.	12
<b>Kuva 2.</b> Ajolaitteen moottorin tyyppikilpi.	14
<b>Kuva 3.</b> Ajolaitteen kohdistaminen vetävään vaunuun.	15
<b>Kuva 4.</b> Uunin edessä oleva kynnyks ja kääntökisko kynnyksen yli.	16
<b>Kuva 5.</b> Laakerirasvat olivat kuivaneet pölyksi kerosiinikuivauksessa.	17
<b>Kuva 6.</b> Osa rullalaakerien rullista oli kääntynyt laakeripakan sisällä.	17
<b>Kuva 7.</b> Käyttövuodet näkyivät kardaniakselien kytkinpintojen kulumana.	18
<b>Kuva 8.</b> Ajolaitteen vasen pyörä kynnyksen ongelmakohdassa.	19
<b>Kuva 9.</b> Havainnekuva ilmatyynykuljettimen toimintaperiaatteesta.	21
<b>Kuva 10.</b> Palkin poikkileikkauksen parametrit.	32
<b>Kuva 11.</b> Poikkipalkki- ja teräslevykantinen paletti.	43
<b>Kuva 12.</b> Teräslevykantisen paletin etuprojektio.	43
<b>Kuva 13.</b> Kiskopyörän mitat HE-palkkikantiselle paletille.	46
<b>Kuva 14.</b> Etuprojektio kiskokuljetinyhdistelmän mallista.	47
<b>Kuva 15.</b> Kiskokuljettimen mitat poikkipalkkipaletille. Etupuolelta kuvattuna.	48
<b>Kuva 16.</b> Kiskokuljettimen mitat teräslevypaletille. Etupuolelta kuvattuna.	48
<b>Kuva 17.</b> Kiskokuljetin alhaalta kuvattuna, lyhyellä rungolla.	49
<b>Kuva 18.</b> Kuljettimen sijoittuminen palettien keskelle.	49
<b>Kuva 19.</b> Kerosiinilaitoksen uuni ja kuljetinyhdistelmä edestä kuvattuna.	50

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Kerosiinilaitoksen pohjakaavio

**LIITE 2.** Kuljetusvaunun mittapiirustus

**LIITE 3.** Kerosiinilaitoksen prosessikaavio

**LIITE 4.** Kuljetinvalmistajat

**LIITE 5.** Kuljettimen spesifikaatiot englanniksi

**LIITE 6.** Kiskokuljetinvalmistajat

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä alustavat suunnitelmat toimeksiantajan, ABB Oy Transformers, Vaasan muuntajatehtaan kerosiinilaitoksen kuljettimen kehittämiseksi. Kerosiinilaitoksen tehtävänä muuntajatehtaalla on poistaa ilmankosteus muuntajien aktiiviosista tyhjiökuivausmenetelmällä. Muuntajien aktiiviosat kuljetetaan raskaiden taakkojen siirtämiseen tarkoitettulla kiskokuljettimella kerosiinilaitoksen tyhjiösäiliöön.

Nykyinen kiskokuljetin on ollut käytössä kerosiinilaitoksen käyttöönotosta lähtien, vuodesta 1989. Kuljettimen käyttöikä näkyi kulumisena ja huollettavien kohteiden lisääntymisenä. Kiskokuljettimen toimintaperiaate on kerosiinilaitoksen olosuhteisiin nähden epäedullinen. Kuljetin koostuu kahdesta vaunusta ja niihin kytkettävästä ohjauslaitteesta, jossa on kuljettimen voimanlähde sekä hallintalaitteet. Kuljettimen vaunut jäävät muuntajan aktiiviosien kanssa kerosiinilaitoksen uuniin kuivausprosessin ajaksi. Tämä on aiheuttanut ongelmia kuljettimen toimintaan, koska vaunujen liikkuvien osien voiteluaineet kuivavat ja liukenevat kuivausprosessin aikana.

Uudeksi kuljetinjärjestelmäksi valittiin kiskoilla kulkeva palettikuljetin. Valinta perustuu uuden kuljettimen käyttöönotosta aiheutuvien asennus- ja muutostöiden minimointiin. Lisäksi palettiratkaisulla saadaan vähennettyä kuljettamisesta aiheutuvia epäpuhtauksia kuivausprosessiin. Uusi kuljetin tulee parantamaan myös työturvallisuutta sekä nopeuttamaan aktiiviosien kuljettamista.

ABB Oy Transformers kuuluu ABB:n teollisuuskonserniin, jonka pääkonttori sijaitsee Zürichissä, Sveitsissä. ABB Oy:n Vaasan muuntajatehtaan tuotevalikoimaan kuuluu sähkölaitosmuuntajia ja erikoismuuntajia, kuten uuni- ja tasasuuntaajamuuntajia, laiva- ja offshore-muuntajia, uuni- ja tasasuuntaajamuuntajia, taajuusmuuttajakäyttöjen ja rautateiden sähköistysverkon muuntajia sekä reaktoreita 63 MVA:n tehoisiin ja 170 kV:n jännitteisiin asti. Muuntajahuolto kuuluu myös Vaasan muuntajatehtaan vastuualueelle. ABB:n Transformers-yksikkö Suomessa, vastaa pienitehoisten erikoismuuntajien kehityksestä maailmanlaajuisesti /1/.



Muuntajien valmistus Suomessa, Strömbergin toimesta, alkoi Helsingistä 1910- luvulla ja siirtyi Vaasaan toisen maailmansodan jälkeen. Kaksi muuntajatehdasta rakennettiin 1950- luvun alussa Dynamotien ja Strömbergin puistotien varrelle. Strömberg ja Kymi kymmenen fuusioituivat vuonna 1983. Asea ja Brown Boveri yhdistivät sähkötekniset liiketoimintansa vuonna 1988, jolloin muodostui suomalainen tytäryhtiö ABB Oy, Strömbergin ydintoiminnan ympärille. Myöhemmin 1990- luvulla Vaasan muuntajatehtaat tunnettiin ABB Transmit- ja 2000- luvun alusta ABB Transformers nimisenä. Muuntajien valmistus jakautui pääosin siten, että Strömbergin puistotien tehtaalla valmistettiin suurmuuntajia ja Dynamotien tehtaalla jakelumuuntajia. Vuodesta 2005 lähtien Vaasan muuntajatehtailla valmistus on keskittynyt enemmän erikoismuuntajien valmistukseen. /2-5/

## 2 KULJETTIMEN NYKYTILANTEEN KARTOITUS

Työn aluksi selvitettiin kerosiinilaitoksen kuljettimen nykytila mahdollisimman tarkasti, teknisten ominaisuuksien, toimintaperiaatteen, operoinnin, historian, kapasiteetin ja laiterikkojen sekä kuljettimen toiminnan vaikutus kuivausprosessiin. Lisäksi kartoitettiin kuljettimen toimintaympäristö, eli kerosiinilaitoksen linjan toimintamitat layoutin (LIITE 1) laatimista varten. Tarkoituksena oli tuottaa yksityiskohtaista aineistoa, jolla voitiin perustella kuljettimen kehittämisen tarpeellisuus sekä hyödyntää saatuja tietoja erilaisten kuljetintyyppien soveltuvuuden arvioinnissa uuden kuljetinratkaisun kehittäessä.

### 2.1 Kerosiinilaitos

Muuntajatehtaan kerosiinilaitos on Micafil Vakuumtechnik AG:n (Nykyään ABB AB Vacuum Plant Division) /6/ valmistama muuntajien aktiiviosien kuivaukseen tarkoitettu kokonaisuus, johon kuului myös kiskokuljettimen toimittaminen. Kerosiinilaitoksen käyttöönottotarkastus oli Vaasassa vuonna 1989, mutta laitos ja kuljetin olivat olleet käytössä aikaisemmin Brasiliassa. Kerosiinilaitoksen tyyppinimi on Micafil VDIII.

Kerosiinilaitoksen tehtävänä on kuivattaa muuntajien aktiiviosien eristeisiin imeytynyt kosteus. Muuntajan aktiiviosaan kuuluvia osia pääpiirteissään ovat kansi, rautasydän ja käämit sekä kytkennät, jotka yhdistävät käämien ensiö- ja toisiovaiheet kannen liittimiin. Käämien ja johdotusten eristeenä käytetään erityistä paperia sekä puuosia, jotka yhdessä mineraaliöljyn kanssa muodostavat sähköä eristävän kerroksen. Erityisesti paperi imee ilmasta vettä, joka heikentää sähköä eristävyttä. Kerosiinikuivausprosessia käytetään uusien aktiiviosien lisäksi myös huoltomuuntajien aktiiviosien kuivaukseen ja puhdistukseen. Kerosiinilaitoksia on edestä ja päältä lastattavia /6/. Vaasan muuntajatehtaan kerosiinilaitoksen uuni on edestä lastattava.

### 2.1.1 Toimintakuvaus

Kerosiinikuivaus on muuntajien kuivausmenetelmänä tehokkaampi ja eristysmateriaaleja vähemmän ikäännyttävä kuin tavalliset lämpösäteilylähdettä käyttävät kuivausmenetelmät. Kerosiinikuivauksessa, laitoksen tyhjiössä olevaan uuniin johdetaan kerosiinihöyryä, joka tiivistyy erityisesti kylmille pinnoille. Lämpö jakautuu aktiiviosien rakenteisiin tasaisemmin ja tyhjiössä voidaan käyttää myös korkeampia lämpötiloja kuin tavallisissa menetelmissä. Tiivistynyt kerosiinihöyry myös puhdistaa liuottamalla muuntajan aktiiviosiin kertyneen lian. /6/

Kerosiinikuivauksen prosessissa uuniin imetään tyhjiö, jonka jälkeen höyrystimestä päästetään kuumaa noin 110–130 asteista kerosiinihöyryä. Lämmitysvaiheita voi olla useita, riippuen aktiiviosien vaatimasta kuivauksen määrästä. Lämmitysvaiheiden välissä uuniin imetään uusi tyhjiö, jolloin vesihöyry pääsee poistumaan. Kuivausprosessi voi kestää yleensä noin 24 tunnista 32 tuntiin. Kerosiinilaitoksen prosesseja ohjataan ABB:n automaatiojärjestelmällä. /7/

### 2.1.2 Kerosiinilaitoksen linjan layout

Kerosiinilaitoksen linjasta päätettiin laatia yksinkertainen layout (LIITE 1), josta näkyisi tärkeimmät mitat ja kohteet. Mittauskohteiksi valittiin käytävän kiskojen kokonaispituus, kulkuväylän- ja raiteiden leveys, uunin mitat sekä virtapistokkeet. Lyhyet mittaukset, kuten raideleveys ja seinämien etäisyydet käytävästä, mitattiin tavallisella rullamitalla. Pidempiä mittauksia varten käytettiin Leica Disto D210 lasermittauslaitetta.

Layoutin laatimisen perusteena oli kuljettimen toimintaympäristön etäisyyksien hahmottaminen paremmin piirroksista kuin yksittäisten mittojen luettelosta. Linjan pohjakuvauksesta on myös mahdollista havaita uuden kuljettimen tarvitsemat muutokset sekä virtalähteiden sijainnit akkujen latausta varten. Pohjakaaviosta huomattiin, että kulkuväylää kaventavia kohteita olivat uunin vasemmalla puolella käytävän palo-ovet sekä oikealla puolella tavarahyllyt.

## 2.2 Kerosiinilaitoksen kiskokuljetin

Muuntajatehtaan kerosiinilaitoksen kiskokuljettimen nykytilanteen kartoittamisessa hyödynnettiin saatavilla olevia teknisiä dokumentteja, eli kokoonpanon osapiirustuksia sekä huoltoraportteja (Kuva 1). Saadut tiedot varmennettiin mittamalla vaunujen ja ajolaitteen toimintamitat käsin rullamitalla, haastatteleamalla kuljettimen käyttäjiä ja huoltohenkilökuntaa. Lisäksi kuljettimesta otettiin useita valokuvia tutkimustyön helpottamiseksi, sillä kaikkien yksityiskohtien kirjaaminen käsin paperille olisi ollut käytännössä hyvin hankalaa. Opinnäytetyön tutkimustyön aloittamisen aikaan, vetävä vaunu oli huollettavana. Tämä mahdollisti rakenteen, ja käytön rasiusten yksityiskohtaisen tarkastelun.

Piirustuksista ja huoltoraporteista ilmeni, että kuljetin on ollut käytössä vuodesta 1989 ja sitä ennen joitakin vuosia Brasiliassa. Kiskokuljettimen piirustusten päivitys ajoittuu vuoteen 1980, joten kuljettimen käyttöäksi voitiin arvioida vähintään 26 vuotta /8/. Lisäksi ajolaitteen laitekilvessä, koneen numeron lisäksi, oli saapumisvuosi 1989.



**Kuva 1.** Nykyinen kiskokuljetin. Ajolaite kytkettynä vetävään vaunuun.

Kiskokuljetin koostuu kahdesta vaunusta, joista toinen on vetävä. Kiskokuljettimen voimanlähteenä toimii ajolaitteen 5,5 kW:n tehoinen sähkömoottori. Kuljetin kytetään kardaanivälitteisesti vetävään vaunuun. Kuljettimeen oli tehty muuntajatehtaalle saapumisen jälkeen joitakin muutoksia. Ajolaitteeseen oli lisätty akkujen latausmahdollisuus aurinkoenergialla ja vaunujen leveyttä oli kavennettu alkuperäisestä 4300 mm:stä 3200 mm:stä.

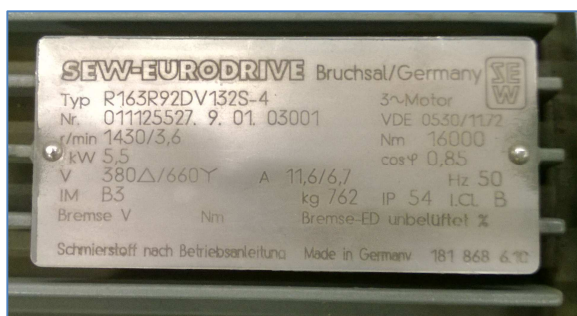
### **2.2.1 Tekniset ominaisuudet**

Piirustusten mukaan kiskokuljettimen ajolaite oli suunniteltu Micafil VDII- projektinimellä ja vaunut Micafil VDIII- projektinimellä ja vaunujen kapasiteetiksi oli mitoitettu 350 tonnia /8/. Vanhan huoltoraportin tiedoissa molempien vaunujen suurimmaksi yhteenlasketuksi kuormaksi ilmoitettiin 400 tonnia /9/. Ajolaitteen piirustukset olivat portugaliksi ja vaunujen saksaksi. Näistä tiedoista voi päätellä, että vaunut on suunniteltu VDIII laitoksen yhteyteen ja ajolaitteena on hyödynnetty VDII- mallia.

Vaunujen yhteenlaskettu pituus oli 11 000 mm, leveys 3200 mm ja korkeus kiskoista kanteen noin 510 mm. Mitat varmennettiin kerosiinilaitoksen linjalla tavallisella rullamitalalla. Rungon materiaalina oli käytetty IPN450-teräspalkkia, kaksi pituussuunnassa ja yhdeksän poikittaista (LIITE 2). Vaunuja tutkittaessa huomatiin, että vaunujen IPN-palkin laippa ja uuma oli hitsattu toisiinsa. Eli palkin laippa ei ollut IPN-standardin /10/ eikä piirustuksessa määritellyn muotoinen, valssaamalla valmistettu palkki. Palkin mitat laipan paksuuden ja leveyden sekä uuman paksuuden ja korkeuden osalta vastasivat IPN- standardia. Vaunujen kansi koostui kahdesta vierekkäisestä teräslevyarkista, joiden ainevahvuus oli noin 24 mm.

Vetävässä vaunussa oli alun perin kahdeksan pyöräparia, mutta yhteensä kaksi pyöräparia, toinen ja kuudes pyöräpari ajolaitteesta laskien, oli poistettu myöhemmin muuntajatehtaalla. Vetävässä vaunussa vetäviä pyöriä on viidessä pyöräparissa, eli yhteensä kymmenen pyörää. Pyörän halkaisija, kiskolla kulkevan pinnan osalta oli 460 mm ja leveys 120 mm. Pyörän kaulus mukaan luettuna halkaisija on 490 mm ja leveys 150 mm.

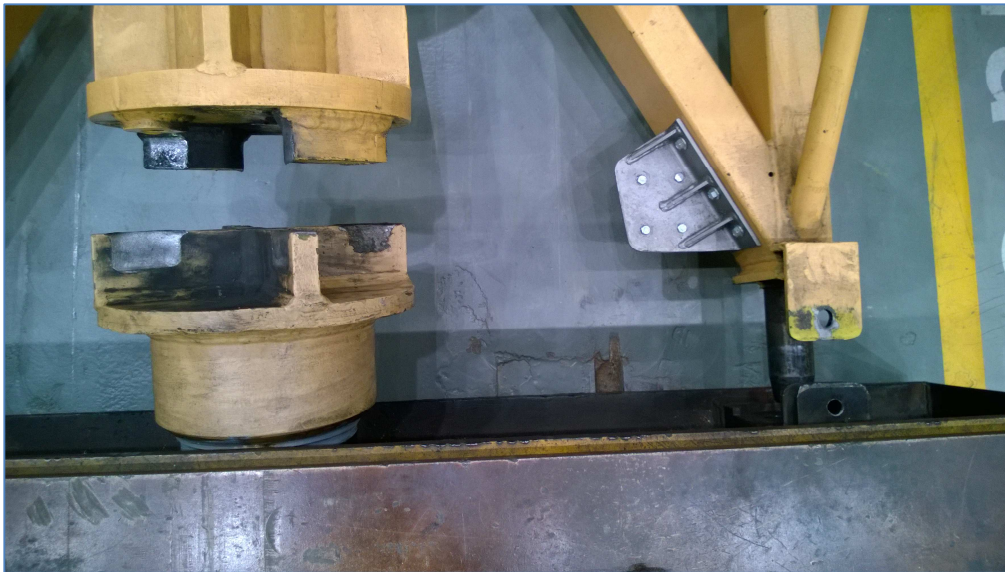
Ajolaitteen runko oli valmistettu 160 x 80 mm suorakaidepalkista ja 42 mm teräsputkesta. Laitteen leveys oli 1680 mm, pituus 3000 mm ja korkeus noin 1350 mm. Ajolaitteen massa jakautui suurimmaksi osaksi kahden nylonpäällysteisen pyörän päälle. Lisäksi edessä on kaksi pienempää pyörää, joista toisen korkeutta voitiin säätää samalla periaatteella kuin auton peräkärryn vetoaisaa. Alkuperäisissä piirustuksissa ajolaitteen rungon painoksi oli merkitty 660 kg, mutta esimerkiksi akkuja ei ollut piirustuksissa huomioitu. Akkuja oli neljä 240 voltin, 240 Ah:n, ja kolme ulkomitoiltaan pienempää 240 V:n, 240 Ah:n akkua. Moottorin käyttöjännite oli 380 V, teho 5,5 kW, kierrosnopeus 50 Hz:n taajuudella 1430 r/min ja vääntö 16000 Nm. Moottorin tekniset tiedot saatiin moottorin valmistajan, Sew-Eurodrive tyyppikilvestä, jossa oli ilmoitettu myös moottorin paino, 762 kg (Kuva 2). Ajolaitteen kokonaismassan arvioitiin olevan noin 1500 kg, kun runko, akut ja alennusvaihde lisätään moottorin painoon.



**Kuva 2.** Ajolaitteen moottorin tyyppikilpi.

### 2.2.2 Toimintakuvaus ja operointi

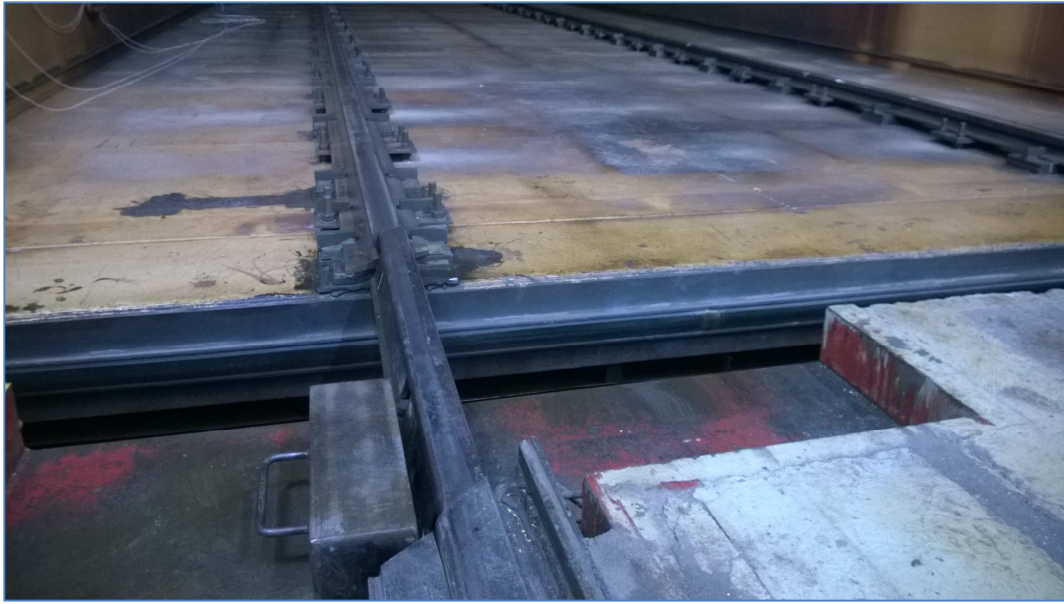
Kerosiinilaitoksen kiskokuljetinta käytetään muuntajien aktiiviosien kuljettamiseen suoraan kiskorataa pitkin, lastauspäästä tyhjiöuniin, ja takaisin lastausalueelle kuivausprosessin jälkeen. Kuljettimen ajolaite kiinnitetään vetävään vaunuun laitteen edessä olevilla kahdella sokkavarmisteisella kohdistustapilla (Kuva 3). Kardaaniakseli kytketään suoralla tähtipäisellä kytkinliitoksella vetävän vaunun kardaaniakseliin. Ajolaite muistuttaa maitokärryjä, joiden lastina on sähkömoottori, voimansiirtomekanismit, akut ja ohjauspainikkeet. Vetävä vaunu liitetään vapaasti kulkevaan vaunuun kahdesta kohdasta sokkapulteilla.



**Kuva 3.** Ajolaitteen kohdistaminen vetävään vaunuun.

Kuljettimen käyttäjä nostaa lastausalueella, siltanosturilla, muuntajien aktiiviosat vaunujen kannelle. Kuorma kuljetetaan kerosiinilaitoksen tyhjiöuunin ovelelle noin 50 metrin pituisen matkan (LIITE 1). Ajolaitteessa on pääkytkin, josta voidaan kytkeä moottorille virta akuilta tai verkosta. Kuorma päällä ajettaessa, akkujen latauksen ollessa vähäinen, laite kytketään yleensä sähköjohdolla 380 voltin verkkovirtaan. Ilman kuormaa käytetään lähes aina akkuja. Pääkytkimen lisäksi ohjauslaatikossa on moottorin käynnistyksen painonappi. Laitteen poikittaisaisassa on painonapit eteen ja taakse, sekä hätä-/seis-painike. Sähkömoottorin kierrosnopeutta voidaan säätää taajuusmuuttajalla 60 Hz asti. Kuljettimen kulkuajaksi, 50 metrin matkalle mitattiin noin kymmenen minuuttia. Pysähtyminen tapahtuu sammuttamalla moottori, koska kuljettimessa ei ole jarruja.

Tyhjiöuunin ovi nostetaan vaijerivetoisesti ylös. Yläasennossa ovi lukittuu lukitus-salpoihin. Uunin edessä oli 480 mm pitkä ja 650 mm syvä kynnyskuilu uunin ovea varten, koska oven alareuna laskeutuu noin 350 mm käytävän lattiatason alapuolelle (Kuva 4). Kynnyskiskot käännetään, jotta käytävän ja uunin kiskot saadaan yhdistettyä, jolloin kuljetin voidaan ajaa uunin sisälle. Ajolaite irrotetaan vaunuista, jotka jäävät aktiiviosien kanssa uuniin sisälle kuivausprosessin ajaksi. Työvaiheet kuljettimen käytöstä on kuvattu prosessikaaviossa (LIITE 3).



**Kuva 4.** Uunin edessä oleva kynnyks ja kääntökisko kynnyksen yli.

### **2.2.3 Kuljettimen ongelmat ja vaikutukset kuivausprosessiin**

Opinnäytetyön aikana kuljettimen vetävä vaunu oli huolettavana noin kuukauden, jolloin pyörien rullalaakerit ja muut liikkuvat osat olivat helposti nähtävillä. Kerosiinilaitoksen kuivausprosessi kuivattaa ja liuottaa laakerirasvat ja muut voiteluaineet tehokkaasti. Tyhjiössä kerosiinihöyry pääsee tunkeutumaan lähes kaikille pinnoille, jotka eivät ole ilmatiiviitä. Laakerien rasva oli kuivunut jauhomaiseksi materiaaliksi (Kuva 5). Raskaasti kuormitettujen metallisten osien liukuminen toisiaan vastaan ilman voiteluaineita, aiheuttaa metallipintojen nopeaa kulumista. Huoltohenkilöstön mukaan osa laakereista ei ollut pyörinyt ollenkaan, vain akseli oli pyörinyt laakerin keskiössä. Lisäksi osa laakerien rullista oli murskautunut ja kääntynyt laakeripakan sisällä (Kuva 6).





**Kuva 5.** Laakerirasvat olivat kuivaneet pölyksi kerosiinikuivauksessa.

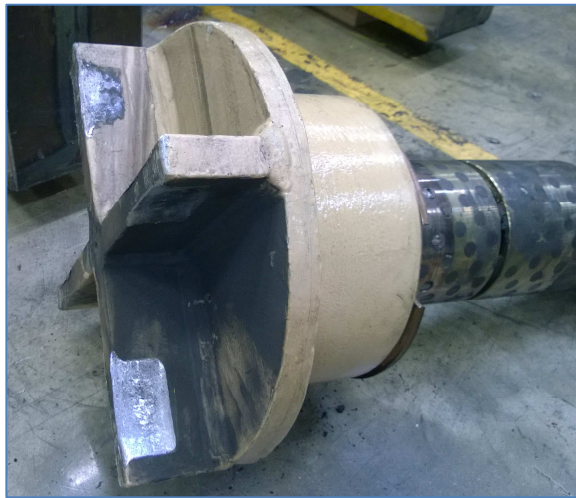


**Kuva 6.** Osa rullalaakerien rullista oli kääntynyt laakeripakan sisällä.

Runsas metallipintojen kuluminen tuottaa erikokoisia metallipartikkeleita vaunujen rakenteisiin, joista osa putoaa tärinän mukana käytävälle tai kerosiinilaitoksen lattialle. Tyhjiöprosessin alku- ja lopetusvaiheessa syntyy ilmavirtauksia, jotka voivat irrottaa irtonaisia metallipartikkeleita vaunujen rakenteista /11/. Muuntajan valmistuksessa puhtaus on erittäin tärkeää. Sähköä johtavaa materiaalia ei saa joutua muuntajan rakenteisiin. Pienikin metallipartikkeli muuntajan sisällä voi aiheuttaa

käyttökuormituksessa valokaaren, joka pahimmassa tapauksessa tuhoaa muuntajan korjauskelvottomaksi. Vaunujen ketjut, hammasrattaat, kardaaniakseli ja pyörät ovat laakerien lisäksi sellaisia osia, joista voi irrota metallia. Erityisesti kardaaniakselin kytkimen kosketuspinoilta oli nähtävissä runsasta kulumista (Kuva 7).

Ajolaitteen sähkömoottorin ja alennusvaihteen kotelo oli siirtynyt ennen huoltoa hieman paikaltaan, koska alennusvaihteen kiinnityspultit olivat löystyneet.



**Kuva 7.** Käyttövuodet näkyivät kardaaniakselien kytkinpintojen kulumana.

Käytävän pituus oli tuottanut ongelmia kuljettimen tarvitseman 380 voltin virtakaapelin osalta niin, että kaapelin pituus ei riittänyt kerosiinilaitoksen uunin perälle asti, vaan kaapeli täytyi aina vaihtaa toiseen pistorasiaan. Lisäksi kaapeli oli joutunut kiskojen ja pyörien väliin, jolloin kaapeli oli katkennut.

Vetävä vaunu oli jäänyt sutimaan epätasaisessa kohdassa kiskorataa, jossa vetävä pyöräpari jää ilmaan. Kiskoradassa ei ole ollut suuria poikkeamia käyttöönottoarokastusvuotena tehdyn mittauksen mukaan, mutta vaunun pituus ja jäykkä runko mahdollistavat tietyissä kohdissa pyörien ja kiskojen välisen kitkan vähenemisen, ja siten pyörien nousemisen irti kiskoista.

Kerosiinilaitoksen uunin ovella, ongelmana oli ollut myös ajolaitteen vasemman pyörän joutuminen ennen kynnystä olevan kiskosyvennyksen päälle, molempien vaunujen ollessa kytkettynä (Kuva 8). Tällaisia tapauksia varten oli laitettava suorakaidepalkin pala vasemmanpuoleiseen syvennykseen, kiskon viereen. Erityisen

hankalaa oli ajolaitteen kytkeminen takaisin vaunuihin kuivausprosessin jälkeen. Pienen henkilöauton painoista laitetta täytyi liikuttaa lihasvoimin ja kohdistaa kardaaniksi sekä kaksi kohdistustappia yhteen vetävän vaunun kohdistustappien reikien kanssa. Tässä yhteydessä ajolaitteen vasen pyörä oli toisinaan pudonnut syvennykseen.



**Kuva 8.** Ajolaitteen vasen pyörä kynnyksen ongelmakohdassa.

### 3 KULJETINTYYPIT JA VALMISTAJAT

Erittäin raskaiden taakkojen siirtämiseen tarkoitettuja yleisimpiä, nostavia kuljetintyyppisiä ovat ilmatyyny-, pyörä- ja kiskokuljettimet sekä erilaiset automatisoidut trukit, eli vihivaunut. Kaikille kuljettimille on ominaista, että varsinainen kuorma on usein paletin, eli kuormalavan päällä, silloin kun kuorma siirretään sellaisiin paikkoihin, joihin ei pääse esimerkiksi siltanosturilla. Kuljettimet ja paletit on suunniteltu rakenteeltaan yhteensopiviksi niin, että kuljettimella voidaan siirtää palettia ja kuormaa yhdessä. Raskaiden kuormien paletit ovat poikkeuksetta rakenteeltaan sellaisia, että kuljetin voidaan ajaa paletin alle, jolloin nostava laite on lähes aina kokonaan kuorman alla. Muita kuljetustapoja raskaille taakoille ovat esimerkiksi modulaariset ilmalaakerit, jotka soveltuvat paremmin väliaikaisiin siirtotöihin /12/.

Kuljetintyyppien ja niiden rakenteellisten ominaisuuksien sekä toimintatapojen selvittämiseen käytettiin aineistona eri valmistajien verkkosivuillaan antamia tietoja. Kuljetinvalmistajista koostettiin liitteenä oleva lista tarkennuksineen sekä käytetyt hakusanat (LIITE 4).

#### 3.1 Ilmatyynykuljettimet

Ilmatyynykuljettimista on tullut yhä suosituimpia raskaiden kappaleiden siirtomenetelmiä tehdasympäristössä. Ilmatyynykuljettimien matala profiili ja niiden kyky kääntyä paikallaan mahdollistavat tehtaiden tuotantotilojen optimaalisemman käytön. Ilmatyynykuljettimia suositellaan erityistä puhtautta vaativien tilojen, kuten kerosiinilaitosten siirtojärjestelmien uudeksi kuljetinratkaisuksi /11/.

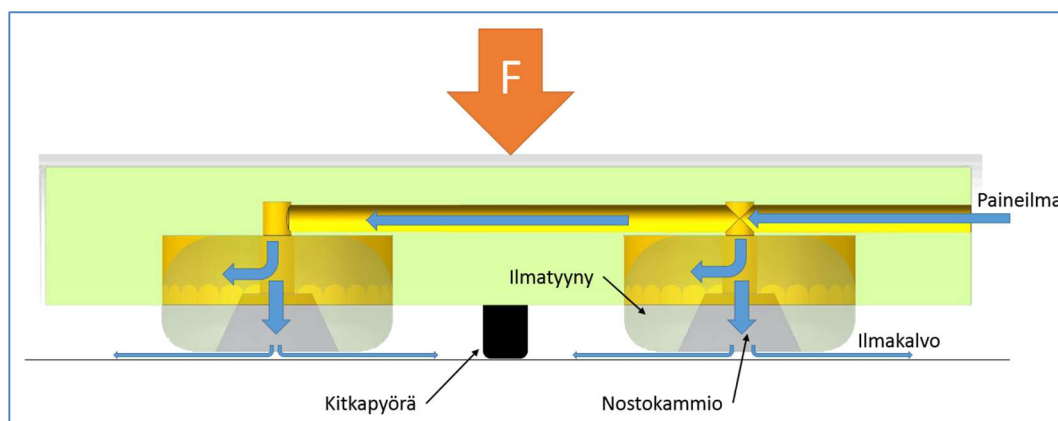
Ilmatyynykuljettimen toiminta perustuu ilmatyynyjen muodostaman ohuen ilmakalvon muodostamiseen kuljettimen ja lattian välille. Ilmatyyny soveltuu erityisen hyvin raskaiden taakkojen kuljetukseen erittäin vähäisen kitkan vuoksi. Kitkerroin sileillä pinnoilla on ainoastaan  $\mu = 0,001$ , eli 100 tonnin kuorman siirtämiseen tarvitaan vain noin 1000 N voima. /13/

### 3.1.1 Toimintakuvaus ja käyttövaatimukset

Ilmatyynykuljettimessa on vähimmäisvaatimuksena kolme ilmatyynyä, jotta kuljettaminen olisi vakaata. Ilmatyyny täytetään paineilmalla, joka laajetessaan muodostaa pyöreän, tyynymäisen muodon kuljettimen ja lattian välille (Kuva 9). Ilmanpaineverkolta vaadittava minimi paine on 6 baaria. Käyttöpaine ilmatyynyissä on 1–4 baaria. /13-15/

Paineilmaa syötetään myös ilmatyynyn keskellä olevan nostokammion kautta kohti lattian pintaa. Ilmanpaineen nostovoiman ylittäessä kuorman lattiaan kohdistavan vetovoiman, pyrkii ilma tyynyn ja lattian väliin muodostamaan hyvin ohuen n. 0,01 mm paksun ilmakalvon. Kuorman nostaminen tapahtuu ilmatyynyn paineistuksen yhteydessä. Nostokorkeus määräytyy ilmatyynyn halkaisijan koosta. Lisäksi ilmatyynyjä on lukumääräisesti enemmän kuljetuspinta-alan kasvaessa. /13, 15/

Toimintamitoiltaan ja kuormituskapasiteetiltaan suuremmissa kuljettimissa on halkaisijaltaan suuremmat ilmatyynyt ja siten suurempi nostokorkeus. Esimerkiksi ilmatyynyvalmistajan Delu kuljettimissa nostokorkeus on 7–80 mm, kuormituskapasiteetin ollessa 150–80 000 kg. Ilmatyynykuljetinta ohjataan kahdella 90 astetta kääntyvällä kitkapyörällä, joiden käyttövoimana toimii pneumaattinen moottori. /13-15/



**Kuva 9.** Havainnekuva ilmatyynykuljettimen toimintaperiaatteesta.

Ilmatyynykuljettimien käyttövaatimukset kohdistuvat lattian pinnan laatuun ja kaltevuuteen sekä paineistetun ilman saatavuuteen ja kapasiteettiin. Lattian pintavaatimuksena ilmatyynykuljettimille on sileä ja kiillotettu tai synteettisellä lakalla lakattu betonilattia. Saumat ja raot lattiassa on tiivistettävä eikä teräviä kulmia saa esiintyä. Tiivistettyjen rakojen täytyy olla kuperia muodoltaan. /14, 16/

Raot lattiassa voivat aiheuttaa paineilman vähenemisen ilmatyynyssä, jolloin kuljettimen paineilmajärjestelmä joutuu ottamaan paineilmaverkosta enemmän painetta kompensoidakseen paineenalennuksen. Kuoppa lattiassa voi aiheuttaa ilmatyynyn nostokammioon myös ylipainetta. Lattiassa olevien rakojen ylitykseen voidaan tilapäisesti laittaa ohut metallilevy, jonka ainevahvuus on korkeintaan 0,5 mm. Yli 0,5 mm terävä reuna voi puhkaista ilmatyynyn. Tarkemmat lattian pinnan vaatimukset Delu GmbH ilmatyynykuljettimille löytyvät valmistajan teknisestä tiedostosta. /14, 16/

### **3.1.2 Vahvuudet ja heikkoudet**

Ilmatyynykuljettimien vahvuuksia ovat niiden suuri kuljetuskapasiteetti, jopa tuhansia tonneja (vaunuyhdistelmillä) /17/. Ilmatyynykuljettimille tyypillistä on myös matala kuljetuskorkeus, koska nostomekanismina toimivat ilmatyynyt eivät tarvitse paljon tilaa korkeussuunnassa. Muita merkittäviä vahvuuksia ovat

- vapaa kääntyvyys vaakatasossa, tarkka liikuteltavuus ahtaissa paikoissa
- lattian kuluminen vähäistä kuorman jakautuessa suurelle alalle
- kustomoituina voidaan käyttää puhtas- ja räjähdysvaarallisissa tiloissa
- vähäinen melutaso
- ympäristöystävällisyys sekä vähäinen energiankulutus.

Ilmatyynykuljettimien heikkouksia ovat korkeat lattian pinnan vaatimukset, pitkille kuljetusmatkoille hidaskäyttö ja tarve olla ilmanpaineverkossa jatkuvasti, siirrettäessä kuormia. Käyttövoima välitetään 40 mm paksun ilmanpaineletkun avulla. Let-

kun siirtymistä laitteen mukana täytyy seurata, jotta letku ei kaada kevyempiä tavaroita tai jää jumiin. Lisäksi letkun päältä voidaan vahingossa ajaa tai siihen voidaan kompastua.

### **3.2 Kiskokuljettimet**

Raskaiden taakkojen kuljettaminen kiskoilla on ollut hyvin yleistä rautatien keksimisestä asti. Kiskokuljettimilla voima välittyy kiskopyörän ja raiteen välillä. Kiskokuljettimen vierintävastus on hyvin pieni, koska pyörä ja kisko ovat terästä. Junaradalla teräskiskojen ja teräspyörien välinen vierintävastus on n. 0,001 - 0,002. /18/

Kiskokuljettimia käytetään tavallisesti silloin kun siirrettävät matkat ovat pitkiä ja kuljetustiheys suuri sekä säännöllinen. Kiskokuljettimien kapasiteetti voi olla jopa 1000 tonnia ja ne eivät vaadi yhtä paljon käyttövoimaa kuin vastaavan kokoiset pyöräkuljettimet. Kiskokuljettimet eivät tarvitse pyörien ohjausmekanismia, koska raiteet ohjaavat kuljettimen kulkua. /19/

#### **3.2.1 Toimintakuvaus ja käyttövaatimukset**

Kiskokuljettimia on käyttötarkoitukseltaan ja käyttövoimaltaan monta eri tyyppiä. Kiskokuljetin voi olla pelkästään kuljettava tai nosto-ominaisuudella varustettu. Käyttövoimana voivat olla kuljettimeen integroidut akku- tai verkkokäyttöiset (kaapelilla tai johtimella) sähkömoottorit, dieselpolttomootorit ja pneumaattiset moottorit /20/. Kiskokuljettimia on myös erillisillä ajolaitteilla liikuteltavia. Lisäksi on olemassa kiskoilla kulkevia vinssattavia teräskaapelilla vedettäviä kuljettimia, joita käytetään erityisesti nousevilla ja laskevilla rataprofiileilla. Nykyään modernit kiskokuljettimet tehdastiloissa ovat yleensä akkukäyttöisiä ja kauko-ohjattavia. /19/

Kiskokuljettimet tarvitsevat oikean kokoisella raideleveydellä olevat teräskiskot. Raideleveydellä tarkoitetaan kiskojen välistä sisämittaa. Kiskon leveyden ja vieressä olevan lattian syvennyksen tulee olla kuljettimen pyörän mittoihin sopiva. Kiskopyörissä on vierintäpinta, joka pyörii kiskoa vasten. Lisäksi pyörässä on korotettu reunus, joka kulkee kiskon pintaa alempana. Kiskopyörän reunus pakottaa

pyörän kulkemaan raiteella, joten pyörien reunuksen tulee kulkea ulko- tai sisäreunalla samalla kuljettimella, yhtä raidetta kohden. Pitkät ja jousittamattomat kiskokuljettimet vaativat raiteiden tasaisuutta, erityisesti korkeussuunnassa, jos vetäviä pyöräpareja on enemmän kuin kaksi.

### **3.2.2 Vahvuudet ja heikkoudet**

Yksinkertaisen toimintaperiaatteensa vuoksi kiskokuljettimet ovat helpommin ohjattavissa liikesuuntien ollessa eteen ja taakse. Kiskokuljetin ei tarvitse monimutkaista pyörien ohjausjärjestelmää. Teräspyörät kestävät erinomaisesti kulutusta ja suuria kuormia.

Kiskokuljettimilla on erityistä puhtautta vaativissa kohteissa ongelmana kiskopyöristä ja kiskoista irtoava metalliaines. Jousittamattomat kiskokuljettimen pyörät voivat jäädä pyörimään tyhjää pienistäkin kiskojen profiilin muutoksista. Lisäksi isommat teräspartikkelit raiteilla voivat aiheuttaa kiskopyörän siirtymisen pois raiteilta. Kiskokuljettimet eivät voi kääntyä jyrkissä, esimerkiksi 90 asteen kulmissa ilman erityistä raiteiden kääntömekanismia.

### **3.3 Pyöräkuljettimet**

Pyöräkuljettimia on rakenteeltaan tasakantisia ja korotetulla päädyllä olevia. Kuljettimen moottorin voiman välittäminen lattiaan tapahtuu kumiseosteisten päällystettyjen teräspyörien avulla. Pyöräkuljettimille ominaista on niiden kulkuliikkeiden monipuolisuus sekä kyky toimia epätasaisilla ja kaltevilla lattiapinnoilla. /21/

Kapasiteetiltään yli 500 tonnia olevia pyöräkuljettimia on saatavilla pyöräkuljetinvalmistajilta. Lisäksi ulkomitoiltaan suurien kuormien kuljettamiseen on mahdollista käyttää useampaa pyöräkuljetinta yhdessä. Kuljettimet kommunikoivat langattomasti keskenään mahdollistaen synkronisen ajon. Pyöräkuljettimien yhteydessä mainittiin usein myös vihivaunut, jotka ovat itseohjautuvia pyöräkuljettimia tai haarrukkatrukkeja. /22-23/



### 3.3.1 Toimintakuvaus ja käyttövaatimukset

Pyöräkuljettimien käyttövoimana voi olla akkukäyttöiset sähkömoottorit, poltto-moottorit ja pneumaattiset moottorit. Ohjaustavoista yleisin on langaton radio-ohjaus, jolla voidaan säätää kuljettimen ohjauskulmaa, ajonopeutta sekä kuorman nostamista ja laskemista. Jokaista pyörää voidaan ajaa erikseen, jolloin kuljetin kääntyy joka suuntaisesti (engl. omnidirectional). /21/

Käyttödellytyksinä pyöräkuljettimille ovat lattianpinnan tasaisuus sekä puhtaus. Jousitetuilla pyöräkuljettimilla on kuitenkin mahdollista ajaa melko epätasaisillakin pinnoilla. Lattialla ei saa olla suuria metallin- tai kiven paloja, eikä liukkaita nesteitä, kuten öljyjä. /24/

### 3.3.2 Vahvuudet ja heikkoudet

Pyöräkuljettimen vahvuuksia ovat

- kääntyvyys ahtaissa tiloissa
- erityisiä lattiavaatimuksia ei ole
- jousituksella ja kuorman hallintajärjestelmällä varustetuilla voidaan ajaa neljä prosenttia kaltevilla ja epätasaisilla pinnoilla. /25/

Kuljetinvalmistajien sivuilla ei kerrottu suoraan pyöräkuljettimen heikkouksista. Heikkouksia arvioitiin olevan lattian keston ja puhtauden suhteen. Esimerkiksi öljyvuoto lattialla heikentää pyörän lattiaan kohdistamaa kitkaa, jolloin pyörän suutiessa ohjaus ei toimi, kuten erikseen ajettavien pyörien ohjausjärjestelmä edellyttää. Lattian kulumisen voidaan arvioida myös suuremmaksi kuin esimerkiksi ilma-tyynykuljettimilla, koska pyörän kontaktipinta-ala lattiaan on pieni sekä vierimisestä ja sutimisesta aiheutuu hankaavaa kitkaa.

### 3.4 Muita kuljetustapoja

Erittäin raskaiden kappaleiden kuljettamiseen tarkoitettuja muita kuljetustyyppiejä kuin edellä mainitut, olivat lähinnä väliaikaisiin siirtoihin soveltuvia siirtosarjoja, esimerkiksi ilmalaakerit ja -lankut. Niiden toimintaperiaate on samakaltainen kuin ilma-tyynykuljettimienkin. Ilmalaakerit ja lankut soveltuvat käytettäväksi silloin

kun tilaa ei ole ilmatyynykuljettimelle tai nostettavan kohteen nostopinta on porrasmainen. /12/

Erilaiset vihivaunut, kuten haarukkamalliset kuljettimet, ovat melko yleisiä silloin, kun kuljetettavat massat ovat muutaman kymmenen tonnin luokkaa. Kuitenkin yli 100 tonnin kapasiteetillä olevia, palettien käsittelyyn tarkoitettuja haarukkatrukkeja oli saatavilla. Haarukkatrukkien etu on niiden kyky nostaa kuormia hyvin matalilta korkeuksilta. /26/

### **3.5 Kuljetinvalmistajat**

Opinnäytetyötä varten kartoitettiin kuljetinvalmistajia internet-hauilla, joista muodostettiin lista linkeineen ja lyhyine selityksineen sekä hauissa käytettyä sanastoa (LIITE 4). Valmistajalistassa jaoteltiin valmistajan nimi, internetsivun osoite ja lyhyt selostus, mitä kuljetintyyppejä kyseiseltä valmistajalta on saatavilla. Valmistajien kartoituksesta oli hyötyä kuljettimien teoriatiedon hankinnassa. Tarkoituksena oli myös tuottaa hyödynnettävissä olevaa tietoa uuden kuljetinratkaisun valintaan ja siten edelleen hankintatoimien prosesseihin.

Käytetyillä hakusanoilla löytyi arviolta yli 20 kuljetinvalmistajaa, mutta monet niistä tarjosivat kuljettimia vain muutamien kymmenien tonnien kapasiteetillä. Hyvin yleistä oli myös nostovälineiden tarjonta ilman kuljetusominaisuutta. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi hydrauliset tunkit ja ilmalaakerit. Valmistajalistan lyhyet selvennykset valittiin sellaisilla perusteilla, jotka parhaiten kuvaavat valmistajan esille tuomaa tarjontaa internetsivustollaan. Esimerkiksi kuljettimen kustomoitavuus on merkittävä ominaisuus sen vuoksi, että valmistajan kuljetin voidaan olettaa suunnitellun helposti muokattavaksi asiakkaan spesifikaatioiden mukaan. Muita merkittäviä ominaisuuksia oli riittävä, yli 200 tonnin kuljetus ja nostokapasiteetti.

## **4 UUDEN KULJETINRATKAISUN SUUNNITELMA**

Opinnäytetyön alkuvaiheessa, kerosiinilaitoksen linjan toimintaan ja kuljettimeen tutustuttaessa kävi selväksi, että uuden kuljettimen tulee olla palettikuljetin. Kerosiinilaitoksen uuniin jäisi tällaisella järjestelmällä vain paletti ja muuntajan aktiiviosat. Paletin teräsrakenteen yksityiskohtainen tarkastelu oli hyvin tärkeää, jotta kuljettimelle saataisiin riittävästi mitoitusvaraa.

Kuljettimen suunnittelu ja valmistus tulisi olemaan sopivan kuljetinvalmistajan tehtävä, opinnäytetyössä saatujen tietojen ja tuloksien pohjalta. Tavoitteena oli löytää sellainen kuljetinratkaisu, joka ei vaikuttaisi suunniteltavien muuntajien mittoihin heikentävästi. Lisäksi uuden kuljettimen aiheuttamat muutostyöt eivät saisi olla niin laajoja, että kerosiinilaitoksen linjan toimintaan tulisi useiden päivien mittainen keskeytys.

### **4.1 Eri kuljetintyyppien soveltuvuus kerosiinilaitokselle**

Nykytilanteen kartoittamisesta saatuja tietoja kerosiinilaitoksen linjasta, tehtyjä layout- piirustuksia ja erityisesti uunilta otettuja kuvia voitiin hyödyntää eri kuljetintyyppien soveltuvuuden arvioinnissa. Kerosiinilaitoksen linjan merkittävämpiä piirteitä, kuljetinta ajatellen, olivat pitkä kuljetusmatka ja kuljetuspintojen eritasoisuus.

Kuljetintyyppjä arvioitiin niiden kuljetuskapasiteetin, teknisten ominaisuuksien, kuten ajonopeuden, ajokorkeuden ja käsiteltävyyden perusteella. Lisäksi arvioitiin vaadittavat muutostyöt kerosiinilaitoksen linjalle kuljetintyyppikohtaisesti.

#### **4.1.1 Ilmatyynykuljettimet**

Muuntajatehtaalla käytössä olevia Solvingin ilmatyynykuljettimia olisi mahdollista käyttää 150 tonnin painoisten kuormien kuljettamiseen. Ilmatyynykuljettimen matalampi kuljetuskorkeus mahdollistaisi myös hieman korkeampien aktiiviosien suunnittelun. Lepokorkeus 150 tonnin ilmatyynykuljettimella oli 250 mm. Kuljettimia varten oli erillinen letkukela, jossa letkun pituus oli 60 metriä /12/. Tämä pituus riittäisi kerosiinilaitoksen linjalle, mikäli paineilma otettaisiin lastausalueelta.

Kerosiinilaitoksen linjan käytävän lattia tulisi muokata ilmatyynykuljettimelle sopivaksi. Käytävällä kulkevat kiskot tulisi poistaa ja valaa kiskojen raot betonilla umpeen sekä lopuksi viimeistellä pinta hiomalla ja lakkaamalla synteettisellä lakalla.

Käytävän pituus, noin 50 metriä lastausalueelta uunin ovelle, oli yhtä tarkoitusta varten pitkä siirtomatka suhteessa muiden linjojen pituuksiin. Ilmatyynykuljettimien valmistajien teknisistä tiedoista ei ollut saatavilla tietoa ajonopeudesta, mutta erittäin raskailla taakoilla arvioituna noin 1 km/h. Kerosiinilaitoksen uunin lattia-taso oli noin 120 mm alempana kuin käytävän lattia ja uunin oven alaosa laskeutuu noin 350 mm lattiapinnan tason alapuolelle. Näistä syistä, joko kerosiinilaitoksen uunia täytyisi nostaa tai käytävän lattiaa laskea noin 120 mm. Muutosten jälkeen oven alaosa tarvitsisi vielä 230 mm syvennyksen, joka täytyisi peittää tiiviisti kuljetusten ajaksi.

#### **4.1.2 Kiskokuljettimet**

Tasakantinen kiskokuljetin, jonka laitteisto on kokonaan nostavan kannen alapuolella, arvioitiin soveltuvan paremmin kuin korotetun päädyn kiskokuljetin. Tasakantisella voidaan ajaa palettien alta, jolloin toista palettia ei tarvitse siirtää kiskojen päältä sivuun. Kuljetinvalmistajilta on saatavilla riittävän kapasiteetin, 1000 tonniin asti kustomoituja, kerosiinilaitoksen raiteille sopivia kiskokuljettimia /19/. Kerosiinilaitoksen linjalta löytyviä 380 voltin ja 240 voltin verkkovirtalähteitä voidaan hyödyntää kiskokuljettimen akkujen lataamisessa. Kiskokuljetin sopii nopeutensa ansiosta pitkien etäisyyksien siirtoihin /19/.

Uuden kiskokuljettimen kuljetuskorkeuden täytyisi pysyä samalla korkeudella kuin nykyisellä kuljettimella, eli noin 510 mm:ssä. Aktiiviosan ja kuljettimen nostotason väliin jää paletin rakenteesta riippuva korkeusetäisyys. Lisäksi kerosiinilaitoksen uunin lattia on noin 120 mm alempana kuin käytävän lattia. Kiskokuljettimen tarvitsema muutos kerosiinilinjalle olisi uunin lattialle asennettavat korotuspalat. Rai-deleveys 2300 mm rajoittaa paletin minimileveyttä, koska kiskokuljettimen tulee mahtua ajamaan paletin alta.

### 4.1.3 Pyöräkuljettimet

Parhaiten kerosiinilaitokselle soveltuvan pyöräkuljetintyyppin arvioitiin olevan käyttömitoiltaan ja käyttövoimaltaan samankaltainen kiskokuljettimen vaatimusten kanssa. Pyöräkuljettimen etuna kiskokuljettimeen nähden on sen kääntyvien pyörien sallima mahdollisuus tuoda aktiiviosat muualtakin kuin kerosiinilaitoksen käytävän päästä. Pyöräkuljettimia löytyi pyöräkuljetinvalmistajilta kapasiteetiltään yli 300 tonnia /24/.

Kerosiinilaitoksen linjalle tarvittavia muutostöitä olisivat uunin oven kynnyssyvennys sekä uunin lattia, jotka tulisi saattaa käytävän lattianpinnan tasolle, esimerkiksi metallipalkeilla. Kynnyksen kohdalla tulisi olla siirrettävät levyt kynnysupotuksen ylitystä varten. Kiskot uunissa olisi mahdollista jättää paikoilleen sillä edellytyksellä, että pyörät eivät kulje kiskojen päällä.

### 4.1.4 Nykyisen kuljettimen kustomointi

Erilaisia kuljetintyyppejä kartoitettaessa pohdittiin mahdollisuutta nykyisen kuljettimen muokkaamista palettikuljettimeksi. Tällainen ratkaisu edellyttäisi nostomekanismia vaunuihin tai uuniin. Paletit olisi mahdollista nostaa siltanosturilla vaunujen päälle lastausalueella ja sitten aktiiviosat palettien päälle. Hydraulisen tai pneumaattisen nostojärjestelmän rakentaminen vaunujen kannen alapuoliseen rakenteeseen arvioitiin hyvin ongelmalliseksi toteuttaa. Vetävässä vaunussa ketjut ja hammaspyörät rajoittavat nostopisteiden sijoittelua. Lisäksi hydraulinen nostomekanismi vaatii hydraulisen käyttökoneiston, kun taas pneumaattinen järjestelmä tarvitsisi jatkuvan 40 mm paineilmaletkuliitännän. Tällaiset muokkaukset laitteeseen aiheuttaisivat vähintään painelaitedirektiivien vaatimustenmukaisuuden tarkastelua jo suunnitteluvaiheessa.

Kuljettimen muokkaamista nostolaitteeksi helpompi vaihtoehto voisi olla modulaaristen ilmalaakerien tai ilmalankkujen käyttö uunilla. Kuljettimella tuotaisiin paletilla olevat aktiiviosat uunille, jossa paineilmalaakereilla nostettaisiin paletit ilmaan, jolloin vaunut voitaisiin ajaa pois uunista. Paletit voitaisiin tämän jälkeen

laskea teräsjalustojen päälle, joiden alta ilmalaakerit voitaisiin ottaa pois. Ongelmaksi muodostuisivat sellaiset tilanteet, joissa molemmat vaunut ovat uunissa. Ilmalaakerien sijoittaminen 10 metrin matkalle ahtaassa ja lämpimässä uunissa pidentäisi kuljettimen operointiaikaa merkittäväksi sekä lisäisi työn kuormittavuutta. Tämän lisäksi nostokoneiston nostaminen oven kynnyskuilun yli vaatisi erikoisjärjestelyjä, kuten ajosiltoja.

## **4.2 Paletti**

Opinnäytetyön alussa päätettiin uuden kuljetusratkaisun vaativan paletin, eli teräksisen kuormalavan käyttöä, jotta kerosiinilaitoksen uuniin kulkeutuvat epäpuhtaudet saataisiin kuljetusprosessin osalta minimoitua. Palettien käyttö on hyvin yleistä tehdasympäristössä, koska kuljetettavaan kappaleeseen tarttuminen pelkällä kuljettimella voi olla mahdotonta. Kuljetinvalmistajien kuvagallerioissa oli kuljettimien lisäksi paletteja, joiden erilaisten rakenteiden soveltuvuutta arvioitiin kerosiinilaitoksen kuljettimelle.

Paletin rakenteen suunnittelua ohjaava lähtötilanne oli kuljetintyyppin tuomat rajoitukset. Parhaiten soveltuvaksi kuljetintyypiksi arvioitiin kiskokuljetin tai pyöräkuljetin. Molempien kuljetintyyppien ulkomitat ovat samankaltaisia verrattuna ilma-tyynykuljettimeen, jonka profiili on matalampi. Kriittiseksi mitaksi paletin rakenteessa arvioitiin riittävän suuren korkeuden saaminen nostotason ja kiskon väliin välttämättä kuormatason korkeuden maksimiarvon ylittämistä.

### **4.2.1 Paletin suunnittelu**

Paletin suunnittelun tavoitteina olivat nykyisen kuljetuskapasiteetin säilyttäminen. Tämä tarkoitti sitä, että paletin leveyden ja pituuden tuli olla nykyisen kuljettimen vaunun ulkomittojen mukainen (LIITE 2). Yhtä tärkeitä paletin mitoitusta rajaavia asioita olivat kerosiinilaitoksen uunin mitat ja käytävän mitat. Lisäksi muuntajatehtaan suunnitteluohjeissa oli dokumentoitu kerosiinilinjalle maksimitat, jotka määräävät kuinka suuria muuntajia voidaan suunnitella /27/.

Paletin ulkomitoista leveydeksi valittiin 3200 mm ja pituudeksi 5400 mm, lisäksi paletin lavan korkeuden tuli olla korkeintaan 480 mm. Paletin korkeudessa huomiointiin 30 mm nostovara, joka täytyy jäädä lattian ja paletin jalustan väliin. Mikäli mitat leveyden ja pituuden suhteen olisivat pienemmät tai korkeus suurempi, vaikuttaisi se suunnitteluohjeen mukaisten maksimimittojen vähenemiseen.

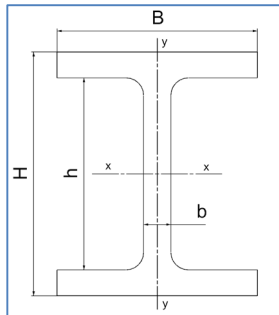
Paletin rakenne päätettiin suunnitella niin yksinkertaiseksi, että valmistaminen voisi olla mahdollista myös muuntajatehtaan säiliönvalmistuksen linjalla. Esimerkiksi, erilaisten hitsattavien osien minimointi ja liitostapa olivat suunnittelua ohjavia, yksinkertaisuuden määritelmiä. Yksinkertaisen rakenteen perusteluina voitiin pitää myös hitsauksesta aiheutuvaa lämmöntuottoa, joka vaikeuttaa teräsrakenteiden muodossa pysymistä. Palkilla tai muulla vastaavalla teräsrakenteella on monille metalleille ominainen tapa taipua hitsauksen vaikutuksesta. Äkillinen lämmöntuotto ja nopea jäähtyminen aiheuttavat jännitystiloja hitsauspalkojen kohdissa /33/.

#### **4.2.2 Paletin teräsrakenteen lujuuslaskenta**

Teräsrakenteen materiaaliksi valittiin standardin EN100-25-2 2004 mukainen seostamaton rakenneteräs S355JR /28, Taulukko 1/. Perusteina olivat helppo hitsattavuus ja alemman myötölujuuden  $R_{eL}$  arvo  $355 \text{ N/mm}^2$ , joka on suurempi kuin S235-teräksillä. Lisäksi suhteellinen myötölujuuden hinta on noin 30 % alhaisempi kuin S235-teräksillä /29, Kuva 2.2./ Teräsrakenteen materiaaliin vaikuttavat käyttölämpötilat arvioitiin viileästä huoneenlämmöstä noin  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , uunin maksimi lämpötilaan  $135 \text{ }^\circ\text{C}$ . Paletin käyttöohjeistuksessa on huomioitava, että kuormittava käyttö on sallittu ainoastaan tehtaan sisätiloissa.

Paletin teräsrakenteen osiksi valittiin kaksi HE 340 M-teräspalkkia, jotka toimisivat paletin jalustoina. Jalustojen korkeus oli 377 mm, joka saatiin standardina taulukkoarvona /30/. Jalustojen päälle poikittain tulevat HE 100 M-palkit, kansilevy ja paletin nostokorvat. Standardin mukaisen HE 100 M-palkin korkeutta täytyi lyhentää 120 mm:stä 79 mm:iin. Korkeuden lyhennys päätettiin tehdä palkin uumaan, josta vähennettiin 49 mm. Paletin suurimmaksi sallituksi kuormaksi valittiin 250 tonnia. Perusteina olivat suunnittelun ohjeistuksen maksimikapasiteetti kerosiini-

linjalle ja lastausalueen siltanosturin suurin sallittu nostokapasiteetti. Paletin taivutusmomenttien laskemiseen käytetyt taivutusvastusten taulukkoarvot ja lasketut taivutusvastuksien arvot määriteltiin alla olevan kuvan mukaisesti siten, että x- akseli oli vahvempi, vaaka-akseli (Kuva 10).



**Kuva 10.** Palkin poikkileikkauksen parametrit.

Paletin eri osien lujuuslaskennassa laskettiin pahimmat rasiutukset, jotka voivat realistisesti kohdistua kuhunkin osaan. Paletin teräsrakenne päätettiin koota hitsaamalla, jolloin pulttiliitosten leikkaavia jännityksiä ei ilmene. Lisäksi hitsausliitos tekee paletin rakenteesta kiinteän, jolloin osiin kohdistuvat voimat jakautuvat paremmin koko rakenteeseen. Ensimmäiseksi laskettiin varmuuskerroin, kaavasta

$$n = \frac{\text{kantokyky}}{\text{kuorma}} = \frac{375 \text{ t}}{250 \text{ t}} = 1,5 \quad (1)$$

, jossa

$n$  = varmuuskerroin.

Lujuusopin perusteiden mukaan varmuus on yleensä 1,3 - 4 kertainen vaadittavaan arvoon nähden. Varmuuskertoimeksi valittiin 1,5, koska käytännön lujuuslaskennassa on hyvä pyrkiä mahdollisimman alhaiseen varmuuslukuun, silloin kun tuntemattomia kuormituksia ei esiinny. /31/

Suurimmaksi sallituksi normaalijännitykseksi, saatiin laskemalla kaavasta



$$\sigma_{sall} = \frac{R_{eL}}{n} = \frac{355 \frac{N}{mm^2}}{1,5} = 236,66 \frac{N}{mm^2} \quad (2)$$

, jossa

$\sigma_{sall}$  = sallittu normaalijännitys

$R_{eL}$  = S355-rakenneteräksen alempi myötölujuus

$n$  = varmuusluku.

Paletin jalustat ovat tavallisessa kuormitustilanteessa tasaisesti lattiaa vasten. Pahimmassa tilanteessa palkki pääsisi taipumaan vapaasti tukivoiman jäädessä aivan palkin molempiin päihin. Tällainen voisi olla mahdollista lattiassa olevan aleneman vuoksi. Suurin palkkiin kohdistuva voima 1250 kN saatiin jakamalla kuorma 250 t kahdelle palkille ja muuntamalla kilot newtoneiksi. Suurimman sallitun taivutusmomentin laskemiseksi tarvittiin taulukosta taivutusvastus, joka HE 340 M-palkille oli  $4052 \times 10^3 \text{ mm}^3$ . Lisäksi huomioitiin, että suurin sallittu normaalijännitys on yhtä kuin suurin sallittu taivutusjännitys. Näillä tiedoilla voitiin laskea suurin sallittu taivutusmomentti yhtä jalustaa kohden kaavasta

$$\begin{aligned} M_{tsall} &= \sigma_{tsall} * W_x = 236,66 \frac{N}{mm^2} * 4052,00 \text{ mm}^3 * 10^3 \\ &= 958,95 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (3)$$

, jossa

$M_{tsall}$  = sallittu taivutusmomentti

$W_x$  = taivutusvastus x- akselin suhteen.

Suurin taivutusmomentti tasaisella kuormalla, 2-niveltukiselle kannattimelle laskettiin kaavasta

$$M_{tmax} = \frac{F * L}{8} = \frac{1250 \text{ kN} * 5,4 \text{ m}}{8} = 843,75 \text{ kNm} \quad (4)$$

, jossa

$M_{tmax}$  = suurin taivutusmomentti

F = kuorman aiheuttama voima

L = palkin pituus /32, s. 148/.

Laskelmat osoittivat, että 250 tonnin painon tuottama taivutusmomentti ei ylittäisi HE 340 M-palkin suurinta sallittua taivutusmomenttia ääritilanteessakaan.

Suurimman taivutusmomentin kaavaa muokkaamalla laskettiin suurin sallittu kuormitusvoima yhdelle jalustalle

$$F_{max} = \frac{M_{tsall} * 8}{L} = \frac{958,95 \text{ kNm}}{5,4 \text{ m}} = 1420,67 \text{ kN} \quad (5)$$

, jossa

$F_{max}$  = suurin sallittu kuormitusvoima.

Suurin kuormitusvoima kahdelle jalustalle sai laskelmien mukaan olla 2841 kN, eli 284 t. Vähentämällä kuormitusvoimasta paletin suurin sallittu kuorman tuottama voima 250 t, saatiin paletin kannen suurimmaksi sallituksi massaksi 34 t.

Yhden jalustan taipuma laskettiin, jotta saatiin selville kuinka suuri alenema ääritilanteessa saisi lattiassa olla /32, s. 148/. Laskentakaavassa tarvittiin ennestään tunnettujen arvojen lisäksi HE 340 M-palkin jäyhyysmomentti ja teräksen kimmokerroin

$$y_{\max} = \frac{5 * F_{\max} * L^3}{384 * E * I} = \frac{5 * 1420670 \text{ N} * 5400^3 \text{ mm}^3}{384 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 76370 * 10^4 \text{ mm}^4} \quad (6)$$

$$= 18,16 \text{ mm}$$

, jossa

$y_{\max}$  = suurin taipuma HE 340 M palkille

E = teräksen kimmoisuusluku

I = HE 340 palkin jäyhyysmomentti.

Tuloksen mukaan lattian alenema tasaisesti palkkien päistä palkin keskelle 5,4 metrin välillä ei saisi ylittää 18 mm, mikäli paletti olisi tuettu aivan jalustojen päistä ja kuormaa olisi enemmän kuin 284 tonnia.

Kannen rakenne laskettiin tarvittavan kokonaistaivutusvastuksen mukaan. Kannen päälle tasaisella kuormalla kohdistuu 2500 kN voima ja taivutuspituus tukipisteiden välillä on 2,582 metriä. Pituus määräytyi vähentämällä paletin kokonaisleveydestä jalustapalkkien laippojen yhteenlaskettu leveys, 618 mm. Kokonaistaivutusvastuksen laskemista varten tarvittiin vielä kanteen kohdistuva taivutusmomentti, joka saatiin kaavasta

$$M_{t_{\max\_kansi}} = \frac{F * L}{8} = \frac{2500 \text{ kN} * 2,582 \text{ m}}{8} = 806,875 \text{ kNm} \quad (7)$$

, jossa

$M_{t_{\max\_kansi}}$  = kanteen kohdistuva suurin taivutusmomentti

L = taivutuspituus.

Kannen tarvitsema kokonaistaivutusvastus laskettiin kaavasta

$$W_{\text{kok}} = \frac{M_{\text{tmax\_kansi}}}{\sigma_{\text{tsall}}} = \frac{806875000 \text{ Nmm}}{236,66 \text{ N/mm}^2} \quad (8)$$

$$= 3409,427 * 10^3 \text{ mm}^3$$

, jossa

$W_{\text{kok}}$  = kokonaistaivutusvastus kannelle.

Kansilevyn taivutusvastus laskettiin suorakulmion taivutusvastuksen kaavasta

$$W_{y\_kansilevy} = \frac{h * b^2}{6} = \frac{5400 \text{ mm} * 24^2 \text{ mm}}{6} \quad (9)$$

$$= 518,400 * 10^3 \text{ mm}^3$$

, jossa

$W_{y\_kansilevy}$  = kansilevyn taivutusvastus y- akselin mukaan

$b$  = taivutusakselin pituus

$h$  = levyn paksuus /32, s. 144/.

Kokonaistaivutusvastuksesta vähennettiin kansilevyn taivutusvastus, jolloin jäljelle jäi poikkipalkkien määrän laskemiseen jäävä taivutusvastuksen arvo  $2891,027 * 10^3 \text{ mm}^3$ .

Kannen poikkipalkin taivutusvastusta ei saatu taulukkoarvona uuman lyhentämisen vuoksi. Poikkipalkin taivutusvastus laskettiin I-palkin taivutusvastuksen kaavasta

$$\begin{aligned}
 W_{x\_pp} &= \frac{B * H^3 - (B - b) * h^3}{6 * H} & (10) \\
 &= \frac{106 \text{ mm} * 79^3 \text{ mm}^3 - (106 \text{ mm} - 12 \text{ mm}) * 39^3 \text{ mm}^3}{6 * 79 \text{ mm}} \\
 &= 98,494 * 10^3 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

, jossa

$W_{x\_pp}$  = poikkipalkkien taivutusvastus

b, B, h ja H arvot ovat edellä esitetyn kuvan (Kuva 10.) I- palkin poikki-pinta-alan mittoja /31, s. 214/.

Tarvittava palkkien määrä saatiin jakamalla jäljelle jäänyt tarvittavan taivutusvastuksen määrä, poikkipalkin taivutusvastuksella

$$\text{Palkki}_{kpl} = \frac{W_{xtarv\_palkki}}{W_{x\_pp}} = \frac{2891,027 * 10^3 \text{ mm}^3}{98,494 * 10^3 \text{ mm}^3} = 29,35 \text{ kpl} \quad (11)$$

, jossa

$\text{Palkki}_{kpl}$  = poikkipalkkien määrä.

Tarvittavien palkkien määräksi valittiin 30 kappaletta.

Poikkipalkin taipuma laskettiin, jotta riittävä kuljettimen kulkuvara täydellä kuormituksella voitiin varmistaa. Taipuman laskemista varten laskettiin jäyhyysmomentti kaavasta

$$\begin{aligned}
 I_{x\_pp} &= \frac{B * H^3 - (B - b) * h^3}{12} & (12) \\
 &= \frac{106 \text{ mm} * 79^3 \text{ mm}^3 - (106 \text{ mm} - 12 \text{ mm}) * 39^3 \text{ mm}^3}{12} \\
 &= 389,051 * 10^4 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

, jossa

$I_{x\_pp}$  = poikkipalkin jäyhyysmomentti /31, s. 214/.

Taipuma tasaisella kuormalla, yhtä palkkia kohden voitiin laskea edellä määriteltujen kaavojen mukaan kaavasta

$$\begin{aligned}
 y_{\max\_pp} &= \frac{5 * F_{\max} * L^3}{384 * E * I} & (13) \\
 &= \frac{5 * 72222 \text{ N} * 2582^3 \text{ mm}^3}{384 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 389,051 * 10^4 \text{ mm}^4} = 19,81 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

, jossa

$y_{\max\_pp}$  = yhden poikkipalkin taipuma suurimmalla sallitulla jännityksellä.

Paletin rakenteen jäykkyyden voidaan olettaa tukevan poikkipalkkeja niin, että käytännössä taipuma on pienempi kuin 19,81 mm.

Paletille laskettiin vaihtoehtoinen kannen ratkaisu pelkälle teräslevylle. Tarvittava teräslevyn paksuus laskettiin muokkaamalla suorakulmion taivutusvastuksen kaavaa

$$\begin{aligned}
 h_{\text{tarv\_kansi}} &= \sqrt{\frac{W_{xkok*6}}{b}} = \sqrt{\frac{3409,427 * 10^3 \text{ mm}^3 * 6}{5400 \text{ mm}}} & (14) \\
 &= 61,55 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

, jossa

$h_{\text{tarv\_kansi}}$  = teräslevykannen tarvittava korkeus.

Teräslevykannen paksuudeksi valittiin 62 mm, jolloin kannen massaksi saatiin 8431 kg. HE-palkkien ja 24 mm paksun teräslevyn muodostaman kannen massaksi saatiin mallista 6839 kg. Laskelmista saatujen tulosten mukaan jalustojen päälle voidaan asettaa myös raskaampi, pelkästään 62 mm teräslevystä oleva kansi.

Hyödyntäen aiemmin määriteltyä taipuman kaavaa, teräslevykannen suurimmaksi taipumaksi tasaisella kuormituksella saatiin 2,5 mm. Teräslevyarkille laskettiin myös suurin taipuma 2-niveltukiselle kannattimelle, pistemäisen kuormituksen ollessa keskellä, kaavasta

$$y_{\text{max\_p}} = \frac{F * L^3}{48 * E * I} \quad (15)$$

$$= \frac{2500000 \text{ N} * 2582^3 \text{ mm}^3}{48 * 210000 \text{ N/mm}^2 * 107247,6 * 10^4 \text{ mm}^4} = 3,98 \text{ mm}$$

, jossa

$y_{\text{max\_p}}$  = levyn suurin taipuma pistemäisellä kuormituksella

$I$  = teräslevyn jäyhyysmomentti.

Tuloksesta ilmeni, että pistemäisellä kuormituksella, suurimmalla sallitulla kuormalla taipuma kasvoi noin 1,5 mm verrattuna tasaiseen kuormitukseen. Pistemäinen kuormitus edellä lasketulla kaavassa tarkoittaa, että kuorma jakautuu tasan teräslevyn pituussuunnassa. /32, s. 148/

Teräslevyyn kohdistuvan kuorman välittämä minimi pinta-ala laskettiin, jotta tarvittava aktiiviosan jalan koko saatiin selville. Tarvittava pinta-ala saatiin selville muokkaamalla normaalijännityksen kaavaa

$$\sigma_{tsall} = \frac{F}{A} \quad (16)$$

, muotoon

$$A = \frac{F}{\sigma_{tsall}} = \frac{2500000 \text{ N}}{236,66 \text{ N/mm}^2} = 10563,68 \text{ mm}^2 \quad (17)$$

, jossa

$A$  = tarvittava vähimmäispinta-ala suurimmalle kuormitukselle.

Lasketun pinta-alan neliöjuuresta saatiin tulokseksi noin 103 mm. Teräslevyyn kohdistuvan neliömuotoisen kuorman sivujen pituus tulisi olla vähintään 103 x 103 mm, jotta suurin sallittu pintapaine ei ylittyisi suurimmalla sallitulla kuormituksella.

Hitsausliitosten tarkastelu käsin laskemalla ei ole niin tarkkaa kuin tietokoneohjelmien laskentatavat. Yksinkertaisilla laskentatavoilla voitiin kuitenkin tehdä alustavat laskelmat, joiden perusteella voitiin arvioida paletin teräsrakenteen valmistamisen vaikeustasoa.

Hitsausliitoksiin tarvittava a-mitan minimiarvo laskettiin yksittäiseen HE 100 M-palkkiin kohdistuvan suurimman rasituksen mukaan. Rasitus taivutuspalkille on suurinta tukipisteen läheisissä hitsausliitoksissa. Suurin voima hitsausliitokselle laskettiin kaavasta

$$F_{hlp} = \frac{L_F * M_{t\_hl}}{n_{hl}} = \frac{(1,291 \text{ m} * 403,841 \text{ kNm})}{30} = 17,379 \text{ kN} \quad (18)$$

, jossa



$F_{hlp}$  = palkin hitsausliitokseen kohdistuva voima

$L_F$  = vipuvarren voiman etäisyys hitsausliitoksesta

$M_{t\_hl}$  = hitsausliitokseen kohdistuva taivutusmomentti

$n_{hl}$  = kuormituksen jakavien hitsausliitosten määrä.

Hitsausliitoksen a- mitan laskenta tarkasteltiin otsahitsin yksinkertaisen laskukaavan mukaan ja pienaliitoksen a- mitan minimiarvon paksumman aineen vahvuuden laskukaavalla. Minimi a-mitta, otsahitsin yksinkertaisen laskukaavan mukaan laskettiin kaavasta

$$a \geq \frac{F_{hlp}}{L_{hl} * \sigma_{wsall}} = \frac{17379 \text{ N}}{106 \text{ mm} * 135 \text{ N/mm}^2} = 1,21 \text{ mm} \quad (19)$$

, jossa

$L_{hl}$  = hitsausliitoksen pituus

$\sigma_{wsall}$  = sallittu jännitys hitsausliitokselle.

Pienaliitoksen minimi a-mitta paksumman ainevahvuuden mukaan laskettiin kaavasta

$$a \geq \sqrt{t} - 0,5 = \sqrt{40 \text{ mm}} - 0,5 = 5,824 \text{ mm} \quad (20)$$

, jossa

$t$  = paksumman levyn ainevahvuus.

Kannen palkkien ja jalustan liitoksen a- mitaksi valittiin 6 mm. Kylkiliitoksille laskettiin samalla tavalla paksumman ainevahvuuden mukaan 4 mm:n a-mitta. Kansi-

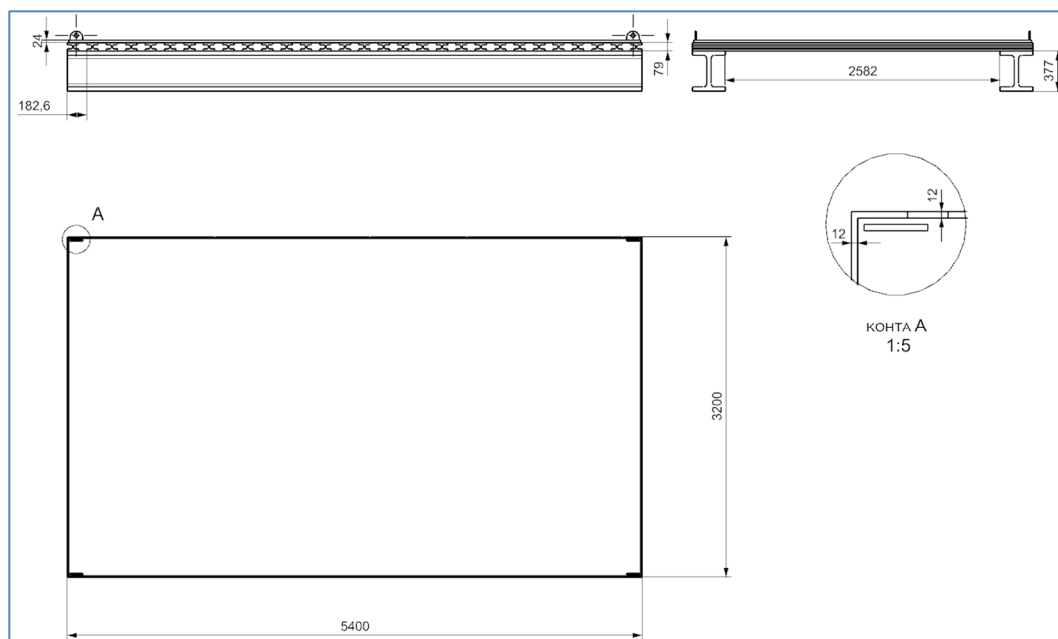
levyn a-mitaksi valittiin 4 mm, vaikka ainevahvuuden mukaan laskettuna voisi pyöristää 5 mm:iin. Kansilevy liitettynä poikkipalkkien kanssa muodostavat jäykän, toisiaan tukevan rakenteen.

Hitsauslaskelmat osoittivat, että otsa- ja kylkihitsien laskentakaavoilla a-mitta ei ollut riittävän suuri verrattuna pienahitsien ainevahvuuksiin perustuviin minimivaatimuksiin. Pienahitsin laskelmien tuottamat a-mitat valittiin, koska hitsattavaan materiaaliin tulee kuitenkin saada riittävän syvä tunkeuma hitsattaessa /33/.

### **4.2.3 Mallintaminen ja piirustusten teko**

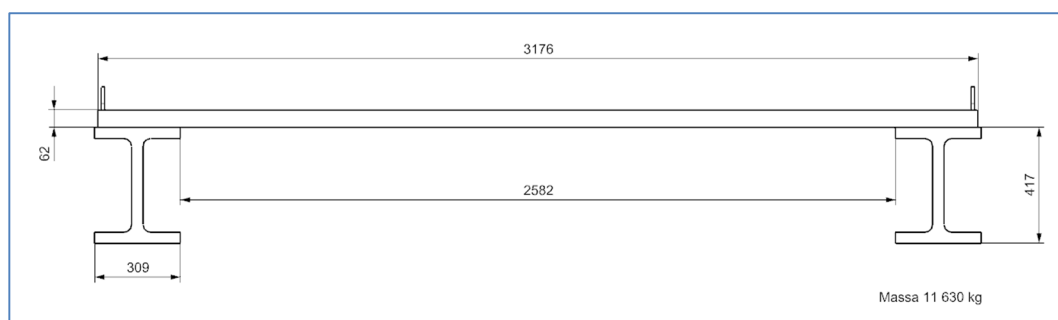
Paletin rakenteen suunnittelussa hyödynnettiin 3D-mallinnusohjelmia, kuten Siemens NX ja Autodesk Inventor. Määriteltyjen mittojen ja lujuuslaskennasta saatujen arvojen perusteella paletista luotiin 3D-malli, jota voitiin hyödyntää kuljettimen toimintamittojen muodostamisessa.

Paletin toteuttaminen standardimittaisilla palkeilla ei ollut mahdollista, koska paletin kannen täytyi olla mahdollisimman ohut, mutta riittävän luja 250 tonnin kuormalle. Lujuuslaskennasta saatujen tulosten perusteella mallinnettiin kaksi erilaista palettia. Ensimmäisen paletin jalustoina toimivat standardimittaiset HE 340 M-palkit ja kannen osina uumaltaan lyhennetyt HE 100 M-palkit sekä 24 mm teräslevy (Kuva 11).



**Kuva 11.** Poikkipalkki- ja teräslevykantinen paletti.

Toinen paletti oli ensimmäiseksi suunnitellun paletin variantti, jossa kantana oli pelkästään 62 mm teräslevy (Kuva 12). Teräslevy lisäsi paletin kokonaispainoa noin 1600 kg, mutta kannen paksuus oli 41 mm ohuempi. Jalustapalkin uumaa voitiin korottaa 40 mm. Molemmissa paleteissa, teräslevy on reunoiltaan 12 mm pienempi kuin runko, jotta levyn reunaa ei tarvitsisi viistää hitsausraillon muodostamiseksi.



**Kuva 12.** Teräslevykantisen paletin etuprojektio.

#### 4.2.4 Valmistusohjeet

Paletin valmistamiseen tarvittavat ohjeet laadittiin käsittämään hitsausliitosten mittojen ja hitsausohjeiden sekä niihin tarvittavien valmistavien toimenpiteiden ohjeet.

Lisäksi laadittiin paletin viimeistelyyn ja kuljetinratkaisun käyttöön liittyviä ohjeita.

Kannen poikkipalkit tulee hitsata hitsauslaskelmien mukaisesti jalustan palkkeihin hitsausprosessilla 138 tai 135. Paletin kannen poikkipalkkien alapuoli ja paletin sivulla olevat raot tulee peittää kokonaan noin 1,5 mm teräslevyllä, jotta hankalasti puhdistettavaa likaa ei pääse kertymään kannen rakenteisiin. Peitelevyt liitetään hitsaamalla. Paletti tulee maalata kauttaaltaan, muuntajien säiliön pohjamaalilla. Palettiin tulee merkitä erottuvin kirjaimin suurin sallittu kuormitus 250 t sekä nostokorviin niiden suurin sallittu kuormitus stanssattuna.

Pelkästään teräslevykantisen paletin ohjeet ovat muutoin samat, mutta peitettäviä rakoja ei ole. Teräslevyarkkien saatavuudessa voi olla riittävän leveyden kannalta puutteita. Teräslevykansi voidaan valmistaa hitsaamalla kaksi tai kolme levyä yhteen. Hitsausliitoksen tulee tällöin olla poikkisuunnassa jalustoihin nähden.

### **4.3 Uusi kuljetinratkaisu**

Uudeksi kuljetintyypiksi päätettiin valita tasakantinen kiskokuljetin nostojärjestelmällä. Valinta perustui kerosiinilaitoksen linjalle aiheutuvien muutostöiden minimointiin. Uutta kiskokuljetinta varten ei tarvitse tehdä lattian parannustöitä eikä muutoksia kerosiinilaitoksen uunin kynnyksikulun ylitykseen. Kuljetinvalmistajilla, joiden tuotevalikoimaan kiskokuljettimet kuuluvat, oli saatavilla kustomoituja, asiakkaan raideleveydelle soveltuvia kuljettimia riittäväällä yli 250 tonnin kuljetuskapasiteetilla.

Uudelta kiskokuljettimelta vaadittavista ominaisuuksista päätettiin tehdä lista ominaisuuksista, havainnollistavat piirustukset tärkeimmistä mitoista ja potentiaalisten valmistajien selvitys. Kiskokuljetinta hankittaessa tulee varmistaa, että kuljettimet valmistetaan EU:ssa vaadittavien konedirektiivien mukaan.

### 4.3.1 Ominaisuudet

Uuden kiskokuljettimen tärkeimpinä ominaisuuksina pidettiin nykyisen kuljetuskapasiteetin säilymistä, käyttöominaisuuksia ja turvallisuusnäkökohtia. Vaadittavat ominaisuudet olivat

- kuljetus ja nostokapasiteetti vähintään 300 000 kg
- tasakantinen, jotta kuljetin voidaan ajaa paletin alta
- manuaalinen radio-ohjaus
- nopeuden säätö, suurin nopeus vähintään 20 m/min
- voimanlähteenä sähkömoottori, virtalähteenä akut
- erilliset jarrut, jos voimansiirtojärjestelmä ei hidasta riittävästi
- ajosuunnasta aktivoituvat törmäystunnistimet edessä ja takana
  - edessä oleva tunnistin aktivoituu kun ajetaan eteen ja vastaavasti takana oleva taakse ajettaessa
  - hitaimmalla nopeudella ajettaessa törmäystunnistimen ei tulisi olla aktiivisena, jotta kuljetin voidaan ajaa uunin perälle asti
- puhdastiloihin tarkoitettu rakenne
  - kuljetin tulee olla rakenteeltaan helposti puhdistettava
  - likaa kerääviä rakenteita vältettävä kuljettimen ulko-osissa
- nostokorkeuden ilmaisin
- jousitettu pyörästä.

Lisäominaisuudet, joiden perusteella kuljettimia voidaan laittaa paremmuusjärjestykseen

- ajonopeus
- kuljettimen matalampi korkeus
- akkujen pidempi kesto sekä nopeampi lataus
- kuljettimen tilasta kertova näyttö, kuten vikatilanteet ja kuorman painopisteen sijainti

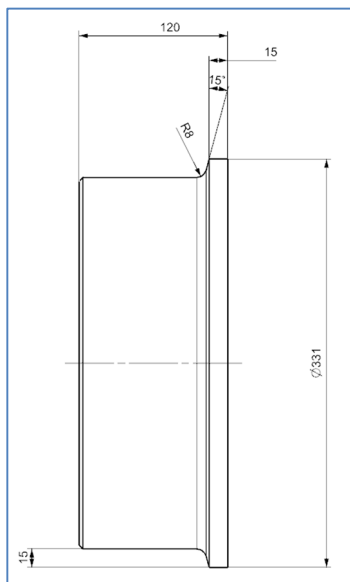
- ajonopeuden optimoiminen etäisyyden mukaan.

Kuljettimelta vaadittavista ominaisuuksista tehtiin englanninkielinen dokumentti, jota voisi hyödyntää hankintaprosessin aikana (LIITE 5).

### 4.3.2 Toimintamitat

Uuden kiskokuljettimen tärkeimmät mitat perustuivat nykyisten kiskojen mittoihin, kuten raideleveyteen sekä pyörien osalta yksittäisen kiskon leveyteen. Suunnittelua ohjaavat mitoitukset määräsivät yhdessä suunnitellun paletin kanssa kuljettimen suurimman korkeuden. Lisäksi mitoituksen vähimmäisedellytyksenä oli nykyisen kuljetuskapasiteetin säilyminen.

Uuden kiskokuljettimen kiskopyörän tuli olla vierintäpinnan profiilin mitoiltaan so-  
piva kerosiinilaitoksen linjan kiskoprofiiliin. Nykyisen kuljettimen vaunun kisko-  
pyörä piirrettiin hyödyntäen alkuperäistä piirustusta. Tärkeimmät kiskopyörän mi-  
tat on esitetty alla olevassa piirroksessa (Kuva 13).

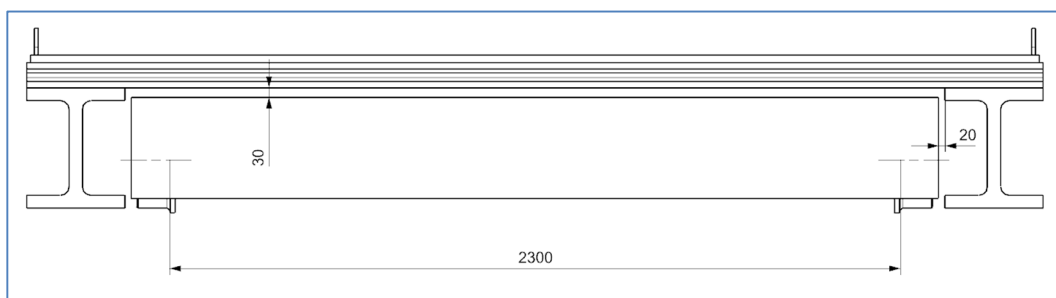


**Kuva 13.** Kiskopyörän mitat HE-palkkikantiselle paletille.

Kiskopyörän halkaisija 331 mm mitoitettiin vain suuntaa antavaksi. Sitä voitiin pitää lähellä suurinta mahdollista kun suurin sallittu korkeus kuljettimelle olisi 400

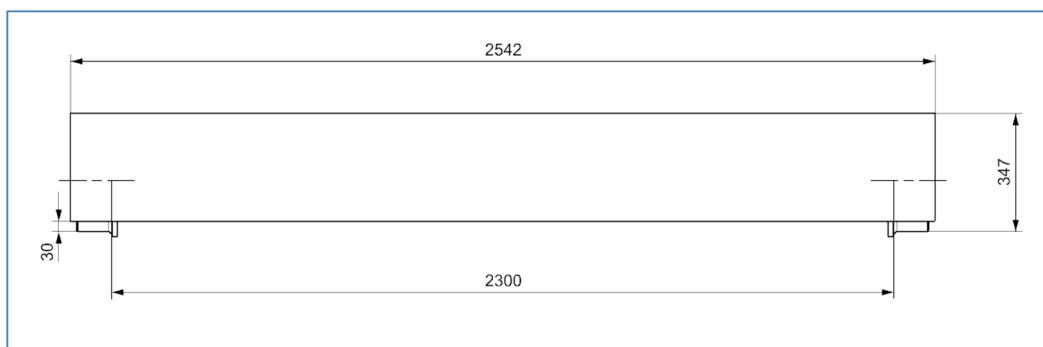
millimetriä. Kiskopyörä ei saisi nousta kuljettimen kannen tasolle, joten malliin jätettiin kansivaraa vähintään 20 millimetriä. Maavara nykyisellä kuljettimella oli noin 30 mm, joka myös pienensi pyörän halkaisijan kokoa. Pelkän teräslevykantisen kuljettimen pyörän halkaisija saisi olla 363 mm.

Kiskokuljettimesta mallinnettiin myös yksinkertainen rungon malli, johon mallinnetut kiskopyörät sovitettiin. Rungon vähimmäispituuden yhdelle paletille tulisi olla 5500 mm, jotta nostopituus olisi suurempi kuin paletin nostopinnan pituus. Leveydeksi määriteltiin 2542 mm, jotta kuljetin sopisi suunnitellun paletin jalustojen väliin. Kummallekin puolelle, kuljettimen reunojen ja paletin väliin jäisi 20 mm vällys (Kuva 14).

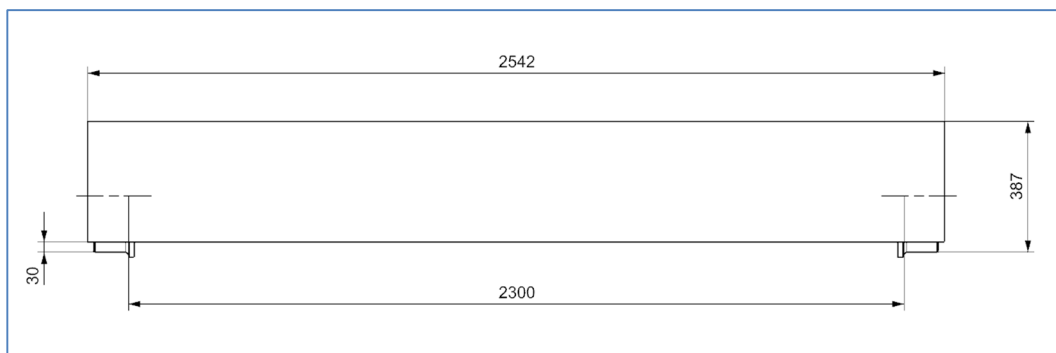


**Kuva 14.** Etuprojektio kiskokuljetinyhdistelmän mallista.

Runko-osa saisi lepokorkeudessaan olla korkeintaan 347 mm, jolloin maavaraa jäisi 30 mm (Kuva 15). Vastaavasti teräslevykantisen paletin alle mahtuu 387 mm korkea kuljetin (Kuva 16). Lepokorkeudessa paletin ja kuljettimen kannen välissä tulee olla noin 30 mm:n kulkuvara. Kiskokuljettimen rungosta tehtiin mittapiirustukset molemmille paleteille, tärkeimmillä mitoilla.

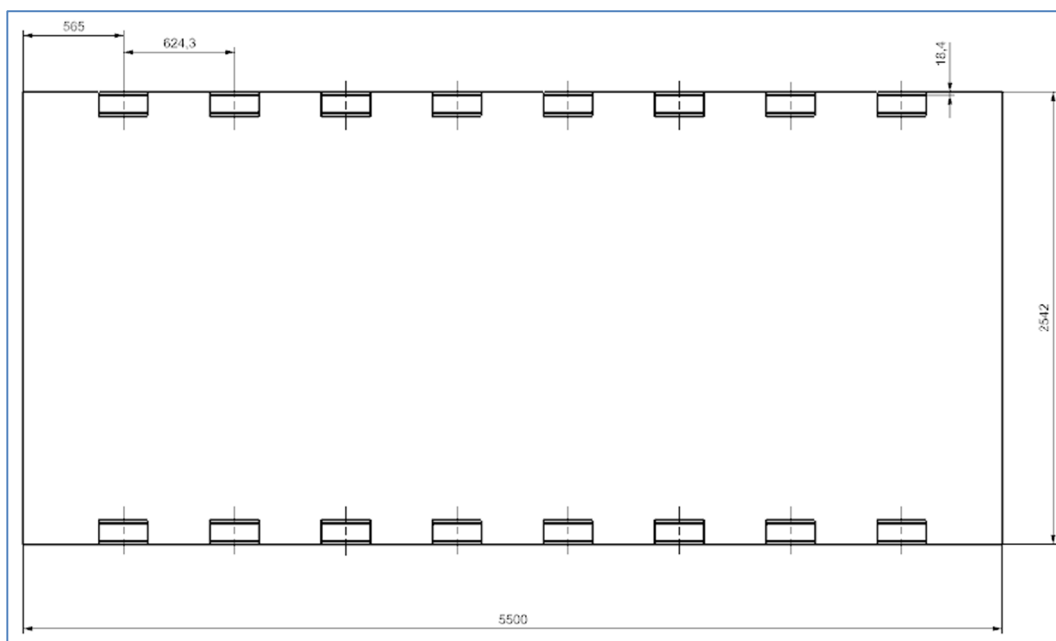


**Kuva 15.** Kiskokuljettimen mitat poikkipalkkipaletille. Etupuolelta kuvattuna.



**Kuva 16.** Kiskokuljettimen mitat teräslevypaletille. Etupuolelta kuvattuna.

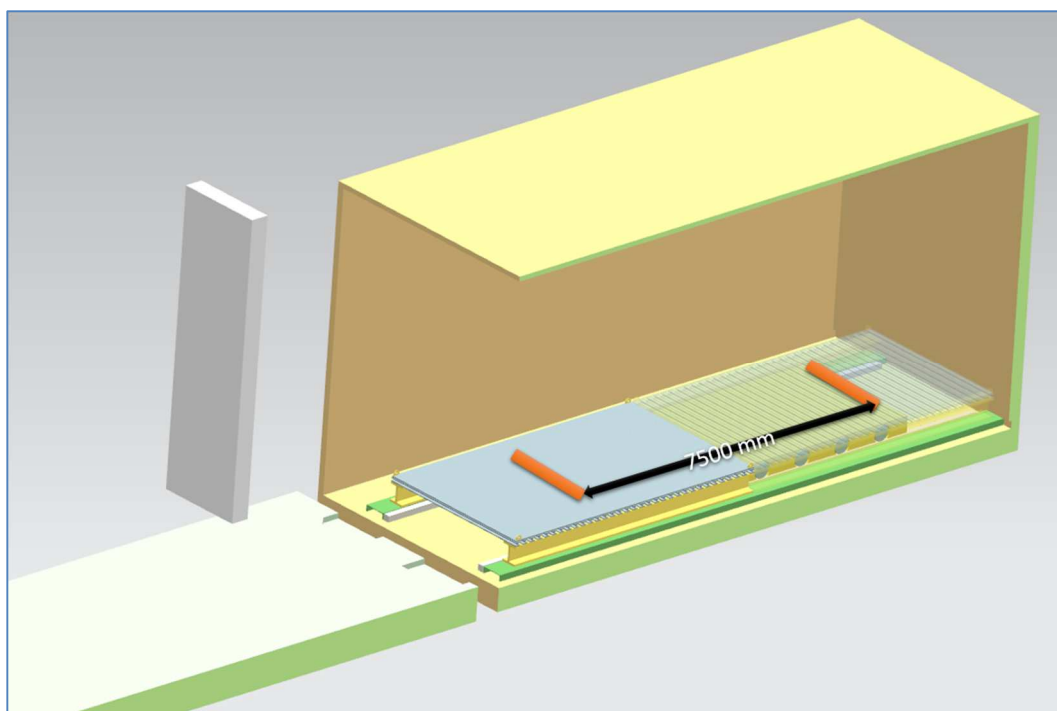
Kuljettimen pyörien lukumääräksi suunniteltiin vähintään 12 kappaletta. Tällöin yhden pyörän kautta kiskoon kohdistuva paino olisi noin 21 tonnia täydellä kuormalla. Nykyisen kuljetusvaunun alkuperäinen pyörien määrä oli 16 kappaletta, jolloin kuorman aiheuttama paino olisi noin 16 tonnia pyörää kohden. Uuden kuljettimen suunnitelmissa runkoon mitoitettiin kahdeksan pyöräparia, eli yhteensä 16 kappaletta pyöriä (Kuva 17). Pyörien lukumäärällä on merkitystä kiskoradan kestävyyden kannalta, tällöin on parempi käyttää samaa pyörämäärää kuin alkuperäisessäkin kuljetusjärjestelmässä.





**Kuva 17.** Kiskokuljetin alhaalta kuvattuna, lyhyellä rungolla.

Uuden kiskokuljettimen optimaalinen pituus kahden paletin kuljetukseen olisi 7500 mm. Kuljettimen päätyjen etäisyys peräkkäin olevien palettien päätyihin olisi tällöin 1650 mm edellyttäen, että kuljetin ajetaan tasan molempien palettien alle (Kuva 18). Molempien palettien yhtäaikainen kuljetus mahdollistaa sellaisen muuntajan aktiiviosan kuljetuksen, joka ei mahtuisi pituutensa vuoksi yhdelle paletille. Vaihtoehtoinen kuljetinratkaisu voisi olla yhden paletin kokoinen ajettava kuljetin ja nostojärjestelmällä varustettu vaunu, joka kytkettäisiin ajettavaan kuljettimeen. Vaunun tulisi olla ainakin 3500 mm pitkä, jotta molempia paletteja voitaisiin kuljettaa myös silloin kun paletit ovat täynnä aktiiviosia.



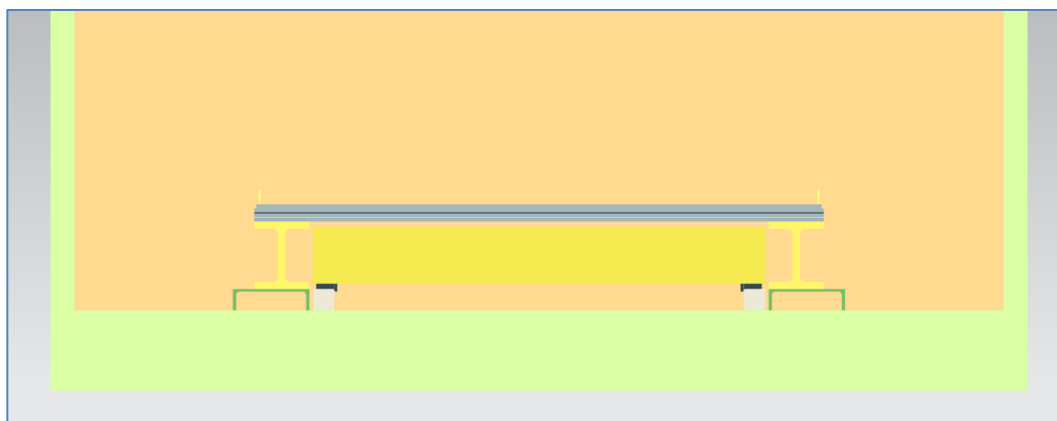
**Kuva 18.** Kuljettimen sijoittuminen palettien keskelle.

#### 4.3.3 Tarvittavat muutokset kerosiinilinjalle

Opinnäytetyön tutkimusten kautta hankitun tiedon perusteella pohdittiin uuden kiskokuljettimen ja paletin muodostaman uuden kuljetinratkaisun aiheuttamia mahdollisia muutostöitä kerosiinilinjalle. Uunin lattialle tulisi asentaa korotuspalat, jotta paletin jalustat olisivat samalla tasolla kiskojen kanssa.

Uunin lattiataason korottaminen päätettiin suunnitella sellaiseksi, että muutostyö olisi mahdollista suorittaa esimerkiksi työpäivän aikana, jolloin kerosiinilaitoksen linjan toimintaan ei tulisi pitkää tuotannon pysähtymistä. Korotuspaloina voisi olla kaksi suorakaidepalkkia, joiden pituus tulisi olla 11500 mm. Markkinoilta saatavien standardimittojen mukaan valmistettuja RHS-suorakaidepalkki vaihtoehtoja voisi- vat tällöin olla 220 x 120 mm ja 300 x 100 mm, 10 mm seinämävahvuudella. Leveämpi 300 mm palkki täytyisi lisäksi korottaa 20 mm paksuisella levyllä.

Vaihtoehtoisesti korotuspaloina voisi käyttää 120 mm korkeita U-palkkeja. Kiskokuljetinyhdistelmän ja kerosiinilaitoksen uunin mallissa käytettiin 430 x 120 mm U-palkkia (Kuva 19). Palkit tulisi kiinnittää pultiliitoksilla tai hitsaamalla uunin lattiaan. Suunnitelmat uunin lattian korotuspalkkeista tarkentuvat uuden kiskokuljetimen tilauksen yhteydessä saatavista mitoista.



**Kuva 19.** Kerosiinilaitoksen uuni ja kuljetinyhdistelmä edestä kuvattuna.

#### 4.3.4 Kiskokuljetinvalmistajat

Kiskokuljetinvalmistajista tehtiin erillinen lista (LIITE 6), josta selviää valmistajan nimi, valmistusmaa, selitykset ja linkki valmistajan tuotesivulle. Valmistusmaan erittely listaan oli tärkeää, koska Euroopan ulkopuolisten valmistajien kyky valmistaa kuljettimia EU-direktiivien mukaan tulee varmistaa heti hankintatoimien tiedusteluvaiheessa.

Kiskokuljetinvalmistajien kartoittamisen perusteena oli listan helpompi hyödynnettävyys tulevassa kiskokuljetinhankinnassa. Listan avulla tarjouspyyntöjen ja selvitysten tekeminen arvioitiin olevan nopeampaa kuin koko valmistajalistan selaaminen. Tarjouspyynnöissä on kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi pyöräkuljetinvalmistajilla saattaa olla tarvittavat resurssit valmistaa myös kiskokuljettimia. Tällaisia kuljetinvalmistajia voisi mahdollisesti olla sellaiset, jotka painottivat kuljettimensa kustomoitavuutta tuotesivustoillaan.

## 5 YHTEENVETO

Työn aluksi asetetut tavoitteet saavutettiin löytämällä sopivin kuljetinratkaisu kerosiinilaitoksen kuljettimen ongelmien korjaamiseksi ja kuljetusprosessin kehittämiseksi tehokkaammaksi. Lisäksi saatiin tuotettua kattava aineisto nykytilanteesta, uusista kuljetintyypeistä ja niiden ominaisuuksista, joilla voidaan perustella uuden kuljetinjärjestelmän tuomat hyödyt. Aineiston pohjalta luotiin myös kuljettimen hankintatoimien aloittamiseksi tarvittavaa aineistoa, kuten potentiaalisten valmistajien tiedot ja kuljettimelta vaadittavat ominaisuudet.

Tärkeä osa uutta kuljetinjärjestelmää oli paletin teräsrakenteen suunnittelu, jonka tuloksina saatiin tuotettua piirustukset ja optimaaliset mitat, joiden avulla paletit voidaan valmistaa. Teräsrakenteen lujuuslaskenta suoritettiin pääasiassa käsin, mikä on vanhanaikainen tapa, mutta havainnollisempi sekä opettavaisempi. Käsin laskemalla saatiin tarkempaa tietoutta paletin osien valinnan perusteista kuin myös ymmärrystä teräsrakenteen suunnittelun haasteista. Paletin teräsrakenteen suunnittelun suurin haaste oli toimia tiukkojen mittavaatimusten puitteissa. Osien valinnan lähtökohtana olivat vakiomittaiset terästuotteet, kuitenkin samalla kuljettimen toimintamitat pyrittiin maksimoimaan.

Erilaisten kuljetintyyppien toiminnallisista ominaisuuksista löytyi valmistajien tuotesivuilta yksityiskohtaista tietoa, joiden perusteella päädyttiin valitsemaan kiskokuljetin uudeksi kerosiinilaitoksen kuljettimeksi. Kiskokuljetinvalmistajien tuotesivuilta ei kuitenkaan löytynyt yksityiskohtaista tietoa mitoituksellisista rajoista. Voidaan olettaa, että kustomoitavien kuljettimien minimikorkeus määräytyy tapauskohtaisesti kuljetettavan kuorman suuruuden ja kuljetuspinta-alan mukaan. Tasakantisen kiskokuljettimen suunnittelun haasteiden voidaan arvioida olevan samankaltaisia kuin paletin suunnittelussakin. Kiskokuljettimen nosto- ja ajojärjestelmän sovittaminen korkeussuunnassa katsottuna pieneen tilaan, voi olla standardimittaisilla osilla hyvin haastavaa.

Tulosten luotettavuuden arvioinnissa tulee huomioida se, että nykyinen kuljetinjärjestelmä oli ollut käytössä melkein 30 vuotta, joten aineiston ajallinen kattavuus oli laaja. Muuntajien aktiiviosien kuormittavuus nykyisellä kuljetuskapasiteetillä oli

hyvin tiedossa. Yhden paletin rakenne suunniteltiin 250 tonnin kuormalle kun nykyinen kapasiteetti yhdelle vaunulle oli 200 tonnia. Suurimpia aktiiviosia oli lisäksi kuljetettu siten, että kuorma oli jakautunut kahdelle vaunulle. Palettien suunniteltua kapasiteettiä voidaan pitää riittävänä.

Joidenkin kuljetinvalmistajien antamat tiedot valmistuspotentiaaleistaan eivät oleet niin perusteellisia, että niitä voitaisiin sulkea pois kiskokuljettimia tiedusteltaessa. Ilmoitettuja kuljettimen käyttöominaisuuksia voidaan pitää luotettavana, koska valmistajien kuljettimien markkinointi perustuu usein ominaisuuksien kattavaan esittelyyn.

## LÄHTEET

- /1/ Varmaa virtaa maailmanlaajuisesti. 2016. ABB Oy, Transformers. Viitattu 02.05.2016. [https://library.e.abb.com/public/2bf59ef45243459b9b8c2e3dd5baeddf/Transformers\\_2016.pdf](https://library.e.abb.com/public/2bf59ef45243459b9b8c2e3dd5baeddf/Transformers_2016.pdf)
- /2/ Suomalaiset juuret: Strömbergin jalanjäljillä vuodesta 1889. 2016. ABB Lyhyesti. Viitattu 17.05.2016. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>
- /3/ Strömbergin teollisuus- ja asuinalue. 2009. Museovirasto. Viitattu 17.05.2016. [http://www.rky.fi/read/asp/r\\_kohde\\_det.aspx?KOHDE\\_ID=4503](http://www.rky.fi/read/asp/r_kohde_det.aspx?KOHDE_ID=4503)
- /4/ Katsaus 1997. Suomalaiset ABB- yhtiöt. 1997. Aalto yliopiston kirjasto. Viitattu 17.05.2016. <http://web.lib.hse.fi/FI/yrittyspalvelin/pdf/1996/fabb.pdf>
- /5/ ABB aloitti yt-neuvottelut Vaasassa. 2005. Kaleva verkkolehti. Viitattu 17.05.2016. <http://www.kaleva.fi/uutiset/kotimaa/abb-aloitti-yt-neuvottelut-vaasassa/215525/>
- /6/ Vapor Phase Drying System. 2015. Vacuum Plant & Instruments Mfg Co. Ltd. Viitattu 06.05.2016. [http://www.vpilt.com/Vapor\\_Phase\\_Drying\\_System.html](http://www.vpilt.com/Vapor_Phase_Drying_System.html)
- /7/ Miettunen, J. 1990. Muuntajien kerosiinikuivaus. ABB Oy Transformers arkisto.
- /8/ Piirustus nro. HLA235470. 1980. IEBB Brasilien. ABB Oy Transformers arkisto.
- /9/ Miettunen, J. 1992. Kerosiinilaitoksen uunivaunut. ABB Oy Transformers arkisto.
- /10/ IPN- European Standard Beams. 2016. Structural-drafting-net-expert. Viitattu 01.05.2016. <http://www.structural-drafting-net-expert.com/steel-sections-IPN.html>
- /11/ Bercea, E. & Ahlman, C. Drying Process: Cleanliness and Professional Maintenance/Service (PM/S). 2013. ABB Oy Transformers sisäinen ohje.
- /12/ Siirtosarjat - Moduulit. 2016. Viitattu 01.05.2016. <https://www.solving.com/tuotteet/tuotteet/siirtojarjestelmat/>
- /13/ How Air Cushions Work. 2016. Delu Air Cushion Systems. Viitattu 03.05.2016. <http://delu-gmbh.de/en/technische-informationen/luftgleitkissen-funktionsprinzip>
- /14/ Kulla, T. Solving Mover SAPT 150W-2XYT. 2010. ABB Oy Transformers ilmatyynykuljettimen käyttöohje.

- /15/ DELU Air-cushion Unit LE. 2016. Specifications. Viitattu 03.05.2016. [http://delu-gmbh.de/sites/default/files/DELU\\_K\\_10\\_Luftkissenelement.pdf](http://delu-gmbh.de/sites/default/files/DELU_K_10_Luftkissenelement.pdf)
- /16/ Demands on the floor surface. 2009. Viitattu 03.05.2016. [http://delu-gmbh.de/sites/default/files/DELU\\_K\\_100\\_Fussbodenanforderungen.pdf](http://delu-gmbh.de/sites/default/files/DELU_K_100_Fussbodenanforderungen.pdf)
- /17/ Ilmatyynyvaunut. 2016. Solving tuotteet. Viitattu 03.05.2016. <https://www.solving.com/tuotteet/tuotteet/ilmatyynyvaunut/>
- /18/ Rolling friction and rolling resistance. 2016. The Engineering ToolBox. Viitattu 30.04.2016. [http://www.engineeringtoolbox.com/rolling-friction-resistance-d\\_1303.html](http://www.engineeringtoolbox.com/rolling-friction-resistance-d_1303.html)
- /19/ Rail guided powered trolleys. 2016. Morello. Viitattu 30.04.2016. <http://www.morellogiovanni.it/en/portfolio-view/rail-guided-powered-trolleys/>
- /20/ Heavy duty transporter material handling trolleys. 2016. Transfertrolleys. Viitattu 30.04.2016. <http://www.transfertrolleys.com/on-rail-transfer-cart/material-handling-trolleys.html>
- /21/ Features & Advantages. 2016. Wheelift. Viitattu 30.04.2016. <http://www.wheelift.com/features-advantages>
- /22/ Multi-mode Transporters. 2016. Wheelift. Viitattu 01.05.2016. <http://www.wheelift.com/features-advantages/multi-mode>
- /23/ Automated Guided Vehicles (AGVs). 2016. Wheelift. Viitattu 01.05.2016. <http://www.wheelift.com/transporters/agvs>
- /24/ Self Propelled Modular Transporters. 2016. SEAQX Products. Viitattu 01.05.2016. <http://www.seaqx.com/content/products.php?page=spmt>
- /25/ Transporter Stability. 2016. Wheelift. Viitattu 01.05.2016. <http://www.wheelift.com/features-advantages/stability>
- /26/ Pallet Truck for Heavy Loads. 2016. Hedin products. Viitattu 01.05.2016. <http://www.hedin.se/products/heavy-load-handling/pallet-truck/>
- /27/ Peltola, J. 2016. Valmistusta rajoittavat mitat ja painot. ABB Oy Transformers muuntajat ohjeisto.
- /28/ Standarditeräkset, vertailu, nimikkeet ja tunnuksset. 2016. Ruukki. Viitattu 30.04.2016. <http://www1.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Kuumavalssatut-Standardit/Ruukki-Kuumavalssatut-terakset-Standarditerakset.pdf>
- /29/ Teräsrakennetuotteet ja suositeltavat teräslajit. 2016. Rakennustieto. Viitattu 30.04.2016. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010406.pdf>

/30/ HE-European wide flange beams. 2016. Structural-drafting-net-expert. Viitattu 01.05.2016 <http://www.structural-drafting-net-expert.com/steel-sections-Europe-HE.html>

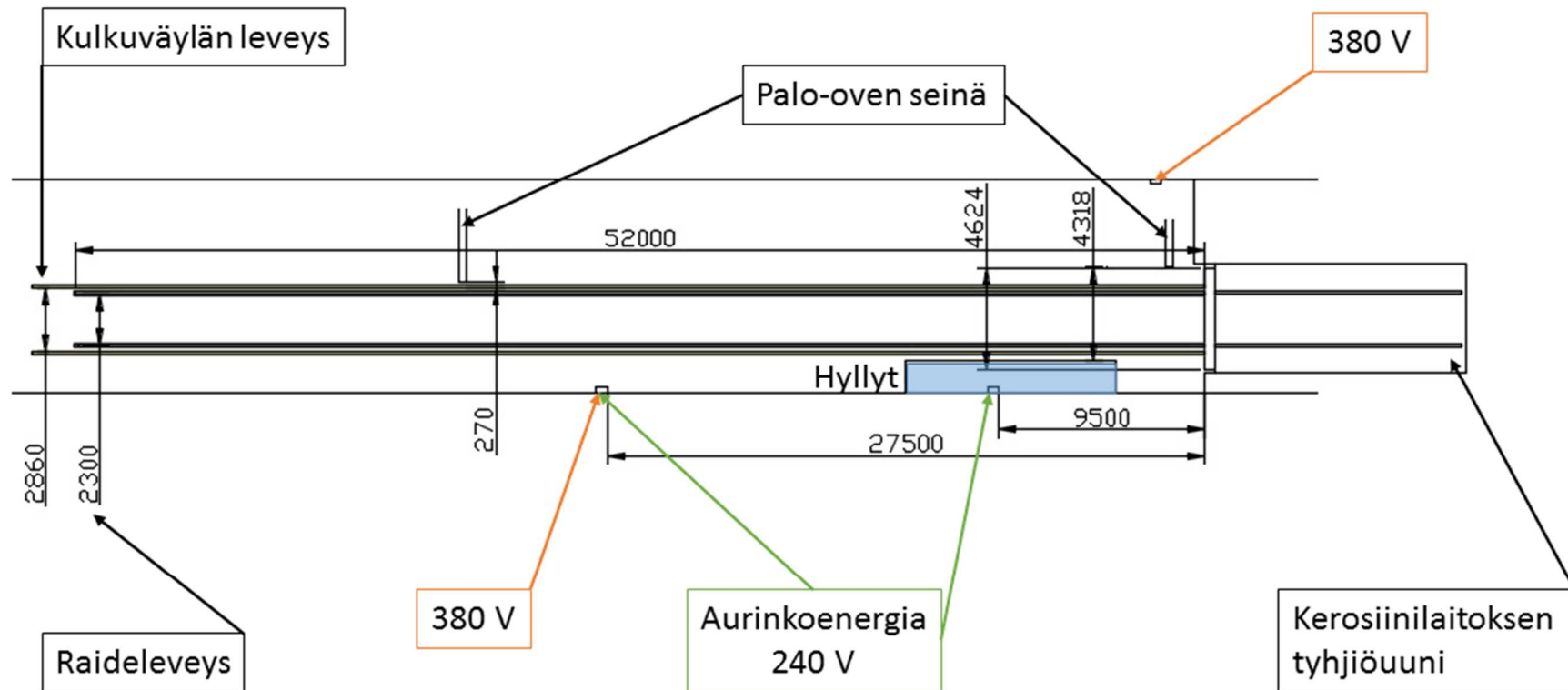
/31/ Hietikko, E. 2013. Palkki, Lujuuslaskennan perusteet. Helsinki. BoD – Books on Demand.

/32/ Tekniikan KAAVASTO. 2000. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

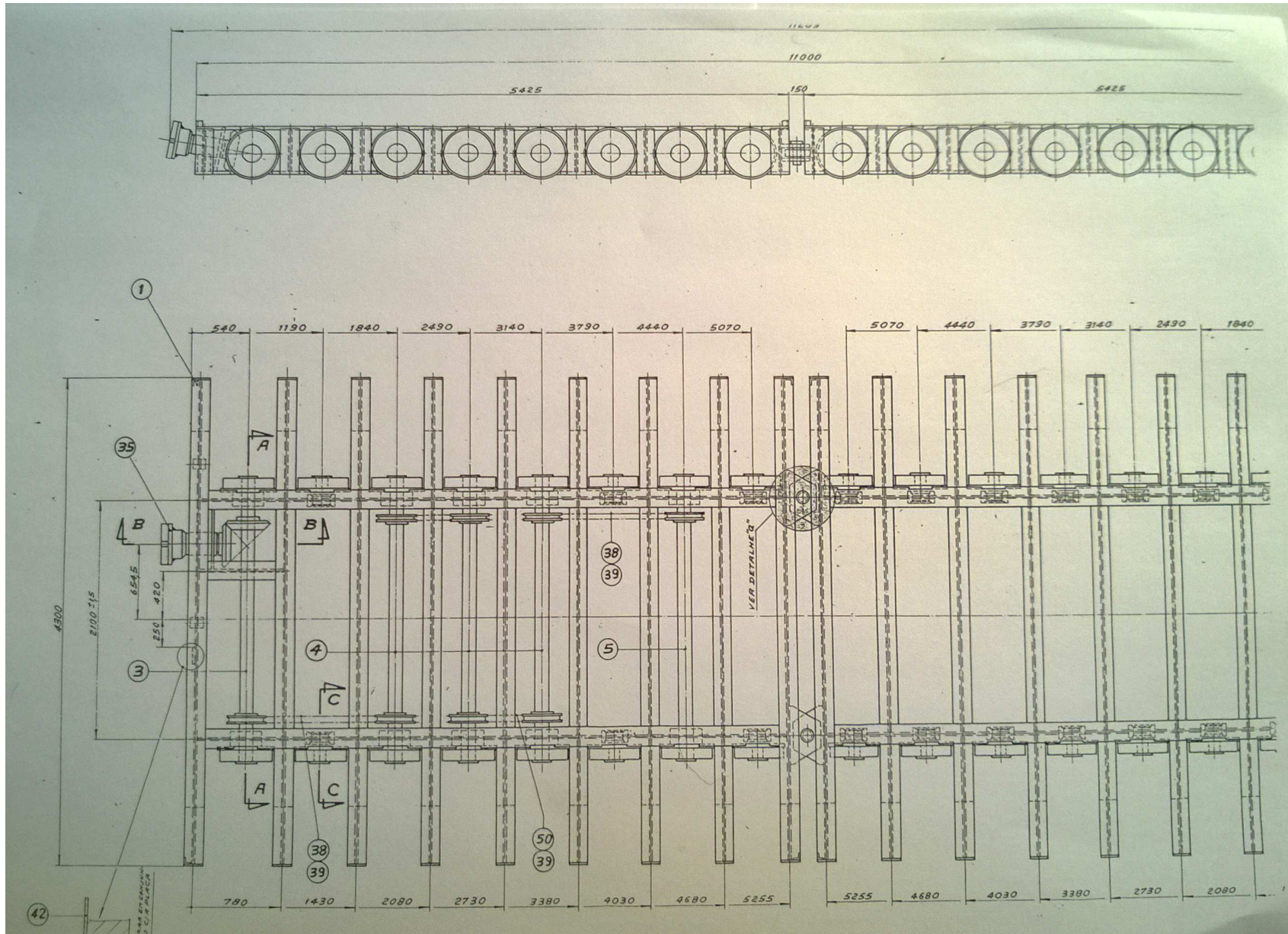
/33/ Piironen, T. 2013. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen. Savonia. Viitattu 19.05.2016. <http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>



# Kerosiinilaitoksen linjan pohjakaavio



LIITE 2



## LIITE 3



## LIITE 4

### **Kuljetinvalmistajat**

AeroGo (Ilmatyynykuljettimia ja siirtojärjestelmiä)

<http://www.aerogo.com/air-caster-products/air-cushion-vehicles/10>

Delu Luftkissentechnik GmbH (Eilaisia ilmatyynykuljetinratkaisuja)

<http://www.delu-gmbh.de/en>

Hedin (Pyöräkuljettimia ja palettitrukkeja)

<http://www.hedin.se>

LKS AG

(Ilmatyynykuljettimia palettiratkaisulla tai ilman. Myös modulaarisia ja kustomoituja järjestelmiä.)

<http://www.lks.ch/web/ProdukteDienstleistungen/information-in-english.php>

Nantong Zhenhuan Trade Co., Ltd. (Ilmatyynykuljettimia)

[http://transformer-machine.com/html\\_products/In-plant-transformer-transporting-hovercraft-152.html](http://transformer-machine.com/html_products/In-plant-transformer-transporting-hovercraft-152.html)

Pelloby Ltd. (Pyöräkuljettimia ja nostojärjestelmiä)

<http://www.pelloby.com>

Seaqx (Pyöräkuljettimia, siirtojärjestelmiä, muista kuljettimista ei sivuilla vielä tietoja)

<http://www.seaqx.com/index.php>

Solving (Ilmatyynykuljettimia, siirtojärjestelmiä, pyöräkuljettimia 100 t asti, vihivaunuja)

<https://www.solving.com>

Wheelift (Erikoistunut pyöräkuljettimiin)

<http://www.wheelift.com>

Sanastoa:

aircushion mower

airfilm mower

airfilm transporter

airbearing transporter

wheel mower

railcar mower

AGV (automated guided vehicles = vihivaunu)

manual handling of loads

heavy load handling

automated handling of heavy loads

pallet truck for heavy loads

flatbed truck

battery powered trolleys on wheels

VPD, vapour phase drying

transfer cart

large capacity mower

pallet mower

## LIITE 5

ABB Oy Transformers

## SPECIFICATIONS

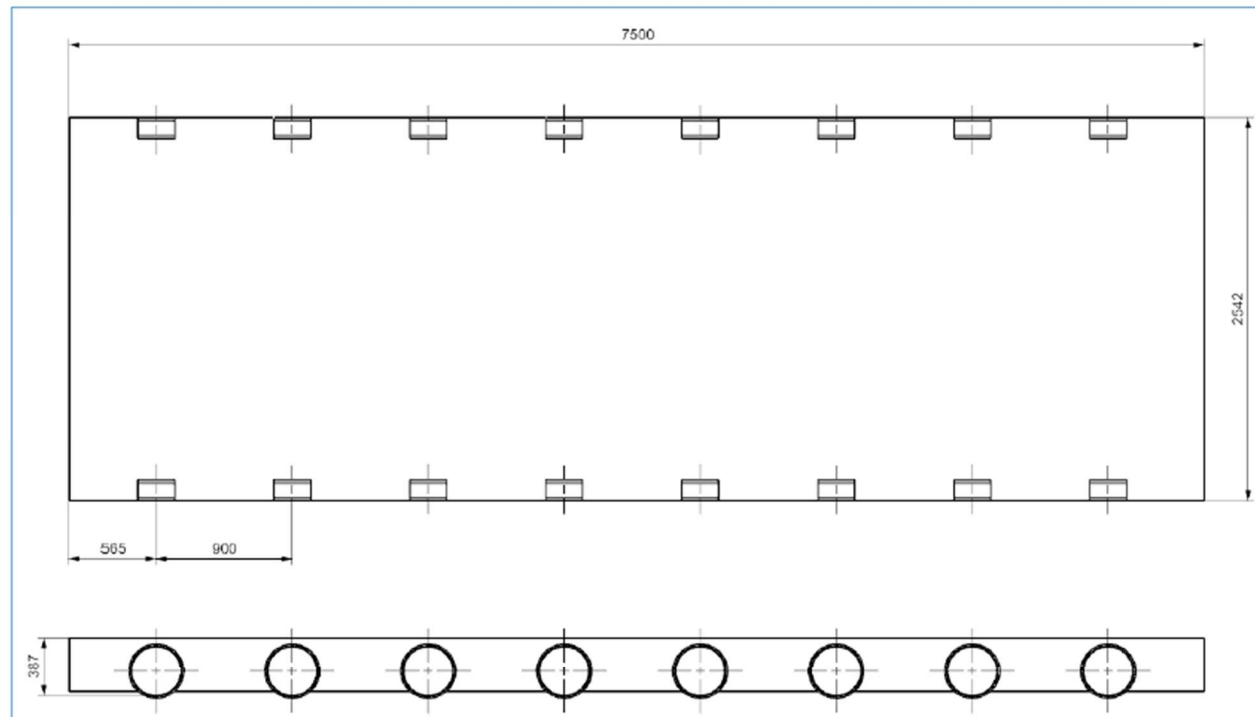
Reference

## RAIL GUIDED TRANSPORTER

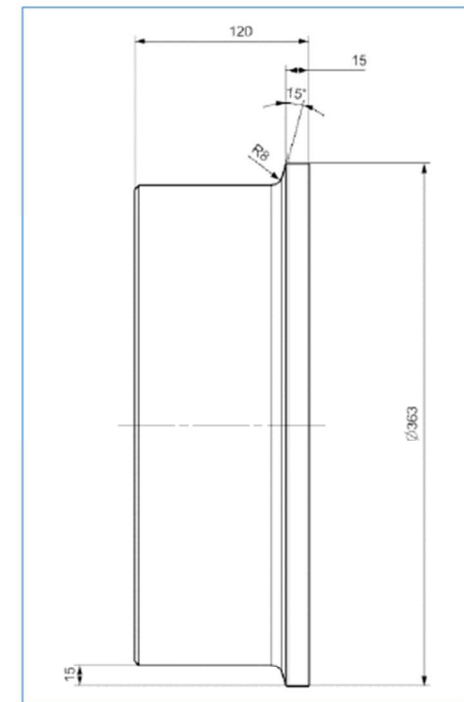
	This document contains information of the features required for the ABB Oy Transformers flat deck, rail guided pallet transporter.
Capacity	Lifting and transporting capacity 300 000 kg. Lifting height at least 60 mm.
Dimensions	More detailed information and dimensional drawing can be found in the attachment. The main dimensions are: <ul style="list-style-type: none"> <li>- rail gauge 2300 mm</li> <li>- frame dimensions 2542 x 7500 mm</li> <li>- max. deck height 387 mm</li> <li>- minimum number of wheels 12</li> </ul>
Drive features	<ul style="list-style-type: none"> <li>- electric motor drive, battery powered and manually radio controlled</li> <li>- speed control with gradual acceleration/deceleration</li> <li>- lifting height indicator</li> <li>- maximum speed, at least 20 m/min</li> <li>- suspension system of the wheels</li> <li>- separate brake system if necessary</li> </ul>
Safety	Drive direction activated front and back collision detection sensors. The sensors must be switched off when driving at the lowest speed. Other safety features of the transporter must be in accordance with the European Union directives.
Other features	The transporter must be easily cleaned. Battery charging from standard 380 V or 240 V source.

## ATTACHMENTS

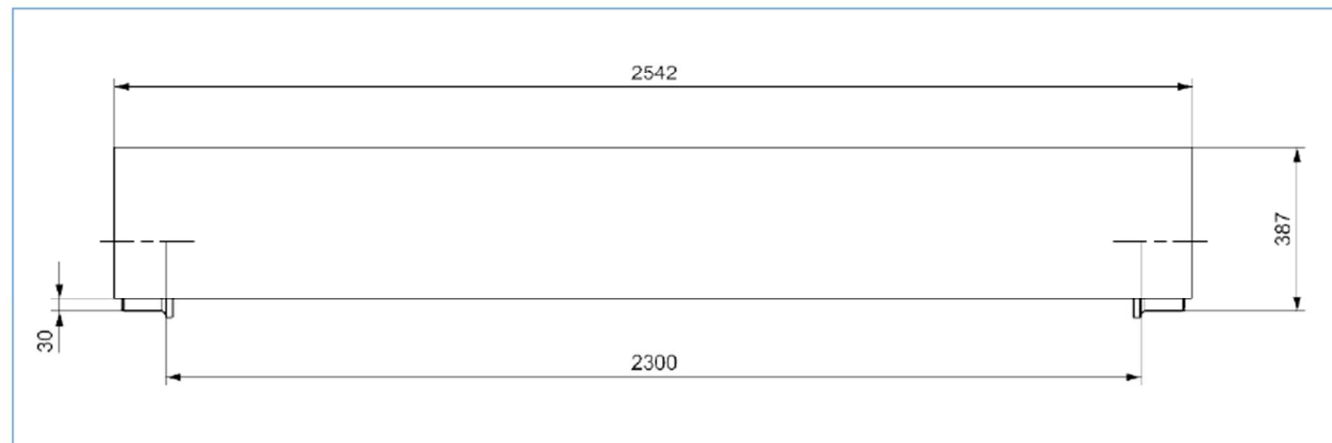
Dimensional drawings of the transporter and the wheel



**Figure 1.** Side and bottom projected dimensions.



**Figure 3.** Wheel dimensions.



**Figure 2.** Front projected dimensions.

# Kiskokuljetinvalmistajat

## **Morello (Italia)**

<http://www.morellogiovanni.it/en/portfolio-view/rail-guided-powered-trolleys/>

- Kiskokuljettimia 1000 tonniin asti
- Kustomoitavissa asiakkaan spesifikaatioiden mukaan

## **Industrias Electromecánicas GH, S.A. (Tuotantolaitoksia Espanjassa)**

<https://www.ghcranes.com/en/products/transfer-cart/>

- Kiskokuljettimia 100 tonniin asti
- Sivulla ei tietoa kustomoitavuudesta

## **AVT Europe NV (Belgia)**

<http://www.a-vt.be/en/home.aspx>

- Kiskokuljettimien tietoja pyynnöstä

## **Henan Perfect Handling Equipment Co., Ltd (Kiina)**

[http://www.bfbtransporter.com/Battery\\_powered\\_transfer\\_cart/Motorized\\_factory\\_material\\_transfer\\_solution\\_car\\_45.html](http://www.bfbtransporter.com/Battery_powered_transfer_cart/Motorized_factory_material_transfer_solution_car_45.html)

- Kiskokuljettimia 350 tonniin asti
- Sivulla ei tietoa kustomoitavuudesta
- Tarjottavat kuljettimen korkeudet suuria (150 t > 1200 mm)
- Samoja tuotteita tarjotaan useiden domainien alla