

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma / Merikapteeni

Mika Lehtinen

TERÄSTUOTTEIDEN KULJETUS ERIKOISKONTEISSA

Opinnäytetyö 2014

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Merenkulku

LEHTINEN, MIKA

Terästuotteiden kuljetus erikoiskonteissa

Opinnäytetyö

46 sivua + 2 liitesivua

Työn ohjaaja

Joni Hietakangas

Toimeksiantaja

Oy Langh Ship Ab

Joulukuu 2014

Avainsanat

kontti, erikoiskontti, lastaus, kuormanvarmistus

Opinnäytetyössä on esitelty kaksi Langh Ship Oy:n kehittämään terästuotteiden kuljetusratkaisujen tuoteperheeseen kuuluvaa erikoiskonttia. Esitellyt kontit ovat sivusta avattava SOC-kontti ja kourupohjainen OTCC-kehtokontti. Sivusta avattava kontti on tarkoitettu ensisijaisesti teräslevyjen, -kelojen ja yleislastien kuljetukseen ja kehtokontti teräskeloiden ja -teollisuuden raaka-aineiden kuljetuksiin. Esiteltävät kontit on valittu työhön niiden parhaan yleiseen liikenteeseen soveltuvuuden vuoksi ja tämä samalla myös rajaa muut tuoteperheen kuljetusratkaisut työn ulkopuolelle.

Työssä on tarkasteltu teräksen kuljetukseen konteissa liittyviä ongelmia, lastiin kohdistuvia rasituksia kuljetuksen aikana eri kuljetusmuodoissa, kuormanvarmistusta sekä hieman konttien rakenteellisia turvallisuusvaatimuksia ja erikoiskonteilla saavutettavaa hyötyä erityisesti lastaus- ja kustannustehokkuuden kautta.

Tavoitteena työssä oli esittää käytännön hyöty siirryttäessä käyttämään erikoiskontteja terästuotteiden kuljetuksissa yleiskäyttöön suunniteltujen standardikonttien sijaan ja erikoiskonttien kuormansidonnan turvallisuuden tutkiminen. Opinnäytetyössä tarkastellaan terästuotteiden kuljetusta lähinnä yleisen liikenneturvallisuuden, lastille aiheutuneiden vahinkojen ja kuormanvarmistuksen osalta verrattuna yleiskäyttöön tarkoitettuun konttiin.

Työssä esitellyt kontit tarjoavat turvallisen, kustannustehokkaan ja käytännössä lastivahinkovapaan tavan kuljettaa terästeollisuuden tuotteita suhteellisen lyhyiden etäisyyksien linjaliikenteessä, jossa on mahdollisuus myös paluulastien kuljetukseen. Erikoiskontit mahdollistavat pientenkin lastierien toimittamisen suoraan tehtaalta asiakkaille intermodaalisissa kuljetusketjuissa.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Technology

LEHTINEN, MIKA

Carriage of Steel Cargoes in Special Containers

Bachelor's Thesis

46 pages + 2 pages of appendices

Supervisor

Joni Hietakangas

Commissioned by

Oy Langh Ship Ab

December 2014

Keywords

container, special container, loading, cargo securing

This thesis introduces two special containers developed by Langh ship Inc. These containers are part of the product family designed for the carriage of goods of the steel industry. The container types are SOC-Side Open Container and OTCC- Open Top Cradle Container. SOC- container is designed especially for the carriage of steel plates, steel rolls and general cargo. OTCC-container is for steel rolls and raw material transportations for the steel industry.

The main objective of this thesis was to present benefits of using a special container instead of standard container in carriage of steel products and observe cargo securing reliability in special containers.

This study compares a standard ISO-container and a special container related to the cargo securing reliability, cost efficiency, damages of the cargo and general safety of transportations.

The special containers introduced in this study offer a safe and cost-effective way to transport products of steel industry from producer directly to the end user without any damage to the cargo. The use of the special container is profitable in regular liner traffic with quick rotation of the cargo and backhauls possibility. The conventional way of transportation is still economic in over-sea transportations with large amount of cargo.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

TERMIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	8
2 MÄÄRITTELYT JA TAVOITTEET	9
3 TERÄSTUOTTEIDEN KULJETUS KONTEISSA	9
3.1 Kuljetettavat lastit	10
3.2 Standardikontin ongelmat	11
3.3 Erikoiskontit	15
3.3.1 SOC-kontti	15
3.3.2 OTCC-kehtokontti	18
4 KUORMANVARMISTUS	19
4.1 Lastiin kohdistuvat voimat kuljetuksen aikana	21
4.1.1 Staattiset voimat	21
4.1.2 Dynaamiset voimat	21
4.2 Kuljetusrasitukset eri kuljetusvälineissä	22
4.2.1 Merikuljetukset	22
4.2.2 Maantiekuljetukset	23
4.2.3 Rautatiekuljetukset	23
4.3 Kuormanvarmistus erikoiskontissa	23
4.3.1 SOC-kontti	23
4.3.2 OTCC-kehtokontti	28
5 KONTTIEN RAKENTEELLISET TURVALLISUUSVAATIMUKSET JA TESTAUS	36
5.1 Konttien tarkastukset	37
5.2 CSC	37
5.3 ACEP	38
6 ERIKOISKONTEILLA SAAVUTETTAVA SÄÄSTÖ	38

7	VAIHTOEHTOISIA KULJETUSRATKAISUJA	39
7.1	Coil-Tainer	40
7.2	Yusen Logistics method	41
8	PÄÄTELMÄT	41
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	
	Liite 1. 20 jalan SOC-erikoiskontin tekniset tiedot	
	Liite 2. 20 jalan OTCC-erikoiskontin tekniset tiedot	

## TERMIT JA LYHENTEET

ACEP	<i>Accepted Continuous Examination Program.</i> Vaihtoehtoinen ohjelma määräaikaisille CSC-tarkastuksille.
CSC	<i>Convention for Safe Container.</i> Kansainvälinen yleissopimus konttien turvallisesta käsittelystä ja kuljettamisesta.
CSC-turvallisuuskilpi	Konttiin kiinnitetty kilpi, joka kertoo kontin olevan CSC-yleissopimuksen mukaisesti tarkastettu.
DC	<i>Dry Cargo.</i> Yleisimmin käytössä oleva konttityyppi on 20 jalan DC-kontti.
Depot	Konttivarikko, jossa kontteja varastoidaan, tarkastetaan ja korjataan.
Erikoiskontti	Standardin mukaisesta yleiskäyttöön suunnitellusta ISO -kontista rakenteeltaan poikkeava, erityisesti tiettyjen lastityyppien kuljetuksiin kehitetty kontti.
FEM-laskenta	<i>Finite Element Method.</i> Elementtimenetelmä rakenteiden käyttäytymisen simulointiin.
GM	Vaihtokeskuskorkeus. Aluksen painopisteen ja liikekeskuksen välinen etäisyys.
IMO	<i>International Maritime Organisation.</i> Yhdistyneiden kansakuntien alainen kansainvälinen merenkulkujärjestö.
Intermodaalikuljetus	Kuljetus, jossa tavara on koko kuljetuksen ajan samassa yksikössä ja kuljetukseen käytetään vähintään kahta eri kuljetustapaa.
ISO	<i>International Organisation for Standardization.</i> Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.

kN	<i>Kilonewton</i> . Työssä esitetyissä laskuissa käytetty voiman yksikkö. Yksi kilonewton = $1000\text{N} \approx 102 \text{ kg}$ ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )
Konventionaalinen	Perinteinen, tavanmukainen.
LC	<i>Lashing Capacity</i> . Kuormansidontavoima (kN). Kuormansidontavälineille ja –kiinnityspisteille ilmoitettu suurin sallittu niihin kohdistettava voima.
OTCC-kontti	<i>Open Top Cradle Container</i> . Päältä avattava kourupohjainen, pääasiassa teräskelojen kuljetukseen suunniteltu, erikoiskontti.
Over seas-liikenne	Valtameriliikenne
Payload	Hyötykuorma. Suurin sallittu kuljetusyksikköön lastattava paino.
SOC-kontti	<i>Side Open Container</i> . Tässä työssä tarkoittaa sivusta avattavaa erikoiskonttia, jota käytetään erityisesti pienempien teräskelojen ja -levyjen kuljetuksissa.
Stack load	Päällekkäin lastattujen konttien muodostaman pinon paino.
Taara	Kuljetusalustan, tässä tapauksessa kontin, omapaino.
TEU	<i>Twenty-foot equivalent unit</i> . Perusmittayksikkö konttiliikenteessä, joka määritellään yhden 20 jalan standardikontin mittojen mukaan.

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan terästuotteiden, lähinnä teräskelojen ja levynippujen, kuljetusta erikoiskonteissa. Työn tavoitteena on esittää käytännön hyöty siirryttäessä perinteisistä konteista erikoiskontteihin ja kuormansidonnan turvallisuuden tutkiminen.

Työn toimeksiantaja on Piikkiöläiseen Oy Langh Ship Ab yhtiöön kuuluva Langh Ship Cargo Solutions. Cargo Solutions on keskittynyt ensisijaisesti teräksen merikuljetuksiin liittyvien kuljetusratkaisujen tuottamiseen ja kehittämiseen. Toiminta on saanut alkunsa Langh Shipin laivojen terästeollisuuden tuotteiden merikuljetuksista 1990-luvulla. Aluksi lähdettiin hakemaan ratkaisua teräslasteja kuljettavien laivojen ylisuurien vaihtokeskuskorkeuden aiheuttamiin ongelmiin kehittämällä menetelmiä siirtää osa lastista turvallisesti ylemmäs ruuman pohjalta, jolloin aluksen vakavuus heikkenee ja liikkeet merenkäynnissä rauhoittuvat. Sittenmin kehitystyö on johtanut kokonaiseen terästeollisuudelle suunnattujen kuljetusratkaisujen tuoteperheeseen. Tämä opinnäytetyö on rajattu käsittelemään kahta erilaista erikoiskuljetuskonttia niiden parhaan yleiseen liikenteeseen soveltuvuuden vuoksi.

Erikoiskuljetusratkaisujen tarkoituksena on tarjota asiakkaalle kustannustehokas ja kestävä kehityksen mukainen tapa kuljettaa tuote perille asti samassa kuljetusyksikössä. Erikoiskonteissa ei tarvitse käyttää kertakäyttöistä lastin kiinnitysmateriaalia, kuten tavallisiin kontteihin lastattaessa. Tämä osaltaan säästää aikaa, kustannuksia ja ympäristöä. Yleiseen liikenteeseen soveltuvat erikoiskontit tarjoavat joustavan tavan teräksen kuljetuksiin intermodaalisessa kuljetusjärjestelmässä.

Painavien terästuotteiden siirtämisellä erikoiskontteihin luotettavasti kiinnitettynä on oleellinen merkitys kuljetuksen turvallisuuteen niin merellä, maantiellä kuin rautatielläkin. Merkitykset ulottuvat välillisesti huomattavasti laajemmalle alueelle kohdistuen mm. yleisen työturvallisuuden paranemiseen, vähentyneisiin lastivaurioihin, alentuneisiin kuljetuskustannuksiin, alhaisempiin päästöihin kaikissa kuljetusketjun osissa jne.

Opinnäytetyön yhteyshenkilönä toimi tuotepäällikkö Markku Ylikahri.



## 2 MÄÄRITTELYT JA TAVOITTEET

Lähtötilanteessa opinnäytetyössä esiteltävät kuljetusratkaisut olivat jo valmiina asiakkaan, Outokumpu Oyj:n, käytössä kuljetettaessa ensisijaisesti ruostumatonta terästä keloina ja levyinä Tornion Röyttästä Hollannin Terneuzeniin. Erikoiskontteja on myös vuokrattuna teräskuljetusten parissa toimiville yrityksille Euroopassa, Kaukoidässä ja Pohjois-Amerikassa.

Opinnäytetyön tutkimusongelmana on pohtia terästuotteiden, lähinnä teräskelojen, kiinnityksen luotettavuutta kontteihin lastattaessa. Tutkimuksen tavoitteena on esittää käytännön hyöty ensisijaisesti yleisen liikenneturvallisuuden, lastivahinkojen ja kustannustehokkuuden kannalta siirryttäessä käyttämään teräksen kuljetuksen tarpeisiin suunniteltuja erikoiskontteja yleiskäyttöön tarkoitettujen konttien sijasta.

## 3 TERÄSTUOTTEIDEN KULJETUS KONTEISSA

Terästuotteiden kuljettaminen konteissa yleisesti on perusteltua ja kannattavaa erityisesti silloin, kun kuljetettavat määrät ovat suhteellisen pieniä tai halutaan kuljettaa arvokkaita ja vaurioille alttiita korkean jalostusasteen omaavia erikoistuotteita suoraan loppukäyttäjälle. Kontittaminen mahdollistaa tuotteiden kuljettamisen suoraan asiakkaalle intermodaalisessa kuljetusjärjestelmässä.

Konventionaalinen kuljetustapa on edelleen kustannustehokas kuljettaessa pitkiä matkoja ja suurissa erissä tavaraa, joka ei ole kovin altista vaurioitumaan, ja näin ollen kestää paremmin useita käsittelykertoja kuljetuksen eri vaiheissa. Käsittelykertojen minimoimisella yleisesti on oleellinen merkitys lastivahinkojen määrän vähentämisessä.

Pelkästään terästuotteita kuljettavissa laivoissa osa lastista, kuten pitkät putket, palkit, yms. kuljetetaan joka tapauksessa konventionaalisesti pelkästään kontteihin sopimattomuutensa vuoksi. Edellä mainitut tuotteet joudutaan lastaamaan luonnollisesti aluksen ruuman pohjalle, mikä osaltaan lisää laivan vakavuutta merkittävästi lastierien suuren painon johdosta. Ylivakavuutta voidaan osaltaan helpottaa, mikäli pystytään turvallisesti sijoittamaan kontteihin se osa lastia, joka sinne ominaisuuksiensa puolesta sopii ja lastaamaan nämä kontit ylemmäs kannelle.

### 3.1 Kuljetettavat lastit

Lastityypit on esitelty Outokumpu Oyj:n, Tornion terästehtaan kuljetustarpeen mukaisesti. Arvioitu kokonaiskuljetustarve vuodelle 2015 on noin 400 000 tonnia (Harjuoja 1.10.2014).

- Kelat. Suurin osa Tornioista Terneuzeniin kuljetettavasta ruostumattomasta teräksestä on kylmä- tai kuumavalssattuina teräsnauhakeloina. Tornion tehtaalla tuotetaan vahvuudeltaan 0,40 – 10,00 millimetristä ja leveydeltään 35–1620 millimetristä kylmä- ja kuumavalssattua teräsnauhaa, joten kelojen halkaisijat, leveydet ja näin ollen myös painot vaihtelevat hyvinkin paljon. Kuljetettavien kelojen pääkokoluokat muodostuvat kuitenkin standardileveydet omaavista keloista mittojen ollessa 990, 1220, 1250 ja 1520 millimetriä ja painojen vastaavasti noin 12–25 tonnia. (Outokumpu Oyj). Halkaisijaltaan yli 1200 millimetriset kelat lastataan aluksen ruumaan ja tätä pienemmät kelat kontitetaan (Tulkki 2012, 13).
- Levyt. Valmiiksi määrämittaan leikattua kylmä- ja kuumavalssattua ruostumatonta terästä toimitettavaksi yleensä suoraan asiakkaalle.

Levyjen vienti Tornioista Eurooppaan hoidetaan kokonaisuudessaan SOC-erikoiskonteilla (Harjuoja 1.10.2014). ”Over seas” kuljetuksissa levyniput kuljetetaan edelleen perinteisissä konteissa puutavaralla tuettuna.

- Bulkki-lastit. Outokummun kuljetuksissa Tornion tehtaalle palaa leikkuujätteenä noin kahdeksan prosenttia kuljetetusta kokonaismäärästä uudelleensulatusta varten (Harjuoja 1.10.2014). Vuodelle 2015 budjetoidun kuljetustarpeen (400 000 tonnia) mukaisesti laskettuna paluulastia kertyy pelkästään leikkausjätteen muodossa siis noin 32 000 tonnia.

Lisäksi tuodaan muuta kierrätettyä ruostumatonta romumetallia uusiokäyttöä varten sekä muita tarvittavia metalliteollisuuden raaka- ja lisäaineita, kuten esimerkiksi granuliittia ja masuunituhkaa. Tornioon tuodaan myös kivihiiltä masuunien lämmitystä varten. (Korpelainen 2013, 54). Osa näistä lasteista tuodaan kontitetuna ja osa aluksen ruumiin lastattuna. Yleiskäyttöön tarkoitettut standardi-kontit eivät rakenteensa puolesta sovellu käytettäväksi edellä mainittujen lastityyppien bulkkikuljetuksiin.

### 3.2 Standardikontin ongelmat

Standardit yleiskäyttöön tarkoitetut kontit on suunniteltu pääsääntöisesti kantamaan maksimaalinen hyötykuormansa siten, että ne ovat täyteen lastattuina myös koko tilavuutensa osalta. Tällöin paino jakautuu tasaisesti koko kontin alalle, ja samalla myös kuormanvarmistus on ratkaistuna yksinkertaisimmalla mahdollisella tavalla lastin itsensä tukiessa muuta lastia. Painavat teräslastit aiheuttavat suuria pistekuormituksia samalla, kun suuri osa kontin tilavuudesta on täyttämättä. Tämä asettaa suuria vaatimuksia painon tasaiselle jakamiselle ja luotettavalle kuormanvarmistukselle. (Kaps 2002 -2014, 3.)

Professori kapteeni Hermann Kapsin mukaan pääasialliset ongelmat kuljetettaessa teräskeloja standardissa ISO-kontissa ovat:

1. Kontin pohjaan kohdistuva suuri poikittainen kuormitus.
2. Kontin rakenteisiin yleisesti kohdistuva suuri pitkittäinen kuormitus.
3. Kelan kiinnityksen varmistaminen kontissa pitkittäisten ja poikittaisten voimien aiheuttamien vaatimusten mukaisesti.

Ensimmäinen ongelma vallitsee tilanteessa, jossa kelan paino on enintään 49 % suurimmasta sallitusta konttiin lastattavasta painosta. Ratkaisuna on jakaa kunkin kelan paino riittävän monen kontin poikittaisen pohjavahvikkeen kesken kahdella kontin pitkittäissuuntaan asetettavalla, riittävän vahvalla aluspalkilla. Aluspalkkien tarvittava pituus ei riipu ainoastaan kelojen suhteellisesta painosta, vaan myös kelojen keskinäisestä etäisyydestä toisiinsa nähden. Mitä suurempi etäisyys on, sitä lyhempiä palkit voivat olla. (Kaps 2002 -2014, 2.)

Mikäli kelojen suhteellinen massa on yli 49 % konttiin lastattavasta suurimmasta sallitusta painosta, niin konttiin voidaan lastata ainoastaan yksi kela, joka tulee sijoittaa kontin keskelle. Tässä kohdassa toinen ongelma astuu voimaan, johtuen konttiin kohdistuvista pitkittäissuuntaisista rasituksista. Paino tulee jakaa tasaisesti konttiin riittävän mittaisilla pitkittäisillä aluspalkkeilla. Palkkien tarvittavan pituuden selvittämiseksi on olemassa oma laskentakaavansa, jota ei tässä kuitenkaan erikseen esitetä. Painon

pitkittäisessä jakamisessa palkkien pituuden lisäksi on myös merkitystä palkkien lujuudella. Mikäli kelan paino ylittää 65 % sallitusta konttiin lastattavasta painosta, niin palkkien tulee olla valmistettu teräksestä. (Kaps 2002 -2014, 2.)

Kolmas ongelma liittyy kelan kiinnityksen varmistamiseen kontissa. Kuljetettaessa konttia intermodaalissa kuljetusketjussa merellä, maantiellä tai rautatiellä lastin tulee kestää 1 g:n pitkittäis-suuntaista kiihtyvyyttä ja 0,8 g:n poikittaissuuntaista kiihtyvyyttä. Kaps ei huomioi, että rautateillä pitkittäinen kiihtyvyys voi olla jopa 4 g johdun vaunujen liittämistä yhteen junia koottaessa. Kontin kiinnityspisteiden määrä ja lujuus ovat rajallisia, ja yleensäkin sidonnalla voi olla ainoastaan tukea antava tehtävä kuormanvarmistuksessa. Yksittäisen kiinnityspisteen kuormansidontavoima LC (Lashing Capacity) on ainoastaan 10 kN. Kaikissa tapauksissa, joissa teräskelaa kuljetetaan perinteisessä kontissa, kuormanvarmistuksen pääpaino tulee olla alustan riittävän suuressa kitkassa ja kelan tuennassa stemplaamalla kontin sivu- ja päätyseiniin. Tuennan tulee lisäksi olla suorassa kulmassa kontin seiniin nähden. (Kaps 2002 -2014, 2, 19)

Kaps on jaotellut teräskelat painojensa mukaan seuraavasti:

Luokka L (light): kelan paino enintään 32 % kontin hyötykuormasta (payload). Kyseiseen luokkaan kuuluvia keloja voidaan lastata yhteen konttiin kolme tai enemmän. (Kaps 2002 -2014, 5.)

Luokka M (medium): kelan paino 32 - 49 % kontin hyötykuormasta (payload). Kyseiseen luokkaan kuuluvia keloja voidaan lastata yhteen konttiin ainoastaan kaksi kappaletta. (Kaps 2002 -2014, 5.)

Luokka H (heavy): kelan paino 49 - 65 % kontin hyötykuormasta (payload). Kyseiseen luokkaan kuuluvia keloja voidaan lastata yhteen konttiin vain yksi kappale. (Kaps 2002 -2014, 5.)

Luokka XH (extra heavy): kelan paino yli 65 % kontin hyötykuormasta (payload). Kyseiseen luokkaan kuuluvia keloja voidaan lastata yhteen konttiin vain yksi kappale. (Kaps 2002 -2014, 5.)

Edellä mainituista ongelmakohdista ja niihin esitetyistä ratkaisuksista käy selkeästi ilmi perinteisten konttien heikkoudet teräsrullien kuljetuksissa. Vaikka esiintyneet ongelmat pystyttäisiinkin ratkaisemaan vaatimukset täyttävästi, niin se edellyttää suuria määriä kertakäyttöistä kiinnitysmateriaalia. Runsas kiinnitysmateriaalien käyttö puolestaan lisää materiaali- ja työvoimakustannuksia vieden lisäksi paljon aikaa. Kuva 1 ja Kuva 2 havainnollistavat selkeästi minkälaisista resursseista on kysymys tuettaessa painavaa teräslastia yleiskäyttöön tarkoitettuun standardi-konttiin.

Kuvan 1 mukaan kelan alle laitettujen konttien pitkittäissuuntaiset, aluspuut näyttäisivät olevan liian heikot jakamaan painon tasaisesti kontin pohjan alalle ottaen huomioon kelan suuri koko, ja näin ollen myös oletettavan suuri paino. Kelaa ei myöskään näytä olevan tuettu alaosastaan mitenkään kontin seiniin, vaan ainoastaan keskeltä, eikä sitä myöskään ole sidottu millään tavalla. Kuvissa esiintyvät tuennat eivät muutoinkaan vaikuta erityisen luotettavilta runsaasta tuentamateriaalien käytöstä huolimatta, ja teräslevyjen kiinnityksessä käytettyjen kuormaliinojen merkitys näyttää lähinnä kosmeettiselta. Levyjen poikittaisessa tuennassa kontin seiniin ei ole käytetty mitään tukea estämään niiden alas taittumista tai kokonaan putoamista siinä todennäköisessä tapauksessa, että tuennat yleisesti löystyvät konttia käsiteltäessä tai kuljetuksen jossain vaiheessa. Kuva 3. puolestaan osoittaa minkälainen tilanne voi huonoimmillaan kuormanvarmistuksen osalta olla. Kelaa ei käytännössä ole tuettu millään tavalla, vaan kelan on ajateltu pysyvän paikoillaan pelkällä ”rautalanka” sidonnalla.

Tarkastellaan tuentojen laatua yleisesti kaikissa edellä mainittujen kuvien osoittamissa tapauksissa. Kun samalla ajatellaan laivan liikkeitä kovassa merenkäynnissä, niin on helppo todeta lastin perille pääsyn ehjänä ja turvallisesti olevan riippuvainen pelkääntään hyvästä onnesta.

Kulloisenkin lastierän tuennan laatu perinteisessä kontissa riippuukin lähes yksinomaan tuentatyön suorittaneen henkilöstön ohjeistuksesta, ammattitaidosta, asenteesta tekemäänsä työtä kohtaan ja kyseisen työympäristön yleisistä toimintaperiaatteista. Se voi näin ollen vaihdella tapauskohtaisesti hyvinkin paljon.



Kuva 1. Teräskelat ”tuettuna” yleiskäyttöön tarkoitettuun konttiin. (Yusen-Logistics)



Kuva 2. Teräslevyjä ”tuettuna” yleiskäyttöön tarkoitettuun konttiin. ( Lanh Ship Oy 2012a)



Kuva 3. Teräskela ”varmistettuna” kontissa. (Kaps 2002-2014, 3.)

### 3.3 Erikoiskontit

Toisin kuin yleiskäyttöön tarkoitettujen konttien suunnittelussa, erikoiskonttien suunnittelussa on lähdetty alusta alkaen liikkeelle hyvinkin tarkkaan yksilöidyn lastin erityisvaatimuksista koskien niin painoa, muotoa, mittoja kuin kuormanvarmistustakin. Erikoiskontit ovat rakenteeltaan kaikilta osin suunniteltu kestämään painavien, korkean pistekuormituksen aiheuttavien, teräslastien kuormituksen.

Rakenteiden suunnittelussa ja mitoituksessa on käytetty FEM-laskentaa mallintamaan rakenteisiin kohdistuvia rasituksia kontin ollessa kuormattuna tulevan käyttötarkoituksensa mukaisella tavalla. Tuotepäällikkö Markku Ylikahrin mukaan FEM-laskennassa hyväksytyt lujuusarvot saavuttanut kontti läpäisee varsinaiset viralliset testit ongelmitta ilman tarvetta muutoksiin enää siinä vaiheessa, joten kyseessä on erittäin hyvä työkalu riittävän lujia rakenteellisia ratkaisuja suunniteltaessa.

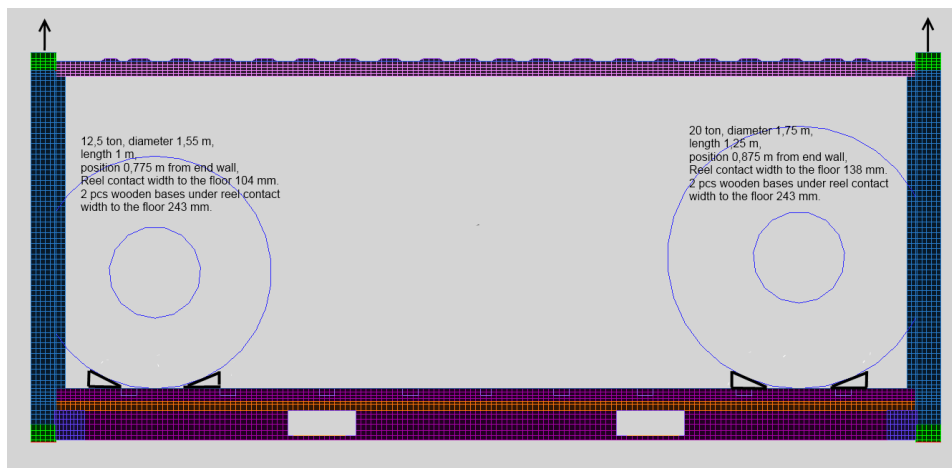
#### 3.3.1 SOC-kontti

Kuvassa 4 on 20 jalan SOC-kontti lastattuna kahdella eripainoisella teräskelalla. Kelat ovat tuettuina puisilla kiiloilla, jotka samalla jakavat painoa laajemmalle alueelle. Nosto tapahtuu suoraan ylöspäin kontin neljästä yläkulmakiinnikkeestä standardin

ISO 1496-1 ja International Convention for Safe Container, 1972 (CSC) vaatimusten mukaisesti.

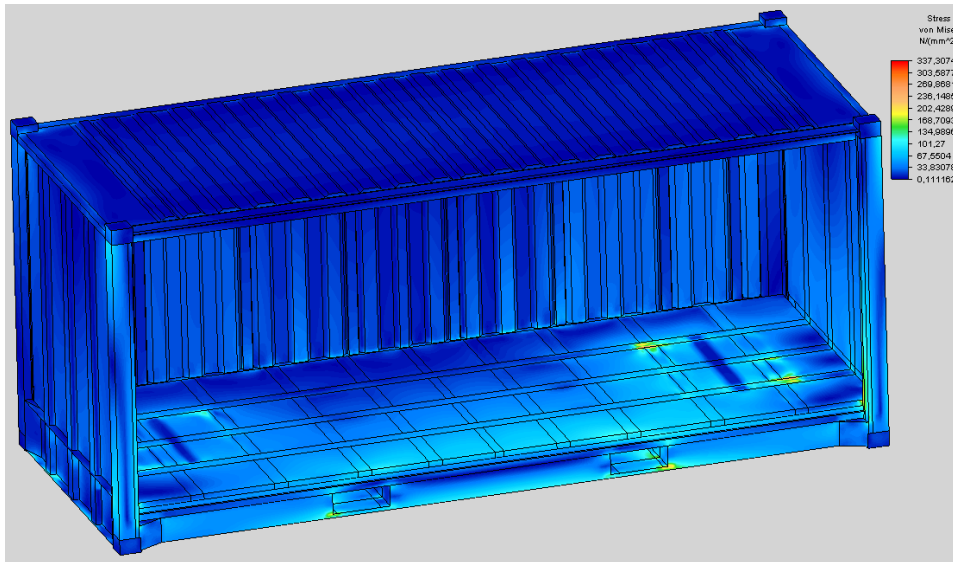
Virallisessa testissä kontin ja koekuorman yhteismassan tulee olla 2R, jossa R on kontin bruttopaino, ja painon tulee olla tasaisesti jakautunut kontin lattian alalle. Kontti nostetaan ilman merkittäviä kiihdytys- tai hidastusvoimia ja annetaan riippua 5 minuuttia. Konttiin ei saa kokeen jälkeen jäädä käytön estäviä pysyviä muodonmuutoksia ja mittavaatimusten tulee edelleen täyttyä (SFS-ISO 1496-1 1989, 10).

Kuva 5 on FEM-laskennan tuottama mallinnus edellä mainitusta nostotapahtumasta konttiin kohdistuvine rasituksineen. Kuormituksesta aiheutui maksimissaan 337 N/mm<sup>2</sup> rasitus kohdistuen kuvan osoittamille, punertavan värityksen indikoimille alueille. Kontti on valmistettu S355 moniteräksestä myötörajan (Re) ollessa 355 N/mm<sup>2</sup> ja murtolujuuden (Rm) 510 N/mm<sup>2</sup>. Tuloksesta voidaan siis päätellä, ettei kyseinen kuormitus aiheuttanut konttiin pysyviä muodonmuutoksia. Täysin vastaavanlainen testi on tehty myös ilman puisia kiiloja kelaä tukemassa, jolloin suurin kontin pohjaan kohdistunut rasitus oli 467 N/mm<sup>2</sup>. Rasitus kohdistui hyvin pienelle alueelle, eikä näin ollen todennäköisesti aiheuttaisi sellaisia pysyviä muodonmuutoksia, jotka tekisivät kontin käyttöön sopimattomaksi. Rasitusvoimien erosta voidaan kuitenkin selkeästi havaita kiilojen merkitys painon tasaisemman jakautumisen kannalta niiden tarjoaman tuennan lisäksi.



Kuva 4. Nosto neljästä yläkulmakiinnikkeestä (Lamek Oy 2013a.)

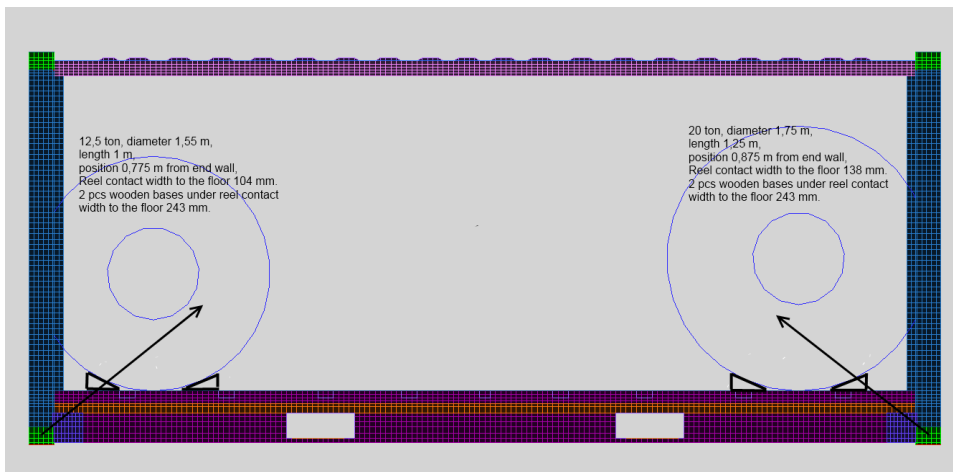




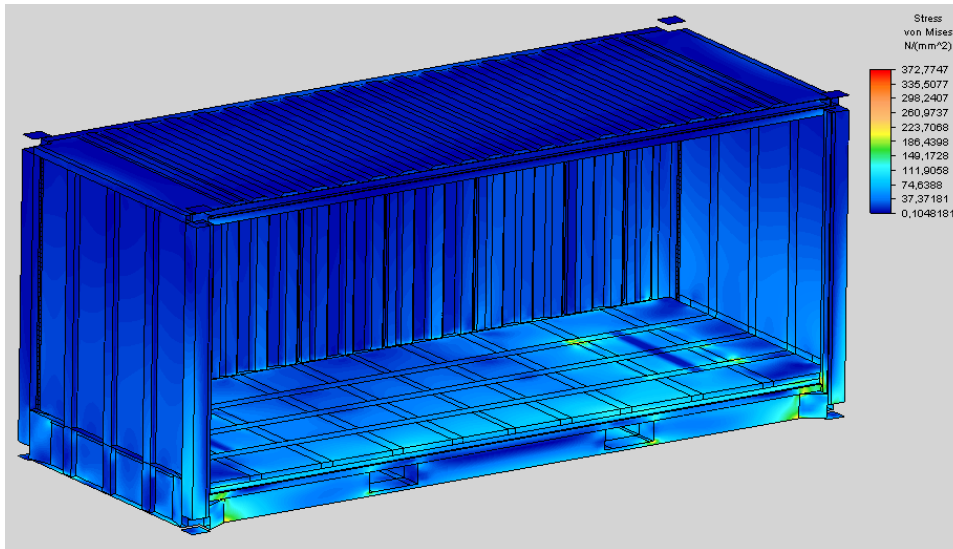
Kuva 5. FEM-laskennan tuottama mallinnus yläkulmakiinnikkeistä nostettaessa (Lamek Oy 2013a.)

Kuvassa 6 nosto on suoritettu edellisen nostotapahtuman yhteydessä mainittujen vaatimusten mukaisesti kontin alakulmakiinnikkeistä 45 asteen kulmassa. Kyseistä nostokulmaa sovelletaan kontteihin, joiden pituus on vähintään 20 jalkaa, mutta kuitenkin alle 30 jalkaa. (CSC 2014, 31.) FEM-laskenta ja kuvan 7 esittämä mallinnus antavat suurimmaksi rasitukseksi  $373 \text{ N/mm}^2$  kohdistuen pienelle pistemäiselle alueelle kontin pohjaan. Rasituksesta ei kuitenkaan aiheudu kontin käyttöä estävää pysyvää muodonmuutosta.

SOC-konttien päätyseinät ovat mitoitettu hyötykuormaa vastaavaksi eli  $1 \cdot p$ , yleisen standardin ollessa  $0,4 \cdot p$ , jossa  $p$  (payload) tarkoittaa hyötykuormaa. (Kontin tekniset tiedot on esitetty liitteessä 1)



Kuva 6. Nosto alakulmakiinnikkeistä 45 asteen kulmassa (Lamek Oy 2013a.)

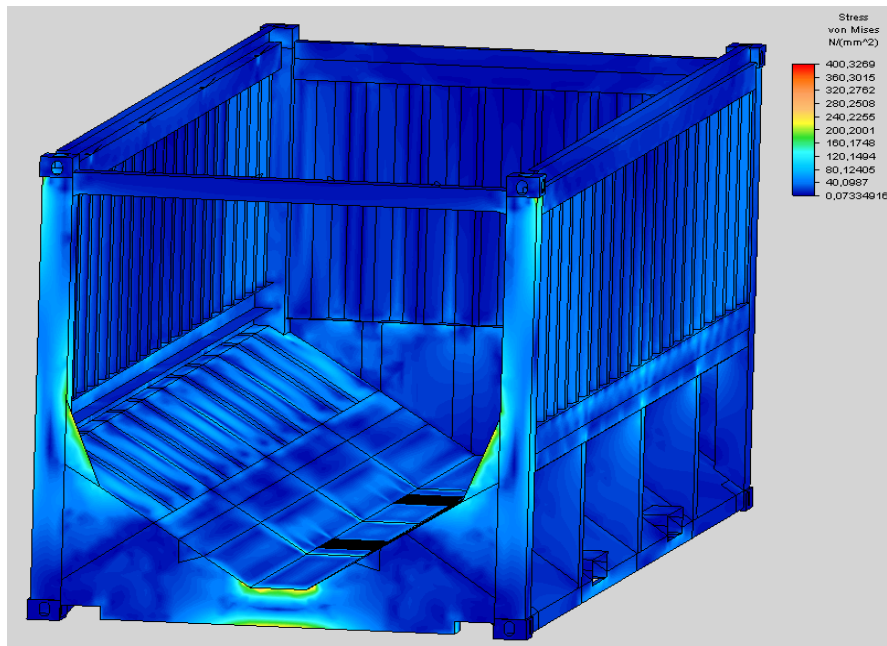


Kuva 7. FEM-laskennan tuottama mallinnus alakulmakiinnikkeistä nostettaessa (Lamek Oy 2013a.)

### 3.3.2 OTCC-kehtokontti

Kuvan 8 esittämä kourupohjainen OTCC-kontti on kuormattu virallisen testin vaatimalla lattiakuormalla  $2R-T = 68500$  kg, jossa T (taara) on kontin omapaino. Kontin tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2. Nosto tapahtuu yläkulmakiinnikkeistä suoraan ylöspäin. Kyseisen mallinnuksessa käytetyn kontin maksimi bruttopaino on 36000 kg. Tällä hetkellä Outokummun käytössä olevien vastaavien konttien maksimi bruttopaino on 45080 kg. Nostosta aiheutuu suurimmillaan  $400$  N/mm<sup>2</sup> rasitus kohdistuen pienelle alueelle kelakourun pohjaan kontin ovipäätyyn. Rakenteissa käytetty teräs on laadultaan vastaavaa, kuin mitä SOC-kontissa on käytetty myötörajan ollessa siis 355 N/mm<sup>2</sup>. Myötöraja ylittyy joissain kohdissa, mutta kuitenkin niin pienillä alueilla, että siitä aiheutuneet pysyvät muodonmuutokset ovat pieniä (Lamek Oy 2013). Kokonaisuudessaan testin kuormitus ei aiheuttanut kontin käyttöön ja käsittelyyn vaikuttavia muodonmuutoksia tai epänormaaliuksia.

Huomionarvoisia ovat myös lastausvaiheessa konttiin kohdistuvat rasitukset painavien lastiyksiköiden kohdalla. Kelan painaessa esimerkiksi 15 tonnia, on hyvin merkityksellistä minkälaisella voimalla se konttiin ”pudotetaan”. Kaikesta huolimatta kelalla on jonkinlaista liikettä sitä konttiin asetettaessa kosketuspinta-alan ollessa suhteellisen pieni. Näin ollen onkin hyvin todennäköistä, että suurimmat kontin rakenteisiin kohdistuvat hetkelliset rasitukset syntyvät juuri lastausvaiheen aikana.



Kuva 8. FEM-laskennan tuottama mallinnus yläkulmakiinnikkeistä nostettaessa (Lametek Oy 2013b.)

Erikoiskonttien käytön hyvään kannattavuuteen liittyy oleellisesti konttien nopea kierto sekä mahdollisuus käyttää kontteja myös paluulasteihin. Vähintäänkin sen kyseisen teollisuudenhaaran, jonka käyttöön kontti alun perin on suunniteltu, tarpeen mukaisesti paluulasteihin soveltuvuus on kustannustehokkuuden kannalta merkityksellistä. Esimerkiksi Outokumpu Oyj:n Tornion terästehtaan kuljetuksia hoitavien Langh Shipin laivojen täyttöaste on saatu erikoiskonttien myötä nostettua viennin osalta 99 prosenttiin ja tuonnissa noin 80 prosenttiin (Harjuoja 1.10.2014). Mahdollisimman suuren käyttöasteen saavuttamiseksi on edullista, mikäli konteissa hyvinkin spesifioidusta käyttötarkoituksestaan huolimatta pystytään kuljettamaan monenlaisia lasteja, tai ne ovat ainakin helposti muunneltavissa sellaiseksi. Esimerkkinä muunneltavuudesta voidaan mainita 20 jalan klaffipohjakontti. Erikoiskontin lattiaelementit on rakennettu kääntyviksi, jolloin siinä voidaan kuljettaa keloja turvallisesti kourussa, mutta lisäksi myös tasaista pohjaa vaativia tuotteita-tarvittaessa samanaikaisesti osan pohjasta ollessa kouruna ja osan tasaisena.

#### 4 KUORMANVARMISTUS

Asianmukaisella lastauksella ja kuormanvarmistuksella on korkein mahdollinen painoarvo ihmishenkien turvaamisessa merellä. Sopimaton lastaus ja kuormanvarmistus ovat aiheuttaneet lukemattomia merionnettomuuksia ja johtaneet vammautumisiin ja

ihmishenkien menetyksiin ei ainoastaan merellä, vaan myös satamissa aluksen lastauksen ja purkauksen yhteydessä (IMO 2003).

Yleisten periaatteiden mukaan kaikki lasti tulee ahdata ja varmistaa siten ettei laivalle, muulle lastille ja laivassa oleville henkilöille aiheudu siitä vahinkoa eikä vaaraa. Turvallinen lastaus ja kuormanvarmistus ovat riippuvaisia asianmukaisesta suunnittelusta, toteutuksesta ja valvonnasta. Lisäksi toteuttavan henkilöstön tulee olla asianmukaisesti pätevoitynyttä ja kokenutta. Tehtäessä päätöstä käytettävien lastinkiinnitysten ja kuormanvarmistuksen mittavuudesta päätöksen tulee perustua huonoimpaan mahdolliseen odotettavissa olevaan säätilaan, joka aiotulla reitillä voidaan kohdata. Lastin tyyppi, sijainti ja kiinnitykset tulee myös ottaa huomioon tehtäessä päätöstä laivan ohjailujen suhteen erityisesti huonon sään vallitessa. (IMO 2003.)

Arvion mukaan yli 25 prosentissa maanteillä sattuneissa liikenneonnettomuuksissa, joissa kuorma-auto on ollut osallisena, onnettomuuden syyksi on voitu lukea puutteellinen kuormanvarmistus (Barrot).

Lastinantajan velvollisuus on huolehtia siitä, että lastin tuenta kestää kaikki siihen kuljetuksen aikana kohdistuvat rasitukset. Viranomaisten toimesta ei kuitenkaan ole annettu mitään kiinnityksiä koskevia teknisiä vähimmäisvaatimuksia. (Lorda ry 2004.) Konttilasteille ominaista on, että kun kontti on kerran lastattu ja ovet suljettu ja sine-töity, niin muilla kuljetusketjuun myöhemmin osallistuvilla ei yleensä ole mahdollisuutta päästä toteamaan miten lasti kontin sisällä on kiinnitetty silloin, kun he ottavat kontin kuljetettavakseen. Rahdinkuljettajan vastuusta näissä tapauksissa on mainittu lainsäädännössä seuraavasti: ”Jos tavara jätetään kuljetettavaksi kontissa tai vastavassa kuljetusyksikössä, rahdinkuljettaja ei kuitenkaan ole velvollinen tutkimaan sitä sisältä, paitsi jos on aihetta epäillä, että kuljetusyksikkö on puutteellisesti pakattu” (Merilaki 13 LUKU, 6§). Kuitenkaan siinä vaiheessa, kun painava teräskela sinkoutuu ulos kuljetusyksiköstään puutteellisen kuormanvarmistuksen seurauksena esimerkiksi maantiekuljetuksen yhteydessä, ei etenkään tapaturman heikoimmille osapuolille ole kovinkaan suurta merkitystä sillä, kenen vastuulla kuormanvarmistuksen olisi pitänyt olla.

## 4.1 Lastiin kohdistuvat voimat kuljetuksen aikana

### 4.1.1 Staattiset voimat

Staattiset voimat muodostuvat konttien pinoamisesta ja lastin kontin pohjaan kohdistamasta painosta. Pääasiallisin tekijä staattisista voimista puhuttaessa on konttipinon paino ”stack load”, joka aiheuttaa vääntymistä ja lommahdusta erityisesti alimpiin kerroksiin. Pinokuorman aiheuttama paine riippuu osallisena olevan lastin mitoista, painosta, muodosta ja pinon korkeudesta. (Hapag Lloyd 2010, 6.) Konttipinon muodostama paino on otettava erityisesti huomioon laivaa lastattaessa, ettei aluksen ruuman pohjaan tai kannelle muodostu rakenteille asetettuja maksimiarvoja ylittäviä rasituksia. 20 jalan ja 30/40/45 jalan konteille on määritelty omat maksimit pinokuorman painonsa. Esimerkkinä kontin pituuden vaikutuksesta suurimpaan sallittuun pinokuormaan voidaan käyttää Linda (OJML) laivalle annettuja arvoja seuraavasti: kannelle, 3+4 luukuille, lastattaessa suurin sallittu pinokuorma 20 jalan kontilla on 60 tonnia ja vastaavasti 30/40/45 jalan kontilla 90 tonnia. Useasti juuri nämä aluksen rajoitukset suurimman sallitun pinokuorman suhteen määrittelevät sen, kuinka monta minkäkin painoista konttia voidaan päällekkäin lastata.

### 4.1.2 Dynaamiset voimat

Lastiin kohdistuvia dynaamisia voimia, kuten kiihtyvyy-, isku- ja värinävoimia esiintyy kuljetusyksikköön lastauksen yhteydessä, kuljetusyksikköä kuljetusvälineeseen lastattaessa, kuljetuksen aikana sekä luonnollisesti myös vastaavissa vaiheissa lastia purettaessa. Voimien suuruudet vaihtelevat kuljetuksen eri vaiheissa kuljetusvälineestä riippuen. Lastieriin mahdollisesti kohdistuvia voimia ei mitenkään voida tietää ennakkoon varmuudella, vaan ne voivatkin olla vain aikaisempaan kokemukseen perustuvia arvioita. (Hapag Lloyd 2010, 6.) Taulukko 1. esittää eri kuljetusvälineissä lastiin kohdistuvia kiihtyvyyksiä. Mainitut arvot saattavat ylittyä lyhytkestoisissa iskuissa tai värinän vaikutuksesta. Esitetyt arvot ovat putoamiskiihtyvyyden kertoimia. Yleinen putoamiskiihtyvyys ( $g$ ) on  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

## 4.2 Kuljetusrasitukset eri kuljetusvälineissä

Taulukko 1. Kiihtyvyysherktoimet eri kuljetusmuodoissa. (Hapag Lloyd 2010, 7; Lorda 2004, 16)

Kuljetusväline	Vaakasuorat voimat eteen/taakse	Voimat sivulle	Pystysuoraan alas (ylös)
Laiva	Itämeri 0,3 g Pohjanmeri 0,3 g rajoittamaton liikenne 0,4g	Itämeri 0,5 g Pohjanmeri 0,7 g rajoittamaton liikenne 0,8 g	keula ja perä 1g keskilaivassa 0,5 g
Auto	0,8/0,5 g	0,5 g	0,2-0,3 g
Juna	4 g (vaihtotöissä junia koottaessa)	0,4 g	0,4 g

### 4.2.1 Merikuljetukset

Alus keinuu kolmessa eri tasossa kelluntapisteeseensä nähden. Aluksen kulkiessa lasiin kohdistuu kaikkien näiden voimien yhteisvaikutus, joista poikittaissuuntainen heilumien on kuitenkin voimakkainta kallistuskulmien saattaessa olla jopa kymmeniä asteita. Aluksen keulassa saattaa myös esiintyä hyvinkin voimakkaita pystysuoria iskuja kovassa merenkäynnissä. Liikkeiden voimakkuuteen vaikuttavat merialue, laivan ominaisuudet ja ohjailu. (Finanssialan keskusliitto 2009.)

#### 4.2.2 Maantiekuljetukset

Merkittävimmät vaikuttavat lastiin kohdistuvat voimat maantiekuljetuksissa liittyvät voimakkaisiin jarrutuksiin, kiihdytyksiin ja nopeisiin ohjausliikkeisiin. Kuljetusrasitukseen vaikuttavat lisäksi tien kunto, ajonopeus ja ajoneuvon jousitus. (Finanssialan keskusliitto 2009.)

#### 4.2.3 Rautatiekuljetukset

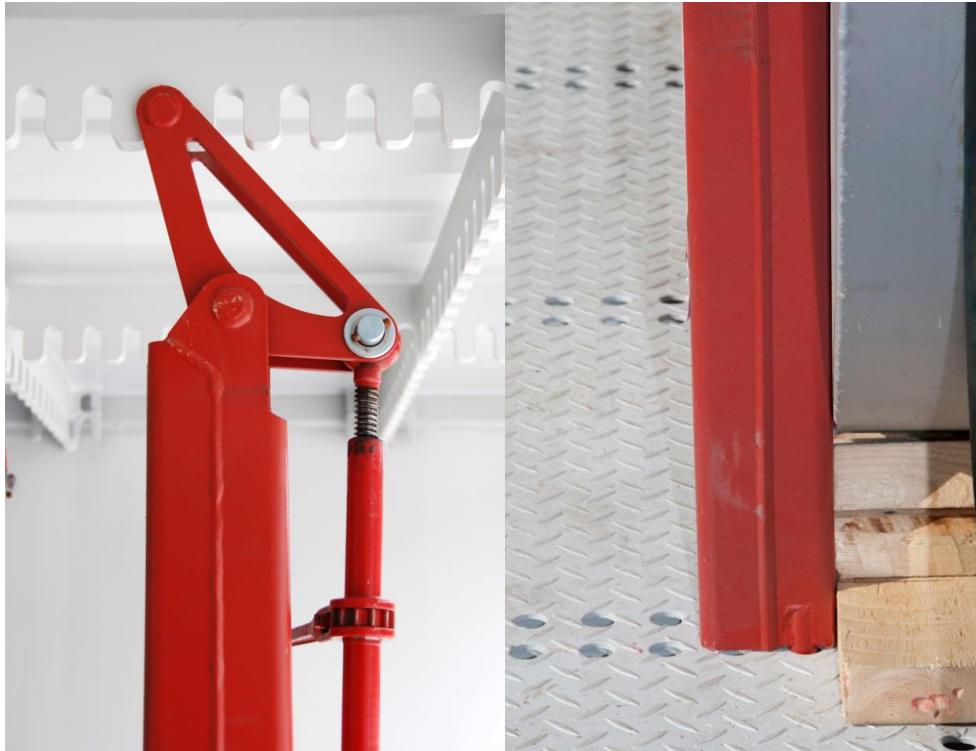
Suurimmat rasitukset rautatiekuljetuksissa liittyvät vaunujen vaihtotöihin junia koottaessa, jolloin pituussuuntaan vaikuttavat voimat saattavat kohota moninkertaisiksi verrattuna maantiekuljetuksiin. Vaunujen puskureiden laadulla on suuri merkitys lastiin kohdistuvien iskujen minimoimisessa. (Finanssialan keskusliitto 2009.)

Rautatiekuljetusten erityisvaatimukset on huomioitu myös erikoiskonttien suunnittelussa. ”20’ Open Top -kehtokontti on sertifioitu myös rautatiekuljetuksiin. Kun konttia käytetään rautatiekuljetuksissa, joissa vaaditaan erityistä törmäyskestävyyttä, se varustetaan erityisellä rautatiekäyttöön tarkoitettulla kiinnityspalkilla” (Langh Ship Oy - verkkosivut).

### 4.3 Kuormanvarmistus erikoiskontissa

#### 4.3.1 SOC-kontti

Sivusta avattavan, patentoidulla tuentatolppajärjestelmällä varustetun erikoiskontin tuentatolpat varmistavat särmikkään ja teräväreunaisen lastin tuennan säilymisen riittävänä koko kuljetuksen ajan. Tällöin lasti ei missään olosuhteissa pääse tuennan periksi antamisesta johtuvaan vähitellen kasvavaan liikkeeseen, kuten puutavaralla tuetun lastin kohdalla saattaa joissain tilanteissa tapahtua. Tolpan alaosassa olevat tapit asettuvat kontin lattiassa oleviin reikiin ja kiristys tapahtuu yläosassa olevalla kiristysräikällä katossa oleviin urakiskoihin (kuva 9).



Kuva 9. Tuentatolpan kiinnittyminen kontin kattoon ja lattiaan. (Langh Ship Oy 2012b)

Sivusta-avattava rakenne mahdollistaa helpon ja huolellisen lastauksen, jolloin myös tuentatolppien laittaminen paikoilleen asianmukaisesti on sujuvaa. Tolppia paikoilleen asennettaessa on kiinnitettävä erityisesti huomioita siihen, että tolppa asettuu suoraan kulmaan konttiin ja tuettavaan lastiin nähden. Samalla tulee myös varmistua tolpan alaosan tappien kunnollisesta asettumisesta kontin lattiassa oleviin reikiin, samoin kuin yläosassa olevan kiristysmekanismin asettumisesta kontin katossa oleviin uriin. Kuvassa 10 suoritetaan levynippujen tuenta konttiin tuentatangoilla.





Kuva 10. Levynippujen tuentaa patentoidulla tuentatolppajärjestelmällä. (Langh Ship Oy 2012c)

Lastin tuentaan tarvittavaa, liukumisen eteenpäin estävää tuentavoimaa voidaan havainnollistaa laskemalla käyttäen kohdan 4.2 taulukossa annettuja yleisiä arvoja kiihtyvyyksistä eri kuljetusmuodoissa. Laskuesimerkin kuljetusmuotona on Pohjanmeren liikenteessä oleva laiva. Etenkin merikuljetuksille ilmoitetut arvot mahdollisesti esiintyvistä kiihtyvyyksistä saattavat vaihdella lähteestä riippuen vaihteluvälin ollessa melko suurta.

Levynippujen alla olevan sahatusta puusta tehdyn alustan ja kontin teräspohjan välinen ohjeellinen kitkakerroin  $\mu$  on 0,3, levynipun massa 10 000 kg, aluksen pystysuora kokonaiskiihtyvyys alaspäin 0,5 g ja vaakasuora kiihtyvyys eteenpäin 0,3 g.

Kitkavoima  $F_{\mu}$  voidaan määrittää yhtälöstä 1.

$$F_{\mu} = \mu \cdot m \cdot a_v \quad (1)$$

jossa	$F_{\mu}$	kitkavoima	N
	$\mu$	kitkakerroin	
	$a_v$	pystysuora kokonaiskiihtyvyys ( $g \pm k_2 \cdot g$ )	$m/s^2$

$g$	yleinen putoamiskiihtyvyys	$m/s^2$
$k_2$	kerroin pystysuoran liikkeen huomioimiseksi	

Laivan eteenpäin suuntautuvasta vaakaliikkeestä syntyvä voima  $F$  voidaan määrittää yhtälöstä 2.

$$F = m \cdot a_h \quad (2)$$

jossa	$F$	vaakasuora voima	$N$
	$a_h$	vaakasuora kiihtyvyys eteen, taakse tai sivulle ( $k_1 \cdot g$ )	$m/s^2$
	$g$	yleinen putoamiskiihtyvyys	$m/s^2$
	$k_1$	kerroin vaakasuoran liikkeen huomioimiseksi	

Yllä esitetyillä arvoilla saadaan kitkavoimaksi

$$F_{\mu} = 0,3 \cdot 10\,000 \text{ kg} \cdot (1 - 0,5) \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 14\,715 \text{ N} \approx 14,7 \text{ kN}.$$

Vaakasuorasta, eteenpäin suuntautuvasta kiihtyvyydestä tulevaksi pitkittäiseksi voimaksi saadaan

$$F = 10\,000 \text{ kg} \cdot 0,3 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 29\,430 \text{ N} \approx 29,4 \text{ kN}.$$

Mahdollisesti tarvittava tuentavoima saadaan kitkavoiman  $F_{\mu}$  ja pitkittäisen voiman  $F$  erotuksesta.

$$F_{\mu} - F = 14\,715 \text{ N} - 29\,430 \text{ N} = -14\,715 \text{ N} \approx -14,7 \text{ kN}.$$

Tuloksen ollessa negatiivinen levyjen eteenpäin suuntautuvan liukumisen estämiseen esimerkin mukaisissa olosuhteissa tarvitaan siis noin 15 kN suuruinen voima. Mikäli

tulos olisi positiivinen, niin kitkavoima yksin riittäisi pitämään kuorman paikoillaan. Kyseisen kontin päätyseinän kestävyys on mitoitettu  $1 \cdot p$  (payload) mukaisesti,  $p$ :n ollessa 40 000 kg. Seinän rakenne riittää siis yksin vastustamaan eteenpäin suuntautuvaa liukumista. Arvioitaessa seinän rakenteen riittävyttä lastin tuennassa tulee varmistua siitä, että lasti on tuettu tiiviisti seinää vasten, eikä pääse edestakaiseen liikkeeseen missään vaiheessa kuljetusta.

Levynippujen pituudesta johtuen kaatumista pitkittäisessä suunnassa ei tarkastella.

Liukumista poikittain voidaan tarkastella kaavoilla 1 ja 2 vaihtamalla  $k_1$  kertoimeksi 0,7 (Pohjanmeri) ja  $k_2$  kertoimeksi 1. Tässä poikittaista liukumista tarkastelevassa esimerkissä laivaan ei ole ajateltu kohdistuvan merkittäviä pystysuoria kiihtyvyyksiä, joten  $k_2$  kerroin on 1. Kerrointa voi vaihtaa riippuen siitä, minkälaista tilannetta haluaa tarkastella. Yllä mainituilla arvoilla kitkavoimaksi saadaan

$$F_{\mu} = 0,3 \cdot 10\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 29\,430 \text{ N} \approx 29,4 \text{ kN}$$

ja vaakasuorasta poikittaisesta kiihtyvyydestä tulevaksi voimaksi saadaan

$$F = 10\,000 \text{ kg} \cdot 0,7 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 68\,670 \text{ N} \approx 68,7 \text{ kN}.$$

Kitkavoiman ja poikittaisesta kiihtyvyydestä tulevan voiman erotukseksi saadaan

$$29,4 \text{ kN} - 68,7 \text{ kN} \approx -39 \text{ kN},$$

jolloin liukumista poikittain tarvitaan siis estämään noin 39 kN suuruinen voima.

Taulukoista saatavia ohjeellisia eri materiaalien välisiin kitkakertoimiin tulee suhtautua varauksella, koska mahdollisesti märkien, öljyisten ja likaisten pintojen todellinen kitkakerroin saattaa olla huomattavasti ohjeellista arvoa pienempi. Esimerkiksi mikäli kontaktipinnat eivät ole puhtaat lumesta ja jäästä, laskelmissa ei tule käyttää kitkakerrointa, joka on suurempi kuin 0,2 (merikuljetuksissa 0,3) (EN 12195–1:2010).

Kappaletta tuettaessa myös mahdollinen kaatuminen poikittaisessa suunnassa on otettava huomioon. Riittävää tuentaa määriteltäessä tuettavan kappaleen massakeskipis-

teen sijainti on oleellinen tieto. Muodoltaan ja laadultaan tasaisissa kappaleissa massakeskipiste sijaitsee kappaleen keskellä, kuten myös tässä esimerkissä. Levynipun leveydeksi on oletettu 1,5 metriä ja korkeudeksi 2,0 metriä, jolloin massakeskipisteen korkeus on siis 1,0 metriä. Lastiin oletetaan kohdistuvan normaali painovoimakiikhtyvyys alaspäin ja  $k_1$  vaakasuoran liikkeen huomioimiseksi on 0,7.

Kappaletta tukeva momentti  $M_T$  voidaan laskea kaavalla  $\frac{\text{leveys}}{2} \cdot m \cdot a_v$

$$M_T = \frac{1,5 \text{ m}}{2} \cdot 10\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 73\,575 \text{ Nm} \approx 74 \text{ kNm}$$

Kaatava momentti  $M_K$  puolestaan voidaan laskea kaavalla  $\text{painopistekorkeus} \cdot m \cdot a_h$

$$M_K = 1,0 \text{ m} \cdot 10\,000 \text{ kg} \cdot 0,7 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 68\,670 \text{ Nm} \approx 69 \text{ kNm}$$

Mahdollisen kaatumisen estämiseen tarvittava tuennan tarve saadaan tukevan momentin ja kaatavan momentin erotuksesta.

$$M_T - M_K = 74 \text{ kNm} - 69 \text{ kNm} = 5 \text{ kNm}$$

Tulos on positiivinen, joka osoittaa levynipun pysyvän pystyssä ilman tuentaa.

Liukumisen estämiseksi eteenpäin lasti tarvitsee siis 15 kN ja poikittain 39 kN suuruisen tuentavoiman. Ennakkoon ei voida kuitenkaan koskaan tarkasti sanoa millaisia voimia lasti todellisuudessa tulee matkallaan kohtaamaan. Aluksen kaikkien liikkeiden yhteisvaikutuksen huomioiminen laskuesimerkeissä voi perustua parhaimmillaankin vain pidemmän ajanjakson keskiarvoihin, joten tuloksiin tulee suhtautua lähinnä suuntaa antavasti ja lastin kiinnityksistä päätettäessä lähteä aina huonoimmista mahdollisista reitillä kohdattavista olosuhteista.

#### 4.3.2 OTCC-kehtokontti

Kehtokontin kourumainen rakenne itsessään varmistaa suurelta osin kelan pysymisen paikoillaan kontissa aluksen liikkeissä merenkäynnissä. Kehdon pintojen kumimatto

lisää kitkaa kehdon ja kelan välillä estäen liikkumista konttiin kohdistuvissa pitkittäis-suuntaisissa iskuissa ja tärinän vaikutuksesta mahdollisesti aiheutuvaa ”ryömimistä” samalla, kun se suojaa kolhuilta. Sidontana kontteihin lastattaessa käytetään kuitenkin kelan yli asetettavaa, kiristyslaitteella varustettua sidontavyötä. Esimerkiksi 75 mm nauhanleveyden omaavaa sidontavyötä käytettäessä kuormansidontavoima (LC, Lashing Capacity) on esimerkkivalmistajan (Certex Oy) mukaan 44,1 kN, vyön murtokuorman ollessa vastaavasti 98,1 kN (Certex Finland Oy-verkkosivut). Standardoitujen sidontavöiden metalliosien varmuuskerroin on 2 ja tekstiiliosien 3.

Kelan tuentatarvetta voidaan tarkastella laskemalla likimäärin samoilla perusteilla kuten SOC-kontin kohdalla edellisessä kappaleessa.

Kumin ja teräksen välinen ohjeellinen kitkakerroin on 0,4, kelan massa 15 000 kg, aluksen pystysuora kiihtyvyys alaspäin 0,5 g ja pitkittäinen kiihtyvyys 0,3 g.

Tarkastellaan kelan liukumista kehdossa eteenpäin.

Kitkavoima  $F_{\mu}$  lasketaan kaavalla  $\mu \cdot m \cdot a_v$  kuten kohdassa 4.3.1, yllä mainittuja arvoja käyttäen.

$$F_{\mu} = 0,4 \cdot 15\,000 \text{ kg} \cdot (1 - 0,5) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 29\,430 \text{ N} \approx 29 \text{ kN}$$

Eteenpäin suuntautuva voima  $F$  lasketaan kaavalla  $m \cdot a_h$

$$F = 15\,000 \text{ kg} \cdot 0,3 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 44\,145 \text{ N} \approx 44 \text{ kN}$$

Tarvittavan tuentavoiman suuruus saadaan kitkavoiman ja massavoiman erotuksesta, jolloin havaitaan pitkittäisen liukumisen estämiseen tarvittavan voiman olevan noin 15 kN.

Kontin päätyseinän kestävyys on kuten SOC-kontissakin

$$1 \cdot p = 40\,000 \text{ kg},$$

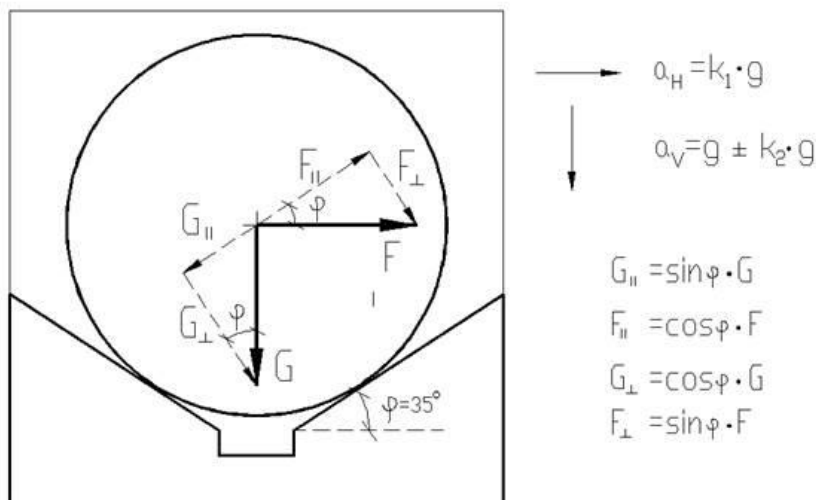
ja kun

$$\frac{15 \text{ kN}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 1500 \text{ kg}$$

havaitaan päätyseinän lujuuden riittävän eteenpäin suuntautuvaa liukumista vastaan sen kelan osalta, joka on lastattuna kiinni päätyseinään ilman mahdollisuutta joutua seinään kohdistuvaan edestakaiseen liikkeeseen kuljetuksen missään vaiheessa. Kontin kouruun on kuitenkin usein lastattuna useampi kela tai sitten yksi painava kela on sijoitettuna kontin keskelle irti päätyseinästä, joten sidonnan käyttö kelan liikkumisen estämiseksi on suositeltavaa.

Meri- ja maantiekuljetuksissa kuormaa ei tarvitse varmistaa kaatumista vastaan eteenpäin, jos sen korkeus ei ole suurempi kuin pituus. Varmistusta taaksepäin suuntautuvaa kaatumista vastaan ei puolestaan tarvita, jos kuorman korkeus ei ole kaksi kertaa suurempi kuin pituus (Reimers & Östergren). Edellä mainittu pätee kuitenkin vain silloin, kun massakeskipisteen tiedetään varmasti sijaitsevan kappaleen keskellä.

Tarkastellaan seuraavaksi sitomattoman kelan pysymistä kourussa tilanteessa, jossa aluksen poikittainen kiihtyvyys on suuri. Esimerkin tilanteessa olosuhteiden on ajateltu olevan sellaisia, että massaltaan 15 000 kg kelaan vaikuttaa yleinen putoamis- kiihtyvyys alaspäin ja laivan poikittaisista liikkeistä merenkäynnissä aiheutuu vaakasuoraksi kiihtyvyydeksi 0,8 g. Esimerkkilaskelmassa kela on kehdoissa 35 asteen kulmassa vaakatasoon nähden (kuva 11). Kuvasta voidaan päätellä sitomattoman kelan nousevan ylös kourusta silloin, kun kourun pinnan suuntainen voimakomponentti  $F_{II}$  on suurempi kuin kela kourussa pitävä komponentti  $G_{II}$ .



Kuva 11. Kelaan vaikuttavat voimakomponentit.

Lasketaan  $G$  kaavalla  $G = m \cdot a_v$

$$G = 15\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 147\,150 \text{ N} \approx 147 \text{ kN},$$

josta voidaan laskea  $G_{II}$  kaavalla  $G_{II} = \sin \alpha \cdot G$

$$G_{II} = \sin 35^\circ \cdot 147\,150 \text{ N} \approx 84 \text{ kN}.$$

Lasketaan poikittain vaikuttava voima  $F$  kaavalla  $F = m \cdot a_h$

$$F = 15\,000 \text{ kg} \cdot 0,8 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 117\,720 \text{ N} \approx 118 \text{ kN},$$

josta voidaan laskea  $F_{II}$  kaavalla  $F_{II} = \cos \alpha \cdot F$

$$F_{II} = \cos 35^\circ \cdot 117\,720 \text{ N} = 96\,431 \text{ N} \approx 96 \text{ kN}.$$

Vaikuttavien voimien erotus  $G_{II} - F_{II}$  on siis

$$84 \text{ kN} - 96 \text{ kN} = -12 \text{ kN}$$

Laskun tuloksista havaitaan kela kourussa pitävän, vinosti alaspäin suuntautuvan voiman  $G_{II}$  ja kela kourun pohjalta irrottamaan pyrkivän voiman  $F_{II}$  erotuksen olevan negatiivinen, jolloin sitomaton kela siis pyrkii nousemaan ylös kourun pohjalta. Tilanteen muuttumista merialueittain voi tarkastella muuttamalla kiihtyvyyden kerrointa poikittain vaikuttavan, voiman  $F$ , kaavassa ja käyttämällä tätä arvoa laskettaessa voimaa  $F_{II}$ . Tämä tarkastelu ei ota huomioon aluksen mahdollista kallistumaa sen kohdassa esimerkin mukaisen poikittaisen kiihtyvyyden. Aluksen samanaikainen kallistuma luonnollisesti heikentäisi tilannetta, ja sen vaikutusta voi teoreettisesti tarkastella vähentämällä aluksen oletetun kallistuskulman kourun kulmasta.

Oletetaan aluksen kulkevan Itämerellä olosuhteissa, jossa siihen vaikuttaa  $0,5 \cdot g$  pysyvuora kiihtyvyys alaspäin, samanaikaisesti  $0,5 \cdot g$  myös poikittaisessa suunnassa ja kallistuskulma on 15 astetta.

Edellisen esimerkin mukaisesti  $G = m \cdot a_v$

$$G = 15\,000 \text{ kg} \cdot (1 - 0,5) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 73\,575 \text{ N} \approx 73,6 \text{ kN},$$

jolloin  $G_{II} = \text{Sin } \alpha \cdot G$

$$G_{II} = \text{Sin } (35^\circ - 15^\circ) \cdot 73\,575 \text{ N} = 25\,164 \text{ N} \approx 25,2 \text{ kN}.$$

Poikittain vaikuttava voima  $F = m \cdot a_h$

$$F = 15\,000 \text{ kg} \cdot 0,5 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 73\,575 \text{ N} \approx 73,6 \text{ kN},$$

josta  $F_{II} = \text{Cos } \alpha \cdot F$

$$F_{II} = \text{Cos } (35^\circ - 15^\circ) \cdot 73\,575 \text{ N} = 69\,138 \text{ N} \approx 69 \text{ kN}.$$

Vaikuttavien voimien erotus  $G_{II} - F_{II}$  on siis

$$25,2 \text{ kN} - 69 \text{ kN} = -43,8 \text{ kN}$$

Esimerkissä on tarkoituksellisesti yhdistetty olosuhteita heikentäviä tekijöitä, joiden esiintymistä samanaikaisesti todellisessa tilanteessa voidaan pitää varsin epätodennäköisenä. Esimerkissä 15 astetta kallistunut alus siis ”putoaisi” voimakkaasti alaspäin samalla, kun siihen kohdistuisi kova poikittainen kiihtyvyys. Laskennan lopputuloksesta havaitaan tarvittavan sidontavoiman kelan kourusta nousemisen estämiseksi olevan noin 44 kN. Kappaleen alussa todettiin 75 mm nauhanleveyyden omaavan sidontavyön kuormansidontavoiman olevan 44,1 kN. Näin ollen vyön sidontavoima on periaatteessa riittävä esimerkin mukaisessa, lähinnä teoreettisessa tilanteessa.

Koska kyseessä on intermodaalikuljetuksiin käytettävä lastiyksikkö, tulee lastiin maantiellä kohdistuvat rasitukset ottaa myös huomioon. Maantiellä, lähinnä lukkojarutuksesta johtuvan, eteenpäin suuntautuvan kiihtyvyyden kertoimeksi on annettu 0,8. Kerroin on suurempi kuin merikuljetuksissa esiintyvät vastaavat arvot, ja tulee näin ollen ottaa erikseen huomioon. Esimerkissä lastiin ei kohdistu muita vaikuttavia voimia.



Lasketaan kitkavoima  $F_{\mu}$

$$F_{\mu} = 0,4 \cdot 15\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 58\,860 \text{ N} \approx 59 \text{ kN}$$

ja eteenpäin suuntautuva voima  $F$

$$F = 15\,000 \text{ kg} \cdot 0,8 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 117\,720 \text{ N} \approx 118 \text{ kN}.$$

Vaikuttavien voimien erotus on siis

$$59 \text{ kN} - 118 \text{ kN} = -59 \text{ kN}$$

Kela tarvitsee siis noin 59 kN sidontavoiman estämään liikkumista eteenpäin maantiekuljetuksessa lukkojarrutustilanteessa.

Edellä esitetyistä esimerkeistä havaitaan yhden, kelan yli laitettavan noin 44 kN sidontavoiman omaavan, sidontavyön riittävän lähes kaikissa merikuljetuksissa esiintyvissä tilanteissa. Maantiekuljetuksissa on standardin EN 12195-1 vaatimusten mukaisesti yli 10 tonnia painava kela oltava kouruun lastattuna ja sidottuna kahdella kelan läpi pujoitetulla ketjulla tai kuituliinalla (kuva 12).



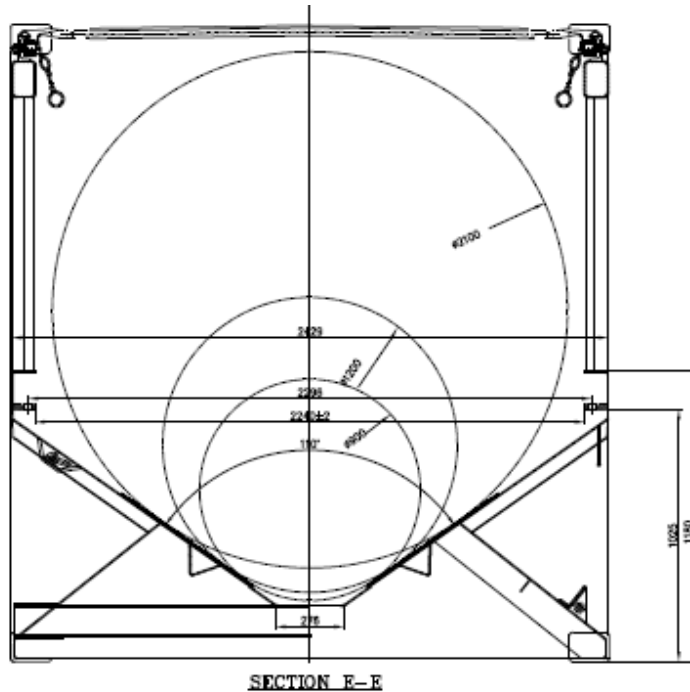
Kuva 12. Yli 10 tonnia painava kela standardin EN 12195-1 mukaisesti tuettuna maantiekuljetuksessa. (European Commission)

Laskuesimerkkien tuloksiin tulee suhtautua varauksella eikä absoluuttisina totuuksina. Suurimman epävarmuuden laskelmiin tuo se, että vastaavatko arvioidut kiihtyvyyksien pysty- ja vaakakomponentit todellisuutta. Laskelmien lopputulokset vaihtelevat käytettäessä eri kuljetusvälineille ja merialueille annettuja arvoja mahdollisesti esiintyvistä kiihtyvyyksistä. Kuljetuksen sisältäessä useampia kuljetusvälineitä tai eri merialueita on kuormanvarmistusta päätettäessä lähdettävä eniten rasiudesta tuottavasta tilanteesta.

Havainnollisena esimerkkinä niistä olosuhteista, joissa laskuesimerkeissä käytetyn poikittaisen kiihtyvyyden suuruusluokkaa olevia kiihtyvyyksiä esiintyy merikuljetuksissa, voidaan mainita m/s Tradenin joutuminen merihätään Biskajan lahdella vuonna 2001 junavaunujen irrottua kiinnityksistään kovassa merenkäynnissä. Deltamarin Oy:n vuonna 2013 tekemässä laskennassa Tradenin liikkeistä ja kiihtyvyyksistä suurin poikittainen kiihtyvyyssarvo  $6,49 \text{ m/s}^2$  ( $\sim 0,66 \cdot g$ ) kohdistui sääkannella olleisiin kontteihin lyhytharjaisessa epäsäännöllisessä aallokossa. Laskennassa käytetty merkitsevä aallonkorkeus oli 7,5 metriä (merkitsevän aallonkorkeuden ollessa 7,5 metriä suurimman yksittäisen aallon korkeus voi olla lähes kaksinkertainen) ja kohtaamiskulma 150 astetta. Kyseiset olosuhteet olivat siis erittäin haasteelliset lastin kiinnitysten kannalta. Esimerkin tarkoitus on lähinnä antaa ”suuruusluokka” tässä kappaleessa esiintyville kiihtyvyyssarvoille. Yksittäiseen tapahtumaan kohdistuvaa tarkastelua ei pidä laajemmin yleistää laivan ja kyseisellä hetkellä tilanteessa vaikuttaneiden olosuhteiden ollessa aina yksilöllisiä ja tapauskohtaisia.

Kelan liikkumista kehdossa on tutkittu laivoilla myös käytännössä noin kolmen vuoden aikana kehtokasetissa, jossa yksi kasettiin sijoitetuista keloista on jätetty sitomatta kuormaliinalla. Kehtoon on tehty lastauksen yhteydessä merkinnät indikoimaan kelan mahdollista liikkumista matkan aikana - tähän mennessä kelan ei ole kertaakaan havaittu liikkuneen merimatkan aikana välillä Tornio - Terneuzen. Käytännön koetta arvioitaessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että kela on ollut lastattuna aluksen ruuman pohjalle sijoitettuun kehtokasettiin, jossa keloihin kohdistuvat liikkeet ja eivät ole yhtä rajuja, kuin mitä ne olisivat konttiin lastattuna ylempänä kannella, jolloin vaakasuorat kiihtyvyyksikomponentit kasvavat. Kehtokasetin kouru itsessään on vastaavanlainen kehtokontissa käytettävän kourun kanssa.

Kuvassa 13 on esitettynä kehtokontin kourun mitoitus ja halkaisijaltaan kolmen erikoisen kelan asettumien kouruun ja konttiin yleisesti. Halkaisijaltaan 900 mm ympyrä kuvaa konttiin lastattavan kelan minimihalkaisijaa ja 2100 mm ympyrä maksimihalkaisijaa.



Kuva 13. Kehdon mitat. (Hörkkö 2014)

Poikittaisia tuentatankoja (kuva 14) käytetään kuljetettaessa kapeita niin sanottuja kaistakeloja, jotka eivät muuten pysyisi kelan pituussuunnassa pystyssä, ja jotka siten perinteisissä kuljetusmuodoissa joudutaankin kuljettamaan lappeeltaan, mikä taas osaltaan lisää vaurioitumisen riskiä. Poikittaisia tuentatankoja voidaan myös käyttää kaikissa niissä tilanteissa, joissa lastilla havaitaan olevan kaatumisriski.



Kuva 14. Kaistakelat tuettuna erikoiskontissa. (Langh Ship Oy 2012a)

Kuljetusketjun sisältäessä rautatiekuljetuksia, voidaan käytettäväksi valita rautatiekäyttöön sertifioitu, kohdassa 4.3.3 mainittu erikoiskontti.

## 5 KONTTIEN RAKENTEELLISET TURVALLISUUSVAATIMUKSET JA TESTAUS

Kansainvälinen yleissopimus turvallisista konteista, 1972 (International Convention for Safe Containers, CSC, 1972) asettaa vaatimukset konttien rakenteelliselle turvallisuudelle. Vaatimusten lähtökohtana on, etteivät konttiin kohdistuvat rasitukset ylity missään käsittelyn vaiheessa eivätkä liikkeestä, sijoituksesta, pinoamisesta, lastatun kontin painosta tai ulkoisista voimista johtuvat rasitukset ylitä kontin rakenteellista lujuutta. Yleissopimuksen vaatimusten mukainen hyväksytty kontti tulee varustaa turvallisuuskilvellä, jonka on sisällettävä seuraavat tiedot:

- CSC-turvallisuushyväksyntä. (SCS SAFETY APPROVAL)
- Maa, jossa hyväksyntä on tehty ja hyväksymistunnus.
- Valmistuspäivämäärä.
- Kontin tunnusnumero.
- Bruttopaino.

- Suurin sallittu pinoamispaino (1,8 g).
- Poikittaisjäykkyysskoeken kuormitusarvo.
- Seuraava tarkastuspäivämäärä.
- Pääty- ja/tai sivuseinien lujuusarvot mikäli ne poikkeavat määrätyistä arvoista. Määrätyt arvot päätyseinien osalta ovat 0,4 kertaa suurin sallittu hyötykuorma ja sivuseinien osalta 0,6 kertaa suurin sallittu hyötykuorma.
- Järjestelmä, jota kontin katsastamisessa noudatetaan turvallisuuskilven ylläpitämiseksi. (CSC tai ACEP)

(CSC 2014, 27–28.)

## 5.1 Konttien tarkastukset

Kansainvälinen yleissopimus sallii kontin omistajan päättää tarkastaako tai tarkastuttaaako hän omistamansa kontin määräajoin CSC menettelyn mukaisesti, vai hyväksytyt jatkuvan tarkastusohjelman (ACEP) mukaisesti. Molemmat menettelyt ovat tasavertaisia keskenään ja tarkoitettu varmistamaan, että kontit ovat huollettuja vaaditun turvallisuustason mukaisesti. (CSC 2014, 68.)

## 5.2 CSC

CSC menettelyjärjestelmän mukaisesti kontti on tarkastettava määräajoin - ensimmäisen kerran viimeistään viiden vuoden kuluttua sen valmistumisesta ja sen jälkeen enintään 30 kuukauden väliajoin. (CSC 2014, 15.) Tarkastuksen jälkeen kontin turvallisuuskilpeen tulee laittaa merkintä seuraavan tarkastuksen suoritusajankohdasta.

Yleissopimus mainitsee 30 kuukauden tarkastusvälin olevan aivan liian pitkän säännöllisessä liikenteessä oleville konteille, joita käsitellään jatkuvasti, ja ne tulisivin tarkastaa säännöllisesti operoinnin yhteydessä. (CSC 2014, 72.)

Tässä työssä käsiteltävät erikoiskontit tarkastetaan määräajoin CSC menettelyjärjestelmän mukaisesti.

### 5.3 ACEP

Määräaikaisten CSC menettelyjärjestelmän mukaisten tarkastusten vaihtoehdoksi voidaan hyväksyä käytettäväksi jatkuva tarkastusohjelma ACEP, mikäli omistaja pystyy osoittamaan, ettei kontin turvallisuustaso heikkene verrattuna määräajoin suoritettaviin CSC tarkastuksiin. Käytännössä hyväksytyä jatkuvaa tarkastusohjelmaa noudattavat kontit tarkastetaan niiden käyttöön liittyvissä rutiinitarkastuksissa ja perinpohjaisesti aina suurempien korjausten ja kunnostusten yhteydessä, kontin vuokrasuhteen alkaessa ja päättyessä tai kontin kiertäessä satamassa depotin kautta. Tarkastusväli ei kuitenkaan missään tapauksessa saa ylittää 30 kuukautta. (CSC 2014, 69, 72.) Kontin turvallisuuskilpeen laitetaan maininta kyseisen kontin kuulumisesta ACEP-tarkastusohjelman piiriin, eikä turvallisuuskilpeä näin ollen tarvitse päivittää tarkastusten yhteydessä.

## 6 ERIKOISKONTEILLA SAAVUTETTAVA SÄÄSTÖ

Langh Ship Cargo Solutions on verrannut teräslevyjen konventionaalista lastausta ja kuormantuentaä yleiskäyttöön suunniteltuun kuljetuskonttiin, ja erikokoisten teräsrullen tuentaa erikoiskonttiin keskenään käytettävästä työajasta ja kiinnitysmateriaalien käytöstä syntyneiden kustannusten suhteen.

Konventionaalisen lastauksen kohdalla kyseessä olivat siis levypakat, jotka ovat suhteellisen yksinkertaiset tuettavat säännöllisten muotojensa ansiosta. Erikoiskonttiin lastattiin 8 kpl eri kokoluokkaa keskenään olevia teräskeloja, jotka ovat varsin haasteellisia tuettavia perinteisin menetelmin. (Langh Ship-verkkosivut.)

Levyt lastattiin trukilla perinteiseen konttiin 20 minuutissa, jonka jälkeen kaksi kirvesmiestä suoritti lastin tuennan puutavaralla kahdessa tunnissa. Kiinnittämiseen kului 30 metriä täyskanttista 100 x 100 vahvuista ja 20 metriä 50 x 100 vahvuista puutavaraa, joiden lisäksi käytettiin kiinnitysvöitä, teräsvanteita ja nauvoja. Tämän jälkeen lastin purkamisen suoritti yksi henkilö 45 minuutissa kiinnitysten purkaminen mukaan luetuna. Kokonaisuudessaan kontin lastaamiseen ja purkamiseen kului viisi työtuntia. (Langh Ship-verkkosivut.)

Erikoiskonttiin lastattaessa kelojen kiinnityksen hoiti yksi henkilö samalla, kun trukki toi tuotteita konttiin. Kokonaisuudessaan kontin lastaus kesti 20 minuuttia ja purkamisen saman verran eli yhteensä 40 minuuttia. (Langh Ship Oy-verkkosivut.)

Verrattaessa suorituksia keskenään erikoiskontin käsittelyssä säästettiin neljä työtuntia ka kertakäyttöinen kiinnitysmateriaali kokonaisuudessaan. Euromääräisten säästöjen laskennassa on käytetty seuraavia kustannuksia:

Työaika: 4 h x 40 €/tunti = 160 €

Puutavara: 100 x 100. 30 metriä á 3 €/metri = 90 €

Puutavara: 50 x 100. 20 metriä á 1,50 €/metri = 30 €

Teräsvanteet ja naulat. 20 €

Käytetyn työajan ja tarvikkeiden kustannukset kohdistuen yhden kontin käsittelyyn tässä nimenomaisessa esimerkkitapauksessa ovat 300 euroa suuremmat konventionaalissa lastauksessa kuin erikoiskontissa. Vuositasolla tapahtuvan kustannussäästön laskennassa on viikoittain käsiteltävien konttien määräksi arvioitu 100 kappaletta, jolloin säästöä syntyy 100 konttia x 52 viikkoa x 300 € = 1 560 000 €. (Langh Ship Oy-verkkosivut.)

Kyseinen vertailu on suoritettu yhden kerran mainittua lastiesimerkkiä käyttäen, joten tulokset saattavat vaihdella puoleen tai toiseen erilaisten lastityyppien ja työtä suorittavien henkilöiden kokemuksen ja ammattitaidon perusteella. Erikoiskontin lastauksen ja purkamisen suorittanut trukkikuski ja tuentatolppien paikoilleen asentamisen suorittanut työntekijä eivät kumpikaan olleet aikaisemmin perehtyneet kyseessä olleeseen konttityyppiin eivätkä tuentatolppien kiinnitysmekanismiin (Langh Ship Oy-verkkosivut).

## 7 VAIHTOEHTOISIA KULJETUSRATKAISUJA

Seuraavassa on lyhyesti esiteltyä kaksi erilaista vaihtoehtoa ratkaisuksi teräskelojen kuljetusongelmiin yleiskäyttöön tarkoitetuissa konteissa. Menetelmien yksityiskohtaiseen tarkasteluun ja käytettävyyteen yleisesti ei tässä tarkemmin puututa.

## 7.1 Coil-Tainer

Coil-Tainer on yleiskäyttöiseen standardikonttiin työnnettävä alusta, johon kela lastataan. (Kuva 15). Kela on tuettuna ja sidottuna alustan kourussa, ja alusta itsessään tukeutuu konttiin sovituksensa ansiosta jakaen painon tasaisesti kontin pohjan alalle.



Kuva 15. Coil-Tainer (Coil-Tainer Limited)

Keksintö on selvä parannus verrattuna perinteisiin menetelmiin tukea painavaa kela konttiin ja se poistaa kertakäyttöisen kiinnitysmateriaalin tarpeen, mutta sisältää kuitenkin ilmeisesti vielä joitain rakenteellisia heikkouksia ja vaatii myös kuvan 16 perusteella erityistä huomiota riittävän poikittaisen tuennan järjestämisessä.



Kuva 16. Coil-Taineriin lastattu kela on irronnut kiinnityksistään. (Ylikahri 2014)



## 7.2 Yusen Logistics method

Yusen Logistics on kehittänyt menetelmän, jossa kelat asetetaan polystyreenistä valmistettuun kouruun (kuva 17). Optimaalisesti kontin mittojen mukaan leikattu kouru jakaa kelan painon konttiin riittävän laajalle alalle, ja samalla tukee kelaä estäen liikumisen kuljetuksen aikana. Kouruja voidaan käyttää uudestaan tai laittaa kierrätykseen mikäli jatkokäyttöä ei ole. Menetelmän ensisijaisena tarkoituksena on myös nopeuttaa lastausta, vähentää kertakäyttöisen kiinnitysmateriaalin tarvetta ja tarjota turvallinen kuljetus määränpäähän. Tietoa ja menetelmän toimivuudesta käytännössä ei tähän yhteyteen ole saatavilla. ”Moduulin” pitäisi kuitenkin olla valmiiksi leikattuna kullekin kelan mitoitukselle sopivaksi, jolloin hankaluuksia saattaisi esiintyä, mikäli jouduttaisiin lastaamaan vaihtelevan kokoisia keloja.



Kuva 17. Kelat polystyreenikourussa. (Yusen Logistics 2012)

## 8 PÄÄTELMÄT

Kaikista perinteisillä menetelmillä kuljetettavista teräslasteista ongelmallisimpia ovat kelat. Muodon ja suuren painon aiheuttamat korkeat pistemäiset kuormitukset asettavat myös korkeat vaatimukset kuormanvarmistukselle ja kuljetusyksikön kestävyydelle. Toisaalta taas myös levyt ovat haasteellisia tuettavia terävien ja särmikkäiden muotojensa ansioista. Säännölliset muodot omaavien levyjen tukeminen yleiskontteihin on sinänsä sujuvaa ja suoraviivaista toimintaa, mutta vaatii suuret määrät kertakäyttöistä ja kallista tuentamateriaalia, joiden paikoilleen asentamiseen kuluu paljon

työtunteja. Hyvinkin huolellisesti tehdyt tuennat saattavat lisäksi löystyä kuljetusyksikköä käsiteltäessä tai kuljetusvälineen liikkeistä johtuen, eikä tällaisia muutoksia lastin tuennan heikkenemisessä pystytä mitenkään suljettujen yksiköiden kyseessä ollen ajoissa havainnoimaan. Etenkin intermodaalisissa kuljetuksissa, kuormien liikkua myös maanteillä yleisen liikenteen joukossa, paivavan lastin irtoaminen kuljetusyksiköstään tulee olla täysin poissuljettu mahdollisuus.

Verrattaessa erikoiskontteja yleiskäyttöön suunniteltuihin kontteihin lastattavuuden, kuormanvarmistuksen, yleisen liikenneturvallisuuden ja kustannustehokkuuden näkökulmasta voidaan selkeästi todeta erikoiskonttien edut. Yhden lastausvertailun perusteella saadun tuloksen perusteella erikoiskontilla voidaan saavuttaa 300 euron kustannussäästö yhden kontin lastauksessa ja purussa verrattuna yleiskäyttöön tarkoitettuun konttiin. Erikoiskonteille ei myöskään ole käyttöhistoriansa aikana raportoitu yhtään lastivahinkotapausta, joka samalla todistaa kuljetusyksikön olevan myös liikenneturvallinen kaikissa olosuhteissa. Kaikkien hyvienkin keksintöjen ja ratkaisujen turvallisuus riippuu kuitenkin oikeasta ja asianmukaisesta käytöstä, joten etenkin tuentatolppien paikoilleen asettaminen tulee aina suorittaa huolellisesti helppoudestaan huolimatta. Etenkin kontin lattiassa olevien reikien, johon tolpan alaosan tapit asettuvat, tulee olla kaikista esteistä vapaat tolppaa paikoilleen laitettaessa ja tolpan yläosan tulee asettua katon uran pohjaan saakka.

Erikoiskonttien käytön kannattavuuteen liittyvät oleellisesti niiden nopea kierto ja käytettävyys paluulastien kuljetuksiin, joka osaltaan rajaa kannattavan käytön suhteellisen lyhyeen linjaliikenteeseen. Esimerkkiasiakkaan, Outokumpu Oyj:n, tapauksessa säännöllisessä linjaliikenteessä Tornion ja Terneuzenin välillä, ottaen huomioon konttien nopeutunut käsittelyaika, kustannussäästöt kiinnitysmateriaaleissa ja työvoimassa, lastivahinkojen määrän putoaminen nolnaan ja laivojen parantuneen täyttöasteen voidaan erikoiskonttien käytön todeta olevan heille varsin kannattavaa liiketoimintaa.

Erikoiskonttien käyttö parantaa yleistä työturvallisuutta kaikissa kuljetuksen vaiheissa alkaen ergonomisimmista työskentelyasennoista lastausvaiheesta aina sujuvasti tapahtuvaan purkuun määränpäässä.

Teräskelojen kuljetusta multimodaalisissa kuljetusketjuissa tarkasteltaessa yksi huomionarvoinen seikka on se, että standardin EN 12195-1:2010 mukaan teräskeloja

maantiellä kuljettaessa yli 10 tonnia painavat kelat on kuljetettava kouruun sidot-  
tuina. Mikäli tällaisia keloja, joiden tarkoituksena on jatkaa satamasta eteenpäin maan-  
tiekuljetuksena, kuljetetaan yleiskäyttöön tarkoitettuun kontissa, ne on ensin purettava  
ja lastattava sitten uudelleen asianmukaisesti varustettuun kuljetusautoon. Kourupoh-  
jaiseen erikoiskonttiin lastatut kelat puolestaan voivat jatkaa matkaansa keskeytyk-  
settä.

Terästeollisuuden tuotteiden lisäksi konteissa kuljetetaan maailmalla yleisesti muita-  
kin lastityyppejä, jotka vaatisivat osakseen parempia ratkaisuja etenkin kuormanvar-  
mistuksen osalta. Esimerkkinä voidaan mainita graniitti, jonka kuljetus sisältää ongel-  
mia johtuen suuresta painosta ja särmiikkäistä, tuentaa vaikeuttavista muodoista. Kul-  
jetettavat matkat ovat kuitenkin pitkiä, kierto hidasta eikä paluulastia ole saatavilla.  
Erikoiskonttien käyttö ei näin ollen ainakaan toistaiseksi ole taloudellisesti kannatta-  
vaa näissä kuljetuksissa.

## LÄHTEET

Barrot, J. European Commission: European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport. [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/vehicles/doc/cargo\\_securing\\_guidelines\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/vehicles/doc/cargo_securing_guidelines_en.pdf) [Viitattu 8.9.2014]

Certex Finland Oy. 2014. [http://www.certex.fi/fi/sidontaliina/kuormansidontavyo-strongv-7000\\_\\_12019](http://www.certex.fi/fi/sidontaliina/kuormansidontavyo-strongv-7000__12019) [Viitattu 20.11.2014]

Coil-Tainer Limited. <http://www.coil-tainer.com/shipping-system.php>. [Viitattu 20.11.2014]

Deltamarin Oy. 2013. Tradenin liikkeiden ja kiihtyvyyksien laskenta. Raportti, pdf-tiedosto. [http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/vesiliikenneonnettomuuksientutkinta/2001/c132001m\\_tutkintaselostus\\_1/c132001m\\_tutkintaselostus\\_1.pdf](http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/vesiliikenneonnettomuuksientutkinta/2001/c132001m_tutkintaselostus_1/c132001m_tutkintaselostus_1.pdf). [Viitattu 2.6.2014]

European Commission. European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport. [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/vehicles/doc/cargo\\_securing\\_guidelines\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/vehicles/doc/cargo_securing_guidelines_en.pdf) [Viitattu 8.9.2014]

Finanssialan keskusliitto. 2009. Hallittu kuljetus. pdf-tiedosto. [http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/dokumentit/hallittu\\_kuljetus.pdf](http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/dokumentit/hallittu_kuljetus.pdf). [Viitattu 12.9.2014]

Germanischer Lloyd SE. 2013. Stowage and Lashing of Containers. Pdf-tiedosto. [http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl\\_i-1-20\\_e.pdf](http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl_i-1-20_e.pdf). [Viitattu 3.11.2014]

Hapag-Lloyd. 2010. Container packing. Pdf-tiedosto. [https://www.hapag-lloyd.de/downloads/press\\_and\\_media/publications/Brochure\\_Container\\_Packing\\_en.pdf](https://www.hapag-lloyd.de/downloads/press_and_media/publications/Brochure_Container_Packing_en.pdf). [Viitattu 12.6.2014]

Harjuoja, P. 1.10.2014. Satama- ja rahtaustoimintojen johtaja. Henkilökohtainen tiedonanto. Tornio: Outokumpu Oyj.

Hörkkö, M. 2014. Cradle Container Section. AutoCAD-piirros. 7.11. 2014.

International Maritime Organisation. 2003. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing. 2003 Edition. London. International Maritime Organisation.

International Maritime Organisation. 2014. International Convention for Safe Containers, CSC, 1972. 2014 Edition. London. International Maritime Organisation.

Kaps, H. 2002 – 2014. Loading steel coils in container - Container Handbook. Pdf-tiedosto. Berlin. GDV Berlin.

Korpelainen, J. 2013. Alushankinnan suunnittelu ja optimointi. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK). Merenkulun ylempi ammattikorkeakoulututkinto. Merikapteeni (ylempi AMK).

Lamek Oy 2013a. Container 20 SIDE OPEN GENERAL, lifting from the four top corner fittings and lifting from the four bottom corner fittings according to International Standard ISO 1496-1 and Convention for Safe Containers (CSC). Raportti, pdf-tiedosto.

Lamek Oy 2013b. LANGH SHIP 20' OTCCsr GENERAL. Raportti, pdf-tiedosto.

Langh Ship Oy. 20' Open Top -kehtokontti rautatiekuljetuksiin.

[http://www.langh.fi/cargosolutions/erikoiskontit/kehtokontit/20\\_kehtokontti\\_rautatiekuljetuksiin](http://www.langh.fi/cargosolutions/erikoiskontit/kehtokontit/20_kehtokontti_rautatiekuljetuksiin). [Viitattu 12.9.2014]

Langh Ship Oy 2012a. Containerisation of steel products overview & most effective trade practices. Esite, pdf-tiedosto. [http://www.langh.fi/cargosolutions/lisaykset/file/baltic\\_sea\\_freight\\_market\\_and\\_ports\\_2012\\_laura\\_langh\\_lagerlof.pdf](http://www.langh.fi/cargosolutions/lisaykset/file/baltic_sea_freight_market_and_ports_2012_laura_langh_lagerlof.pdf). [Viitattu 23.5.2014]

Langh Ship Oy 2012b. Ohjekirja tuentatolpille. Pdf-tiedosto.

Langh Ship Oy 2012c. Superior in steel transport. Esite, pdf-tiedosto.

[http://www.langh.fi/cargosolutions/lisaykset/file/superior\\_in\\_steel\\_transport.pdf](http://www.langh.fi/cargosolutions/lisaykset/file/superior_in_steel_transport.pdf). [Viitattu 23.5.2014]

Langh Ship Oy-verkkosivut. [http://www.langh.fi/cargosolutions/erikoiskontit/vuodessa\\_16\\_miljoonan\\_euron\\_saastot](http://www.langh.fi/cargosolutions/erikoiskontit/vuodessa_16_miljoonan_euron_saastot). [Viitattu 12.9.2014]

Logistiikan tutkimus ja kehitys Lorda ry. 2004. Kuormansidonnän käsikirja. 1. painoksen pdf versio. <http://www.logy.fi/liitetiedostot/Kuormansidonta.pdf>. [Viitattu 28.5.2014]

Merilaki 15.7.1994/674.

Outokumpu Oyj. 2013 Stainless steel coil sizes and specifications. Pdf-tiedosto.  
<http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Outokumpu-stainless-steel-coil-sizes-and-specifications.pdf>. [Viitattu 31.10.2014]

Reimers, S. & Östergren, N. Ajoneuvojen kuormaus ja kuormanvarmistus Standardin EN 12195-1:2010 mukaisesti. Opiskelijan käsikirja, pdf-tiedosto.

Standardi SFS-ISO 1496-1. 1989. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Tulkki, T. 2012. Outokumpu Oy:n terästuotteiden merikuljetukset Langh Ship Oy:n kehittämällä kuljetusratkaisuilla. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK). Merenkulun koulutusohjelma. Merikapteeni.

Ylikahri. M. 1.10.2014. Tuotepäällikkö Oy Langh Ship Ab. Henkilökohtainen tiedonanto. Tornio.

Yusen Logistics.2012. [http://www.jp.yusen-logistics.com/eng/news/2013/news\\_20130527.html](http://www.jp.yusen-logistics.com/eng/news/2013/news_20130527.html). [Viitattu 9.9.2014]

**20 jalan SOC-erikoiskontin tekniset tiedot (Langh Ship Oy)**

Ulkomitat	Pituus	6058 mm
	Leveys	2438 mm
	Korkeus	2591 mm
Sisämitat	Pituus	5918 mm
	Leveys	2288 mm
	Korkeus	2060 mm
Maksimi bruttopaino		44700 kg 98550 lbs
Kontin omapaino		4700 kg 10360 lbs
Maksimi hyötykuorma		40000 kg 88180 lbs
Trukin haarukataskun leveys		434 mm
Trukin haarukataskun korkeus		148 mm
Haarukataskujen välinen keskietäisyys		2050 mm
Oviaukon leveys		5702 mm
Oviaukon korkeus		2060 mm
Kontin tilavuus		28 m <sup>3</sup> 989 ft <sup>3</sup>
Kontin päätyseinän lujuus		40000 kg 88180 lbs

**20 jalan OTCC-kehtokontin tekniset tiedot (Langh Ship Oy)**

Ulkomitat	Pituus	6058 mm
	Leveys	2438 mm
	Korkeus	2591 mm
Sisämitat	Pituus	5892 mm
	Leveys	2285 mm
	Korkeus	2256 mm
Maksimi bruttopaino		44800 kg 98767 lbs
Kontin omapaino		4800 kg 10580 lbs
Maksimi hyötykuorma		40000 kg 88180 lbs
Trukin haarukataskun leveys		379 mm
Trukin haarukataskun korkeus		148 mm
Haarukataskujen välinen keskietäisyys		2050 mm
Kehdon pituus		5892 mm
Lastattavan kelan maksimi halkaisija		2100 mm
Lastattavan kelan minimi halkaisija		900 mm
Oviaukon leveys		2114 mm
Oviaukon korkeus		2203 mm
Kattoaukon pituus		5584 mm
Kattoaukon leveys		2205 mm
Kontin tilavuus		25,2 m <sup>3</sup> 890 ft <sup>3</sup>
Kontin päätyseinän kestävyys		40000 kg 88180 lbs