



# Kuljetuskuvien laatiminen tela- alustaiselle murskauslaitokselle

Markus Saarinen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2024

Autotekniikan tutkinto-ohjelma  
Työkonetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Autotekniikan tutkinto-ohjelma  
Auto- ja työkonetekniikka

SAARINEN, MARKUS:  
Kuljetuskuvien laatiminen Metso Lokotrack -telamurskaimelle

Opinnäytetyö 28 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Maaliskuu 2024

---

Tässä opinnäytetyössä laadittiin kuljetuskuvat Metson Lokotrack -telalustaiselle murskaimelle. Työ tehtiin Metso Oy:lle. Tässä työssä laadittiin kuljetuskuvat kolmelle eri kokoonpanolle, kaikki täyttäen eri vaatimukset. Suunnittelutyössä oli otettava huomioon kolme eri vaatimusta, sillä laite kuljetetaan tehtaalta päämäärään kahdella eri kuljetuskokoonpanolla. Lisäksi laadittiin yleismallinen kuljetuskuva tavallisia siirtoja varten.

Työhön kerättiin tietoa eri lähteistä, kuten kirjoista, alan julkaisuista ja asiantuntijahaastattelusta. Työ toteutettiin tutkimuksena. Työn suurimmat ongelmat liittyivät koneen suureen massaan, mittoihin ja näiden sovittaminen logistiikan näkökulmasta kahden eri valtion kuljetussäädöksiin ja lakeihin sopivaksi. Lisäksi teknisiä haasteita loi vastaanottavan sataman rajoitukset.

Työn tuloksena saadut tiedot ovat osittain rajattua tietoa. Joitakin työhön liittyviä tietoja ja mittoja kuitenkin käsitellään työssä. Työ on laadittu yksittäiselle koneelle, mutta sitä voidaan käyttää perustana samantyyppisten projektien kuljetuskuvien laatimiseen. Jatkokehityksenä voisi laatia yleistasoisemmat ohjeet, joita voi käyttää suunnitteluohjeena suurien kokoonpanojen kuljetuskuvien laatimiseen ja näiden vaatimusten täyttämiseen.

---

Asiasanat: suunnittelu, logistiikka, kuljetuskuva,

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Vehicle Engineering  
Industrial Vehicle Engineering

**SAARINEN MARKUS:**

Development of Transport Drawings for Metso Lokotrack Track-Mounted Crusher

Bachelor's thesis 28 pages, appendices 4 pages  
March 2024

---

The purpose of this thesis was to create transport drawings for Metso's Lokotrack track-mounted crusher. The work was done for Metso Oy. In this thesis, transport drawings were prepared for three different applications, each meeting different requirements. The design process had to consider three different scenarios, as the equipment is transported from the factory to its destination using two different transport assemblies. Additionally, a general transport drawing was created for regular transfers.

A great amount of information was collected for this work from various sources, including books, industry publications and expert interviews. The thesis was conducted as a research project. The main challenges related to the machines' large mass and dimensions and how to comply with the regulations and logistical requirements under two different jurisdictions. Additionally, more technical challenges were identified due to the restrictions of the receiving port.

The information obtained from the work is partially limited. However, some relevant details and dimensions related to the work are discussed. Although the work was prepared for a specific machine, it can serve as a foundation for creating transport drawings for similar projects. As a future development, more comprehensive guidelines could be established to assist in designing transport drawings for large machines and meeting the requirements and regulations.

---

Key words: designing, logistics, transport drawing.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	METSO OY .....	6
	2.1. Yleistä tietoa yrityksestä .....	6
	2.2. Metso tuoteportfolio .....	7
3	MURSKAUS .....	9
	3.1. Kivenmurkaus .....	9
	3.2. Lokotrack .....	10
	3.3. Rullamurskain .....	12
4	LOGISTIIKKA .....	14
	4.1. Erikoiskuljetus .....	14
	4.2. Ro-Ro-kuljetus .....	16
5	KULJETUSKUVAT .....	18
	5.1. Tehdas - välikokoonpano .....	18
	5.2. Välikokoonpano – määränpää kuljetus .....	19
	5.3. Tavallinen kuljetuskuva .....	21
6	POHDINTA .....	22
	LÄHTEET .....	23
	LIITTEET .....	25
	Liite 1. Kuljetus kuva tehtaalta välikokoonpano paikalle. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	Liite 2. Kuljetuskuva peruskokoonpanosta välikokoonpano paikalta lopulliseen määränpäähän. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	Liite 3. Kuljetuskuva muista komponenteista välikokoonpano paikalta lopulliseen määränpäähän. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	Liite 4. Murskan päämitat .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Metso Oy:lle tarkastelu mitä kuljetuskuvien laatimisessa täytyy huomioida suunnittelun näkökulmasta. Opinnäytetyö käsittelee kuljetuskuvien laatimisen kriteereitä lakien ja direktiivien näkökulmasta. Työssä käsitellään mitä asioita tulee huomioida kuljetuskuvien tekemisessä ja millaisia logistisia haasteita mannerten välisessä raskaan työkoneneen erikoiskuljetuksessa on. Työssä esitellään yhteen koneeseen laaditut kuljetuskuvat ja käsitellään miten käytettyihin ratkaisuihin, on päädytty ja millaisia vaatimuksia kuljetuksella on ollut. Työssä käsitellään myös millaisia ongelmatilanteita voidaan kohdata kuljetuksissa rajoitusten takia.

Opinnäytetyön alussa tutkitaan kivenmurskaukseen liittyvää teoriaa ja laitteita. Lisäksi tutkitaan logistiikan teoriaa. Tämän jälkeen esitetään suunnitellut kuljetuskuvat ja niiden vaatimukset. Opinnäytetyön tuloksena on katselmus, jossa käsitellään suunnittelua ja logistiikkaa. Opinnäytetyötä voidaan käyttää apuna vastaavien kuljetuskuvien laatimisessa ja logistiikan suunnittelussa.

Opinnäytetyössä käsitellyt kuljetuskuvat sisältävät osittain salassa pidettäviä tietoja, kuten mittoja, toimeksiantajan ohjeistuksen takia. Nämä tiedot eivät ole opinnäytetyön tuloksen kannalta oleellisia. Työssä käsiteltyihin aiheisiin määriteltiin rajauksiksi kuljetuskuvien laatiminen ja logistiikan määräyksien tutkiminen ja näiden sovittaminen yhteen.

## 2 METSO OY

### 2.1. Yleistä tietoa yrityksestä

Metso on globaali teknologialan yritys joka tarjoaa prosessiteknologiaa sekä laitteita ja palveluita mineraali-, metalli- ja kivenmurskausteollisuuden aloille. Metso on alallaan ainutlaatuinen yritys, jonka vahvuuksia ovat teknologia, tutkimus ja kehitys, erinomaiset tuotteet, prosessiosaaminen, mittakaavaedut ja maailmanlaajuinen palvelutarjoama. (Metso Oy n.d.a.) Metsolla on yli 17 000 työntekijää yli 45 maassa. Sen liikevaihto oli vuonna 2022 N. 5,3 miljardia euroa (kuva 1). Vastuullisuus on suuressa roolissa yrityksessä ja tavoitteena onkin olla hiilineutraali omassa toiminnassaan. (Metso Oy 2024)

Metson kiviainesalan tuotevalikoimaan kuuluu mm. tela- ja pyöräalustaiset murskain, seula tai murskain-seula-yhdistelmät, kiinteästi asennetut murskaimet, seulat, kuljettimet ja syöttimet. (Metso Oy n.d.a) Kaivoistoiminta-alan tuotteisiin kuuluu mm. kaivosmurskaimet, tela-alustaiset murskaimet, jauhatusmyllyt, vaahdotuslaitteita, suodatuslaitteita, magneettisia erottimia, lietteen- ja materiaalinkäsittelylaitteita. Metallin käsittelyalalla tuotevalikoimaan kuuluu uuneja, polttimia, suodattimia ja syöttimiä. Tässä työssä keskitytään kivenmurskausalaan.

### Enabling sustainable modern life



**5.4**  
billion euro  
sales in 2023



**~50**  
countries we  
operate in



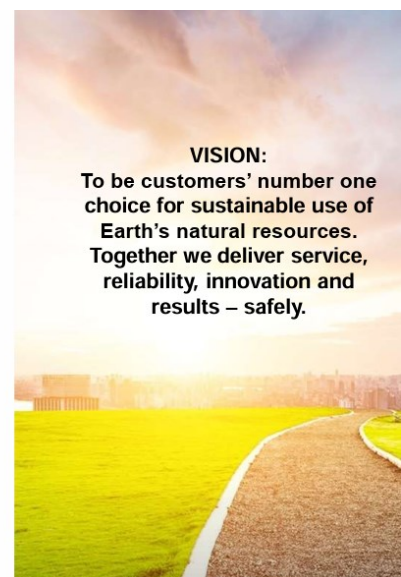
**17,000+**  
employees



**100+**  
nationalities



**~30**  
locations with R&D, testing or laboratory capabilities



KUVA 1. Metso Oy:n tunnuslukuja. (Metso Oy 2024)

Metso on valinnut yritystoiminnan strategian toteutukseen neljä painopistettä: taloudellinen tuloksellisuus, asiakkaan menestys, vastuullisuus ja aikaansaamisen kulttuuri. Yrityksen tarkoituksena on olla kestävä, modernin elämäntavan mahdollistaja, jolle ympäristöasiat ovat olennainen osa vastuullisuus strategiaa. Vastuullisuustyön keskiössä on Planet Positive -tarjonta. Nämä tuotteet ovat todistetusti energia ja/tai vesitehokkaampia kuin vastaavat markkinoilla olevat ratkaisut. Planet Positive -portfolioon kuuluu yli 100 tuotetta ja tavoite on laajentaa valikoimaa tutkimuksen ja tuotekehityksen avulla. (Metso Oy n.d.a)

## **2.2. Metso tuoteportfolio**

Metson tuoteportfolioista löytyy monenlaisia ratkaisuja ja tuotteita eri teollisuudenaloille. Yhtiö keskittyy kiviainesten käsittelyyn, mineraalien ja metallien jalostukseen sekä kierrätykseen. Metson tuotevalikoimasta löytyy monipuolisia ratkaisuja, kuten murskauslaitteita, jauhatuslaitteita, seulontalaitteita ja kuljettimia. (Metso Oy n.d.a.)

Murskalaitevalikoimaan kuuluvat NW Rapid -sarjan siirrettävät pyöräalustaiset murskaimet, joihin kuuluu pyöräalustaisia murskaimia ja murska-seulayhdistelmiä, Lokotrack liikuteltavat tela-alustaiset murskaimet (kuva 2) ja seulakoneet. Näihin on saatavilla erilaisia murskayksiköitä, kuten leukamurskaimia, kartiomurskaimia, iskupalkkimurskaimia ja keskipakomurskaimia, lisäksi sarjaan kuuluu erilaisia seuloja. Murskalaitevalikoimaan kuuluu myös irrallisia murskaimia, joita ovat C-sarjan leukamurskaimet, Superior -sarjan esikaramurskaimet, HP-, GP-, MP- ja MX-sarjojen kartiomurskaimet, sekä NP- ja Barmac- iskupalkkimurskaimet. Näistä koneista on valittavissa useita eri kokoja. ( Metso Oy n.d.a.)

Metson tuotteisiin kuuluu myös jauhatus-, vaahdotus-, erotus- ja suodatuslaitteita mineraalien ja metallien jalostukseen kuten jauhatusmyllyjä, vaahdotustankkeja, magneettierottimia, suodattimia, lietteen käsittelylaitteita ja sakeuttimia. Tuotevalikoima on kiviainesalalla kattava ja palveluihin kuuluu myös kokonaisten laitoksien suunnittelu ja toteutus. Metsolta saa laitteisiin myös huollon ja korjaukset, elinkaaripalvelut, laitteiden toimitukset (kuva 2), prosessin optimoinnin sekä päivitykset ja jälkiasennukset. (Metso Oy n.d.a.)



KUVA 2. Metso LT330D kuljetusasennossa kuljetuslavetin päällä. (Janhunen Oy n.d.)



## 3 MURSKAUS

### 3.1. Kivenmurskaus

Kaivosteollisuudessa malmi murskataan, jotta kappalekoko olisi sopiva jatkoprosessiin, useimmiten jauhatukseen. Louheen käsittely, kuten hihnakuljetus ja nosto, voi vaatia myös esimurskauksen. Kiviainesteollisuudessa itse murskattu kivi on lopputuote, ja tällöin laatuvaatimukset muun muassa muodon suhteen ovat erilaiset kuin kaivosteollisuudessa. (Hakapää & Lappalainen 2016, sivu 197)

Kiven murskaus tapahtuu joko puristamalla tai iskemällä. Puristumurskauksessa kivi murskautuu kahden metallipinnan välissä, jotka puristavat kiveä, kunnes se murtuu. Iskumurskauksessa nopeasti pyörivä vasara hajottaa kiven iskuillaan. Sopiva menetelmä riippuu kivityypistä. Yleisesti kova kivi murskataan puistamalla ja pehmeä kivi iskulla, mutta poikkeuksia on olemassa. Iskumurskaimia käytetään myös kovaa kiveä murskatessa, kun halutaan kuutionmallinen lopputuote. (Hakapää & Lappalainen 2016, sivu 198)

Murskauksessa louheen kappalekoko pienenee halkaisijaltaan jopa noin 1 metrin kokoisesta kappaleista noin 1 senttimetrin kappaleisiin. Murskaus tapahtuu tavallisesti 2 tai 3 vaiheessa ennen kuin haluttu kappalekoko saavutetaan. Murskausvaiheita on esimurskaus, välimurskaus ja hienomurskaus. Eri vaiheet muodostavat murskauspiirin, johon kuuluu murskaimia ja seuloja. Seulojen avulla hieno aines voidaan erottaa louheesta ennen murskainta tai karkea aines lähettää takaisin murskalle. (Hakapää & Lappalainen 2016, sivu 198)

Murskaamot voidaan karkeasti jakaa kiinteisiin, osittain mobiileihin ja kokonaan mobiileihin laitoksiin. Ajan saatossa on alettu suosia yhä liikkuvampia ja joustavampia laitoksia, etenkin kohteissa, joiden kestoikä on rajallinen tai joissa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä kuljetuskustannuksissa. Pitkäikäisissä kaivoksissa kiinteät murskaamot ovat yleisimpiä. Murskaamo koostuu syöttimistä, murskaimista, seuloista, kuljetusjärjestelmistä ja siiloista. Eri laitteista on useita tyyppjä ja laitteiden valinta perustuu kiven laatuun, materiaaliin määrään, lopputuote vaatimukseen ja murskausprosessiin. (Hakapää & Lappalainen 2016, sivu 199)

### **3.2. Lokotrack**

Lokotrack on tela-alustainen murskain, eli mobiilimurskain. Laitteen hyvät puolet verrattuna kiinteästi asennettuun murskalaitokseen ovat, sen helppo liikuteltavuus murskauspaikalla, nopea käyttöönotto ja kuljetuskuntoon saattaminen. Lokotrackit koostuvat pääsääntöisesti rungosta, murskasta, seulasta, kuljettimista, teloista, moottorimoduulista ja syöttimestä (kuva 3). Lokotrackkejä on saatavilla monissa eri kokoonpanoissa. Saatavilla standardituotevalikoimassa on kokoonpanoja, joissa on pelkkä murskain, murskain ja seula tai pelkkä seula. (Metso Oy n.d.a.)



KUVA 3. Lokotrack murskaimen pääkomponentit. (Metso Oy, n.d.a, muokattu)

Lokotrack murskaimia käytetään pääsääntöisesti murskausurakoinnissa, kiviainestuotannossa ja kierrätysmurskauksessa. Lokotrackit voidaan varustaa C-sarjan leukamurskaimella, HP- tai GP-sarjan kartiomurskaimeilla, rullamurskaimella, NP- sarjan iskupalkkimurskaimella, Barmac keskipakomurskaimella, ST- sarjan seulalla tai saman rungon päälle voidaan laittaa myös murskain ja seula, esimerkiksi LT330D. (Metso Oy n.d.a.)

Lokotrackkeja voidaan myös asettaa peräkkäin, jolloin syntyy monivaihelaitos, jossa voidaan toteuttaa murskaus esimurskauksesta hienomurskaukseen ja lopputuotteeseen asti. Tällöin käytössä voi olla automaatiojärjestelmä, jolloin kaikkien koneiden automatiikka keskustelee toistensa kanssa ja prosessia voidaan ohjata yhdestä pisteestä. (Metso Oy n.d.a.) Louhosten välillä tela-alustaisia murskaimia kuljetetaan laveteilla (kuva 4).



KUVA 4. Tela-alustainen murskain LT120 kuljetusasennossa. (Metso Oy n.d.b)

### 3.3. Rullamurskain

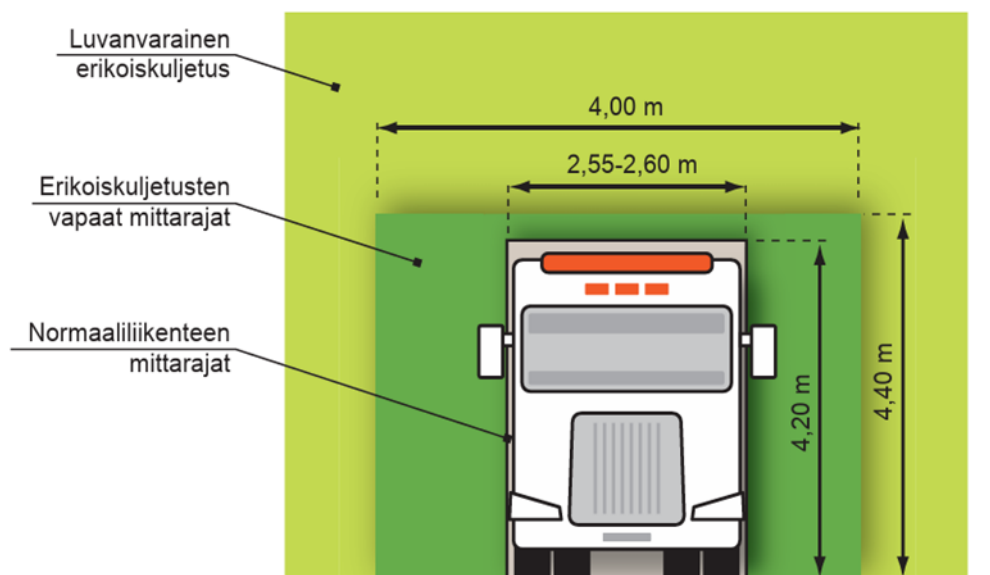
Tämän työn aiheena toimii rullamurskaimella varustettu Lokotrack murskain. Rullamurskaimesta käytetään usein nimitystä sizer. Rullamurskain on nimensä mukaisesti murskain, jossa on kaksi rullaa, joiden läpi murskattava materiaali syötetään. Tyypillisesti murskaimet pienentävät murskattavaa ainesta iskemällä tai puristamalla, mutta rullamurskaimessa aines kulkee kynnellisten rullien läpi, jotka pienentävät ainesta. Tämän tyyppisissä rullamurskaimessa rullien sijainti toisiinsa nähden pysyy aina samana ja murskattavaa aines pienenee kulkiessaan rullien välistä.

Lieberwirthin, Silbermannin ja Szczelinan mukaan rullamurskaimia käytetään yleensä materiaalin pienentämiseen ja hampaalliset rullat tuovat etua suurempien kappaleiden murskaamisessa verrattuna hampaattomiin rulliin. Myös lopputuotteen koko voi olla pienempi kynnellisillä rullilla varustetussa murskassa, josta voi olla hyötyä murskausprosessin myöhemmissä vaiheissa ja samalla prosessi on energia tehokkaampi. Rullamurskaimien hyvä puoli on myös yksinkertainen ja vankka rakenne, ne sopivat myös hyvin tahmeiden materiaalien pienentämiseen. (Lieberwirth, Silbermann & Szczelina 2023.)

## 4 LOGISTIIKKA

### 4.1. Erikoiskuljetus

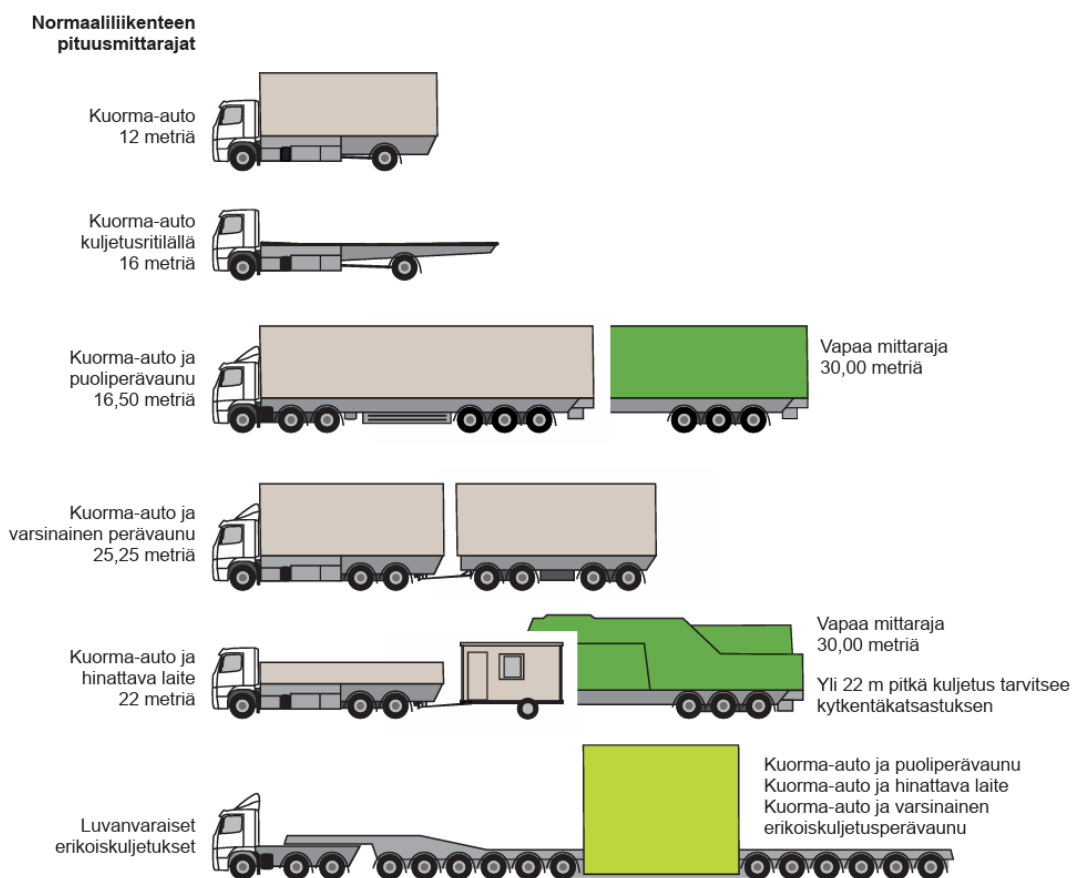
Kuljetus, joka ylittää normaaliliikenteelle sallitut mitta- tai massarajat, on erikoiskuljetus (kuva 6). Tyypillisiä erikoiskuljetuksia ovat jakamattomien esineiden, kuten koneiden, elementtien, rakennusten, nostureiden ja isojen tuotteiden, kuljetukset. Erikoiskuljetukset tulevat kyseeseen silloin, kun jakamatonta esinettä ei voida kohtuullisin kustannuksin tai vahingonvaaraa aiheuttamatta jakaa useampiin kuljetuksiin. (Erikoiskuljetukset. ELY-keskus n.d.a.)



KUVA 6. Erikoiskuljetuksen mittarajat (ELY-keskus n.d.b.)

ETA-valtioissa rekisteröidylle tai käyttöön otetulle ajoneuvolle tai yhdistelmälle on asetettu Suomessa käytettäessä seuraavat normaaliliikenteen päämitat ja massat N3 luokan kuorma-autolle ja puoliperävaunulle on 2,55 metriä leveä, 23 metriä pitkä ja 4,4 metriä korkea. (Maximum authorized dimensions allowed in normal traffic in Finland. ELY-keskus 6.2.) Tieliikennelaki ja Traficom on määrännyt suurimmat sallitut mitat erikoiskuljetuksille, joille ei tarvita erikoiskuljetus lupaa (kuva 7). Vaikka erikoiskuljetuslupaa ei tarvittaisikaan, on aina noudatettava erikoiskuljetuksen merkitsemisestä ja varoitustoimenpiteistä annettuja määräyksiä. Tiellä yleisesti sallittu

korkeus on 4,40 metriä, leveys 4 metriä ja pituus 30 metriä. Tämän lisäksi massa vaikuttaa erikoiskuljetus luvan hakemisen tarpeeseen. Kuorma-auton ja puoliperävaunun suurin sallittu kokonaismassa, jolloin ei vielä tarvita erikoiskuljetuslupaa on 48 000 kg. Tämän massan ylittyessä tarvitaan erikoiskuljetuslupa, jolla voidaan myöntää lupa kuljettaa jopa 90 000 kg kokonaismassaa. (EU- ja ETA-maissa rekisteröityjen kuorma-autojen ja ajoneuvoyhdistelmien mitta- ja massarajat. ELY-keskus. 6.2.)



KUVA 7. Normaaliliikenteen pituusmittarajat. (ELY-keskus n.d.b.)

Erikoiskuljetuksen varoitustoimet löytyvät kuvasta 8. Kuvasta voidaan todeta, että esimerkiksi tässä työssä käytettävä kuljetus vaatii yhden varoitusaution eteen, mikäli kuljetuksen leveys ylittää 3,5 metriä, mutta jää alle 4 metrin.

## Erikoiskuljetuksen valmistelu

### Varoitustoimet

Varoitustoimet	Kuljetuksen mitat																		
	Kuljetuksen leveys B (m)																		
	B ≤ 3	3 < B ≤ 3,5		3,5 < B ≤ 4		4 < B ≤ 5	5 < B ≤ 7	B > 7											
	Kuljetuksen pituus L (m)																		
	Korkeus yli 5 m																		
	L ≤ 30	30 < L ≤ 40		L > 40		L ≤ 25,25	25,25 < L ≤ 30		30 < L ≤ 45		L > 45	L ≤ 30	30 < L ≤ 40		L > 40	L ≤ 35	L > 35	Kaikki pituudet	Kaikki pituudet
Varoitusautoja edessä	1	1	1		1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Varoitusautoja takana			1			1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liikenteen ohjaaja	1	1	2			2	3		2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3
Poliisiauto tai varoitusauto ja liikenteen ohjaaja																			1

KUVA 8. Erikoiskuljetuksen varoitustoimenpiteet. (ELY-keskus n.d.c.)

### 4.2. Ro-Ro-kuljetus

Ro-Ro-alukset (kuva 9) lastataan ajoneuvoilla ramppia pitkin laivan kyljessä, perässä tai keulassa olevan portin kautta niin sanotulla roll on – roll off -menetelmällä. Ro-Ro lastaus on nopeaa, mutta lastikansille jää paljon tyhjää tilaa kuljetettavan lastin ympärille. Ro-Ro-alukset ovat myös kalliimpia kuin partaan yli lastattavat irtolastialukset ramppien ja erikoistuneemman ruuman rakenteen vuoksi. (Ro-ro ja sto-ro alukset – Logistiikan Maailma)





KUVA 9. Tyypillinen RORO alus. (McGregor n.d.)

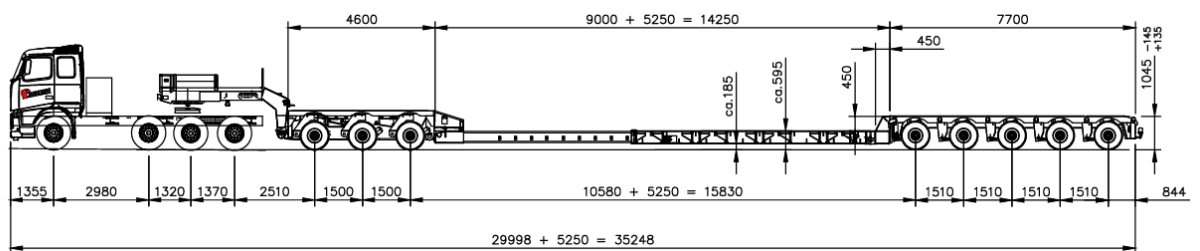
Ro-Ro -alukset eroavat Lo-Lo -aluksista, eli Lift on-Lift off, aluksista, jotka lastataan ja puretaan nostureilla, sillä että Ro-Ro -alukset lastataan ja puretaan rampeilla, jolloin aluksen sisään voidaan ajaa tai hinata rahtia. Ro-Ro -aluksien etuna toisenlaisiin aluksiin on lastauksen ja purkauksen nopeus, sillä rahti saadaan ajettua sisään ja ulos nopeasti. (Marine Insight 2019)

## 5 KULJETUSKUVAT

Kuljetuskuvat suunniteltiin Siemens NX -ohjelmalla käyttäen piirustusten pohjana koneen 3D -mallia. Siemens NX on erittäin monipuolinen 3D -mallinnusohjelma, jolla voi luoda myös piirustukset. Ohjelmaa käytettiin sillä se on yhtiön suunnitteluosaston pääsääntöisesti käytössä oleva suunnitteluohjelma. Suunnitteluohjelman lisäksi käytössä on Teamcenter tuotetiedonhallinta järjestelmä, jonka avulla saadaan yksittäisten käyttäjien luomat mallit ja piirustukset jaettavaksi yhtiön laajuisesti.

### 5.1. Tehdas - välikokoonpano

Koska murskainyksikkö toimitetaan toisesta paikasta välikokoonpano ja testaus paikalle, kuljetetaan Lokotrack sinne ilman murskainta. Kuljetus satamaan tapahtuu 5+3 akselisella lavetilla sekä 4 akselisella vetoautolla. Lavetin pituus on säädettävä, jolloin kuljetuksesta saadaan mahdollisimman kompaktin kokoinen. Tieliikenteessä suurin sallittu massa lavetille on 129 090 kg (kuva 10).



KUVA 10. Kuljetuslavetti ja vetoauto (Janhunen Oy 2015)

Koneen mitat luetaan liitteestä 1 (poistettu julkisesta versiosta). Koska rakenteessa ei ole murskainta voidaan syöttösuppilo kuljettaa koneen keskiosassa rungon päällä. Tälle matkalle koneen päämitat ovat, pituus 23 500 mm, leveys 3 600 mm ja korkeus 4 100 mm. Kone painaa tällä varustuksella 52 000 kg, jonka lisäksi samaan kuljetukseen asetetaan koneeseen liittyviä tarvikkeita 1 705 kg puulaatikossa, jonka mitat ovat, pituus on 4 100 mm, korkeus 1 700 mm ja leveys 2 100 mm. Puulaatikon kuljetus tapahtuu erillisellä kuorma-autolla. Piirustuksesta nähdään koneen mittojen lisäksi koneen sidontapisteet, lähestymiskulma 15 astetta sekä jättökulma 9 astetta ja massakeskipiste.

Koska koneen leveys ylittää 3 600 mm ja massa ylittää 48 000 kg tarvitaan matkalle erikoiskuljetuslupa, jonka myöntää suomessa Tiehallinto. Lupaa haettaessa tulee mainita käytettävät ajoneuvot ja perävaunut, kuljetuksen kuorma sekä mitat ja massat, mahdollinen reittitoive sekä yhteyshenkilö. Koska kuljetus on alle 7 metriä leveä tai korkea sekä alle 40 metriä pitkä ei kuljetuksesta tarvitse ilmoittaa liikennekeskukseen. Koneen leveyden osuessa 3 500 mm – 4 000 mm väliin ja pituuden ollessa alle 30 metriä, kuljetukselle tarvitaan varoitustoimeksi 1 varoitusauto kuljetuksen edessä kulkevaksi.

## **5.2. Välikokoonpano – määränpää kuljetus**

Välikokoonpano paikka sekä koneen lopullinen päämäärä sijaitsee Australian toimivallan hallitsemilla alueilla, jolloin kuljetuksen on oltava yhteensopiva paikallisen lainsäädännön kanssa. Australiassa raskaan kaluston massoja ja mittoja käsittelee Heavy Vehicle National Law, HVNL, jota hallinnoi National Heavy Vehicle Regulator, NHVR. Välikokoonpano ja kuljetus tapahtuu kuitenkin Länsi-Australian osavaltion hallinnoimalla alueella, joka ei osallistu NHVR toimintaan, vaan operoi oman lainsäädännön ja asetustensa mukaan. (National Heavy Vehicle Regulator) Länsi-Australian osavaltiossa massa on rajoitettu kuvan 10. mukaisesti. Taulukosta voidaan laskea, että kun koneen massa on 52 000 kg satamasta välikokoonpano paikalle, millainen kuljetuskalusto olisi riittävä koneen kuljetukseen (kuva 11). Tämä kuljetus on tilaajan vastuulla.

<b>Single axle or axle group</b>	<b>Mass limit (t)</b>
Steer axle with 2 tyres .....	6.0
Twinsteer axle group without a load-sharing suspension system .....	10.0
Twinsteer axle group with a load-sharing suspension system .....	11.0
Single axle with 8 tyres .....	12.0
Tandem axle group with 8 or more tyres, not on a trailer .....	18.5
Tandem axle group with 16 or more tyres, on a trailer .....	21.0
Tri-axle group with 12 or more tyres .....	25.0
Tri-axle group with 12 or more tyres in which the horizontal distance between the centres of the outermost axles is more than 3.2 m or quad-axle group with 16 or more tyres .....	27.0

KUVA 11. Länsi-Australian maksimi massat kuorma-autoille. (WA Legislation n.d.)

Kuljetus välikoonpano paikasta päämäärään vaatii erikoisjärjestelyitä, päämäärän sijainnin takia. Päämäärässä on nostureiden nostokapasiteetti maksimissaan 25 000 kg, jolloin kone on välikokoonpano paikalla purettava maksimissaan sen suuruisiin paloihin, joka aiheuttaa suunnittelun kannalta haasteita. Suunnittelussa pyrittiin luomaan sellaiset kokoonpanot, jotta kuljetus saataisiin perille mahdollisimman kustannustehokkaasti ja mahdollisimman pienellä hukkatilalla.

Ratkaisuna kone jaettiin viiteen osaan liitteiden 2 ja 3 mukaisesti. Runkomoduli, joka sisältää telat, sähköistyksen ja hydrauliiikan, kuljetetaan yhtenä kappaleena, joka painaa 23 000 kg, syötin yksikkö kuljetetaan yhtenä moduulina, joka painaa 15 700 kg, moottoriyksikkö, joka painaa 5 700 kg, pääkuljetin moottoreineen ja pölysuojineen, joka painaa 6 800 kg sekä hoitotasot ja murskan päälle tuleva syöttösuppilo kulkee yhtenä moduulina, joka painaa 2 500 kg. Näitä yhdistelemällä on mahdollista järjestää kuljetus kaikille komponenteille kuljetus, jolla saadaan kuljetus määränpäähän mahdolliseksi. Yhteismassa tälle kokoonpanolle on 53 700 kg, joka on suurempi kuin tehtaalta välikokoonpano paikalle kuljetuksen massa, joka selittyy sillä, että välikokoonpanolla kun kone

koekäytetään, jätetään rakenteelle osia, joita ei ole tehtaalla asennettu. Murskain yksikkö kuljetetaan omana yksikkönään erikseen.

### **5.3. Tavallinen kuljetuskuva**

Tavallisella kuljetuskuvalla tarkoitetaan yleensä kuljetuskuvaa, jossa kone on täysin varusteltu. Koneen mittojen ja massojen ollessa näin suuria, joudutaan kuljetuksessa purkamaan konetta ja kuljettamaan konetta monessa osassa. Tämän takia tavallisessa kuljetuskuvassa jätetään murska pois ja käytetään samaa kuljetuskuvaa kuin tehtaalta välikokoonpano matkalle liitteen 1 mukaisesti.

Tässä tapauksessa murska kuljetetaan omana yksikkönään irrallaan muusta koneesta. Tämä on tehokkain tapa kuljettaa koko kokoonpanoa, sillä murskan irrottaminen koneesta vaatii verrattain vähän työtä verrattuna muihin ratkaisuihin, joissa koneesta purettaisiin muita komponentteja. Koska murska (liite 4) on lähes täysin keskellä konetta, se on paras komponentti poistaa, koska koneessa pysyy tällöin hyvä painojakauma ja kone ei pääse kallistumaan kuljetuksessa. Jos koneesta poistettaisi joku muu suurista komponenteista kuten syötin, moottorimoduuli tai kuljetin, koneen painojakauma olisi hyvin toispuoleinen. Tämä otettiin myös koneen valmistuksessa.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyössä kehitettiin eri kuljetustyypeille kuljetuskuvat, joita vaadittiin kuljetuksen perille saamiseksi. Työssä tutkitaan mitä vaatimuksia ja rajoituksia logistisesti tällaisessa kuljetuksessa on. Aihe oli tekijälle melko tuntematon, joten työ vaati paljon sääntöihin ja säännöksiin tutustumista ja logistiikan ja kuljetusvälineiden opiskelua. Logistiikasta ja kuljetusvälineistä oli löydettävissä paljon materiaalia, mutta itse kuljetuskuvista heikosti. Kuljetusta varten kehitettiin kuljetuskuva, joista selviää mitat, massat ja sidontapisteet. Työssä oli tarpeen tutkia kahden eri valtion vaatimuksia kuljetuksiin liittyen, jotta työ voitiin suorittaa. Tavoitteena oli löytää mitä rajoituksia tämän kokoiselle kuljetukselle on määrätty valituilla alueilla ja näihin tavoitteisiin päästiin.

Opinnäytetyön tekeminen ja kuljetuskuvien laatiminen oli hyvin opettavainen ja tarjosi haasteita, kun piti suunnitella kuljetuskuvat annettujen vaatimusten perusteella. Työn teon aikana opinnäytetyöntekijä oppi paljon niin logistiikasta, kuin suunnittelusta ja siihen liittyvistä haasteista. Työn haasteina oli saavuttaa tulokset, joilla saavutetaan annetut määräykset ja rajoitukset. Vastaan ottavan sataman nostureiden 25 tonnin rajoitus antoi haastetta, miten luodaan järkevän kokoiset osakokoonpanot, jotta saavutetaan annetut rajoitukset ja saadaan silti logistisesti tehokas kuljetus.

Opinnäytetyön tuloksena saaduilla kuljetuskuvilla kone voidaan kuljettaa loppuasiakkaan luokse turvallisesti ja sääntöjen ja säädösten mukaisesti. Laadittuja kuvia voi mahdollisesti käyttää mallina vastaavan kokoisissa projekteissa. Jatkotutkimuksena tutkimusta voisi laajentaa enemmän yleismalliseksi, jolloin voisi kehittää monille eri konetyypeille pääpiirteisesti ohjeet, joiden perusteella luoda kuljetuskuvat. Opinnäytetyötä voi kehittää myös siten, että seuraisi ja tarkastelisi kuljetusta sen eri etapeilla aina määränpäähän asti.

## LÄHTEET

ELY-keskus. n.d.a. Erikoiskuljetukset. Verkkosivu. Viitattu 6.2.2024  
<https://www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset>

ELY-keskus. n.d.b. Maximum authorized dimensions allowed in normal road traffic in Finland. 2020. Viitattu 6.2  
[37d9c55b-1791-deb9-d9e3-10ca8d5a3f0a \(ely-keskus.fi\)](https://www.ely-keskus.fi/37d9c55b-1791-deb9-d9e3-10ca8d5a3f0a)

ELY-keskus. n.d.c. Erikoiskuljetus luvan tarve, hakeminen ja käytännön toimenpiteet. Viitattu 13.2.2024  
[https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetukset\\_esite\\_2010\\_erikoiskuljetus\\_luvan\\_tarve\\_hakeminen\\_ja\\_kaytannon\\_toimenpiteet.pdf/cbcf0229-5b1f-4e7e-8d9b-9bad0a271b51](https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetukset_esite_2010_erikoiskuljetus_luvan_tarve_hakeminen_ja_kaytannon_toimenpiteet.pdf/cbcf0229-5b1f-4e7e-8d9b-9bad0a271b51)

Hakapää, A & Lappalainen, P. 2009. Kaivos- ja louhintatekniikka. Opetushallitus

Janhunen Oy. 2015. Kalusto.  
<https://www.janhunen.fi/kalusto>

Janhunen Oy. n.d. Referenssit. Viitattu 6.2.2024  
<https://www.janhunen.fi/referenssit>

Lieberwirth, H, Silbermann, F & Szczelina, P. 2023. New insights into double roll crushing  
[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687523003126?ref=pdf\\_download&fr=RR-7&rr=85d13d1d6d5698f6](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687523003126?ref=pdf_download&fr=RR-7&rr=85d13d1d6d5698f6)

Logistiikan maailma. n.d. Ro-ro ja sto-ro alukset. Viitattu 13.2 2024  
<https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/alustyypit/ro-ro-ja-sto-ro-alukset/>

MacGregor. RoRo Solutions. n.d.  
<https://www.macgregor.com/Products/merchant-cargo-and-passengers/roro-solutions/>

Metso Oy n.d.a. Verkkosivu. Viitattu 29.1.2024.  
<https://www.metso.com/fi/>

Metso Oy. n.d.b Lokotrack LT120. Viitattu 13.2.2024  
<https://www.pilotcrushtec.com/product/metso-lokotrack-lt120-mobile-jaw-crushing-plant/>

Metso Oy. 2024. Investor Presentation. Viitattu 6.2.2024  
<https://www.metso.com/globalassets/investors/reports/2024/metso-investor-presentation-february-2024.pdf>

National Heavy Vehicle Regulator. n.d. Government of Western Australia. Viitattu 16.2.2024

<https://www.transport.wa.gov.au/Freight-Ports/national-heavy-vehicle-regulator.asp>

WA Legislation. 2002 Mass and Loading Requirements. Viitattu 13.2

[https://www.legislation.wa.gov.au/legislation/for-mer/regs.nsf/915f16a0a92999c2c82573e70010a19c/4104ef152304e07c4825707e00146af6/\\$FILE/Road%20Traffic%20\(Vehicle%20Standards\)%20Regulations%202002%20-%20Schedule.pdf](https://www.legislation.wa.gov.au/legislation/for-mer/regs.nsf/915f16a0a92999c2c82573e70010a19c/4104ef152304e07c4825707e00146af6/$FILE/Road%20Traffic%20(Vehicle%20Standards)%20Regulations%202002%20-%20Schedule.pdf)

What are Ro-Ro ships? 2019. Marine Insight. Viitattu 13.2.2024

<https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-ro-ro-ships/>



**LIITTEET**