



Tavaranoستimen mekaniikkasuunnit- telu

Eetu Salmi

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2020

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

SALMI, EETU:
Tavaranoستimen mekaniikkasuunnittelu

Opinnäytetyö 41 sivua
Joulukuu 2020

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja määrittää kohdeyritykselle tavaranoستimen suunnittelun raja-arvot. Näiden määritysten pohjalta tuli suunnitella esimerkkinoستimen rakenteet ja voimansiirto. Lisäksi tuli määrittää tavaranoستimessa tarvittavat turvalaitteet ja suojaimet.

Työssä määritettiin suunnittelun lähtökohdat ja tarkasteltiin niiden perusteella suunniteltavaan tavaranoستimeen sovellettavia lakeja ja standardeja. Lakien perusteella, standardeja hyödyntäen, muodostettiin yrityksen sisäiseen käyttöön tavaranoستimen riskianalyysi ja vaaratekijäluettelo. Työssä käytetyt riskien arvioinnin toimintamallit esiteltiin. Riskien arvioinnin pohjalta yritykselle suunniteltiin esimerkkinoستin. Yrityksen sisäiseen käyttöön muodostettiin 3D-malli esimerkkinoستimesta. Esimerkkinoستimen pääkomponentit ja niiden valintaperusteet esiteltiin. Riskien arvioinnin pohjalta tarvittavat ohjausjärjestelmään kytketyt turvalaitteet määritettiin ja ne esiteltiin lyhyesti. Yrityksen sisäiseen käyttöön muodostettuja malleja ja asiakirjoja ei ole esitetty osana tätä raporttia.

Nostimen mekaniikan määrittely saavutettiin työlle riittävällä tarkkuudella. Tarvittavat ohjausjärjestelmään kytkettävät turvalaitteet ja suojaimet määritettiin. Täydellisen teknisen tiedoston kokoamista ei nähty tarpeelliseksi ennen asennuskohdekohtaista sovitusta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

SALMI, EETU:
Mechanical design of a goods hoist

Bachelor's thesis 41 pages
December 2020

The purpose of this thesis was to solve and determine the design limits of a goods hoist for a company. The structure, the drivetrain and the necessary safety devices and guards of the hoist were then to be designed based on these limits.

The basis of design was determined. The applicable laws and standards were reviewed. Risk assessment of the hoist was created for the company's internal use. The processes of the risk assessment were demonstrated. A sample hoist was designed based on the risk assessment. A 3D-model of the sample hoist was created for the company's internal use. The sample hoist's main components and their selection criteria were introduced. The sample hoist's safety devices and guards were defined based on the risk assessment. The safety devices and guards were described briefly. Documents and models created for the company's internal use are not included in this report.

The sample hoist's mechanical design and the required safety devices and guards were defined with adequate accuracy. The assembly of a full technical file was deemed not necessary before adapting the machine design to a specified installation.

Key words: goods hoist, machine directive, machine regulation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TUTKIMUSMENETELMÄT JA -KOHDE	8
	2.1 Tutkimusmenetelmät.....	8
	2.1.1 Kansallinen lainsäädäntö.....	8
	2.1.2 Eurooppalainen lainsäädäntö	10
	2.1.3 Standardointi	11
	2.2 Tutkimuksen kohde	12
	2.2.1 Kohdeyityksen tausta	12
	2.2.2 Riskien arviointi	13
	2.2.3 3D-suunnittelu	14
3	SUUNNITTELUN MÄÄRITTEET	15
	3.1 Koneen suunnittelun lähtökohdat	15
	3.2 Konedirektiivi ja koneasetus.....	15
	3.3 Hissidirektiivi ja hissiturvallisuuslaki	16
	3.4 Käyttöasetus	17
	3.5 Yhdenmukaistetut standardit.....	17
	3.6 Riskien arviointi.....	18
	3.6.1 Lain vaatimukset.....	18
	3.6.2 Kohdekoneen riskien arvioinnissa käytetyt standardit	19
	3.6.3 Esimerkkiriskin arviointi	20
4	RAKENTEET	23
	4.1 Ulkorunko.....	23
	4.1.1 Asetetut määritteet	23
	4.1.2 Mallinnus	24
	4.2 Nostinkori	24
	4.2.1 Asetetut määritteet	25
	4.2.2 Mallinnus	26
5	VOIMANSIIRTO.....	28
	5.1 Voimansiirtojen tyypit	28
	5.2 Vaihdemoottori	29
	5.2.1 Yleistä.....	29
	5.2.2 Arvot.....	30
	5.2.3 Laskenta valmistajalta	31
	5.3 Muut voimansiirron komponentit	31
	5.3.1 Akselit.....	31
	5.3.2 Köysitela	32

5.3.3 Teräsköysi	34
5.3.4 Taittopyörät.....	35
6 TURVALAITTEET	36
6.1 Hätä-seis.....	36
6.2 Rajakytkimet.....	36
6.3 Muut suojaimet.....	36
7 POHDINTA	38
LÄHTEET	39

ERITYISSANASTO

hissidirektiivi	eurooppalainen direktiivi, joka on Suomessa pantu täytäntöön eduskunnan päätöksen mukaisesti hissiturvallisuuksilla (16.12.2016/1134)
konedirektiivi	eurooppalainen direktiivi, joka on Suomessa pantu täytäntöön valtioneuvoston koneasetuksella (12.6.2008/400)
PL _r	”sovellettava suoritustaso (PL), jolla on tarkoitus saavuttaa riskin pienentäminen kullekin turvatoiminnolle” (SFS-EN ISO 13849-1 2015,12)
SIL	”diskreetti taso (yksi neljästä mahdollisesta) sähköisille, elektronisille tai ohjelmoitaville elektronisille turvallisuu-teen liittyville järjestelmille osoitettavien turvatoimintojen turvallisuuden eheyden vaatimusten määrittä- miseksi, missä turvallisuuden eheyden tasolla SIL 4 on korkein turvallisuuden eheys ja turvallisuuden eheyden tasolla SIL 1 matalin” (SFS-EN ISO 13849-1 2015, 14)
tavaranoistin	vain tavaroiden nostamiseen tarkoitettu kone
TET	suomenkielinen vastine lyhenteelle SIL, muodostuu sanoista turvallisuuden eheyden taso

1 JOHDANTO

Kohdeyrityksellä Ypäjän Metalli Oy:llä oli tarve erilaisiin kohteisiin skaalattavalle tavaranoistimelle. Nostin tuli olla mahdollista asentaa käytettäväksi betonikuilussa tai avoimessa tilassa. Nostimen mallissa haluttiin painottaa skaalattavuutta ja yksinkertaisuutta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää vastaavan koneen suunnitteluperusteet ajantasaisen lainsäädännön puitteissa, suunnitella nostimen mekaniikan osuus sekä määrittää alustavasti nostimessa tarvittavat turvalaitteet. Opiskelija pyrki opinnäytetyön aikana soveltamaan ja syventämään osaamistaan koneiden suunnittelussa.

Työssä pyrittiin hyödyntämään ajantasaisen lainsäädännön tulkintaa, erinäisten virastojen ohjeistusta, voimassa olevia koneturvallisuuden standardeja, yrityksen sisäistä tietoa ja opiskelijan asiantuntemusta. Suunnittelu pyrittiin suorittamaan tiiviissä yhteistyössä kohdeyrityksen kanssa.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -KOHDE

2.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa haluttiin selvittää lain asettamat vaatimukset käsiteltävälle koneelle ja parhaat mahdolliset tavat toteuttaa koneen tekniset vaatimukset. Lain vaatimusten täyttämiseksi oli erityisen tärkeä keskittyä mahdollisimman luotettaviin lähteisiin. Teknisten vaatimusten täyttämässä tuli ottaa huomioon myös niiden toteuttamisen sopivuus kohdeyrityksen muuhun toimintaan.

Lähteinä käytettiin pääasiallisesti Internetistä löytyviä palveluita. Teknisten ratkaisuiden osalta konsultoiin tarvittaessa kohdeyrityksen henkilökuntaa.

2.1.1 Kansallinen lainsäädäntö

Työssä tarkasteltiin koneenrakennukseen liittyvää lainsäädäntöä yksityiskohtaisesti. Lainsäädäntöä luettiin oikeusministeriön omistamasta ja Edita Publishing Oy:n ylläpitämästä Finlex® -palvelusta. Finlex on julkinen ja maksuton Internet-palvelu. Finlexin suomenkielinen etusivu on esitetty kuvassa 1. (Edita Publishing Oy n.d.a)

[Suomeksi](#) [På svenska](#) [In English](#)

[Etusivu](#) [Lainsäädäntö](#) [Oikeuskäytäntö](#) [Viranomaiset](#) [Valtiosopimukset](#) [Hallituksen esitykset](#) [Julkaisut](#)

Hae Finlexistä:

Lainsäädäntö Hae >

Haussa katkaisumerkki *, esim. ajoneuv* rekister*. Laveampi haku tai-sanalla, esim. avopuol* tai aviopuol*. [Katso ohjeet](#).

Uutiset: Ravitsemisliikkeiden rajoituksille joustoa alueen epidemiatilanteen ja ravintolan pääasiallisen toiminnan mukaan 1. marraskuuta alkaen 2.11.2020 [Uutisarkisto >](#)
 Ajantasaiset tuloverosopimukset Finlexissä 7.10.2020

[Eniten käytetyt lait](#) [Uusimmat KKO:n ja KHO:n ennakkopäätökset](#) [Uusimmat säädökset ja lakiesitykset](#)

Tutustu säädösvalmistelujulkaisuihin osoitteessa julkaisut.finlex.fi >

Lainsäädäntö > Suomen sähköinen säädöskokoelma sekä ajantasaisten säädösten ja alkuperäisten säädösten kokoelmat.
 › Ajantasainen lainsäädäntö
 › Säädökset alkuperäisinä
 › Sähköinen säädöskokoelma
 › Säädösmuutosten hakemisto
 › Säädöskäännökset
 › Saamenkieliset säädökset

Oikeuskäytäntö > Kotimaisten ja eurooppalaisten tuomioistuinten ratkaisuja usean vuosikymmenen ajalta.
 › Korkein oikeus
 › Korkein hallinto-oikeus
 › Hovioikeudet
 › Hallinto-oikeudet
 › Markkinaoikeus
 › Työtuomioistuin
 › Vakuutus oikeus
 › Eurooppa-tuomioistuimet
 › Oikeuskäytäntö kirjallisuudessa

Viranomaiset > Viranomaispäätöksiä ja -määräyksiä sekä yleissitovat työehtosopimukset.
 › Viranomaisten määräyskokoelmat
 › Työehtosopimukset
 › Valtioneuvoston oikeuskansleri
 › Tietosuoja lautakunta
 › Tietosuojavaltuutettu

Valtiosopimukset > Vieraiden valtioiden ja kansainvälisten järjestöjen kanssa tehdyt sopimukset sekä sopimuskortisto.
 › Valtiosopimukset
 › Valtiosopimukset viitetietokanta
 › Sähköinen sopimussarja
 › Ajantasaiset tuloverosopimukset

Hallituksen esitykset > Hallituksen esitysten tekstit v. 1992 alkaen sekä luettelo vireillä olevista lakiesityksistä.

Julkaisut > Säädösvalmisteluun liittyviä verkko-oppaita.
 › Lainvalmistelun prosessiopas
 › Hallituksen esitysten laatimisohjeet
 › Lainkirjoittajan opas
 › Yhdenvertaisuuden arviointi
 › Säädösvalmistelun kuulemisopas
 › Kokeilulakiopas

OLET TÄSSÄ: [Finlex](#) > [Etusivu](#)

KUVA 1. Finlex ® -palvelun suomenkielinen etusivu (Edita Publishing Oy n.d.b)

Palvelua on käytetty muun muassa tutkinto-ohjelmani yrittäjyyttä käsittelevillä kursseilla ja sitä on pidetty yleisesti luotettavana. On kuitenkin huomioitava, että palvelun omistaja, eikä ylläpitäjä, ota vastuuta palvelussa jaettavan tiedon sisällön virheistä (Edita Publishin Oy n.d.a).

2.1.2 Eurooppalainen lainsäädäntö

Osa työssä tarkastelluista laeista perustuvat eurooppalaisen lainsäädännön direktiiveihin. Direktiivejä tarkasteltiin työn yhteydessä tarvittaessa julkisesta ja maksuttomasta EUR-Lex -Internetpalvelusta. EUR-Lex on Euroopan unionin julkaisutoimiston ylläpitämä lainsäädäntö- ja oikeussivusto. EUR-Lex -palvelun suomenkielinen etusivu on esitetty kuvassa 2. (Euroopan unionin julkaisutoimisto n.d.a)

KUVA 2. EUR-Lex -palvelun suomenkielinen etusivu (Euroopan unionin julkaisutoimisto n.d.b)

2.1.3 Standardointi

Työssä tarkasteltiin eri standardeissa esitettyjä ratkaisuja lakien vaatimusten täyttämiseksi. Tässä auttoi vaivaton pääsy lukemaan kyseisiä standardeja. Standardit ovat maksullisia asiakirjoja. Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry vastaa standardoinnista Suomessa lukuun ottamatta sähkö- ja telealaa. Standardien painettuja versioita on mahdollista lukea maksutta joissain julkisissa kirjastoissa. Tampereen korkeakouluuyhteisön kirjasto tarjoaa yhteisön koulujen opiskelijoille mahdollisuuden käyttää SFS ry:n SFS Online -Internetpalvelua. SFS Online palvelussa on mahdollista lukea korkeakouluuyhteisön hankkimia standardeja. SFS Online -palvelun ja SFS ry:n verkkokaupan etusivu on esitetty kuvassa 3. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. n.d.a)

The screenshot shows the SFS Online website interface. At the top, there is a navigation bar with the SFS logo, the text 'Standardien verkkokauppa', and a shopping cart icon showing '0 tuotetta (0 €)'. There are buttons for 'Kirjaudu' and 'Rekisteröidy'. Below the navigation bar, there is a language selector set to 'Suomeksi' and 'In English'. A main menu contains categories like 'Standardit ja julkaisut', 'Online', 'Tietopalvelut', 'SFS', 'ISO', 'IEC', 'Ulkomaiset', and 'Ajankohtaista'. The main content area features a search bar with the text 'Standardi- ja julkaisuhaiku' and 'Haku koko sisällöstä'. Below the search bar, there is a list of search results including 'SFS Online: Oma standardikokoelma', 'SFS Online: käyttöoikeusmaksut', 'SFS Online: Standardikokoelma aina ajan tasalla', and 'SFS Online: Asiakastarinoita'. A video player is embedded in the content area, displaying a promotional message: 'Lue standardeja missä ja milloin vain SFS Online'. The video player includes a play button, a progress bar, and a volume icon. At the bottom of the page, there are social media icons for Facebook, Twitter, LinkedIn, and YouTube, along with a footer containing 'Ohjeet', 'Tekijänoikeus', 'Tietoa sivustosta', and 'Palaute'.

KUVA 3. SFS Online -palvelun ja SFS ry:n verkkokaupan etusivu (SFS ry n.d.c)

2.2 Tutkimuksen kohde

Työ suoritettiin kohdeyritykselle. Yritykselle suunnatussa työssä on otettava huomioon yrityksen käytettävissä olevat resurssit. Työssä yritettiin lisäksi ottaa huomioon yrityksessä vakiintuneet toimintamallit. Tämä näkyi esimerkiksi riskien analysoinnin toteutuksessa.

2.2.1 Kohdeyrityksen tausta

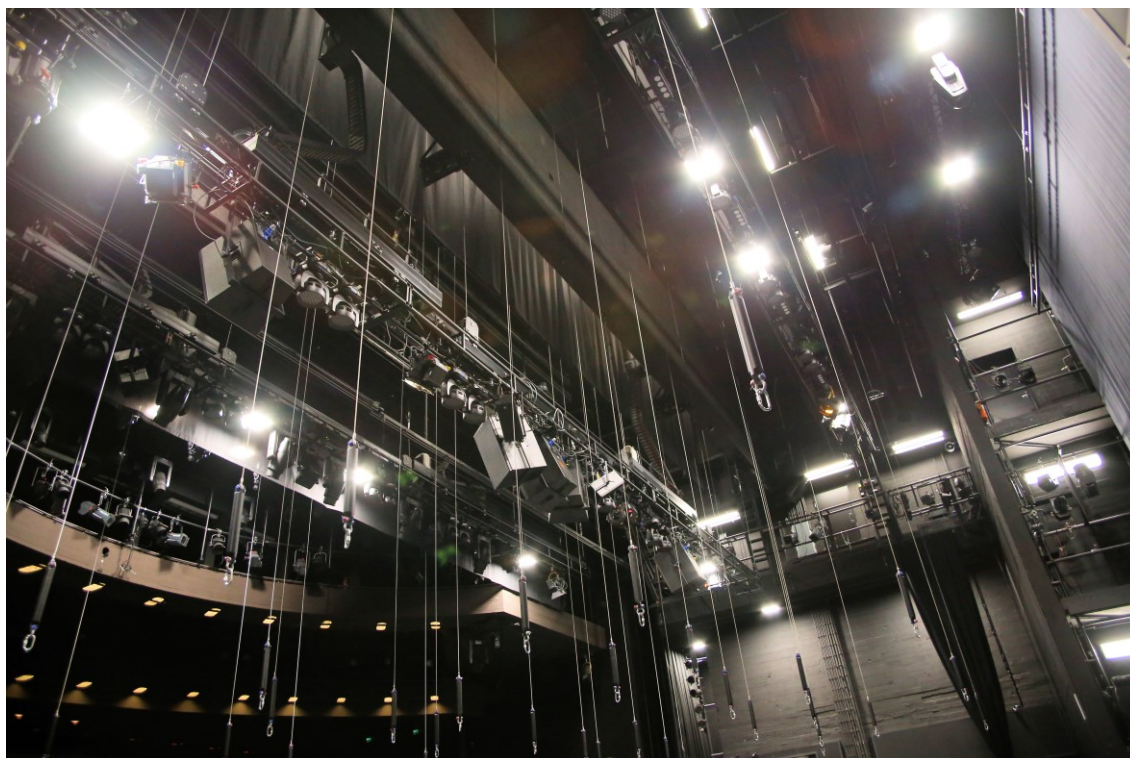
Ypäjän Metalli Oy on vuonna 1997 perustettu teattereiden näyttämötekniikkaan erikoistunut yhtiö. Yritys toimii Ypäjällä Kanta-Hämeessä noin 10 henkilön voimin. Kuvassa 4 on esitetty yrityksen tuotantohalli.



KUVA 4. Ypäjän Metalli Oy:n tuotantohalli

Yrityksen tyypillisiä asiakkaita ovat suomalaiset kaupungit, liikelaitokset ja muut kulttuurilaitoksia hallinovat tahot. Yritys toimii projektiluontoisesti, toimitusten

koko voi vaihdella yhden ja usean kymmenen erikoisnostimen tai muun koneen välillä. Yritykseen kertynyttä yli 20 vuoden kokemusta erikoiskoneiden valmistuksesta pyrittiin hyödyntämään tämän työn yhteydessä. Kuvassa 5 on esitetty Ypäjän Metall Oy:n toimittamien Helsingin Kaupunginteatterin pienen näyttämön pistenostimien ripustusvaijerit. Kyseinen toimitus sisälsi lähes 50 pistenostimen lisäksi esirippukoneiston, valoansaita, pyörivän näyttämön, lattianostimen ja taustakangasnostimia.



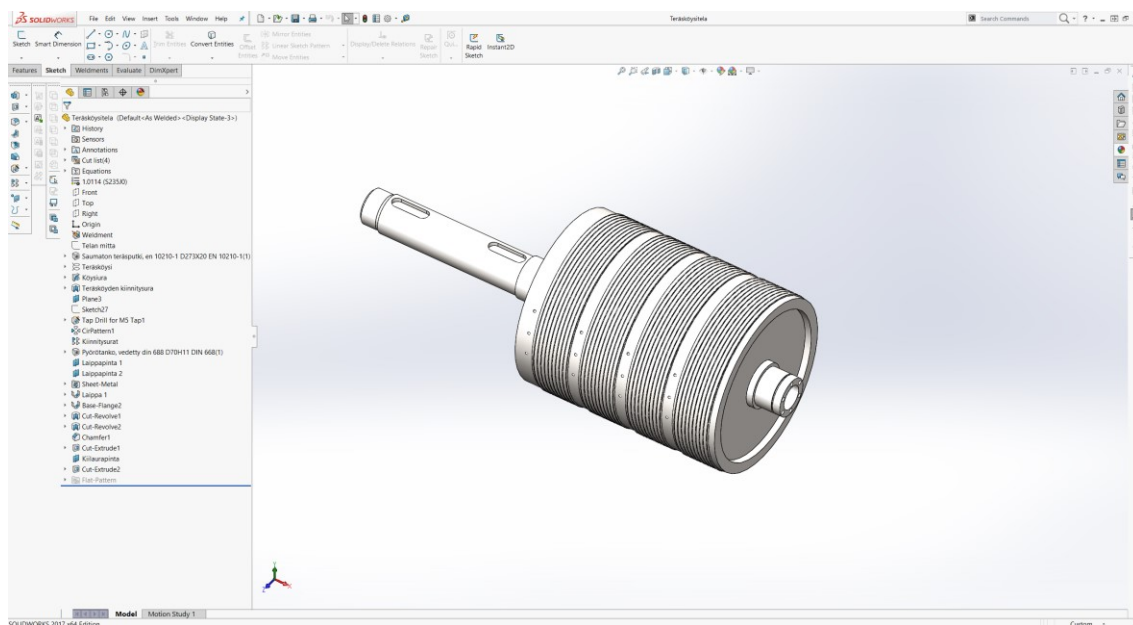
KUVA 5. Helsingin kaupunginteatterin pienen näyttämön pistenostimet

2.2.2 Riskien arviointi

Riskien arviointi suoritettiin yrityksen olemassa oleviin asiakirjapohjiin. Arviointi suoritettiin käyttäen Microsoftin Word- ja Excel-ohjelmia. Riskien arviointi perustui lakiin ja standardeihin, joista on kerrottu tarkemmin alaluvussa 3.6.

2.2.3 3D-suunnittelu

Yritys käyttää 3D-suunnitteluun Dassault Systèmesin SolidWorks-ohjelmistoa. Tutkinto-ohjelmani kurssit eivät sisältäneet kyseisen ohjelmiston käyttöä, mutta olen käyttänyt ohjelmaa työelämässä jo useamman vuoden ajan.



KUVA 6. Kuvakaappaus SolidWorks-sovelluksen käyttöliittymästä

SolidWorks on mekaanisen suunnittelun ohjelmisto. Suunnittelija voi ohjelmiston avulla nopeasti luonnostella ideoita, koettaa eri ominaisuuksia ja mittoja, sekä tuottaa 3D-malleja ja yksityiskohtaisia teknisiä piirustuksia (Dassault Systèmes 2015). Ohjelmistoa jälleenmyy Suomessa AIP Pikamallinnus Oy, CadWorks Oy ja PLM Group Suomi Oy (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020).

3 SUUNNITTELUN MÄÄRITTEET

3.1 Koneen suunnittelun lähtökohdat

Koneen tarkoitus on nostaa ja laskea tavaroita rakennuksen kahden eri kerroksen välillä. Koneella ei nosteta ihmisiä. Käyttäjän on mahdollista mennä nostinkoriin kuorman lastauksen yhteydessä. Nostinkorin sisällä ei ole ohjainpainikkeita. Nostinkorin sisältä ei yllä käyttämään ohjainpainikkeita. Kone on tarkoitettu ammattikäyttöön. Koneen käyttö ei vaadi erillistä käyttökoulutusta.

Nostimen tyypillinen käyttö sisältää seuraavat vaiheet:

1. nostimen ajo käyttökerrokseen painonappeja käyttäen
2. nostimen oven avaaminen käsivoimin
3. kuorman lastaaminen nostinkoriin esimerkiksi pumppukärryjä käyttäen
4. nostimen oven sulkeminen
5. nostimen ajo kohdekerrokseen
6. nostimen oven avaaminen käsivoimin
7. kuorman purkaminen nostinkorista
8. nostimen oven sulkeminen.

3.2 Konedirektiivi ja koneasetus

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (12.6.2008/400) määrittää koneen

- valmistajan velvollisuudet
- suunnittelun ja rakentamisen olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset
- vaatimustenmukaisuuden ja markkinoille saattamisen menettelytavat.

Asetus perustuu EU:n konedirektiiviin (Direktiivi 2006/42/EY). Direktiivillä pyritään yhdenmukaistamaan koneiden vaatimukset Euroopan unionin alueella. (Tu-kes n.d.)

Asetuksen 2 §:ssä määritetään, että asetusta sovelletaan koneisiin. Kehitystyön kohdekoneen tyyppiä ei suljeta pois asetuksen 3 §:n soveltamisalan rajauksissa. Nostin sisältyy koneen määritelmään asetuksen 4 §:n kohdan 1a mukaisesti. (12.6.2008/400)

Konetta ei ole mainittu asetuksen liitteessä IV. Täten valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan tulee soveltaa liitteen VIII mukaista vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyä. Kyseessä on valmistuksen sisäiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuuden arviointi. Tämä edellyttää, että valmistaja tai tämän valtuutettu edustaja

- varmistaa ja vakuuttaa kyseisen koneen täyttävän siihen sovellettavien asetusten tai niitä vastaavien direktiivien vaatimukset
- laatii asetuksen liitteen VII osan A mukaisen teknisen tiedoston kustakin kyseistä sarjaa edustavasta tyypistä
- toteuttaa kaikki tarvittavat toimenpiteet sen varmistamiseksi, että valmistusmenetelmällä taataan valmistettujen koneiden olevan teknisen tiedoston mukaisia. (12.6.2008/400)

3.3 Hissidirektiivi ja hissiturvallisuuslaki

Jossain tapauksissa nostoon tarkoitettu kone luokitellaan hissiksi. Tällöin sovellettava laki on hissiturvallisuuslaki (16.12.2016/1134). Hissiturvallisuuslaki perustuu EU:n hissidirektiiviin (Direktiivi 2014/33/EU).

Hissiturvallisuuslain (16.12.2016/1134) 2 §:n mukaan opinnäytetyössä käsitelty nostin ei kuulu hissiturvallisuuslain piiriin, sillä se on suunniteltu kuljettamaan yksinomaan tavaroita. Nostinkorin sisäpuolella ei ole ohjauslaitteita, eikä korin sisäpuolelta kykene ulottumaan ohjauslaitteisiin.

3.4 Käyttöasetus

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (12.6.2008/403) asettaa vaatimuksia työvälineen tai tässä tapauksessa työssä käytettävän koneen käytöstä ja tarkastamisesta.

Käyttöasetus määrittelee nostolaitteille myös muita työvälineitä laajemmat käyttöönotto-, määräaika- ja perusteelliset määräaikaistarkastukset. Nostolaite on tarvittaessa koekuormitettava käyttöönoton yhteydessä. Nostolaite on koeajettava vuosittaisessa määräaikaistarkastuksessa. Nostolaite on koekuormitettava sen suurimmalla sallitulla kuormalla neljän vuoden välein. (12.6.2008/403, 33-34 §)

3.5 Yhdenmukaistetut standardit

Yhdenmukaistetut standardit ovat standardeja, joita seuraamalla voi osoittaa tuotteen olevan eurooppalaisten säädösten mukainen. Yhdenmukaistettujen standardien käyttö on vapaaehtoista. (European commission n.d.)

Jos kone on valmistettu yhdenmukaistetun standardin mukaisesti, jonka viitenumero on julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä, sen katsotaan täyttävän kyseisen yhdenmukaistetun standardin kattamat olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset. (12.6.2008/400, 6 §)

Yhdenmukaistetun standardin käyttö ei siis korvaa koneasetuksessa vaadittuja menettelyjä, vaan standardin mukaisesti valmistetun koneen katsotaan täyttävän kyseisen yhdenmukaistetun standardin kattamat olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset. Koneen olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset tulee selvittää riskien arvioinnissa. Yhdenmukaistettujen standardien avulla voidaan kattaa näitä määritettyjä vaatimuksia. (12.6.2008/400)

Koneturvallisuuden standardit voidaan jaotella A-, B- ja C-tyyppin standardeihin. Näistä A-tyyppin standardit määrittävät koneturvallisuuden peruseriaatteet. B-

tyypin standardit määrittävät yleisellä tasolla esimerkiksi riittävät koneiden suojukset ja turvaetäisyydet. C-tyypin standardit määrittävät konetyyppien tai koneryhmien yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset. (SFS ry n.d.b)

Vain tavarankuljetukseen tarkoitetuille hisseille löytyy yhdenmukaistettu standardi SFS-EN 81-31 Hissien suunnittelua ja rakentamista koskevat turvallisuusohjeet. Tavarahissit. Osa 31: Luoksepäästävät tavarahissit (European Commission 2020). Standardin soveltamisala on erittäin lähellä suunnittelun kohteena olevaa konetta.

Standardi (SFS-EN 81-31 2010) asettaa erittäin tiukkoja vaatimuksia muun muassa kuilun aukoille ja vapaalle tilalle. Näitä vaatimuksia ei voida monessa asiakkaiden valmiiksi rakennetuissa tiloissa saavuttaa. Täten nostinta ei voida suunnitella tämän standardin mukaisesti, vaan koneen turvallistaminen on hoidettava muilla keinoin. Standardia voidaan kuitenkin käyttää apuna riskien arvioinnissa, sillä koneissa esiintyvät riskit ovat pääosin samoja.

3.6 Riskien arviointi

Riskien arviointi on koneasetuksessa (12.6.2008/400) vaadittu koneen suunnittelun työvaihe. Suunniteltavalle koneelle suoritettiin riskien arviointi, jotta voitiin määrittellä sille tekniset vaatimukset ja turvalaitteet.

3.6.1 Lain vaatimukset

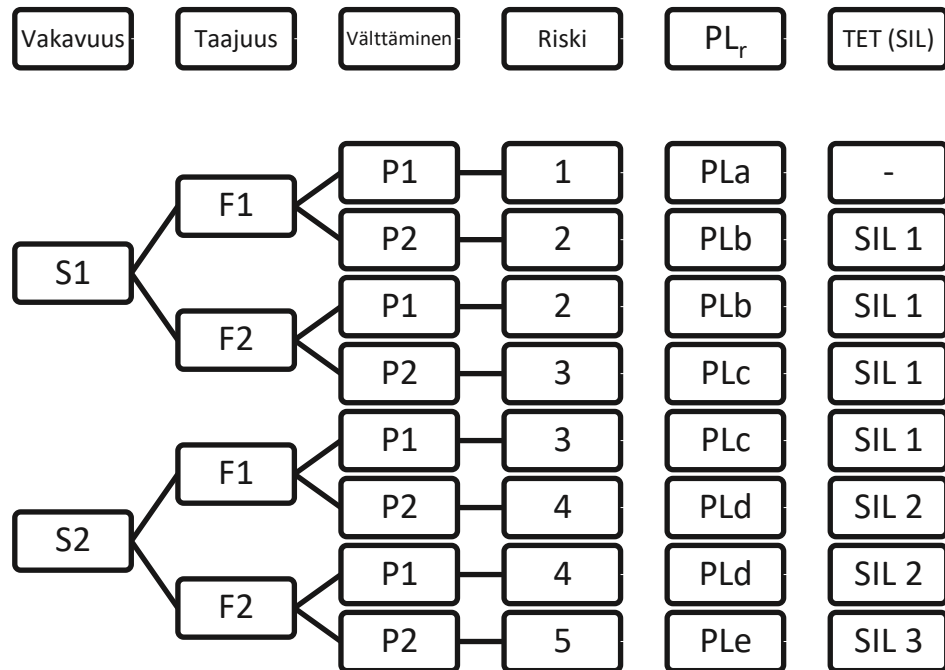
Lainmukaiset koneet täyttävät koneasetuksen vaatimukset. Koneen valmistajan vastuulla on suorittaa koneelle riskien arviointi. Riskien arvioinnin vaatimukset on kuvailtu koneasetuksen liitteessä I. Riskien arvioinnilla voidaan määrittää koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Riskien arvioinnin dokumentointi on vaadittu osa koneasetuksen liitteen VII kohdan A mukaista teknistä tiedostoa. (12.6.2008/400)

3.6.2 Kohdekoneen riskien arvioinnissa käytetyt standardit

Nostimen riskejä arvioitiin standardin SFS-EN 12100 mukaisesti. SFS-EN 12100 on yhdenmukaistettu A-tyyppin koneturvallisuuden standardi. Se määrittelee riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen yleiset periaatteet (SFS-EN ISO 12100 2010). Laadittiin yrityksen sisäiseen käyttöön riskianalyysi ja riskin merkityksen arviointi.

Riskien tunnistamisessa käytettiin apuna alaluvussa 2.5 esitettyä standardia SFS-EN 81-31 ja sen Taulukkoa 1, merkittävien vaarojen luettelo (SFS-EN 81-31 2010). Lisäksi hyödynnettiin yrityksen olemassa olevia riskiarviointeja ja vaaratekijäluetteloita.

Riskien suuruuksia arvioitiin käyttäen standardin (SFS-EN ISO 13849-1 2015, kuva A.1) mukaista kuvaajaa. Kuvaajasta muodostettiin oma riskigraafi, joka on esitetty kuviossa 1. Kuviota seuraamalla saadaan riskille määritettyä standardin mukainen turvatoiminnolta vaadittava suoritustaso PL_r . Kuvioon on lisätty suoritustasoja vastaavat SIL-luokat (SFS-EN ISO 13849-1 2015, 24). SIL-luokka on standardin (SFS-EN 62061 2005) mukainen turvallisuuden eheyden taso. Kuvaan on lisätty myös oma numeerinen asteikko riskin suuruuden havainnollistamiseksi. (SFS-EN ISO 13849-1 2015) on ohjausjärjestelmien turvallisuuden yleisiä suunnitteluperiaatteita kuvaava standardi. Riskigraafin vakavuuden, taajuuden ja välttämisen määritteet on käyty läpi alaluvussa 3.6.3. Yritys käyttää kyseisen standardin mukaista riskien suuruuden arviointia, sillä heidän valmistamansa koneet vaativat lähes poikkeuksetta ohjausjärjestelmän ja sähköisiä turvalaitteita. Ohjausjärjestelmän ja sähköisten turvalaitteiden vaadittu turvallisuustaso on yksinkertaisempi määrittää kyseisen standardin avulla.



KUVIO 1. Riskigraafi

3.6.3 Esimerkkiriskin arviointi

Riskien arvioinnin asiakirjat valmistettiin yrityksen sisäiseen käyttöön, eikä niitä voida siksi kokonaisuudessaan käsitellä tämän työn yhteydessä. Käsitellään kuitenkin yhden riskin tunnistaminen, suuruuden arviointi, pienentäminen ja merkityksen arviointi. Lopuksi käsitellään kyseisen riskin jäännösriski. Tämä koko prosessi käydään normaalisti pääosin läpi vaaratekijäluettelossa.

Tarkastellaan normaalin käytön tilannetta, jossa käyttäjän tavoitteena on purkaa tai kuormata nostin sen ylemmällä kerrostenasolla. Käyttäjä kulkee kohti nostimen oviaukkoa ja avaa nostinkuilun oven. Nostin ei ole kyseisellä kerrostenasolla. Käyttäjän edessä on avoin nostinkuilu ja pudotus alemmalle kerrostenasolle. Tarkastellaan kyseisen riskin suuruutta kuvion 1 avulla.

Aloitetaan kuvaajan tulkinta riskin aiheuttaman vamman vakavuudella S. Vakavuusluokka S1 kuvaa lievää vammaa, joka on palautuva. Tästä esimerkkejä ovat muun muassa mustelmat tai viiltohaavat. Vakavuusluokka S2 kuvaa palautumattomaa vammaa, kuten raajan irtoaminen tai kuolemaa (SFS-EN ISO 13849-1

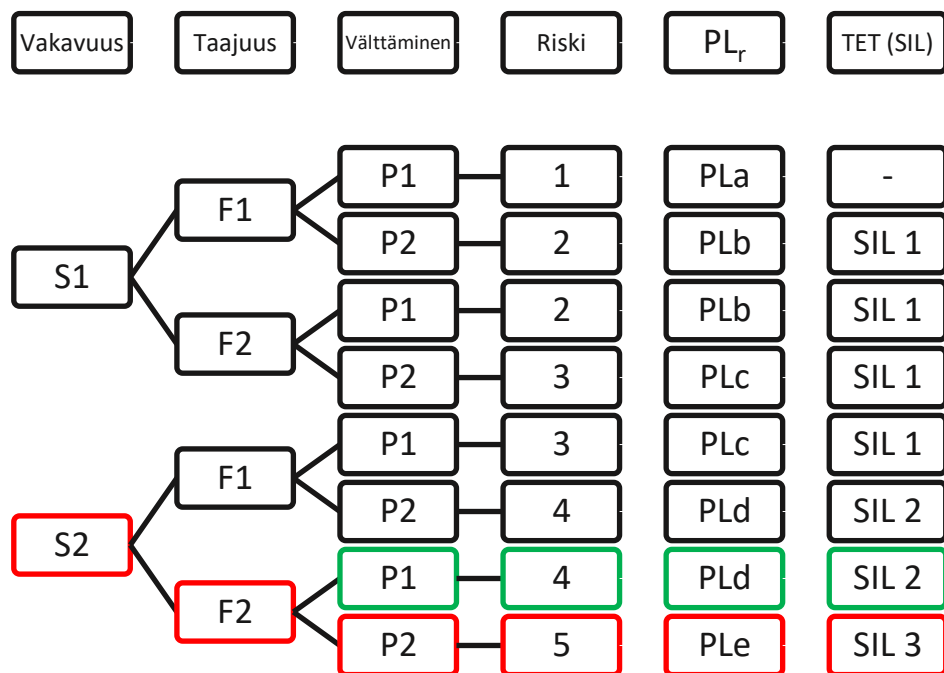
2015). Kerrostasojen välinen pudotus voidaan lähes poikkeuksetta tulkita vakuusluokkaan S2.

Seuraavaksi tulkitaan riskin esiintymistaajuutta ja altistumisaikaa F. Taajuusluokka F1 kuvaa riskiä, jolle altistumisen aika on alle 1/20 koneen kokonaiskäyttöajasta ja joka esiintyy harvemmin, kuin kerran 15 minuutin aikana (SFS-EN ISO 13849-1 2015). Tästä esimerkkinä nostinkorin siivoamisen yhteydessä esiintyvät riskit. Taajuusluokka F2 kuvaa riskiä, jolle altistuminen on korkeammalla tasolla kuin F1 (SFS-EN ISO 13849-1 2015). F2 riskeihin lukeutuvat lähes kaikki koneen normaaliin käyttöön kuuluvat riskit. Myös tavaranoistimen kuiluun putoamisen vaara nähdään tason F2 riskiksi.

Lopuksi arvioidaan vaarallisen tapahtuman välttämisen mahdollisuus P. Välttämisen mahdollisuuteen vaikuttavat muun muassa: vaaran ilmaantumisenopeus, mahdollisuus paeta vaara-alueelta, käyttäjän koulutustaso ja käytön valvonta. Luokka P1 kuvaa riskiä, joka on todellisuudessa mahdollista välttää tai jonka vaikutusta on mahdollista vähentää (SFS-EN ISO 13849-1 2015). Luokan esimerkkinä voidaan tarkastella pylväsporakoneen pyörivää istukkaa ja käyttökoulutuksen saanutta sopivaa käyttäjää. Käyttäjää tunnistaa ja voi näöllään havaita pyörivän koneenosan riskin ja tietää olla tarttumatta siihen. Luokka P2 kuvaa riskiä, jota ei ole mahdollista välttää, tai jonka vaikutusta ei ole mahdollista vähentää (SFS-EN ISO 13849-1 2015). Tästä esimerkkinä on ulkoisesta tekijästä johtuva henkilönostimen tuennan peittäminen.

On huomioitava, että luokan P1 riski saattaa siirtyä P2 puolelle esimerkiksi käyttäjän riittämättömän koulutustason takia. Tavaranoistimen kuiluun putoamisen riski luokitellaan ensin luokkaan P2. Pudotus on yllättävä ja ilmenee vasta oven avatessa. Kuilusta poispäin avautuva ovi auttaa tilannetta hieman, mutta luokan arvioidaan yhä olevan P2. Valmistetaan ovi osittain läpinäkyvästä materiaalista, lisätään oveen pudotusvaaran varoituskyltti ja määritetään nostimen vaara-alueelle sallittavien henkilöiden rajat: täysikäiset, ei päihteiden vaikutuksen alaisena toimivat henkilöt ja käyttökoulutuksen saaneet nuoret ammattihenkilöt. Tarkastellaan riskin välttämisen mahdollisuutta uudelleen. Todetaan, että luokka voidaan pudottaa tasolle P1.

Arvioituilla luokilla S2, F2 ja P1 riskiä pienentävän turvalaitteen suoritusasoksi tulee PLd. Turvalaitteeksi valitaan sähkölukko, joka mahdollistaa oven avaamisen vain, kun nostinkori on kyseisessä kerrostaosassa ja estää nostimen ajon oven ollessa auki. Vaarallisen tapahtuman matala esiintymistodennäköisyyden taso mahdollistaisi suoritusason laskemista yhdellä tasolla. Kyseisen riskin kohdalla nähdään, että vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyys on kohtalainen, joten tasoa ei voida laskea. Kuviossa 2 on esitetty riskin arvioinnin polku punaisella ja riskiä pienentävien toimenpiteiden jälkeinen polku vihreällä.



KUVIO 2. Riskin arvioinnin polku

Riskin suuruus arvioitiin aluksi tasolle 5, joka asettaisi turvalaitteiden suoritusason tasolle PLe. Riskiä pienennettiin luontaisesti turvallisilla suunnittelutoimenpiteillä, suojausteknisillä toimenpiteillä ja käyttöä koskevilla tiedoilla. Riskin suuruus saatiin pienennettyä tasolle 4, joka laskee turvalaitteiden suoritusason tasolle PLd. Arvioidaan, että kyseistä riskiä on pienennetty riittävästi. Riskiä pienentävät toimet loivat loukkuun jäämisen riskin nostinkuiluun. Seuraavaksi aloitettaisiin vastaava riskin käsittelyn prosessi uudelle riskille.

4 RAKENTEET

4.1 Ulkorunko

Nostin täytyi olla mahdollista asentaa joko tilaajan ennalta valmistamaan kuiluun tai vapaasti tyhjään tilaan. Suunniteltiin ulkorunko siten, että se on mahdollista asentaa valmiiseen betonikuiluun tai avoimeen tilaan.

Nostimen ulkorunko koostui seuraavista pääkomponenteista:

- hitsattu teräsrunko
- rei'itetystä teräslevystä valmistettu ulkopinta
- lastausovien aukot
- koneiston asennuspeti
- teräsköysien taittopyörät.

4.1.1 Asetetut määritteet

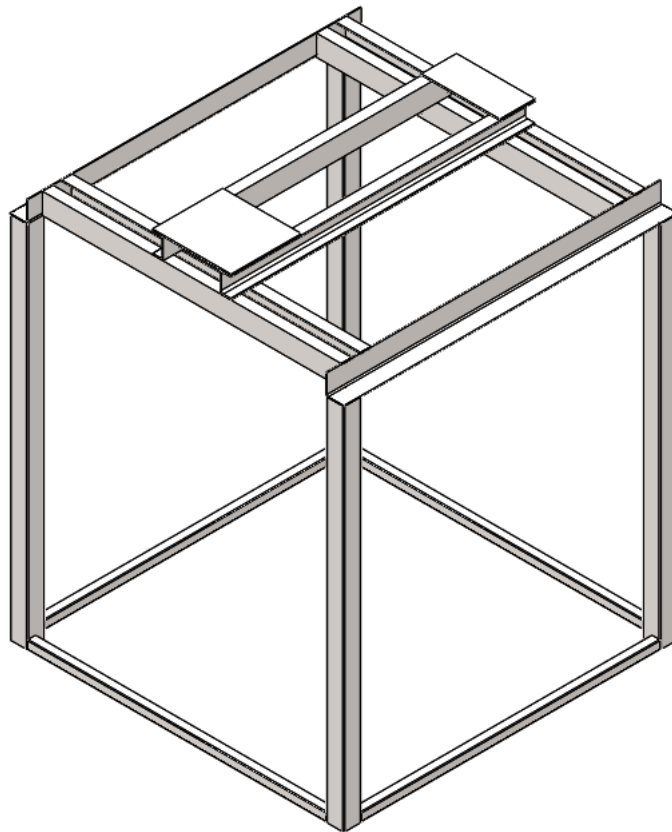
Nostimen liikkuvaa massaa kannatellaan ulkorungon yläosaan sijoitetuilla taittopyörillä ja teräsköysien ankkurointipisteillä. Rungon tuli täten kantaa liikkuvan nostinkorin, voimansiirron ja kuormauksen voimat. Teräsrunko mitoitettiin nostimelle tasaisesti jakautuneen kuorman suhteen käyttäen kerrointa 2.

Haluttiin käyttää rungon putkipalkkeja nostinkorin johteina. Tämä oli mahdollista, sillä johteiden kuormitukset olivat esimerkiksi hissiin verrattuna erittäin pieniä. Nostinkorin kannatteleminen kulmista keskikohdan sijaan vähentää epätasaisesta kuormauksesta johtuvaa korin pyrkimystä kallistua. Nostinkoria ei ole varustettu tarraimilla, jotka vaatisivat lauetessaan johteilta suurta pystysuuntaisen kuorman kestävyyttä.

4.1.2 Mallinnus

Nostimen runko mallinnettiin SolidWorks-ohjelmalla. Mallinnus suoritettiin pääasiassa hyödyntämällä ohjelman structural member -työkalua. Työkalu muuntaa sille määritetyt linjat ja valitut poikkileikkaukset valmiiksi teräselementeiksi.

Runko muodostettiin RHS-putkipalkeista, U-profiileista, L-profiileista ja teräslevyistä. Nostimen ulkorunko koostui kuvassa 7 esitetystä ylärungosta ja kuvassa 9 esiintyvistä keskirungosta ja alarungosta.



KUVA 7. Nostimen ulkorunko

4.2 Nostinkori

Nostinkorin tuli olla yhteensopiva nostinrungon ja voimansiirron kanssa. Nostinkori koostui seuraavista pääkomponenteista:

- hitsattu teräsrunko
- koria kannattelevat taittopyörät
- teräsrunгон ulkonurkkiin sijoitetut johderullat
- pinnoitetusta koivuvanerista valmistettu lattiapinta
- vanerista valmistetut seinäpinnat.

4.2.1 Asetetut määritteet

Mallinostin määriteltiin symmetriseksi ja eurolavalle sopivaksi. Päädyttiin korin lattiapinnan mittoihin 1500 mm x 1500 mm. Nostinkorin korkeudeksi asetettiin 2100 mm. Teräsrunko mitoitettiin nostimelle tasaisesti jakautuneen kuorman suhteen käyttäen kerrointa 2.

Nostinkorin lattiapinnan pintamateriaaliksi valittiin pinnoitettu koivuvaneri. Vaneerin kuormitusarvot haettiin Metsäteollisuus Ry:n vanerikäsikirjan kohdan 4.4 Ajo-neuvojen lattiat mukaan. (Metsäteollisuus ry 2006). Lattiapintaan kohdistuva maksimi pistekuorma laskettiin Eurolavan ilmoitettua maksimikuormaa käyttäen. Eurolavaa oletettiin siirrettävän pumppukärryillä, joissa kuorma välittyy lattiapintaan neljän tai kuuden pyörän kautta. Käytännössä kärryjen pyörät on sijoitettu niin lähelle toisiaan, että on todenmukaisempaa tarkkailla niitä kolmena pistekuormana. Eurolavan maksimikuormasta 1500 kg (EPAL 2020) laskettiin lattiapinnan maksimi pistekuorma. Massasta m ja putoamiskiiltävyydestä g johtuva maksimipistekuorma F_{piste} on

$$F_{piste} = \frac{m \cdot g}{n}, \quad (1)$$

jossa n on voiman tasaisesti jakavien pisteiden lukumäärä. Pistekuorma laskettiin kaavalla (1)

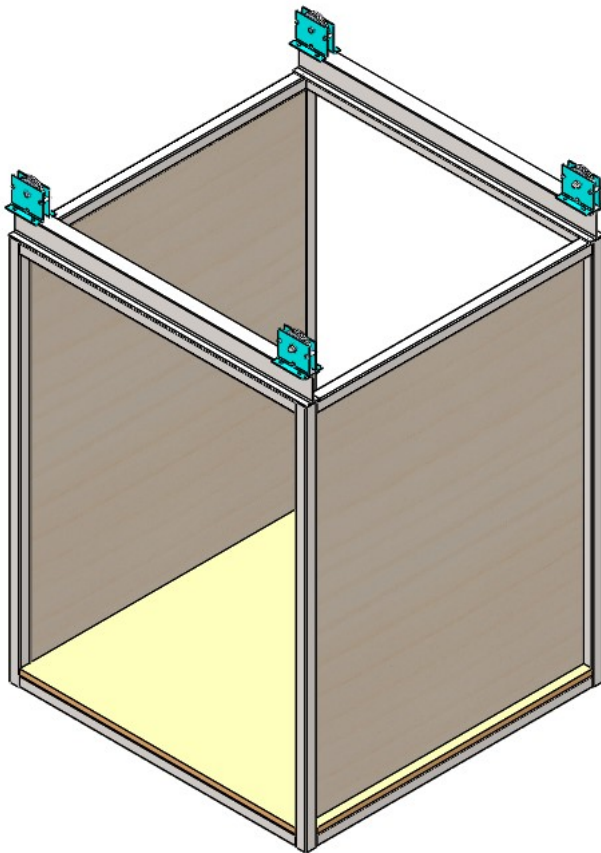
$$F_{piste} = \frac{m \cdot g}{n} = \frac{1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{3} \approx 4,91 \text{ kN}.$$

Lattiaan kohdistuva pistekuorma on 4,91 kiloNewtonia. Pistekuorman aiheuttavana kuormana käytettiin tässä tapauksessa nostimen maksimikuormaa suurempaa kuormaa. Käytettiin eurolavan maksimikuormaa. Täten teräsrakennetta ei täydy pistekuorman takia muuttaa nostinta skaalattaessa.

Nostinkorin seinien pintamateriaaliksi valittiin vaneri. Seinäpintojen mitoittavaksi tekijäksi asetettiin tasaisesti 50 mm^2 alueelle vaikuttava 300 Newtonin pistekuorma (SFS-EN 81-31 2010, 38).

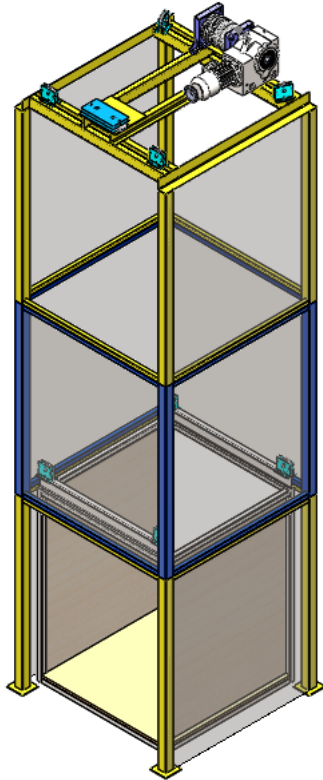
4.2.2 Mallinnus

Nostinkorin mallinnus vastasi pitkälti ulkorungon mallinnusta. Runko muodostettiin RHS-putkipalkeista, I-palkeista ja teräslevystä. Kuvassa 8 on esitetty nostinkori, joka on varusteltu lattian ja seinien vanereilla.



KUVA 8. Nostinkorin malli

Ulkorungosta ja nostinkorista muodostettiin kokoonpano. Kokoonpanossa kyettiin tarkastelemaan osien yhteensovitusta ja muokkaamaan niitä tarpeen mukaan. Kokoonpano on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Kokoonpanon malli

Kokoonpanossa on esitetty ulkorunko, nostinkori ja koneisto. Koneiston teräsköysitelan ja taittopyörien malli on käsitelty tarkemmin luvussa 5. Koneiston kokoonpanoa ei käsitellä tässä raportissa.

5 VOIMANSIIRTO

5.1 Voimansiirtojen tyypit

Nostimen voimansiirron on muunnettava esimerkiksi sähkömoottorin pyörimisliike nostimen liikkeeksi. Nostimiin käytetään monia eri voimansiirtotapoja.

Erikoisnostimien ja niiden huollon kanssa työurani viettäneenä olen havainnoinut seuraavaa:

- Hissitekniikka hyödyntää tänä päivänä pääosin vetopyöräkäyttöä, jossa nostava voima johdetaan köysiin sähkömoottorilla pyöritettävän vetopyörän ja teräsköysien välisen kitkan avulla. Köydet kulkevat vastapainolta vetopyörän kautta nostinkorille.
- Tavarahisseissä esiintyy hydraulikkakäyttöjä, joissa koria nostetaan joko suoraan hydraulisylinterillä tai välillisesti teräsköysiä käyttäen. Hydraulinen käyttö on yksinkertainen tapa saavuttaa suuria nostovoimia.
- Kevythisseissä käytetään myös ruuvikäyttöjä, joissa koria nostetaan pyörittämällä koko liikematkan mittaista, koriin yhdistettyä, kierreprofiililla varustettua tankoa tai vaihtoehtoisesti pyörittämällä koriin kiinnitettyä mutteria, tangon pysyessä paikallaan.
- Torninosturit ja yritykselle erittäin tutut teattereiden lavastenostimet käyttävät telakäyttöjä. Telakäytössä teräsköysi on kiinnitetty telaan mekaanisilla kiinnittimillä ja nostinkoneisto kerää köyttä telalle.

Valittiin telakäyttö nostimen nostokäytöksi. Telaar päätettiin käyttää kolmivaihekkäisellä vaihdemoottorilla. Vaihdemoottoria päätettiin käyttää taajuusmuuttajalla. Valintojen perusteena on yritykselle tuttu toimintamalli vastaavien käyttöjen suunnittelusta.

5.2 Vaihdemoottori

5.2.1 Yleistä

Vaihdemoottorityypiksi valittiin kaksi eri vaihtoehtoa riippuen käyttökohteesta. Kaksi vaihdemoottorityyppiä ovat kartiovaihdemoottori ja tappivaihdemoottori. Kartiovaihdemoottorissa moottorin akseli on kohtisuorassa toisioakseliin nähden. Tappivaihdemoottorissa moottorin akseli on toisioakselin kanssa samansuuntainen.

Vaihdemoottorin kiinnitysasento valittiin siten, että sähkömoottori on toisioakselin kanssa samassa tasossa tai lievästi korkeammalla. Sähkömoottoria ei tilarajoitteiden vuoksi voitu suunnata yritykselle vakiintuneeseen tapaan ylöspäin. Moottoria ei voitu suunnata alas, sillä se mahdollistaisi öljyn tihkumisen vaihteesta moottorin akselilla sijaitseville jarruille.

Vaihdemoottorin kiinnitystyyppiä valittiin laippakiinnitys. Laippakiinnityksellä vaihdemoottori voidaan liittää koneiston runkoon momenttituella. Momenttituen ja rungon väliin asennettavalla voima-anturilla voidaan valvoa nostimen kuormitusta.

Vaihteen toisioakseliksi valittiin holkkiakseli. Holkkiakseli on tyypillisesti hieman tappiakselia kalliimpi vaihtoehto. Nostinrunгон ollessa koottuna teräsköysitelan ympärille, voidaan holkkiakselilla varustettu vaihde liittää nostimeen liu'uttamalla se telan akselille.

Vaihteen sähkömoottori varustettiin kahdennetuilla jarruilla ja pulssianturivalmiudella. Kahdennetuilla jarruilla saavutettiin haluttu turvallisuustaso. Moottoriin kiinnitettävä pulssianturi mahdollistaa maksimimomentin taajuusmuuttajakäytön pienilläkin nopeuksilla.

5.2.2 Arvot

Vaihdemoottorin koko ja arvot määräytyvät käyttökohteen mukaan. Vaihdemoottori määritettiin seuraavasti:

- Määritettiin nostimen laskennallinen liikkuva massa, joka koostuu nostin-korin omamassasta, maksimikuormasta ja roikkuvien teräsköysien oma-massasta.
- Tarkasteltiin, onko käytössä köysivälitystä. Köysivälitys jakaa kuorman, mutta vaatii vaihteelta kaksinkertaisen kierrosmäärän saman matkan tai nopeuden saavuttamiseksi. Lisäksi köysivälitys aiheuttaa hyötysuhdehä-viötä taittopyörän aiheuttaman kitkan ja taitetun teräsköyden sisäisen kit-kan myötä.
- Tarkasteltiin järjestelmään tarvittavien teräsköysitaittojen aiheuttamaa hyötysuhdehäviötä.
- Laskettiin yllä mainittujen avulla toisioakselille johtuva maksimimomentti.
- Tarkasteltiin valittua maksiminopeutta.
- Laskettiin toisioakselin maksiminopeus maksiminopeuden, köysivälityk-sen ja telan piirin avulla.
- Laskettiin tarvittava vaihdevälitys toisioakselin maksiminopeuden ja moot-torin nopeuden avulla.
- Laskettiin laskennallisen liikkuvan massan, nopeuden ja hyötysuhteen avulla tarvittava moottoriteho.
- Mitoitettiin vaihdemoottori maksimimomentin, välityssuhteen ja moottorin tehon perusteella. Ylimitoitettiin vaihde kaksinkertaisen kuorman suhteen. Ylimoituksella saadaan riittävä varmuus köysitelan ja moottorin välille, jotta jarrujen kahdennus moottorin akselilla nähdään riittäväksi (SFS-EN 17206 2020).

Sähkömoottori määritettiin tarvittavan tehon perusteella. Valittiin 4-napainen moottori, joka pyörii 50 Hz käyttötaajuudella noin 1500 1/min. Sähkömoottorin käyttöluokaksi määräytyi S2 10 min, mutta se täytyy tarkastaa asennuskohteit-tain. Käyttöluokka riippuu nostimen käyntiajasta, lepoajasta ja käynnistysker-roista. (Nord Drivesystems Group n.d., A19)

5.2.3 Laskenta valmistajalta

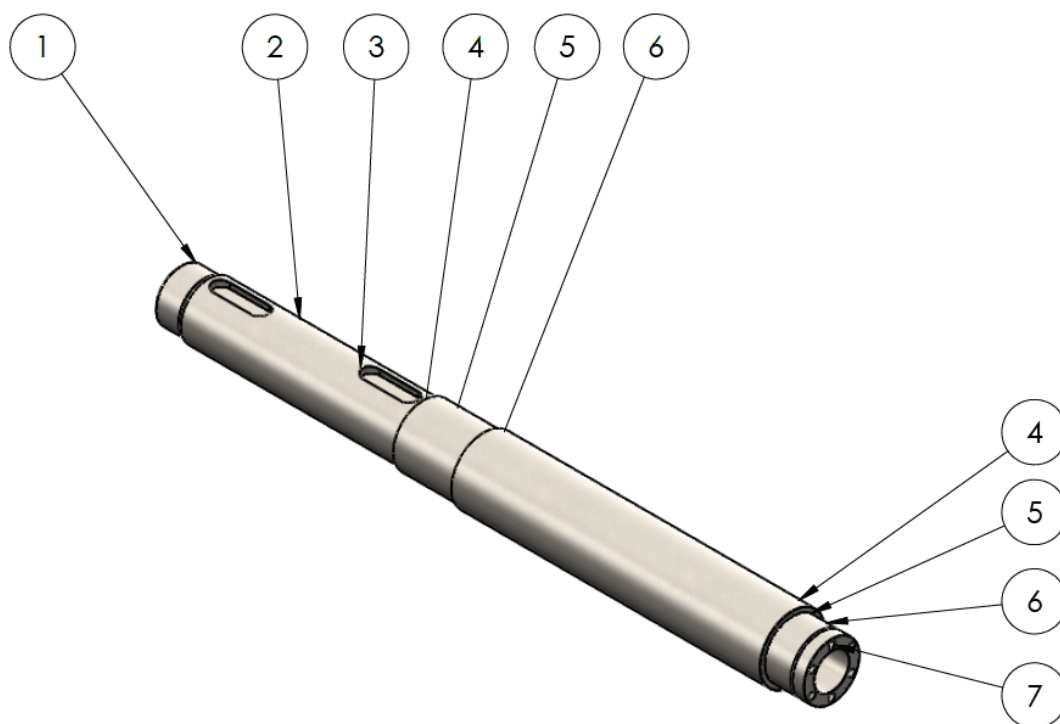
Vaihdemoottorin määrittely suoritetaan yhdessä ulkopuolisen valmistajan kanssa. Kohteesta riippuen, toinen suorittaa alustavan laskennan vaihdemoottorin valitsemiseksi. Molemmat osapuolet käyvät valinnan perustelevan laskennan läpi. Valmistajalta pyydetään tarkasteltavaksi laskentadokumentit, joista voidaan varmistaa vaihdemoottorin komponenttien täyttävän asetetut vaatimukset.

5.3 Muut voimansiirron komponentit

Telakäytön voimansiirto vaatii yksinkertaisimmassa tapauksessa momentin tuottavan vaihdemoottorin lisäksi köysitelan, käyttöakselin, teräsrungon, laakeroinnin ja teräsköyhtä. Kun nostin ei nosta kuormaa suoraan teräsköysitelaa kohti tarvitaan myös taittopyöriä. Taittopyörillä voidaan siirtää nostopisteitä ja toteuttaa köysivälitys.

5.3.1 Akselit

Koneeseen määritettiin koneistettavaksi akseli vaihdemoottorin toisioakselilta (holkkiakseli) teräsköysitelalle ja taittopyörien kannatusakselit. Akselit valmistetaan samoilla mitoitusperusteilla, kuin vaihdemoottorin akselit. Vaihdemoottorin ja teräsköysitelan välinen akseli varustettiin kuvan 10 mukaisesti.



KUVA 10. Koneiston voimansiirron akseli

Kuvassa 10 esitetyt akselin ominaisuudet on numeroitu. Kappaleeseen koneistetaan

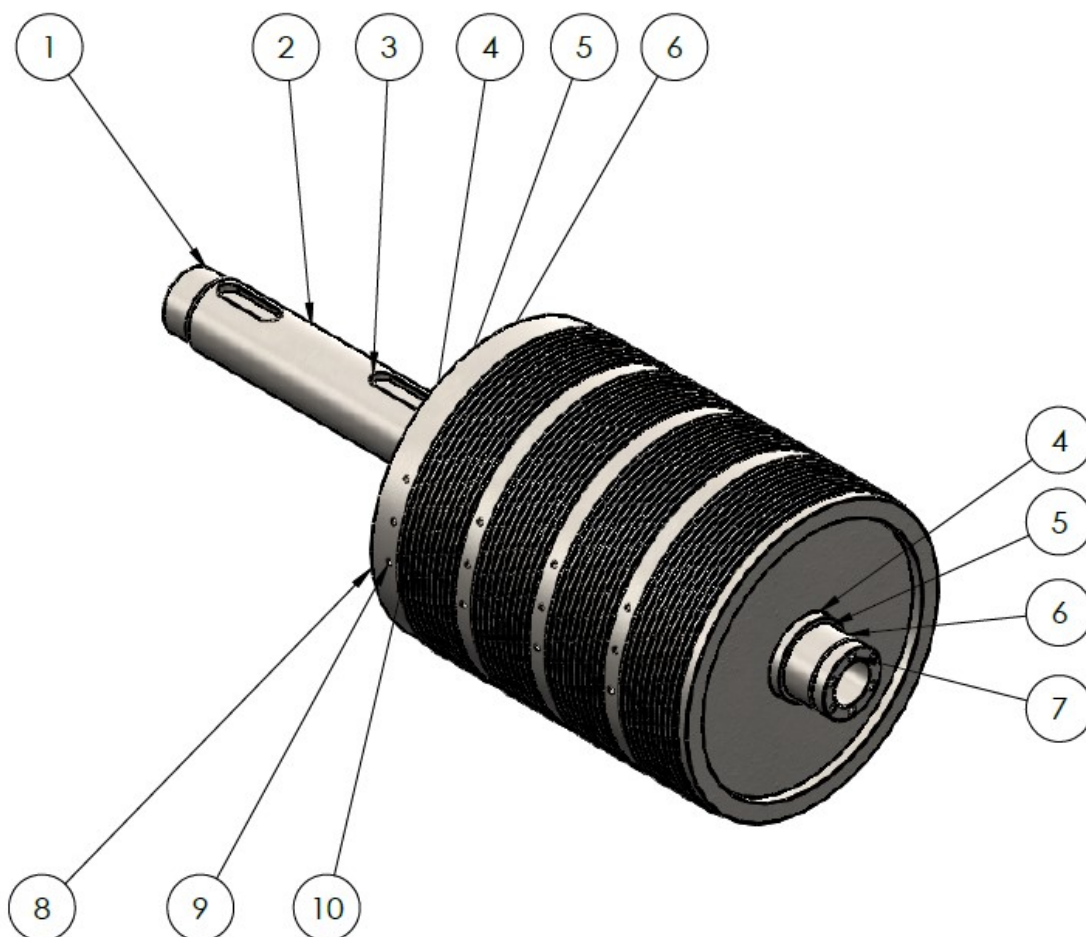
1. kierteet akselimutterille vaihdemoottorin lukitsemiseen
2. pinta vastaamaan vaihteen holkkiakselin vaatimuksia
3. kiilaurat holkkiakselin alueelle momentin välittämiseksi akselin ja vaihteen välillä
4. kaulus vaihdemoottoria tai rungon laakeria vasten asettamiseen
5. laakeripinta akselin ja rungon väliselle laakerille
6. pinta vastaamaan teräsköysitelan laippoja
7. vaihteistorajan kiinnitysvalmius esimerkiksi levyketjupyörän kiinnitysvalmiudella.

5.3.2 Köysitela

Määritettiin uritettu teräsköysitela. Köysitelan mitoitus oli ainakin pääpiirteittäin suoritettava samanaikaisesti vaihdemoottorin mitoituksen kanssa. Telan pituuteen vaikuttivat seuraavat asiat:

- Nostimen isku tai maksimiliikematka vaikuttaa suoraan teräsköyden ja näin ollen myös teräsköysitelan pituuteen.
- Käytettävien teräsköysien määrä on suora kerroin telan pituudelle. Kahden köyden tela on kaksi kertaa pidempi, kuin yhden köyden tela.
- Teräsköysivälitys moninkertaistaa köyden pituuden ja vaikuttaa siis samalla kertoimella telan pituuteen. Välityksellä päästään pienempään koneistolle välittyvään momenttiin, mutta se lisää taittopyöriä ja muita koneen osia. Köyden ylimääräiset taitot huonontavat nostimen hyötysuhdetta.
- Telan jakohalkaisija vaikuttaa käänteisesti telan pituuteen.
 - Telan jakohalkaisijan suurentaminen vaikuttaa suoraan koneistolle välittyvään momenttiin. Jakohalkaisijaltaan suurempi tela vaatii suuremman ja kalliimman vaihteen kestääkseen suuremman toisiomomentin.
 - Telan jakohalkaisijan pienentäminen vaikuttaa negatiivisesti teräsköyden kelautumisen hyötysuhteeseen ja köyden kulumaan.
- Yhden köyden köysiuran kokonaismitta telan akselin suunnassa vaikuttaa köyden tulokulmaan telalle ja ensimmäiselle taittopyörälle, jos konetta ei ole varustettu ensimmäisen taiton paikkaa telan nousun mukaan muuttavalla laitteella.
 - Pidempi köysiuran kokonaismitta telan akselin suunnassa johtaa suurempiin tulokulmiin nostimen ylä- ja ala-asennossa. Suurin sallittu kulmapoikkeama on 4° uran keskiviivasta (SFS-EN 81-31 2010, 68).
 - Lyhyempi köysiuran kokonaismitta telan akselin suunnassa johtaa pienempiin tulokulmiin nostimen ylä- ja ala-asennossa. Kulmapoikkeaman olisi hyvä olla alle $1,5^\circ$ (SFS-EN 17206 2020, 27).

Köysitelan raakamateriaaliksi määritettiin paksuseinämäinen ainesputki. Telan jakohalkaisijaa säädettiin tarvittaessa vastaamaan lähimmän ainesputken mittoja. Laipat määritettiin valmistettavaksi paksusta teräslevystä. Ainesputken ulkopintaan sorvataan valitulle teräsköydelle sopivat urat ja uraosuuksien väleihin tasaiset hahlot, joiden pintaan teräsköyden päät kiristetään kierrereikien, lukitus-palojen ja pulttien avulla.



KUVA 11. Koneiston voimansiirron akseli ja uritettu teräsköysitela

Kuvassa 11 esitetyt akselin ominaisuudet on numeroitu. Kappaleeseen koneistetaan

8. teräsköysien tasaiset kiinnityshahlot
9. teräsköysien kiinnityspalojen kierrereiät
10. teräsköysien muotourat.

5.3.3 Teräsköysi

Teräsköysi valittiin sen murto kuorman ja tyypin perusteella. Köyden murto kuorma mitoitettiin kymmenkertaiseksi laskennallisen liikkuvan massan suhteen. Kymmenkertainen mitoitus perustuu yrityksen olemassa oleviin toimintamalleihin ja näyttämötekniikan koneiden standardiin (SFS-EN 17206 2020). Teräsköyden tuli täyttää standardien EN 12385-4 tai EN 12385-5 vaatimukset (SFS-EN 81-31

2010). Tyypiksi määritettiin kaupallisesti saatavilla olevat nostin-, nosturi- tai hissikäyttöön tarkoitetut köydet. Tyyppi valittiin ensisijaisesti sen murtolujuuden, toissijaisesti sen notkeuden ja viimeiseksi kustannuksen kautta. Köyden ei tarvinnut olla kiertymätöntä, sillä se kiinnitetään molemmista päistään kiinteästi (Certex n.d.).

5.3.4 Taittopyörät

Taittopyöriä tarvitaan ohjaamaan teräsköyttä nostimen vaatimalle reitille. Teräsköydet kulkevat teräsköysitelalta ulkorungon yläosan toiselle sivulle, josta ne taittavat taittopyöräpaketin pyöriltä kohti pudotuspisteitä. Köydet taitetaan pudotuspisteillä olevilta pudotuspyöriltä alas kohti nostinkoria. Köydet kiertävät nostinkorin katon palkkeihin kiinnitetyt taittopyörät ja kääntyvät takaisin kohti ulkorungon yläosaa. Köysien päät on kiinnitetty ulkorungon yläosan teräspalkkeihin siten, että ne eivät pääse pyörimään akselinsa ympäri. Köysien päiden kiinnitykset on jousitettu kuorman tasaamiseksi. Köysien pituuksia voidaan hienosäätää näistä kiinnityksistä.

Taittopyörät määritettiin akselista koneistettaviksi. Taittopyörät varustettiin kahdella kestovoidellulla ja suojatulla urakuulalaakerilla. Määritettiin taittopyörille sen laakereille sopivat koneistetut akselit. Akseleiden pituus määräytyi asennuskohteen mukaan.

6 TURVALAITTEET

6.1 Häätä-seis

Koneessa tuli olla koneasetuksen (12.6.2008/400, Liite I) mukaan olla hätäpysäytyslaite, sillä sen avulla voidaan torjua todellinen tai uhkaava vaara. Määritettiin hätäpysäytyslaitteiksi hätäpysäytyspainike nostimen molemmille ohjainpaikoille eli lastausovien viereen. Valittiin riskin arvioinnin perusteella pysäytysluokka 0, jossa hätäpysäytys katkaisee välittömästi tehonsyötön koneen toimilaitteisiin. (SFS-EN ISO 13850 2015, 10). Määritettiin hätäpysäytyspainike lukittavaksi malliksi, jota voidaan käyttää estämään nostimen asiaton käyttö.

6.2 Rajakytkimet

Määritettiin riskianalyysin perusteella nostimelle kahdennetut rajakytkimet sen ylä- ja alarajalle. Toteutettiin ajorajat kuiluun asennetuilla mekaanisilla vipurajakytkimillä ja varustettiin nostinkori vipurajat aktivoivalla suksella. Toteutettiin turvarajat koneistolle sijoitetulla vaihteistorajapakettilla.

6.3 Muut suojaimet

Määritettiin nostimen lastausoviin sähkölukot, jotka avautuvat vain nostinkorin ollessa lastausalueella ja nostimen ollessa pysähdyksissä. Nostin ottaa vastaan ajokäskyjä vain, kun molemmat ovet ovat kiinni. Nostin lähtee liikkeelle vain saatuaan ajokäskyn, lukittuaan ovet ja saatuaan molemmilta lukoilta tiedot ovien lukituksesta.

Määritettiin riskianalyysin perusteella nostimen köysitelalle löysän köyden vahti. Löysän köyden vahti tarkkailee teräsköyden kireyttä. Tässä tapauksessa löysän köyden vahti on toteutettu johtamalla heikkovirtaa koneistosta eristettyyn kulmaprofiiliin, joka on sijoitettu lähelle teräsköyden telalta irtautumiskohtaa. Köyden

löystyessä lievästikin, osuu se eristettyyn kulmaprofiiliin. Heikkovirta johtuu teräsköyden kautta koneiston maahan ja antaa vikasignaalin.

Määritettiin nostimelle käyttöasetuksen (12.6.2008/403, 21 §) ja koneasetuksen (12.6.2008/400, Liite I) vaatima ylikuormituksen estolaite. Ylikuormituksen estolaitteeksi valittiin vaaka-anturi. Jos nostinta skaalataan hyötykuormaltaan alle 1000 kilon nostimeksi, voidaan vaaka-anturi jättää pois.

7 POHDINTA

Kohdeyritykselle Ypäjän Metalli Oy tuotettiin tavaranoistimen malli. Mallin muodostamisessa otettiin huomioon sen skaalaamiseen vaikuttavat tekijät. Mallia ei muodostettu erilaisista skaalaustilanteista.

Koneeseen sovellettava lainsäädäntö käytiin läpi kattavasti. Tarkasteltiin raja-arvoja, jotka vaikuttavat koneeseen sovellettaviin lakeihin. Käytiin läpi lainsäädännön vaatimusten täyttäminen ja niiden vaikutukset suunnitteluun. Tuotettiin yrityksen sisäiseen käyttöön riskien arviointi. Suunniteltiin nostimen runko sille asetettujen vaatimusten perusteella. Suunniteltiin nostimen koneisto sille asetettujen vaatimusten perusteella. Määritettiin vaaditut turvalaitteet. Tuotettiin yrityksen käyttöön nostimen 3D-malli.

Työssä päädyttiin esimerkkimalliin, jota voidaan jatkossa hyödyntää yrityksen tarjouslaskentojen yhteydessä. Malli vaatii jatkokehitystä ennen sen sovittamista mahdolliseen asennuskohteeseen. Vaikka nostimen malli on muodostettu vain yhdentyypiseen kohteeseen, voidaan sitä käyttää konseptitasolla myös eri nostokorkeuksilla ja koriko'oilla.

Työ keskittyi nostimen mekaniikan suunnitteluun. Työn yhteydessä muodostettiin vain mekaniikan suunnittelun valintoihin vaikuttavat dokumentit. Markkinoille saatettavaan koneeseen tulisi tuottaa myös muu teknisen tiedoston sisältö. Tästä sisällöstä esimerkiksi koneen käyttö- ja huolto-ohjeen muodostaminen olisivat mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

Pääsin työssä hyödyntämään ja syventämään konetekniikan ja tuotekehityksen koulutustani (Tampereen Ammattikorkeakouluyhteisö n.d.). Lisäksi pääsin syventämään asiantuntemustani koneiden, ja erityisesti nostimien ja niiden lainsäädännön parissa.

LÄHTEET

Certex Finland Oy. n.d. Teräsköysi – tekninen määritelmä. Luettu 11.10.2020.
<https://www.certex.fi/Tekninen-osa/Teraskoydet/Tekninen-maaritelma>

Dassault Systèmes. 2015. Introducing Solidworks. Luettu 8.12.2020.
https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_EN.pdf

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. 2020. Find a SolidWorks Reseller. Luettu 8.12.2020.
<https://www.solidworks.com/sw/purchase/varlocator.htm>

Direktiivi 2014/33/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 9.6.2006. Luettu 17.8.2020.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0033&from=EN>

Direktiivi 2006/42/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi hissejä ja hissien turvakomponentteja koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaisamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 29.3.2014. Luettu 17.8.2020.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&from=FI>

Edita Publishing Oy. n.d.a Vastuuvapauslauseke. Luettu 3.12.2020.
<https://www.finlex.fi/fi/>

Edita Publishing Oy. n.d.b Etusivu. Luettu 4.12.2020.
<https://www.finlex.fi/fi/>

Euroopan unionin julkaisutoimisto. n.d.a Tietoa EUR-Lexistä. Luettu 3.12.2020.
<https://eur-lex.europa.eu/content/welcome/about.html>

Euroopan unionin julkaisutoimisto. n.d.b EUR-Lex etusivu. Luettu 4.12.2020.
<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=fi>

European Commission. n.d. Harmonised Standards. Luettu 16.10.2020.
<https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

European Commission. 2020. Summary of references of harmonised standards published in the Official Journal – Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC. Luettu 3.11.2020.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38570>

European Pallet Association e.V. (EPAL). 2020. EPAL Euro pallet (EPAL 1). Luettu 2.11.2020.
<https://www.epal-pallets.org/eu-en/load-carriers/epal-euro-pallet/>

Hissiturvallisuuslaki 16.12.2016/1134. Finlex ®. Luettu 30.11.2020.
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161134>

Metsäteollisuus ry. 2006. Vanerikäsikirja. Luettu 17.8.2020.
<https://www.wisaplywood.com/siteassets/documents/brochures/handbook-fi.pdf>

Nord Drivesystems Group. n.d. M7000 Mat.-Nr. 6000602 / 0219. Luettu 5.11.2020.
https://www.nord.com/media/documents/bw/m7000_ie1_ie2_ie3_en_0219.pdf

SFS-EN 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Luettu 10.10.2020. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/online.html.stx>

SFS-EN ISO 13849-1. 2015. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Luettu 15.8.2020. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/online.html.stx>

SFS-EN ISO 13850. 2015. Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. Luettu 15.8.2020. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/online.html.stx>

SFS-EN 17206. 2020. Entertainment technology. Machinery for stages and other production areas. Safety requirements and inspections. Luettu 20.10.2020. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/online.html.stx>

SFS-EN 62061. 2005. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Luettu 15.8.2020. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/online.html.stx>

SFS-EN 81-31. 2010. Hissien suunnittelua ja rakentamista koskevat turvallisuusohjeet. Vain tavarankuljetukseen tarkoitettujen hissien. Osa 31: luoksepäästävät tavarahissit. Luettu 15.8.2020. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/online.html.stx>

SFS ry. n.d.a Oppilaitosyhteistyö ja materiaaleja opiskeluun ja työn tueksi. Luettu 3.12.2020.
<https://sfs.fi/palvelut/oppimateriaalit-ja-oppilaitosyhteistyo/>

SFS ry. n.d.b Koneturvallisuuden standardit. Luettu 4.5.2020.
http://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuus_SFS_esite_web.pdf

SFS ry. n.d.c Standardien verkkokauppa. Luettu 4.12.2020.
<https://sales.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Tampereen ammattikorkeakouluyhteisö. n.d. Konetekniikan tutkinto-ohjelma, päivätoteutus. Luettu 24.11.2020.
<https://www.tuni.fi/fi/tule-opiskelemaan/konetekniikan-tutkinto-ohjelma-paivatoteutus>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. n.d. Tuotteet ja palvelut, koneet. Luettu 7.6.2020.

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet#83828067>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. Finlex ®. Luettu 30.11.2020.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403. Finlex ®. Luettu 30.11.2020.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>