

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitystekniikka

2019

Miko Sarkki

KIPPIKONTIN SUUNNITTELU

Miko Sarkki

KIPPIKONTIN SUUNNITTELU

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella moderni huoltolaite levytyökeskukselle. Laitteen tarkoituksena on kerätä levytyökeskuksen jätekuljettimelta leikkausprosessin aikana syöttämät jättepalat ja prosessin jälkeen siirtää jättepalat jättekontteihin materiaalien mukaan. Laitteen suunnittelun tarkoitus oli parantaa levytyökeskusoperaattorin työergonomiaa ja tehokkuutta.

Työhön kuului laitteen suunnittelu, teknisten piirustusten ja valmistusohjeiden laatiminen. Suunnitteluprosessi toteutettiin neljässä vaiheessa: esitutkimus, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Suunnitteluprosessin eri vaiheissa keskityttiin parhaiden toimintovaihtoehtojen vertailuun ja valintaan.

Suunnitteluprosessin tuloksena saatiin kippikontti, jonka tilavuus on noin 70 litraa. Kippikontti kerää jättepalat, jonka jälkeen kippikontti kuljetetaan trukin piikeillä jätelavan päälle, johon kuorma kipataan kippikontin kippausmekanismin ansiosta. Kippauksen jälkeen kontti lukittautuu lepoasentoonsa ja se kuljetetaan takaisin paikalleen.

Lopputuloksena saatiin toimeksiantajaa tyydyttävä kokonaisuus, joka on tarkoitus opinnäytetyön ulkopuolella valmistaa toimeksiantajan tuotantotiloissa. Kippikontteja on tavoitteena valmistaa tulevaisuudessa kattamaan tuotannon tarpeet.

ASIASANAT:

Koneensuunnittelu, tuotekehitys, lujuuslaskelmat

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and production engineering
Product development

2019 | 39 pages, 1 page in appendices

Miko Sarkki

DESIGNING A TIPPING CONTAINER

The purpose of this thesis was to design a modern maintenance device for a punching machine. The purpose of the device is to collect the waste pieces fed from the waste conveyor during the cutting process and after the process, move the waste pieces to waste containers depending on materials. The objective of designing the device was to improve work ergonomics and efficiency of the punching machine operator.

The work involved designing the device, drawing technical drawings and composing instructions for manufacturing. The designing process was carried out in four phases: preliminary research, drafting, development and finishing. The different stages of the design process focused on comparing and selecting the best functional options.

The design process results a tipping container with a capacity of about 70 liters. The tipping container is transported by a fork lift to the waste container where the load is tipped due to the tipping mechanism of the tipping container. After the tipping, the container locks into its rest position and is transported back to its place.

The end result was a satisfactory package for the client. The tipping container will be produced outside of this thesis at the client's production premises. The goal of manufacturing tipping containers is to cover production needs in the future.

KEYWORDS:

Mechanical engineering, product development, strength analysis

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 TAUSTATIEDOT	8
2.1 Seger Oy	8
2.2 Levytyökeskus	8
2.3 SolidWorks 2019	9
3 MEKAANINEN SUUNNITTELU	10
3.1 Tuotekehitystoiminta	10
3.2 Tuotekehitysprosessi	10
3.2.1 Esitutkimus	11
3.2.2 Luonnostelu	11
3.2.3 Kehitysvaihe	11
3.2.4 Viimeistely	11
4 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	13
4.1 Laitteen suunnittelun tarkoitus	13
4.2 Ergonomia	14
5 KIPPIKONTIN SUUNNITTELUPROSESSI	16
5.1 Esitutkimus	16
5.2 Luonnostelu	17
5.2.1 Laitteen tilavuus	20
5.2.2 Nostoapuvälineen kantavuus	21
5.3 Kehitysvaihe	22
5.3.1 Rakennesuunnittelu	22
5.3.2 Liitostekniikka	24
5.3.3 Lujuuslaskelmat	24
5.3.4 Materiaalinvalinta	27
5.3.5 Komponenttien valinta	28
5.3.6 Lukitusmekanismi	28
5.3.7 Valmistettavuus	30
5.4 Viimeistely	31
6 SUUNNITTELUN TULOSTEN ANALYYSI	33

6.1 Suunnittelun tulokset	33
6.2 Laitteen kustannukset	33
7 LAITTEEN TURVALLISUUS	34
7.1 Kippikontin turvallisuus	34
7.2 Varmuuskerroin	35
7.3 CE-merkintä	35
8 POHDINTA	36
LÄHTEET	38

LIITTEET

Liite 1. Kippikontin räjäytyskuva.

KUVAT

Kuva 1. Käsien tehtävissä nostoissa esiintyvien kuorimitus- ja vaaratekijöiden syitä. (Työsuojelu 2019.)	15
Kuva 2. Pohjasta nostettavan kippikontin toiminta. (Satateräs 2018.)	18
Kuva 3. Päältä nostettavan kontin vapaakappalekuva kippaustilanteessa.	19
Kuva 4. Luonnosteluvaiheen kontti.	21
Kuva 5. Nostorima kiinnittetynä konttiin.	22
Kuva 6. Teollisuuspyörien kiinnitys neliöputkeen.	23
Kuva 7. Teollisuuspyörien kiinnitys ohutlevyaihioista särmäämällä valmistettaviin kiinnikkeisiin.	24
Kuva 8. Solidworks simulaatio nostoriman staattisen rasituksen aiheuttamalle siirtymälle S355J2 materiaalilla, seinämämäpaksuudella 3mm.	26
Kuva 9. Nostoriman akselien kontin kylkiin vaikuttaman momentin rasituksen siirtymä nostotilanteessa levyn paksuuden ollessa 3 millimetriä ja myötölujuus 220 MPa.	27
Kuva 10. Lukitusmekanismin tappi.	29
Kuva 11. Leikkauskuva lukitusmekanismin rakenteesta.	30
Kuva 12. Renderöity kuva kippikontin kokoonpanosta.	32
Kuva 13. CE-merkintä. (Innover 2019.)	35

KÄYTETYT LYHENTEET

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
SolidWorks	3D-mallinnusohjelma
3D	Kolmiulotteisuus
USB	Universal Serial Bus, liitäntä
WLAN	Langaton internetyhteys
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella moderni huoltolaite levytyökeskukselle. Laitteen tarkoituksena on kerätä levytyökeskuksen jätekuljettimelta leikkausprosessin aikana syöttämät jättepalat ja prosessin jälkeen siirtää jättepalat jätekontteihin materiaalien mukaan. Aihe on tärkeä levytyökeskusoperaattorin työergonomian ja tehokkuuden kannalta. Työn toimeksiantaja on uusikaupunkilainen ohutlevyosien valmistaja Seger Oy.

Työhön kuuluu laitteen suunnittelu, teknisten piirustusten ja valmistusohjeiden laatiminen. Suunnitteluprosessi toteutetaan neljässä vaiheessa: esitutkimus, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Suunnitteluprosessin eri vaiheissa keskitytään parhaiden toimintovaihtoehtojen vertailuun ja valintaan.

3D-mallinnus, tekniset piirustukset ja rasiussimulaatiot suoritetaan Solidworks 2019 -ohjelmistolla. Lujuuslaskelmat lasketaan pääasiassa käsin, Solidworksia tukena käyttäen. Valmistussuunnittelussa käytetään DFMA-menetelmää, joka karsii tuotteen tuotantovaiheita, laskee valmistuskustannuksia ja läpimenoaika. Laite valmistetaan toimeksiantajan omissa tuotantotiloissa olevilla koneilla ja välineillä. Yksittäisiä osia voidaan tilata valmiina, jos edellytykset sille ovat olemassa.

Laitteen suunnittelussa huomioidaan vaatimuslistan lisäksi erityisesti laitteen turvallisuus, ergonomia ja käytettävyys käytännössä. Laite tulee olla turvallinen sille tarkoitetuissa olosuhteissa ja se tulee olla tehokas ja helppo käyttää.

Lopputuloksen tavoitteena on toimivan ja tarkoituksenmukaisen laitteen valmistusohjeet, joiden mukaan opinnäytetyön ulkopuolella laite valmistetaan käytännössä.

2 TAUSTATIEDOT

Työn tarkoituksena on suunnitella huoltolaitte levytyökeskukselle. Laitte kerää leikkausprosessista jääneet jättepalat. Laitte on tarkoitettu tyhjentämään levytyökeskuksen ajosta riippuen tiettyin väliajoin sisä- tai ulkotiloissa olevaan jätekonttiin.

2.1 Seger Oy

Seger Oy on Uudessakaupungissa toimiva yritys, joka valmistaa ohutlevytuotteita kotimaan ja kansainvälisen teollisuuden tarpeisiin. Seger on kokenut toimija ohutlevyteollisuudessa. Vuosikymmenten aikana kokemus on kertynyt kotimaisilla sekä kansainvälisillä markkinoilla eri teollisuuden aloilla. Liikevaihto oli vuonna 2017 noin 15,4 miljoonaa euroa. (Seger Oy 2019.)

Yritys valmistaa alihankkijana ohutlevykomponentteja. Tuotantoon kuuluu pääasiassa levytyökeskuksia, särmäyspuristimia, erilaisia puristuskoneita, robotteja, hiontaa, kokoonpanoa sekä pistehitsausta.

Seger Oy toimittaa ohutlevykomponentteja, kokoonpantuja tuotteita sekä kokonaisratkaisuja eri teollisuudenaloille. Seger Oy pyrkii olemaan haluttu, luotettava ja pitkäaikainen kumppani niin kehitysprojekteissa kuin asiakassuhteissa-kin maailmanluokan tuotekehitys-, tuotanto- ja logistiikkaprosessiensa avulla. (Seger Oy 2019.)

2.2 Levytyökeskus

Levytyökeskus on levynleikkaamiseen tarkoitettu kone, jolla Seger Oy:ssä leikataan metalli- ja muovilevyjä. Metallilevyistä yleisimpiä ovat alumiini, sinkitty teräs ja kupari. Levytyökeskukset toimivat pääsääntöisesti uloslyöntimenetelmällä, jossa pistin-tyyny pari lyö työstettävään levyyn reiän. Osassa levytyökeskuksissa on uloslyöntimenetelmän lisäksi laserleikkausmahdollisuus, jolla saadaan aikaan sellaisia muotoja, mitä ei perinteisellä uloslyöntitekniikalla saa aikaan. Yleisesti

levytyökeskuksissa suurin työstettävän levyn paksuus on 8 mm. Leikkausohjelma tehdään komponenttien levityskuvilla nesteamalla kuvat haluttuun järjestykseen ja paikkaan aihiolevyllä CAM-ohjelmalla. Valmis ohjelma voidaan tallettaa USB-muistitikulle ja viedä fyysisesti levytyökeskuksia ohjaavalle keskustietokoneelle tai suoraan koneelle, jossa leikkaus on tarkoitus suorittaa. Leikkausohjelmat voidaan vaihtoehtoisesti siirtää levytyökeskuksille sisäisen WLAN-yhteyden avulla.

2.3 SolidWorks 2019

Laitteen osista ja kokoonpanosta tehdään 3D-mallinnus, piirustukset sekä kokoonpanokuvat käyttäen Solidworks 2019 -mallinnusohjelmaa. Suunnitteluohjelmisto on kolmiulotteinen, ja se on yksi Suomen suosituimmista CAD-suunnitteluohjelmista. Solidworks on perustettu vuonna 1993, ja sen osti vuonna 1997 ranskalainen Dassault Systems. (SolidWorks 2019.)

3 MEKAANINEN SUUNNITTELU

3.1 Tuotekehitystoiminta

Yritysten menestyminen perustuu kykyyn identifioida asiakkaiden odotukset ja tarpeet sekä valmistaa tuotteita, jotka täyttävät asiakkaiden vaatimukset. Tuotekehitysprosessissa on kysymys siitä, miten ratkaisuja yhdistellään innovatiivisella tavalla kilpailukykyinen tuote kaikilta ominaisuuksiltaan. (Kleimola 2014, 9.)

Asiakkaiden osallistuminen tuotteiden kehittämiseen on merkittävästi yleistynyt tuotteiden valmistuksessa. Asiakkaan käyttötarpeisiin suunnitellaan tuotteet ja asiakkaiden vaatimusten toteutumisesta pidetään tarkkaa huolta. Uudet teknologiat muodotavat tuotteen keskeisen sisällön harvoin. Uusi teknologia on kuin vahva mauste, sitä tulee aina käyttää harkiten. Uuden tuotteen kehitysajassa ja uuden teknologian kehittämisessä on suuri ero. konetekniikan tuotteen kehittämisäika on keskimäärin yhdestä neljään vuoteen. Uuden teknologian kehittämiseen kuluu kymmenestä kahteenkymmeneen vuoteen. Riskit kasvavat merkittävästi, jos uutta teknologiaa ei ole riittävästi testattu. (Kleimola 2014, 9.)

Huipputuotteita kehitellään yhdistelemällä muotoilua ja tekniikkaa sopivassa suhteessa. Huipputuotteen syntyminen edellyttää visiota ja tehokkaita tuotekehitysmenetelmiä. Yrityksen tuotekehitysosaamista voidaan kuvailla seuraavilla tekijöillä: tuotekehityskyky, tuotekehityskustannusten hallinta, tuotekehitysaika, tuotteen laatu sekä tuotekustannukset. (Kleimola 2014, 9.)

3.2 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitysprosessiin sisältyy eri vaiheita projektin edistyessä. Tuotekehitysprosesseja on erilaisia. Tuotekehitysprojektiin kuuluu yleensä neljä vaihetta, joiden sisällä käytetään vaiheisiin liittyviä toimintoja. Kehitettävä tuote määrää tuotekehitysprosessin luonteen mutta pääpiirteittäin prosessit ovat saman tapaisia.

Tuotekehitysprosessi alkaa esitutkimuksella, jonka jälkeen seuraavat luonnosteluvaihe ja kehitysvaihe. Viimeisenä vaiheena on viimeistelyvaihe. (Kleimola 2014, 10.)

3.2.1 Esitutkimus

Tuotteelle kartoitetaan tarpeet ja tehdään selvityksen tueksi ennakkokyselyjä. Määritetään tuotteelle tuoteidea ja tuote-ehdotus, sekä selvitetään tuotteen elinkaari ja tuotteen vaatimukset. Tuotteelle laaditaan vaatimuslista, jonka perusteella projektille luodaan ominaisuudet. (Kleimola 2014, 10.)

3.2.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa etsitään erilaisia ratkaisuja parhaan ratkaisumuodon löytymiseksi tuotteelle. Tässä vaiheessa tehdään prototyyppisiä ja etsitään vaatimuslistan täyttävää ratkaisua. Tuote jaetaan osatoimintoihin ja toiminnoille etsitään ratkaisuja. Lopuksi arvioidaan ja kehitetään tuotteelle paras mahdollinen tuotantoratkaisu. (Kleimola 2014, 13.)

3.2.3 Kehitysvaihe

Kehitysvaiheessa suunnitellaan tuotteelle parhaimmasta tuotantoratkaisusta tuotantosuunnitelmat ja piirustukset. Tuotteen rakennetta kehitetään tarpeen tullen paremmaksi ja toimivammaksi. (Kleimola 2014, 14.)

3.2.4 Viimeistely

Viimeistelyvaihe on tuotekehityksen viimeinen vaihe. Tässä vaiheessa tekniselle suunnitelmalle tehdään lopulliset kuvaukset. Kuvauksien perusteella määritellään tuotteelle mitat, materiaalit, muodot sekä pinnanlaadut. Tuotteelle laaditaan

osapiirustukset ja valmistustekniset asiakirjat. Tuotteen kustannuksia optimoidaan tarkemmin kuin luonnosteluvaiheessa mahdollisten säästöjen aikaansaamiseksi tuotteen lopulliseen hintaan. (Kleimola 2014, 14.)

4 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

4.1 Laitteen suunnittelun tarkoitus

Idea uuden laitteen suunnittelulle on kehittää nykyaikainen vaihtoehto levytyökeskuksen jätetalojen keräämiseen ja siirtämiseen. Yrityksessä käytetään suurimmassa osassa levytyökeskuksia muovisia laatikoita jätetalojen keräämiseen. Laatikot tyhjennetään täyttymisen jälkeen suurin kippikontteihin, jotka viedään trukilla ulos tyhjennettäväksi. Muutamissa levytyökeskuksissa on jätetalakuljettimien lisätty erikoisosa, joka kuljettaa jätetaloja ylöspäin 45°:n kulmassa siten, että suurikokoinen kippikontti mahtuu kuljettimen alle keräten jätetalat. Tilan puutteen johdosta vain muutamissa levytyökeskuksissa voidaan menetellä kyseisellä tavalla.

Jätetalojen hävitysprosessissa on eroja materiaalin mukaan. Monen materiaalin jätetalat sijoitetaan tietyille roskalavoille ulkotiloihin, joihin kerätään vain kyseistä materiaalia. Esimerkiksi kuparin kanssa menetellään eri tavalla. Kuparijätetalat kerätään sisätiloissa oleviin kontteihin, joiden tilavuus on noin yksi kuutio. Kuparikontit lähtevät täytyttyään sellaisenaan sulattamoon.

Levytyökeskuksesta tulee leikkuuprosessin jälkeen jätteenä myös levyn ranka, johon levytyökeskus on jättänyt mikrosillat leikkuuohjelman määrityksen mukaisesti. Levystä ravistellaan kappaleet irti ja ne sijoitetaan eurolavalle tuotannon seuraavan vaiheen aihioiksi. Levystä jäävä ranka sijoitetaan suureen kippikonttiin, joka käydään säännöllisesti tyhjentämässä jätelavoihin. Yrityksessä muiden materiaalien kuin kuparilevyn jäterangat ja jätetalakuljettimelta tulevat jätetalat sijoitetaan samaan jätelavaan. Kuparirangat viedään trukilla suurissa kippikonteissa jätelavalle, ja uloslyönnin seurauksena jätetalakuljettimelta tulevat jätetalat viedään muovisissa laatikoissa kuparille tarkoitettuihin erityisiin kontteihin. Muiden materiaalien muoviset jätelaatikot tyhjennetään samoihin kippikontteihin, mihin jäterangatkin sijoitetaan. Kaikilla tuotannossa käytetyillä materiaaleilla on omat jätelavansa.

Suunniteltavan laitteen tavoitteena on siirtää jätekuljettimelta tulevat jättepalat ergonomisesti ja turvallisesti jätelavoille tai kontteihin. Suurin ongelma tämän hetkessä tilanteessa jättepalojen tyhjennysprosessissa on muovilaatikoiden paino täytyessään. Esimerkiksi raskaassa kupariajossa levyn paksuus on 6–8 millimetriä ja jättepalat saattavat pakkautua erittäin tiiviisti muovilaatikkoon tehden siitä erityisen painavan. Lattiasta käsin nostettavalle muovilaatikkolle saattaa tulla painoa 30–40 kilogrammaa. Muovilaatikkoo voi tyhjentää tiheämmin kuin täyteen täytyessä, mutta tietyissä ajoissa jättepaloja tulee niin suuri määrä nopeasti, että levytyökeskusoperaattori ei ehdi tyhjentää muovilaatikkoo tarvittavan usein. Tästä syystä suunniteltavan laitteen tulisi olla ergonomisempi ja kapasiteetiltaan suurempi kuin tällä hetkellä käytössä oleva muovilaatikko.

4.2 Ergonomia

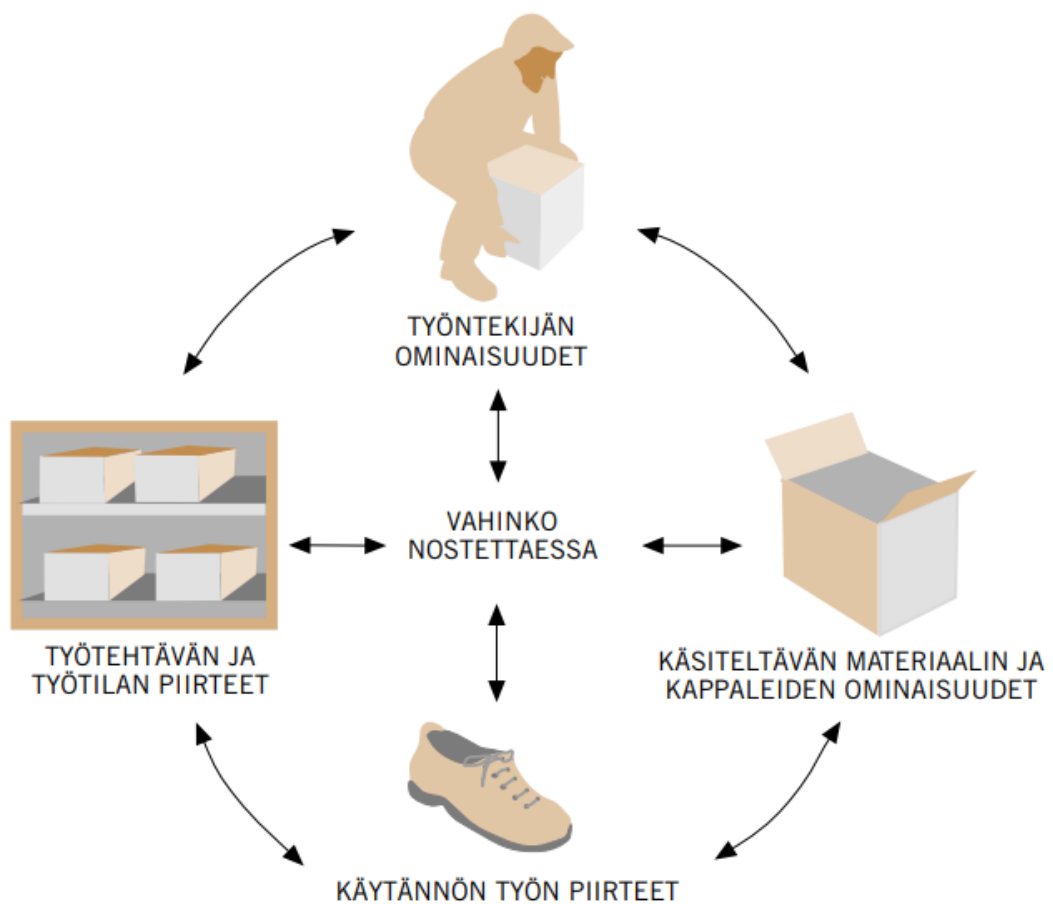
Muovilaatikko nostetaan maasta käsin ja toimitetaan tyhjennyspisteelle laatikon painosta riippuen kantamalla tai pumppukärryjen päällä kuljettaen. Laatikon tyhjennys tapahtuu käsin kaatamalla laatikon sisältö jätekonttiin tai jätelaatikkoon. Ergonomia on kriittisesti huomioitava tekijä uuden laitteen suunnittelussa, tuki- ja liikuntaelinsairauksien ehkäisemiseksi.

Raskaasta työstä johtuva kuormitus lisää tuki- ja liikuntaelinsairauksien vaaraa. Riskit liittyvät raskaiden taakkojen nostamiseen ja siirtämiseen. Joka neljäs työtapaturma sattuu nostamisen ja siirtämisen yhteydessä. Suomessa yleisin sairauspoissaolojen syy on tuki- ja liikuntaelinsairaudet. Raskas työ voi myös aiheuttaa vahingollista kuormitusta hegitys- ja verenkiertoelimistölle. (Työterveyslaitos 2019.)

Lainsäädännössä ei ole määritelty käsin nostettavan taakan painolle kilorajoja. Taakkojen käsittelyn aiheuttamat riskit tulee arvioida kokonaisuutena, koska paino on vain yksi tekijä. Ylikuormittumiseen vaikuttavat muun muassa: taakan muoto ja paino, taakasta saatavan otteen pitävyys, taakan sijainti suhteessa var-

taloon, vartalon asento käsittelyn aikana, toistojen ja nostojen määrä, siirtomatkan pituus, työympäristö sekä työntekijän henkilökohtaiset ominaisuudet. (Työsuojelu 2019.)

Raskaiden taakkojen nostot ja siirrot käsin ovat tänä päivänäkin arkipäivää monilla työpaikoilla, esimerkiksi teollisuudessa, rakennusallalla, logistiikassa, kaupan alalla, maataloudessa ja hoitoalalla. Raskas fyysinen työ on usein osasyynä ennenaikaiseen eläköitymiseen. Taakkojen käsittelystä saattaa aiheutua myös tapaturmia (Kuva 1). (Työsuojelu 2019.)



Kuva 1. Käsin tehtävissä nostoissa esiintyvien kuorimitus- ja vaaratekijöiden syitä. (Työsuojelu 2019.)

5 KIPPIKONTIN SUUNNITTELUPROSESSI

5.1 Esitutkimus

Esitutkimuksessa selvitetään, mikä on tarve tuotteelle ja mikä on sen tarkoitus. Laitteen tulee kerätä levytyökeskuksen jätekuljettimelta tulevat jätetalat ja siirtää ne ulko- tai sisätiloissa oleviin jätelavoihin kustannustehokkaasti ja nopeasti. Tuotteen tulee olla toimiva mahdollisimman pitkään ja olla turvallinen. Tuote pitää olla helposti monistettavissa tuotannossa tai järjestelmän tulee kattaa kaikki tehtaan levytyökeskukset.

Tuotteen esitutkimuksessa selvitetään, mitä tuote saa tehdä ja mitä se ei saa tehdä. Tämän tiedon mukaan tehdään tuotteelle vaatimuslista, jonka mukaan aletaan kartoittamaan tuotteen ominaisuuksia.

Kippikontin suunnittelussa huomioidaan konedirektiivi 2006/42/EY, joka tuli voimaan vuoden 2010 alusta. Tätä direktiiviä sovelletaan muun muassa koneisiin, nostoapuvälineisiin ja ketjuihin, köysiin ja vöihin. Kippikontti määritellään nostoapuvälineeksi, koska se on nostolaitteen ja kuorman välissä. Kuorma on kiinnitettynä kippikonttiin ja kippikonttiin tartutaan nostolaitteella, eli trukin piikeillä. (Toptrade 2019.)

Tuotteen elinkaareksi määritetään noin 20 000 nostokertaa, tämän rajan alittuessa laitteen suunnittelussa ei tarvitse suorittaa väsymislujouden tarkastelua.

Konedirektiiviä 2006/42/EY vastaa Suomessa Koneasetus 400/2008. Tämän mukaan nostoapuväline on merkittävä CE-merkillä, osoittaakseen sen täyttävän direktiivin määräykset. CE-merkki vaaditaan myös itse valmistettuihin omaan käyttöön tarkoitettuihin nostoapuvälineisiin. Itse tehtyihin välineisiin on laadittava tekninen rakennetiedosto piirustuksineen, lujuuslaskelmineen sekä tarvittavine testeineen. Lisäksi vaaditaan tuotteelle käyttöohjeet. Varmuuskertoimet on määriteltävä seuraavasti: nostoketjuissa kerroin on neljä, teräsköysirakseissa kerroin on viisi, keinokuituvöissä ja rakseissa kerroin on seitsemän sekä muissa metallisissa välineissä varmuuskerroin on neljä. (Toptrade 2019.)

5.2 Luonnostelu

Tuotteen luonnostelu alkoi vaatimuslistan tarkastelulla. Tuotteelle haettiin ominaisuuksia, joista koottiin ensimmäinen versio tuotteesta. Tuote saa tässä vaiheessa paljon vaikutteita isoilta kippikonteilta, joihin levytyökeskuksen jäterangat kerätään. Kippausmekanismilla varustettu kontti, josta saa trukin piikeillä otteen, on hyväksi todettu ergonominen ratkaisu. Markkinoilta löytyy monenlaisia kippikontteja, kuitenkin ei vaatimuksia täyttävää. Laitteelta vaadittuja seikkoja on: noin 80 litran tilavuus, kippausmekanismi, trukilla nostettava, helposti liikuteltava, helppo ja yksinkertainen käyttää, turvallinen, kestävä ja korroosion kestävä, monistettavissa tuotantoon, yksinkertainen ja kustannustehokas valmistus, kriittiset mitat, lakien ja säädösten mukainen.

Kippikonttikonseptiin päädytään sen helppouden, yksinkertaisuuden, turvallisuuden ja kustannustehokkuuden takia. Vaihtoehtona on myös esimerkiksi suunnitella yksi suuri kuljetin, joka kattaa kaikki tuotannon levytyökeskukset. Kuljetin kulkisi katon rajassa, johon jokaiselta levytyökeskukselta yhdistyy kuljetin, joka vie jätetaloja ylöspäin. Laittekokonaisuus on monimutkainen ja kallis, mutta se säästää työaikaa operaattoreilta. Samoilla levytyökeskuksilla ajetaan monia erilaisia materiaaleja, jotka kierrätetään omiin säiliöihinsä. Täten jokaiselle materiaalille pitäisi olla oma erillinen kuljetin, joten tämä konsepti on lähes mahdotonta toteuttaa järkevästi.

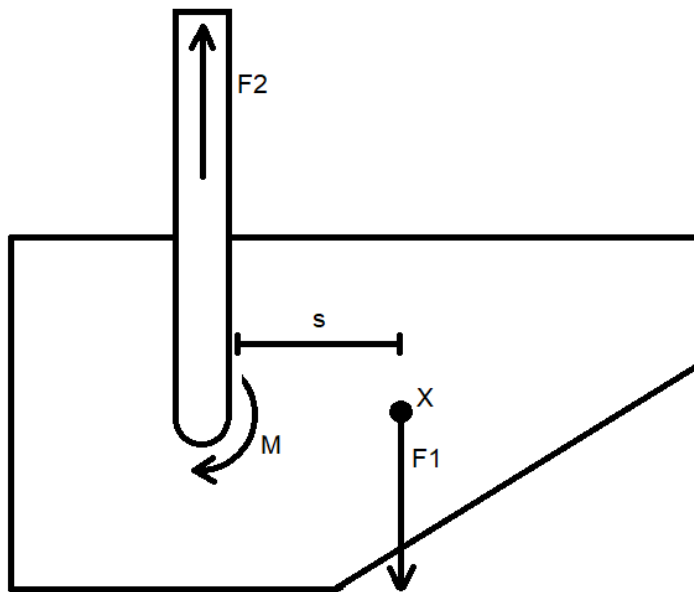
Laitteelta vaaditaan erilaisia toimintoja tietyssä järjestyksessä. Laite asetetaan käsin työntämällä kuljettimen alle, laite kerää kuorman, laite siirretään käsin vetämällä kuljettimen alta paikkaan, josta se voidaan turvallisesti nostaa trukin piikeillä kyytiin, laite täytyy olla lukittuna tässä vaiheessa. Trukki kuljettaa laitteen määrättyyn paikkaan, esimerkiksi jätelavalle. Trukki nostaa laitteen jätelavan päälle, kuski astuu ulos trukista ja deaktivoi laitteen lukituksen. Lukituksen vapautuessa laite tekee kippaustoiminnon ja kuorma kaatuu hallitusti alla olevaan jätelavaan. Tyhjä laite lasketaan maahan kontin viereen, jotta se lukittautuu tai

lukitaan uudelleen. Lukittautumisen jälkeen laite on lepoasennossa, joten se vietään trukilla paikkansa läheisyyteen ja lasketaan maahan. Maahan laskun jälkeen laite työnnetään käsin levytyökeskuksen kuljettimen alle.

Tuotteen kokorajoitukset tuovat haasteensa ensimmäiseen konseptiin. Tuotteen, tässä luonnostelmassa kontin, on mahdollista levytyökeskuksen jätekuljettimen alle. Suurissa kippikonteissa trukin piikeille tarkoitetut nostopaikat ovat pohjan alla. Mahdollisimman matalassa kontissa pohjasta nostaminen on hankalaa, joten sijoitetaan nostopaikka trukin piikkejä varten kontin yläpuolelle. Päältä nostettavan kontin kippaustoiminta poikkeaa pohjasta nostettavasta. Pohjasta nostettava kontti kaatuu hallitusti raiteitaan pitkin lukitusmekanismin deaktivoituessa kippausprosessissa (Kuva 2). Päältä nostettava kontti pyörähtää lukituksen vapautuessa kontin painopisteen x ja pyörähdysakselin välisen momentin (Kuva 3) vaikutuksesta kipatakseen kuorman. Tästä aiheutuu vaatimuksia kippaussysteemin lukitusmekanismille.



Kuva 2. Pohjasta nostettavan kippikontin toiminta. (Satateräs 2018.)



Kuva 3. Päältä nostettavan kontin vapaakappalekuva kippaustilanteessa.

Lukitusmekanismin tulee estää kontin kippaus sen ollessa aktivoituna. Päältä nostettavan kontin tapauksessa lukitusmekanismin tulee estää kontin pyörähdys akselinsa ympäri. Päältä nostettavassa kontissa nostoa varten tarkoitettu rima kiinnitetään kontin kyljissä oleviin kiinnikkeisiin, joissa kontin on mahdollista pyörähtää. Rimän kiinnitys on paikoitettava siten, että kontin täyteen lastatun sisällön painopiste on pyörähdysakselin etupuolella kippaussuunnan mukaisesti. Painopiste aiheuttaa momentin pyörähdysakseliin. Lukitusmekanismi sijoitetaan rimän ja kontin väliin pyörähdysakselin vertikaaliselle linjalle.

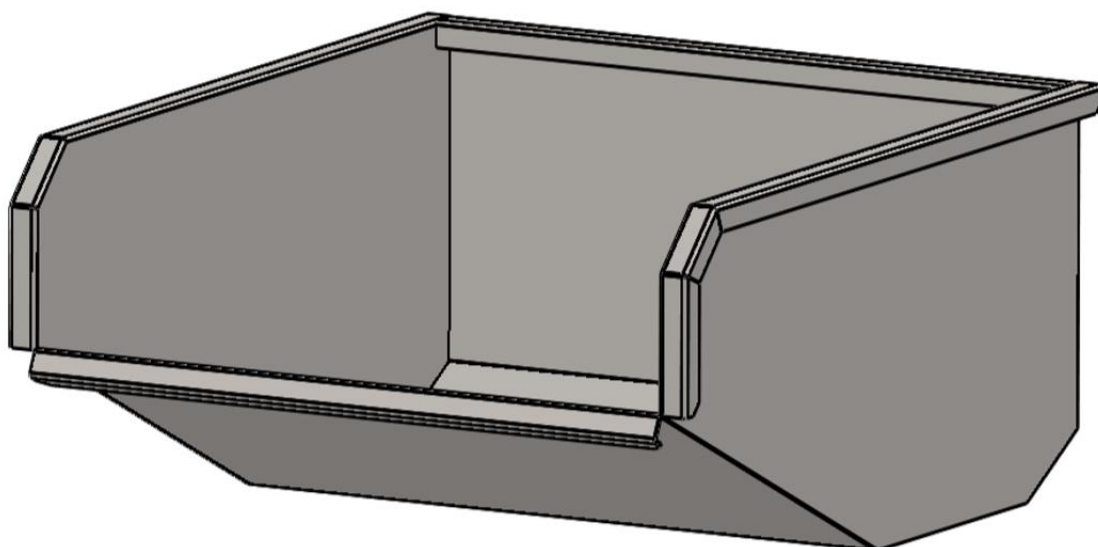
Kontin muotoilu toteutetaan kippaussysteemin vaatimalla tavalla jo markkinoilla olevien kippikonttien muotoilua mukaillen. Täyden kontin painopiste sijoitetaan tarkoituksen mukaiseen kohtaan pyörähdysakseli ja pyörien sijoituspaikat huomioiden ottaen. Painopisteen ja pyörähdysakselin väliin lasketaan sopiva matka, tarkoituksena optimoida lukitusmekanismiin kohdistuvat voimat mahdollisimman pieniksi kontin ollessa ylös nostettuna. Kontin reunat muotoillaan pyöreiksi, jotta konttia on turvallista siirtää ja käyttää käsin.

Helppoon liikuteltavuuteen perehtyessä huomataan, että monissa suurissa kippi-konteissa käytetään teollisuuspyöriä joko pohjan alla tai kiinnitettynä kontin sivustaan. Tämän tapauksen kontissa etulaidan korkeus on kriittinen tekijä, joten pyörät tulee sijoittaa sivustaan. Konttiin tulee neljä pyörää ja ne on sijoitettava siten, että koko konttisysteemin painopiste on keskellä pyörien muodostamaa neliliötä. Tällä tavalla sijoittaessa jokaiselle pyörälle jakautuu saman suuruinen rasitus kontin ollessa maatasossa, ja myös tasapaino säilyy vakaana.

Kontin luonnostelussa huomioidaan vahvasti myös kontin valmistettavuus. Kontti valmistetaan Seger Oy:n omissa tuotantotiloissa ohutlevystä. Yksittäisiä osia voidaan tilata valmiina. DFMA-menetelmän avulla suunnitellaan laitteen valmistettavuutta ja varmistetaan tuotteen valmistuksen onnistuminen yrityksen omilla tuotantolaitteilla. Työvaiheet ovat pääpiirteittäin levynleikkaus, särmäys, hitsaus ja kokoonpano.

5.2.1 Laitteen tilavuus

Vaatimuslistan mukaisesti kontin tilavuudeksi määritetään noin 80 litraa. Luonnostelmavaiheen kontin (Kuva 4) teoreettinen tilavuus on 100 litraa. Teoreettinen tilavuus on laskettu kontin seinämien pinta-alan avulla. Tämä tilavuus ei kuitenkaan ole validi, koska vaatimuslista määrittää etuseinämien korkeuden matalammaksi kuin muiden seinämien. Käytännön tilavuus mitataan nesteiden avulla. Tilavuudeksi saadaan noin 50 litraa. Kontin tilavuus on suurempi kiinteille aineille kuin nesteille. Jätepalat kasaantuvat konttiin, joten arvioidaan jätepalakapasiteetiksi noin 70 litraa.



Kuva 4. Luonnosteluvaiheen kontti.

5.2.2 Nostoapuvälineen kantavuus

Nostoapuväline määritellään komponentiksi tai laitteeksi, joka ei ole nostovälineessä pysyvästi kiinni. Nostoapuväline on sijoitettu nostovälineen ja kuorman väliin, tai se on kiinnitetty nostettavaan kuormaan. (Koneasetus 2009.)

Nostoapuvälineitä on standardisoitu laajasti valmistuksen, materiaalien, suunnittelun, testauksen ja turvallisuuden suhteen. Väärin suunniteltu tai viallinen nostoapuväline voi aiheuttaa suuria henkilö- tai omaisuusvahinkoja. Nostoapuvälineitä koskee konedirektiivi 98/37/EY. (Suomen standardisoimisliitto 2019.)

Kontti on jätepalakapasiteetiltaan noin 70 litraa. Seger Oy:n käytössä olevista materiaaleista kupari on painavinta. Kuparin tiheys on $8,96 \text{ g/cm}^3$. Kontin sisällön teoreettinen massa kiinteällä kuparilla on noin 1000 kg. Seger Oy:llä jätekupari toimitetaan erilliseen sisätiloissa sijaitsevaan jäteastiaan. Yritykseltä saadun informaation mukaan kuutio jätekuparia painaa käytännössä noin 3000 kg. Tämän tiedon pohjalta lasketaan kontin kantavuudeksi 210 kg. Varmuuskerroin mukaan laskettuna kontin sisällön massaksi saadaan noin 350–400 kg. Kontin sisällön painopiste määritettiin Solidworksillä 3D-mallinnuksesta. Täytenä olevan kontin

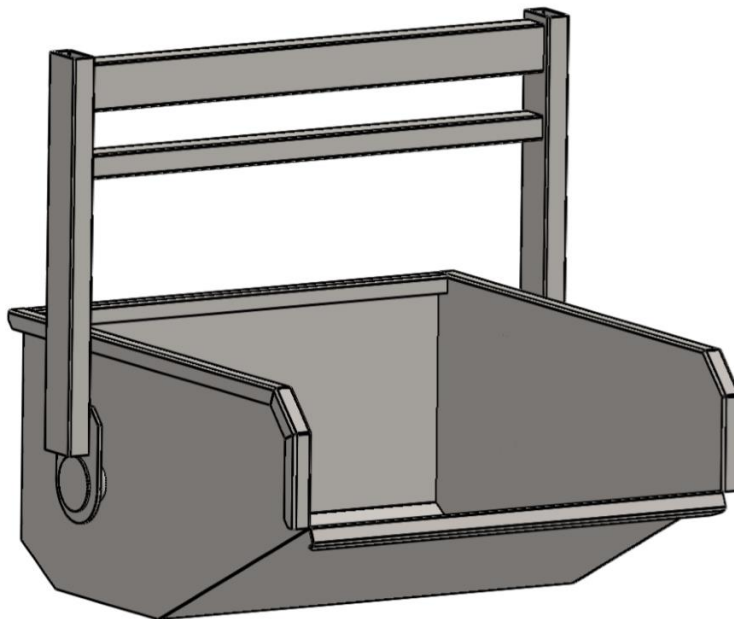
sisällön painopiste x sijaitsee pyörähdysakselista matkan s päässä (Kuva 3) XYZ-koordinaatistossa. X :n arvo on -182,83 millimetriä, Y :n arvo on 122,38 millimetriä ja Z :n arvo on 297,50 millimetriä origosta mitattuna. Painopisteen sijaintia hyödynnetään lujuuslaskuissa voimien optimoinnissa.

5.3 Kehitysvaihe

5.3.1 Rakennesuunnittelu

Kontti valmistetaan ohutlevystä ja nostorima valmistetaan neliöputkesta, joka liitetään akselin avulla kontin kylkiin kiinni (Kuva 5). Nostorima suunnitellaan mahdollisimman yksinkertaiseksi ja helposti valmistettavaksi. Esimerkiksi vaihtoehtona on sijoittaa nostoriman alaosaan kiinnitettävä levy nostoriman keskilinjalle, mutta siihen vaikuttavat voimat tulevat olemaan todennäköisesti niin pieniä, että sivuun kiinnitys on toimivampi ratkaisu.

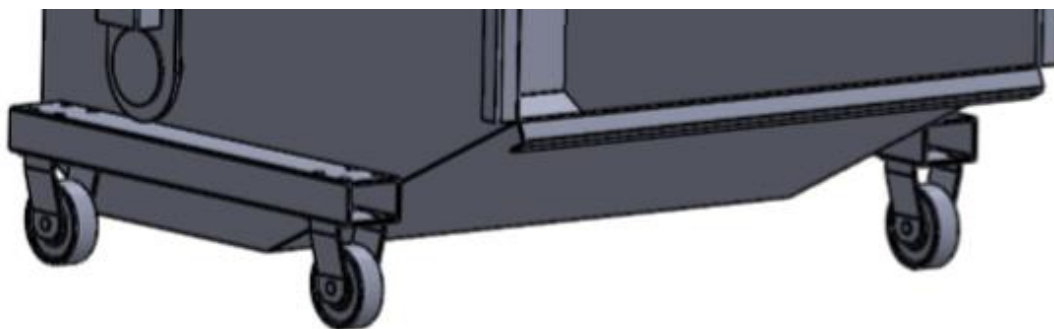
Nostoriman kiinnitysakseleiden päähän liitetään levyt, jotka estävät nostoriman liian suuren sivuttaisliikkeen. Kiinnitysakseli on onttoa pyörötankoa.



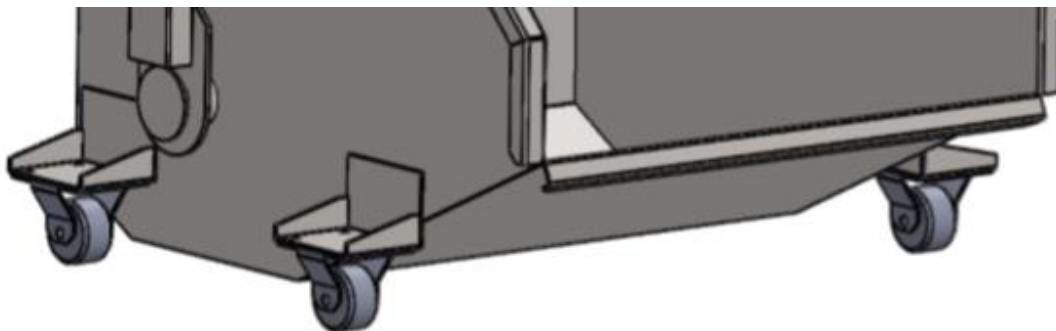
Kuva 5. Nostorima kiinnittetynä konttiin.

Trukin piikit asetetaan nostoriman vaakakomponenttien väliin. Alemman vaakakomponentin tarkoitus on estää laitteen heilahdus kippaustilanteessa. Horisontaalisesti sijoitettujen komponenttien välimatka on 55 mm, trukin piikin paksuuden ollessa 40–50 mm.

Teollisuuspyörien kiinnitykselle luodaan kaksi konseptia. Pyörät voidaan kiinnittää neliöputkeen (Kuva 6) tai pyörille voidaan valmistaa ohutlevystä leikkaamalla ja särmäämällä erilliset kiinnikkeet (Kuva 7). Molemmissa konsepteissa pyörät kiinnitetään kiinnikkeisiin pulteilla ja muttereilla, kiinnikkeet kiinnitetään kontin seinämiin hitsaamalla. Valitaan kiinnikkeiksi ohutlevyaihioista särmätyt erilliset kiinnikkeet. Erilliset kiinnikkeet vaativat vähemmän hitsisaumaa ja neliöputken sijoittelu kontin seinämään on hankalaa pyörien vaatiman leveyden takia. Vaihtoehtona on myös pyörien kiinnitys sivuun tehtävään upotukseen kontin alle. Kontin pohjan muotoa muokattaisiin niin, että pyörät mahtuvat kontin alle etulaidan ollessa edelleen määritetyllä korkeudella. Kyseinen kiinnitystapa ei vaadi hitsisaumaa, eikä aiheuta momenttirasitusta kontin sivulevyyn. Tällä tavalla pyöriä ei voi sijoittaa symmetrisesti kuorman painopisteeseen nähden. Pohjan muoto upotuksien takia ei ole ihanteellinen kippikontille.



Kuva 6. Teollisuuspyörien kiinnitys neliöputkeen.



Kuva 7. Teollisuuspyörien kiinnitys ohutlevyaihioista särmämällä valmistettaviin kiinnikkeisiin.

Nostoriman liike rajoitetaan rajoittimilla. Rajoittimet on yksinkertaisinta valmistaa 20mm paksusta lattaraudasta. Rajoittimet sijoitetaan molemmille puolille rajoittamaan nostoriman taaksepäin sekä eteenpäin suuntautuvaa liikettä. Taaksepäin suuntautuva liike rajoitetaan noin 160°:seen tilateknisistä syistä ja eteenpäin suuntautuva liike rajoitetaan noin 80°:seen, joka määräytyy lukitusmekanismin mukaan.

5.3.2 Liitostekniikka

Komponentit liitetään toisiinsa kiinni pienahitsisaumalla. Teollisuuspyörät kiinnitetään kiinnikkeisiinsä pultein ja mutterein. Yksi pyörä kiinnitetään pyörän valinnasta riippuen neljällä M8 tai M10 pultilla ja mutterilla. Pienahitsisaumille laskeaan a-mitat Lujuuslaskelmat-osiossa. Pulttiliitosten käyttäminen suuremmissa määrin on myös mahdollista, mutta osia ei ole tarkoitus irroittaa liitoksen jälkeen.

5.3.3 Lujuuslaskelmat

Lujuuslaskelmat lasketaan käsin ja tietokoneohjelmia apuna käyttäen. Komponenttien rasitussimuloinnit suoritetaan Solidworksillä käyttäen 3D-malleja.

Staattisesti rasitetun nostoriman varmuuskertoimena lujuuslaskelmissa käytetään konedirektiivi 2006/42/EY:n mukaisesti arvoa neljä.

Tilavuudet laskuihin on saatu 3D-mallinnuksesta, jossa kuorma on mallinnettu kiinteäksi. Oletetaan jätepalojen kasaantuvan suunnilleen tasaisesti.

Tarkka sijainti nostoriman kiinnitykselle määritetään täyden kontin sisällön painopistettä hyödyntäen. Nostoriman kiinnityspaikka määritetään sopivaan kohtaan kontin sisällön painopisteen luoman momentin mukaisesti. Nostoriman kiinnitykselille kohdistuva momentti luo leikkausvoiman lukitusmekanismiin. Painopisteen avulla lasketaan myös teollisuuspyörille tarkat sijainnit voimien tasoittamiseksi.

Kontin kuorman aiheuttama momentti nostoriman kiinnityskohdan akseliin lasketaan jakamalla sisältö kahteen osaan kiinnityskohdan akselin ollessa rajaava tekijä. Molemmista osista määritetään painopisteet sekä massat tilavuuksien avulla. Lasketaan molemmille momentit painopisteen ja kiinnityskohdan akselin välisen matkan mukaan. Etuosan painopisteen luoma momentti M_1 on 100,3 Nm ja takaosan luoma momentti M_2 on 59,3 Nm, joten laitteen kippaava kokonaismomentti on M_1 :n mukainen ja arvoltaan 41 Nm.

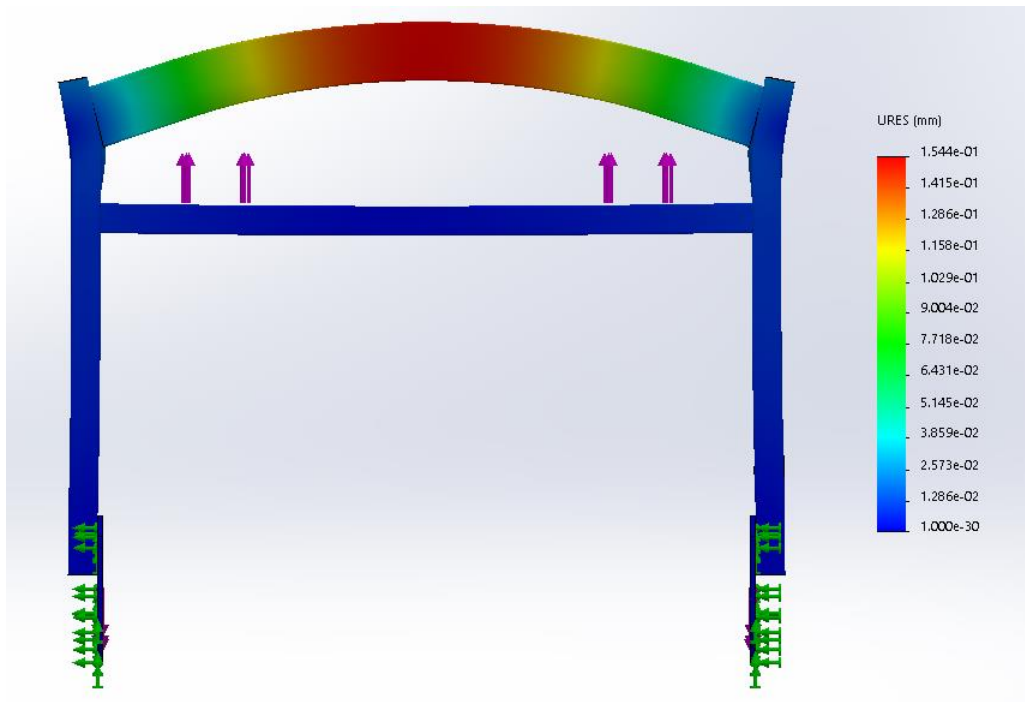
Lukitusmekanismin luonnostelmassa kontin pitää paikallaan 20 mm pyörötappi, johon kohdistuu kokonaismomentin mukaan leikkausvoima F_1 , joka saadaan jakamalla kokonaismomentti akselin ja pyörötappin keskiakselin välisellä matkalla. Leikkausvoimaksi F_1 saadaan 292,85 N. Pyörötappin leikkausjäännitykseksi lasketaan 20 mm halkaisijalla noin 1 MPa.

Lukitustappiin kohdistuu leikkausvoima F_1 ja metalli vastaan metallin lepokitkerroin on yleisesti 0,15. Tämän tuloksena lukitustappia vedetään ulos 4,5 kilogramman voimalla jotta se liikkuu. Kontin kuorman jakautuessa etupainoisesti lukitustappia vedetään käsin noin 5-6 kilogramman voimalla.

Kontin lukituksen yhdenpuolisuuden takia lasketaan kontin kiertymä täydellä kuormalla. Sisällön painon rasitus ei kuitenkaan käytännössä vaikuta konttiin kiertymänä, koska voimat ovat pieniä.

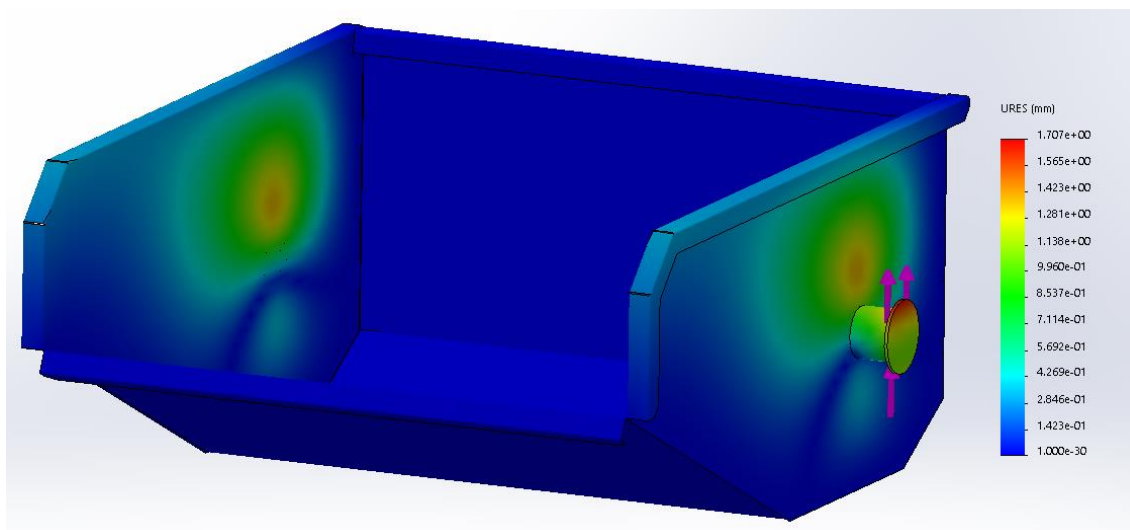
Nostoriman vertikaalisille komponenteille, neliöputkille, lasketaan normaalijännitys Hooken lain mukaan. Lasketaan normaalijännitys seinämäpaksuudella 3 mm.

Arvioidaan kontin massaksi noin 20 kg, joten kontin paino täydessä kuormassa on noin 400 kg. Pystysuuntaisia neliöputkia on kaksi, joten yhden komponentin normaalijännitys varmuuskerroin mukaan luettuna on 15,9 MPa. Nostoriman rasitus simuloidaan Solidworks-ohjelmistolla (Kuva 8). Nostoriman kiinnitystappeihin kohdistuva leikkausvoima on 2000 N, leikkausjännitys on varmuuskertoimen kanssa 11,3 MPa.



Kuva 8. Solidworks simulaatio nostoriman staattisen rasituksen aiheuttamalle siirtymälle S355J2 materiaalilla, seinämämäpaksuudella 3mm.

Nostoriman akselien kontin kylkiin vaikuttaman momentin rasituksen siirtymä nostotilanteessa (Kuva 9) lasketaan nostovoimalla 4000 N. Nostoakseliin kohdistuva nostovoima aiheuttaa momentin kontin kylkiin. Kuvassa näkyvä nostoriman akselin pään punaisen alueen siirtymä on 1,7 mm ylöspäin materiaalin ollessa 3 mm paksua ja myötölujuudeltaan 220 MPa.



Kuva 9. Nostoriman akselien kontin kylkiin vaikuttaman momentin rasituksen siirtymä nostotilanteessa levyn paksuuden ollessa 3 millimetriä ja myötölujuus 220 MPa.

Hitsisaumoille sopiva a-mitta on 3 mm. Esimerkiksi nostoriman kiinnitystappien ja kontin seinämän väliselle hitsisaumalle tulee leikkausvoimaksi 2000 N. 3 mm a-mitalla leikkausjännitys on varmuuskertoimella 23 MPa.

Teollisuuspyörien kiinnityksen momentti kontin seinämään lasketaan yhteen pyörään kohdistuvan rasituksen avulla. Arvioidaan yhden pyörän rasitukseksi 1000 N pyörien ollessa sijoitettuna symmetrisesti kuorman painopisteeseen nähden. Pyörän kiinnikkeen kontin kylkeen kiinnitetyn osan pinta-ala on 7612 mm². Kontin kylkeen aiheutuva momentti M1 on 47,5 Nm.

5.3.4 Materiaalinvalinta

Materiaalivalinnat tehdään lujuuslaskelmien ja valmistettavuuden ehdoilla. Nostoriman neliöputken materiaali valitaan rakenneterästen S235 ja S355 väliltä. Lujuuslaskelmien perusteella materiaaliksi valikoituu S355. S355J2H on neliöputkelle yleinen materiaali ja sen myötölujuus on 355 MPa, joten se on sopiva materiaali nostoriman neliöputkille. Kippikonttiin kuuluvat pyörötangot ovat materiaaliltaan myös S355 rakenneterästä.

Konttiin käytetään materiaalina sähkösinkittyä 3 mm paksua levyä dx54 275zn, 275 arvon ollessa sinkin paksuus levyssä, 275g/neliö ja myötölujuuden ollessa 220 MPa. Kyseistä levyä löytyy yrityksen varastosta ja se on sopiva materiaali kontille. Teollisuuspyörien kiinnikkeet valmistetaan samasta levystä valmistusteknisistä syistä.

5.3.5 Komponenttien valinta

Vaatimuksia teollisuuspyörille on riittävä rasituksen ja kulumisen kesto sekä kokonaiskorkeus. Laitteen kokonaispaino on täydellä kuormalla noin 350–400 kg. Pyöriä on neljä, joten suurin rasitus yhdelle pyörälle on noin 100 kg, eli noin 1000 N. Maksimikorkeus teollisuuspyörälle on 100 mm. Helpon liikultetavuuden takaamiseksi asennetaan takapyöräksi kääntyvät kääntöpyörät.

Valitaan sopiviksi teollisuuspyöriksi Blicklen katalogista kääntöpyöräksi L-GSPO 60K ja kiintopyöräksi B-GSPO 60K. Pyörä kestää rasitusta 200 kilogramman massan. Pyörän halkaisija on 60 mm ja sen kokonaiskorkeus on 80 mm. Pyörässä on kuulalaakeri ja sen juoksupinta on korkealaatuista ja murtolujaa valupolyamidia. (Blickle 2018.)

5.3.6 Lukitusmekanismi

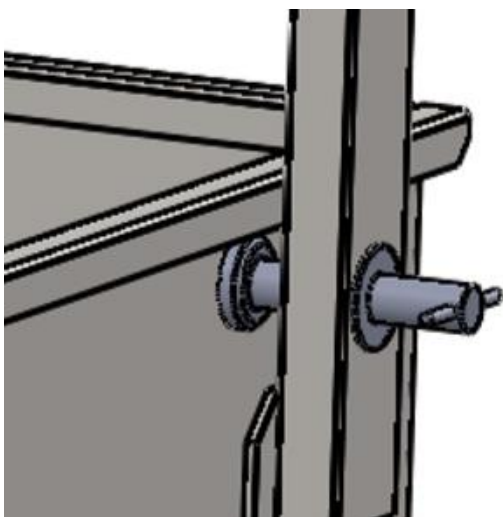
Lukitusmekanismi sijoitetaan nostoriman ja kontin väliin vertikaaliselle linjalle. Systeemi kiinnitetään liikkumattomaan osaan, nostorimaan. Mekanismin tarkoitus on estää kontin pyörähdys akselinsa ympäri lukituksen ollessa aktivoituna. Lukitusmekanismi tulee olla mahdollisimman yksinkertainen rakenteeltaan, helppo ja turvallinen käyttää sekä kestävä.

Lukitusmekanismin voi toteuttaa monella tavalla, esimerkiksi pyörähdyksen estävällä tapilla (Kuva 10), joka palautuu lukitusasentoon jousen avulla (Kuva 11). Jousi tulee olla jämäkkä, mutta kuitenkin käsin puristettavissa oleva. Lukitusmekanismi deaktivoidaan käsin operoimalla vetämällä pyörötappi lukitusreiästään

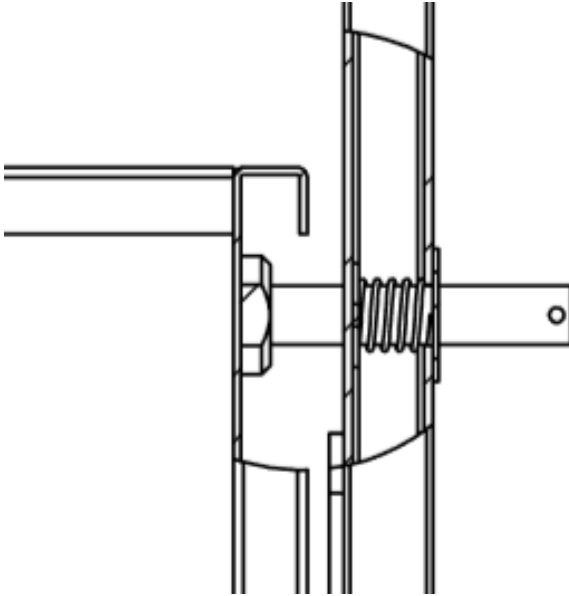
ulos. Lukitusmekanismi palautuu automaattisesti lukitusasentoon jousen avulla kontin palautuessa lukitusasentoon.

Neliöputken sisään asennetaan jousi, joka pysyy paikallaan tappiin kiinnitetyn holkin avulla. Neliöputken porattu asennusreikä on suurempi kuin toisella puolella oleva reikä. Asennusreiän halkaisija on 1–2 mm suurempi kuin pyörötappiin kiinnitetty holkki. Asennusreikä suljetaan ulkohalkaisijaltaan 45 mm ja sisähalkaisijaltaan 21 mm olevalla holkilla, joka hitsataan neliöputkeen kiinni.

Lukitusmekanismi suunnitellaan erityisesti turvallisuuden kannalta, koska se voi helposti aiheuttaa vaaratilanteita, esimerkiksi sormet voivat jäädä puristuksiin liikkuvien komponenttien väliin. Ulosvedettävä tappi on turvallinen vaihtoehto, koska sitä ohjataan manuaalisesti liikkuvien osien vaikuttavan alueen ulkopuolelta. Jousen avulla lukitusasentoon palautuminen on myös tärkeää turvallisuuden kannalta. Tällöin inhimillinen virhe ei vaikuta kontin asettamiseen lukitusasentoon, joten kontin lukitsematta jättäminen ei aiheuta vaaratilanteita. Lukitusmekanismi on sijoitettu samalle puolelle kuin trukin poistumisovi, parantaakseen turvallisuutta ja käytön tehokkuutta.



Kuva 10. Lukitusmekanismin tappi.



Kuva 11. Leikkauskuva lukitusmekanismin rakenteesta.

5.3.7 Valmistettavuus

Tuotantovaiheet suunnitellaan DFMA-menetelmän avulla. Menetelmä vähentää valmistuskuluja ja lyhentää tuotannon läpimenoaikaa valmistusprosessin yksinkertaisuuden ja ylimääräisten valmistusvaiheiden karsimisen vaikutuksesta.

Kippikonttien tuotantokapasiteetti on suunnilleen 10–20 kappaletta. Ohutlevyosat, joihin kuuluu kontin osat, lukitusmekanismin holkit ja nostoriman kiinnitysakselin päätylevy leikataan sähkösinkitystä levystä levytyökeskuksella piirustusten levityskuvien mukaisesti. Levityskuvat nestataan CAM-ohjelmassa valmiiksi levytyökeskuksen ohjelmaksi. Leikkauksen jälkeen holkit ja päätylevyt ovat valmiita. Kontin aihiot särmätään muotoonsa piirustusten särmäysohjeiden mukaisesti.

Neliöputket tilataan toimittajalta ja ne leikataan piirustusten mittojen mukaisiksi. Valmistusohjeiden mukaan kippikontti kokoonpannaan ja hitsataan valmiiksi valmistusohjeiden mukaisella tavalla.

5.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa kokoonpano täydennetään lopullisilla kuvauksilla koskien yksittäisten osien muotoa, mitoitusta ja materiaaleja. Harkitaan lopulliset valmistusmahdollisuudet ja valmistuskustannukset, laaditaan lopulliset piirustukset, osaluettelot ja työohjeet.

Viimeistelyvaiheessa laitteen valmistusmahdollisuuksiin ei muodostu muutoksia. Komponenttien ja materiaalien vaihtamiselle kustannussyistä ei ole perusteita. Valmistusvaiheita karsitaan mahdollisimman paljon ja kokoonpanojärjestys suunnitellaan tarkasti työohjeisiin. Viimeistellyt piirustukset mittoineen, osaluetteloi-neen ja hitsausmerkintöineen ovat valmiita. Kippikontti maalataan sinisellä työkalumaalilla. Pinnankarheuden määrittäminen ei ole relevanttia.

Laitteen pääosien 3D-mallien kokoonpanosta tehdään räjäytyskuva opinnäyte-työn liitteeksi. Viimeistellystä kokoonpanon 3D-mallista tehdään renderöimällä esittelykuva (Kuva 12). Mallissa siniseksi on maalattu kaikki muut komponentit kuin valmiiksi pintakäsitellyt teollisuuspyörät ja lukitusmekanismiin liittyvät komponentit.



Kuva 12. Renderöity kuva kippikontin kokoonpanosta.

6 SUUNNITTELUN TULOSTEN ANALYYSI

6.1 Suunnittelun tulokset

Laitteen suunnittelun tuloksena saadaan räätälöity tehokas, turvallinen, ergonominen ja kustannustehokas ratkaisu jättepalojen lajittelulogistiikkaan. Valmistusteknisen suunnittelun tuloksena laite voidaan valmistaa mahdollisimman vähillä työvaiheilla ja mahdollisimman vähän materiaalia käyttäen.

6.2 Laitteen kustannukset

Itse laitteen kustannukset lasketaan vain materiaalikuluina, koska laite valmistetaan muun tuotannon lomassa ja valmistuskustannukset ovat suunnilleen kiinteät. Valmistuskustannuksiin voidaan vaikuttaa karsimalla ja yksinkertaistamalla työvaiheita.

Materiaalivalinnoilla säästetään ajassa ja kustannuksissa käyttämällä yrityksen varastosta löytyviä materiaaleja mahdollisuuksien mukaan. Rakenneteräkset pitää tilata toimittajalta. S355 rakenneteräs on yleistä ja halpaa, neliöputki kyseistä materiaalia maksaa 2–3 € kilogrammalta (alv 0 %). Kontin ja pyörien kiinnikkeiden materiaalina käytettävä dx54 275zn teräslevy maksaa noin 0,90 € kilogrammalta (alv 0 %).

7 LAITTEEN TURVALLISUUS

Kippikontin suunnittelussa otetaan huomioon konedirektiivi 2006/42/EY. Tätä direktiiviä sovelletaan muun muassa nostoapuvälineisiin. Kippikontti määritellään nostoapuvälineeksi, koska se on nostolaitteen ja kuorman välissä. Kuorma on kiinnitetty kippikonttiin ja kippikonttiin tartutaan nostolaitteella, eli trukin pii-keillä. (Toptrade 2019.)

CE -merkintä vaaditaan nostoapuvälineeseen, koska se vakuuttaa laitteen olevan luotettava, turvallinen käyttää ja täyttävän vaaditut kriteerit. Konedirektiiviä 2006/42/EY vastaa Suomessa Koneasetus 400/2008. Tämän mukaan nostoapuväline on merkittävä CE -merkillä, osoittaakseen sen täyttävän direktiivin määräykset. CE -merkki vaaditaan myös itse valmistettuihin omaan käyttöön tarkoitettuihin nostoapuvälineisiin. Itse tehtyihin välineisiin on laadittava tekninen rakennetiedosto piirustuksineen, lujuuslaskelmineen sekä tarvittavine testeineen. Lisäksi vaaditaan tuotteelle käyttöohjeet. Varmuuskertoimet on määritelty seuraavasti: nostoketjuissa kerroin on neljä, teräsköysirakseissa kerroin on viisi, keinokuituvöissä ja rakseissa kerroin on seitsemän sekä muissa metallisissa välineissä varmuuskerroin on neljä. (Toptrade 2019.)

7.1 Kippikontin turvallisuus

Kippikontin suunnittelussa tuotantoympäristöön tulee turvallisuus olla tärkeässä osassa. Terävät reunat ja liikkuvat osat saattavat aiheuttaa vaaratilanteita. Kontin reunat särmätään ja kaikki mahdolliset reunat pyöristetään. Mahdolliset vivut asetetaan liikkuvien osien liikeratojen ulkopuolelle, liikkuvat osat rajoitetaan minimiin ja liikkuvien osien väliin määritetään sopiva väli saksiefektin poissulkemiseksi. Sopivasti määritetty väli voi pelastaa esimerkiksi sormen katkeamiselta sen joutuessa kontin ja nostoriman väliin kippaustilanteessa. Kippaustilanteessa konttiin ei tule koskea lukitusmekanismin vapauttamisen jälkeen.

7.2 Varmuuskerroin

Laitteen suunnittelussa pitää varmuuskerroin ottaa huomioon. Varmuuskertoimella ehkäistään laitteen rikkoutumista ja siitä aiheutuvia vaaratilanteita. Nostoapuvälinettä suunnitellessa käytetään yleisesti varmuuskertoimena arvoa 4.

7.3 CE-merkintä

CE-merkintä (Kuva 13) on vakuus siitä, että laite täyttää kaikki sitä koskevat direktiivit ja määräykset. Merkintä on oltava tuotteessa, jos tuotetta koskeva direktiivi vaatii niin. Merkinnän tarkoitus on helpottaa tavaran liikkumista Euroopan Unionin alueella. CE-merkintä vaaditaan myös, jos laitetta myydään ETA-alueella. (Suomen standardisoimisliitto 2019.)

Nostoapuväline on CE-hyväksyntäkelpoinen, jos se täyttää konedirektiivin vaatimukset ja sille on laadittu CE-hyväksynnän edellyttämä dokumentaatio. Dokumentaatioon sisältyy muun muassa riskianalyysi sekä käyttö-, huolto- ja tarkastusohje.



Kuva 13. CE-merkintä. (Innover 2019.)

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella nykyaikainen laite levytyökeskuksen jätepalojen keräämiseen ja siirtämiseen. Vaatimuslistan kohdat olivat melko yksinkertaisia toteuttaa ja ne kaikki saatiin täytettyä sopivilla kompromisseilla. Kippikonttia ei ole vielä valmistettu, joten kokoonpano on vielä teoreettisella tasolla. Valmistusohjeisiin ja kokoonpanojärjestykseen tulee varmasti muutoksia käytännön kokemusten myötä.

Teoreettiseen lopputulokseen voi olla tyytyväinen, laitteen toimintojen vaatimukset ja vaatimuslistan kohdat täyttyvät ja laite muistuttaa simulointien myötä toimivaa ja turvallista myös käytännössä. Suunnitteluprosessin aikana toimeksiantaja osallistui esimerkiksi luonnosteluun sekä laitteen toimintojen eri vaihtoehtojen etsimiseen. Komponenttien valinnassa konsultoitii toimeksiantajaa, esimerkiksi teollisuuspyörien valinnassa käytettiin toimeksiantajalle tuttuja toimittajia.

Opinnäytetyössä oli monia erilaisia vaiheita esitutkimuksen aloittamisesta siihen vaiheeseen, kun viimeistely saatiin valmiiksi. Tehtävät vaihtelivat tiedon etsimisestä käsin laskettaviin lujuslaskelmiin ja tietokonepohjaiseen mallinnukseen ja simulointiin.

Lujuslaskuissa ja mallinuksissa vältyttiin suurilta vaikeuksilta. Osa komponenteista varmasti kestäisi hyvin käytössä hennommallakin rakenteella, mutta kustannukset pysyivät hyvin kurissa myös järeämmälläkin rakenteella.

Koulun kursseista oli iso apu työhön, varsinkin mekaniikan ja tuotekehityksen kursseista. Jos aloittaisin vastaanvanlaisen työprosessin uudestaan, käyttäisin enemmän aikaa huolelliseen esitutkimukseen ja luonnosteluun. Tässä työssä huomasin, että työn edetessä jouduin pysähtymään miettimään joitakin yksityiskohtia, jotka olisivat selkiytyneet jo huolellisemmalla tekemisellä luonnosteluvaiheessa.

Opinnäytetyö oli varsin laaja ja se vaati melkoisen paljon työtä ja miettimistä. Olisi ollut hienoa nähdä kippikontin ensimmäisen käytännön version valmistuvan opinnäytetyön aikana, mutta siihen olisi kulunut liikaa aikaa. Opinnäytetyön lopputulos on kuitenkin vasta ensimmäinen versio tämän tyyppisestä kippikontista ja sitä varmasti kehitetään tulevaisuudessa. Todellinen suunnittelun lopputulos saadaan selville vasta, kun kippikontti on valmistettu ja todettu testeillä käytännössä toimivaksi.

LÄHTEET

Björk, T.; Hautala, P.; Huhtala, K.; Kivioja, S.; Kleimola, M.; Lavi, M.; Martikka, H.; Miettinen, J.; Ranta, A.; Rinkinen, J. & Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6., uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Blickle. Viitattu 11.3.2019. <https://www.blickle.fi/hakutulokset?term=B-GSPO+60K#info>

Innover. Viitattu 11.3.2019. <https://innover.fi/terasrakenteiden-ce-merkinta/>

Koneasetus 2009. Viitattu 19.2.2019. <http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2008/20080400>

Satateräs. Viitattu 10.3.2019. <https://www.satateras.fi/wp-content/gallery/kippikonttit/Kipper-Kippikontti-Satateras.jpg>

Seger Oy:n WWW-sivut. Viitattu 18.2.2019. <http://www.segertech.com/index.php/etusivu/tausta>

SFS-EN 13155. Nostoapuvälineet. Osa 2. 2009. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SolidWorksin WWW-sivut. Viitattu 18.2.2019. https://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm

Suomen Standardisoimisliitto. Viitattu 19.2.2019. https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta

Suomen Standardisoimisliitto. Viitattu 10.3.2019. http://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-_tuotanto-_ja_materiaalitekniikka/kone-_ja_laitesuunnittelu/tuotekohtainen_standardisointi/nostoapuvalineet

Työsuojelu. Viitattu 10.3.2019. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fyysinen-kuormitus/nostot-kasin>

Työsuojelu. Viitattu 10.3.2019. https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/K%C3%A4sin_teht%C3%A4v%C3%A4t_nostot_ja_siirrot_ty%C3%B6ss%C3%A4_TSO_23_2014.pdf/88c24e48-bf5d-456f-bcf4-073d177bdd6a

Työterveyslaitos. Viitattu 10.3.2019. <https://www.ttl.fi/vesihuoltolaitosten-tyoturvalisuus-opas/riskien-tunnistus-ja-hallintakeinot/tapaturmavaaralliset-tyot/nostotyot/>

Kippikontin räjäytyskuva

