

# MAGNEETTINOSTIMEN ESISUUNNITTELU

Riikonen Juhopekka

Opinnäytetyö  
Konetekniikka

2020

Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Juhopekka Riikonen	<b>Vuosi</b>	2020
<b>Ohjaaja</b>	DI Ari Pikkarainen		
<b>Toimeksiantaja</b>	lin Konepaja Oy		
<b>Työn nimi</b>	Magneettinostimen esisuunnittelu		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	45 + 2		

---

Opinnäytetyö tehtiin lin Konepaja Oy:n toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli tehdä teräslevyjen siirtelyyn tarkoitettulle magneettinostopuomille esisuunnittelu varsinaisen suunnittelutyön helpottamiseksi. Työn tarkoituksena oli selvittää nostoapuvälineen valmistamiseen ja markkinoille saattamiseen liittyviä vaatimuksia.

Työssä selvitettiin nostoapuvälineisiin liittyviä vaatimuksia suunnittelun, valmistuksen ja markkinoille saattamisen osalta sitä koskevasta lainsäädännöstä ja standardeista. Työssä selvitettiin myös nostoapuvälineen käyttöturvallisuuden liittyvän riskien hallinnan periaatteita.

Työn tuloksena nostoapuvälineen suunnittelun avuksi saatiin tietoa vaatimustenmukaisuuden todentamiseen ja edellytykset nostoapuvälineen CE-merkinnälle. Tuloksena saatiin mahdollinen malli nostoapuvälineelle ja arvio sen valmistuskustannuksista. Nostoapuvälineelle määritettiin myös raja-arvot ja sille tehtiin riskinarviointi.

Mechanical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Juhopekka Riikonen	Year	2020
<b>Supervisor</b>	Ari Pikkarainen, M.Sc. (Tech.)		
<b>Commissioned by</b>	lin Konepaja Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Preliminary design of a magnetic lifting beam		
<b>Number of pages</b>	45 + 2		

---

This thesis was commissioned by lin Konepaja Oy. The goal of the thesis was to pre-design a magnetic lifting beam for moving steel plates to facilitate the actual design work. The purpose of this thesis was to determine the requirements for a lifting equipment and its manufacturing and placing marketing.

The work clarified the requirements related to lifting equipment in terms of design, manufacturing and placing on the market from the relevant legislation and standards. The principles of risk management related to the operating of the lifting equipment were also investigated.

As a result of the thesis, information of conformity and the condition for the CE marking of the lifting equipment were obtained to help the actual designing work. The result was also a possible model for the lifting equipment and an estimate of its manufacturing costs. The limit values were set for the lifting equipment and a risk assessment was performed.

Key words

lifting devices, safety of machinery, risk management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	IIN KONEPAJA OY .....	8
2.1	Yritys.....	8
2.2	Palvelut.....	8
2.3	IKP Group Oy .....	9
3	MAGNEETIT.....	10
3.1	Yleisesti .....	10
3.2	Magneetikenttä .....	11
3.3	Kestomagneetti.....	12
3.4	Sähkömagneetti.....	14
3.5	Sähkökäyttöinen kestopagneetti .....	14
4	NOSTOAPUVÄLINEET .....	16
4.1	Irrotettavat nostoapuvälineet.....	16
4.2	Nostopuomit.....	16
4.3	Nostomagneetit.....	19
4.4	Kettinkiraksit .....	20
4.5	Nostotarvikkeet .....	22
5	TYÖTURVALLISUUS .....	24
5.1	Direktiivit, lait & asetukset.....	24
5.2	Standardit .....	24
5.3	Vaatimustenmukaisuus.....	26
5.4	Tekninen tiedosto .....	27
5.5	CE-merkki .....	27
5.6	Riskien hallinta.....	28
5.7	Riskit ja vaaratilanteet.....	29
5.8	Riskinarviointiprosessi .....	30
6	MAGNEETTINOSTOPUOMI .....	33
6.1	Käyttötarkoitus .....	33
6.2	Nostokapasiteetti .....	34
6.3	Nostopuomi.....	34
6.4	Magneettien valinta.....	35

6.5	Alustava kustannusarvio .....	38
6.6	Säilytyspaikan määrittäminen .....	38
7	RISKINARVIOINTI .....	40
7.1	Raja-arvojen määrittäminen .....	40
7.2	Vaarojen tunnistaminen .....	41
7.3	Riskin suuruuden arviointi .....	42
8	POHDINTA .....	44
	LÄHTEET .....	45
	LIITTEET .....	48

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Iin Konepaja Oy:n tehtaanjohtajaa Tapio Franttia mielenkiintoisesta ja käytännönläheisestä opinnäytetyön aiheesta. Kiitokset opinnäytetyön ohjaajalle Ari Pikkaraiselle työn ohjaamisesta ja varsinkin kannustamisesta viime metreillä. Kiitos myös perheelle ja läheisille tuesta opintojeni eri vaiheissa.

Torniossa 2.12.2020

Juhopekka Riikonen

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä teräslevyjen polttoleikkauskoneelle siirtämiseen käytettävän nostoapuvälineen esisuunnittelutyö lin Konepaja Oy:n toimeksiannosta. Oikea työhön sopiva nostoapuväline nostaa työn tehokkuutta ja lisää työn suorittamisen turvallisuutta. Esisuunnittelutyössä määritetään konepaja työympäristössä ja työtehtävissä esiintyvien teräslevyjen ja polttoleikkeiden nostamiseen tarvittavalle nostoapuvälineelle raja-arvot ja suorituskyykyyn liittyvät speksit. Tarkoituksena opinnäytetyössä on myös selvittää vaatimukset nostoapuvälineen valmistamiselle sitä koskevista direktiiveistä, lainsäädännöstä ja standardeista. Työssä pyritään selvittämään myös nostoapuvälineen valmistajaan kohdistuvat vaatimukset nostoapuvälineen markkinoille saattamisen osalta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa toimeksiantajalle nostoapuvälineen varsinaiselle suunnittelutyölle lähtökohta, joka antaa sen suunnittelijalle tarvittavat tiedot nostoapuvälineen käyttötarkoituksesta, nostokapasiteetista, käytettävistä komponenteista ja toiminnallisista mitoista. Työssä tavoitteena on myös etsiä suunnittelijalle keinoja sen suunnitteluun liittyvän vaatimustenmukaisuuden todentamiseen mekaanisen avuksi oikeat standardit. Nostoapuvälineen valmistamiseen liittyy myös erilaisia vaatimuksia laatutasosta, joka nostoapuvälineen on täytettävä.

Opinnäytetyössä selvitetään suunnittelutyön kohteena olevan nostoapuvälineen käyttämiseen liittyviä terveys- ja turvallisuusriskejä. Uuden nostoapuvälineen käyttö muuttaa suoritettavan työtehtävän työmenetelmää, jolloin sen käytöstä tehdään mahdollisia vahinkoja ennakoiva riskin arviointi.

## 2 IIN KONEPAJA OY

### 2.1 Yritys

Iin Konepaja Oy on Pohjois-Pohjanmaalla toimiva konepajapalveluita tarjoava yritys. Yritys toimittaa hitsaamalla, kylmämuovaamalla ja lämpökäsittelmällä valmistettuja terästuotteita eri teollisuudenaloille. Iissä sijaitsevat tuotanto-, pintakäsittely-, ja huoltotilat mahdollistavat tuotteiden käsittelyyn 10,4 metrin nostokorkeuden 12,5 - 50 tonnin suuruusluokkaa olevilla siltanosturilla. Suurin valmistettava yksittäinen kappale voi painaa jopa 140 tonnia. (IKP Group Oy 2020a.)

### 2.2 Palvelut

Konepajan tuotantotiloissa on mahdollista työstää todella suuren mittaluokan teräskappaleita ja valmistaa suuria kokoonpanoja. Yrityksen tuotantokalustolla pystytään valmistamaan teräksestä suuria pyörähdyskappaleita, kuten lieriöitä, kartioita, meesauuneja ja erilaisia rumpuja. Suurien pyörähdyskappaleiden lisäksi yrityksen erityisosaamiseen kuuluvat vahvalevytuotteet, kuten siilot, säiliöt ja paineastiat, tarvittaessa myös ruostumattomasta teräksestä. Vahvalevytuotteita voivat olla myös erilaiset kanavistot, Offshore-tuotteet, teräsrakenteet, selkeyttimet, sakeuttimet ja säiliöt. Iin Konepaja Oy on toimittanut teräksestä valmistettuja tuotteita eri puolille maailmaa jo yli kolmenkymmentä vuotta. (IKP Group Oy 2020a.)

Tuotantokalustoon kuuluu levymankeleita, joista suuremmalla voidaan työstää leveydeltään 4500 mm ja aineenvahvuudeltaan 150 mm olevaa kappaletta. Tuotantotiloissa on myös särmäyskone, jolla pystytään taivuttamaan 7000 mm leveää kappaletta 1400 tonnin teholla. Levyaihoiden leikkaamiseen käytetään hydraulista levyleikkuria tai polttoleikkauskonetta, jonka on varustettu 3 metriä leveällä ja 12 metriä pitkällä pöydällä. Leikattava aineenvahvuus plasmavarustuksella on 35 mm ja polttoleikaten 200 mm. Yrityksen kalustoon kuuluu myös karusellisori, jota voidaan käyttää 2,7 m korkeiden ja halkaisijalta 6,3 metriä kappaleiden sorvaukseen. Kokoonpanossa yrityksellä on käytössään jauhekaarihitsaustorneja ja -traktoreita, mahdollisuus AC/DC jauhekaarihitsaukseen ja monilankajärjestelmiin. Hitsattavien kappaleiden halkaisija voi olla 7,8 metriä ja pituus 40 metriä. (IKP Group Oy 2020a.)

### 2.3 IKP Group Oy

Terästuotteiden valmistukseen erikoistunut Iin Konepaja Oy sekä huolto- ja kunnossapitopalveluita tarjoava IKP Service Oy muodostavat yhdessä IKP Group Oy:n. Toimintaperiaatteena yrityksellä on joustavuus, vikkelyys ja laatu. Konepajalla valmistettavia tuotteita voidaan myös asentaa IKP Service Oy:n asennus- ja huoltohenkilökunnan toimesta. Vastaavasti myös asennuskohteessa pikaisesti tarvittavia tuotteita voidaan valmistaa konepajalla nopealla aikataululla. Täsmällisenä ja luotettavana yhteistyökumppanina tunnettu kotimaisuudestaan ylpeä IKP Group Oy toiminut Iissä vuodesta 1980 asti. (IKP Group Oy 2020b.)

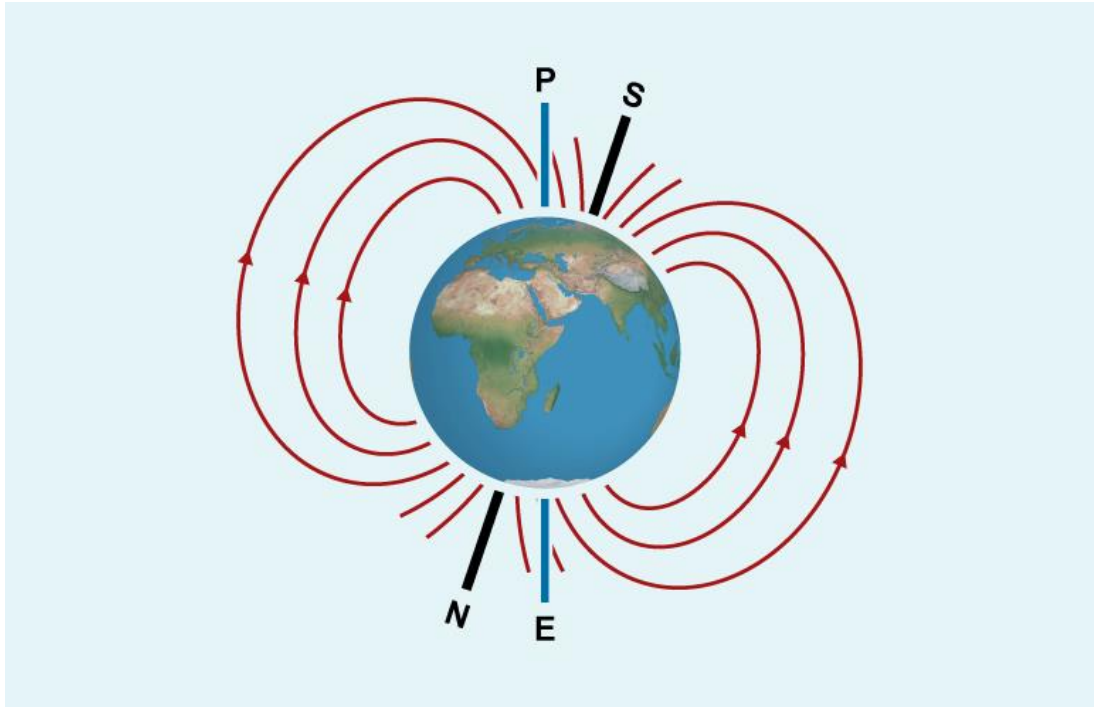
### 3 MAGNEETIT

#### 3.1 Yleisesti

Maapallon ympärillä on magneettikenttä, joka suojaa maapalloa kosmiselta hiukkassäteilyltä. Vapaasti pyörivä kompassin neula asettuu Maan pinnalla vaikuttavan magneettikentän suuntaisesti. Useat eläimet osaavat suunnistaa Maan magneettikentän avulla, tällaisia eläimiä ovat esimerkiksi muuttolinnut ja valaat. (Lehto, Maalampi, Havukainen & Leskinen 2018, 44.)

Aineiden magneettiset ominaisuudet on tiedetty jo 600-luvulla ennen ajanlaskun alkua antiikin Kreikassa, jolloin löytyi rautaesineitä puoleensa vetävä aine. Ainetta alettiin kutsua magneetiksi, sillä aine löytyi Magnesian alueelta. Noin 2000 vuotta sitten Kiinassa käytettiin magneettisia aineita suunnan määrittämisessä. Kompassi tuli Eurooppaan 1100-luvulla arabialaisten mukana ja Skandinaviassa kompassia käytettiin 1200-luvulla. (Lehto, Maalampi, Havukainen & Leskinen 2018, 45.)

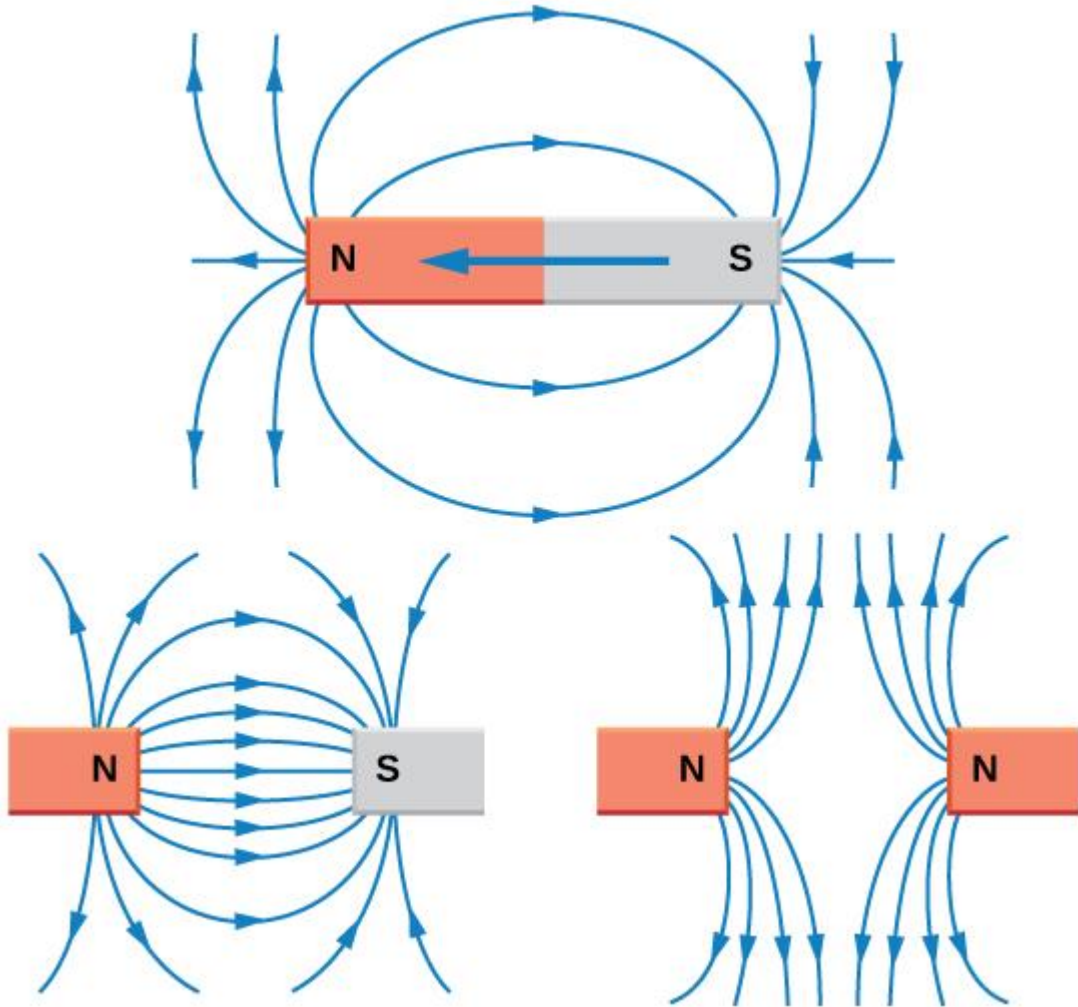
Magneetti koostuu kahdesta erilaisesta navasta, jotka on ilmansuuntien mukaan nimetty N-navaksi eli pohjoisnavaksi ja S-navaksi eli etelänavaksi. Magneettien erinimiset navat vetävät toisiaan puoleensa ja samannimiset navat hylkivät toisiaan. Suunnistajat hyödyntävät maapallon magneettisia ominaisuuksia määrittäessään suuntaa kompassin avulla, jonka magneettineulan maapallon maantieteellistä pohjoisnapaa osoittavaa päätä kutsutaan N-navaksi. Kompassin magneettineulan N-napa osoittaa maapallon magneettista S-napaa, joka sijaitsee maapallon maantieteellisen pohjoisnavan lähistöllä (Kuvio 1). (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2012, 9.)



Kuvio 1. Maapallon magneettinavat (Peda.net 2020a)

### 3.2 Magneettikenttä

Magneetin ympärillä on kolmiulotteinen magneettikenttä, jonka avulla kuvataan magneetin vaikutusta. Magneettikenttää mallinnetaan kenttäviivoilla, jotka ovat sulkeutuvia käyriä ja osoittavat magneettikentän suunnan ja voimakkuuden (Kuvio 2). Mitä voimakkaampi havainnollistettava magneettikenttä on, sitä tiheämmässä kenttäviivat ovat. Magneetin kenttäviivojen suunta magneetin ympärillä on aina N-navasta S-napaan. Magneettikentän voimakkuutta kuvataan magneettivuon tiheydellä. Magneettivuon tiheys on suurimmillaan magneetin napojen lähellä, joissa kenttäviivat ovat tiheimmässä. Magneettivuon tiheyden suuruus voidaan määrittää magneettivuoanturilla. SI-järjestelmässä magneettivuon tiheyden yksikkö on tesla. (Lehto, Maalampi, Havukainen & Leskinen 2018, 53.)



Kuvio 2. Magneettikenttää kuvaavat kenttäviivat (Openstax 2020)

### 3.3 Kestomagneetti

Kestomagneetti on materiaali, joka jouduttuaan voimakkaaseen magneettikenttään jää pysyvästi magneettiseksi. Suurin osa magneeteista on keraamisia, ja ne valmistetaan pulverista puristamalla, tällaisia materiaaleja ovat:

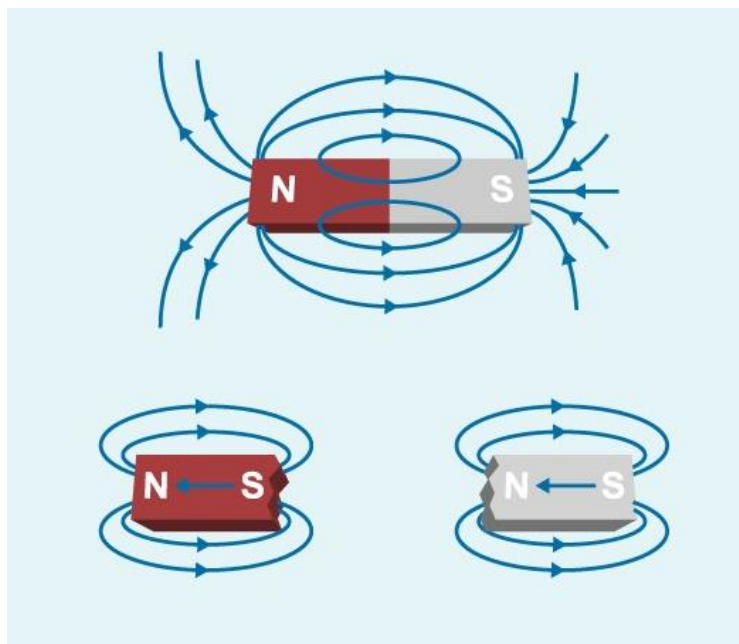
- ferriitit
- neodyymi-rauta-boori -seokset (NdFeB)
- samarium-koboltti -seokset (SmCo)
- alumiini-nikkeli-koboltti -seokset (AlNiCo). (I-magnet, 2020.)

Osa magneeteista valmistetaan perinteisesti valamalla, ne ovat pääosin alumiini-nikkeli-koboltti -seoksia ja niitä kutsutaan metallisiksi magneeteiksi. Magneettien eri ominaisuuksiin vaikuttavat magneetin valmistusmateriaali ja -menetelmä. Kun

magneetti valmistetaan puristamalla magneetikentässä, sen rakenne suuntaistuu ja saadaan anisotrooppinen magneetti. Anisotrooppisen magneetin voi magnetisoida vain yhteen suuntaan, mutta se on voimakkaampi kuin mihin tahansa suuntaan magnetisoitava isotrooppinen magneetti. (I-magnet, 2020.)

Magneettiselta pysyvyydeltään keraamiset magneetit ovat hyviä verrattuna metallisiin magneetteihin, mutta metalliset magneetit kestävät korkeampia lämpötiloja paremmin. NdFeB -magneetit ovat magneettisilta ominaisuuksiltaan voimakkaimpia, mutta heikkoja korroosiota ja korkeita lämpötiloja vastaan. SmCo -magneetit kestävät paremmin korroosiota ja korkeampia lämpötiloja, mutta eivät ole yhtä voimakkaita kuin NdFeb -seoksesta valmistetut magneetit. Ferriittiset magneetit ovat laajalti käytettyjä niiden edullisen hinnan vuoksi. (I-magnet, 2020.)

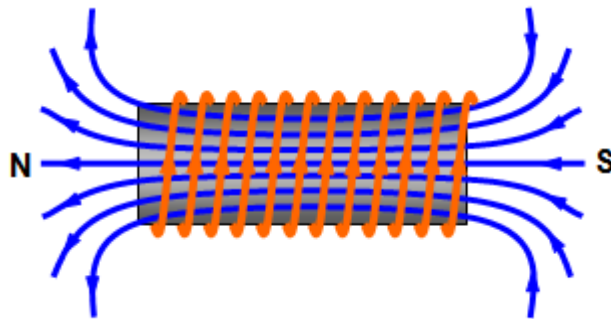
Kun kestmagneetitanko katkaistaan kahteen osaan, saadaan kaksi magneettia. Molemmilla yhdestä magneetista katkaistuilla osilla on N-napa ja S-napa (Kuvio 3). Kestomagneetin magneettisuutta voidaan pienentää tai poistaa kokonaan hakkaamalla magneettia voimakkaasti, magneettisuus häviää myös asteittain pienenevällä vaihtovirralla tai kuumentamalla magneetti tarpeeksi korkeaan lämpötilaan. Magneettisuuden hävittävää lämpötilaa kutsutaan Curien lämpötilaksi, raudalla tämä lämpötila on 770 astetta celsiusta. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2012, 9.)



Kuvio 3. Katkaistu kestmagneetti (Peda.net 2020c)

### 3.4 Sähkömagneetti

Sähkömagneetin toiminta perustuu johtimessa kulkevan virran luomaan magneettikenttään. Johtimen synnyttämä magneettikenttä voimistuu, kun johdin kierretään käämiksi. Käämin tasavirtaa johdettaessa muodostaa se sisälleen magneettikentän, joka on samanmuotoinen kuin suoralla magneettitangolla. Käämin toisessa päässä on sen magneettinen N-napa ja toisessa päässä S-napa (Kuvio 4). Kun käämiin johdettavan virran suunta vaihdetaan, kääntyy käämin magneettinavat toisinpäin ja magneettikentän suunta muuttuu. (Kainulainen, Mäkelä, Ollila, & Vainio 2018, 199-200.)



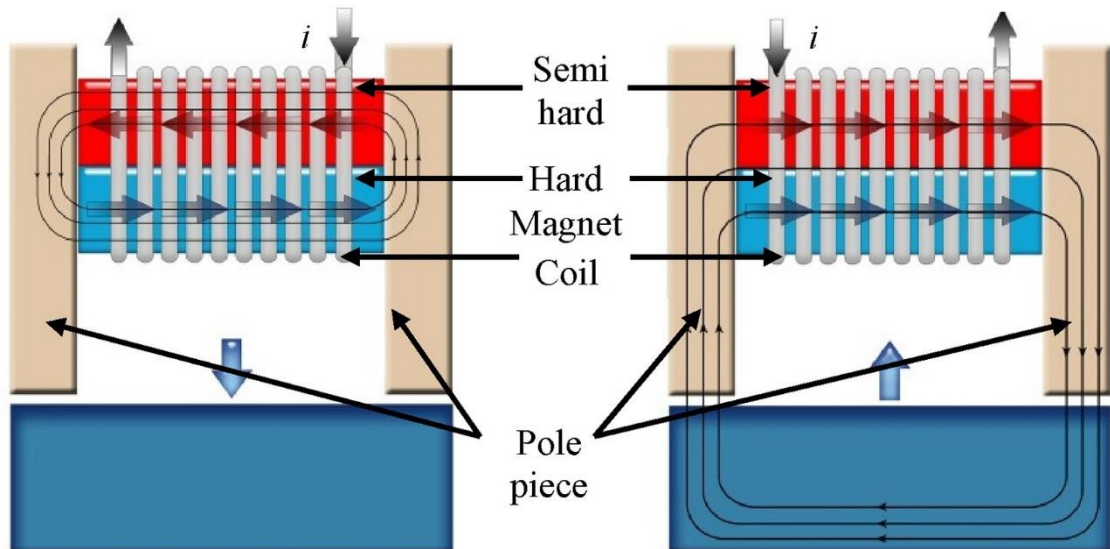
Kuvio 4. Käämin magneettikenttä (Peda.net 2020b)

Johtimesta kierretty käämi, johon johdetaan tasavirtaa, on yksinkertainen sähkömagneetti. Sähkömagneetin muodostaman magneettikentän voimakkuutta voidaan vahvistaa lisäämällä käämiin johdinkierroksia. Käämin magneettikentän voimakkuuteen voidaan vaikuttaa myös käämiin johdettavan virran määrällä, sillä mitä suurempi virta käämin läpi kulkee, sitä tehokkaampi magneetti se on. Myös käämin sydänaine vaikuttaa sen magneettikentän voimakkuuteen. Korvaamalla käämin ilmasydän magneettikenttää paremmin johtavalla rautasydämellä saadaan käämistä tehokkaampi sähkömagneetti. (Kainulainen, Mäkelä, Ollila, & Vainio. 2018, 201.)

### 3.5 Sähkökäyttöinen kestmagneetti

Sähkökäyttöinen kestmagneetti sisältää kahta erilaista kestmagneettimateriaalia (Kuvio 5). Toinen näistä materiaaleista on korkea koersiviteettinen materiaali, kuten NdFeB -seos ja toinen on matala koersiviteettinen materiaali, kuten

AlNiCo. Näiden kahden magneettimateriaalin remanenssi, eli jäännösmagneettisuus on kuitenkin lähes saman arvoinen. Sähkökäyttöisiä kestmagneetteja käytetään terästeollisuudessa nostamaan useiden tonnien kuormia ja niiden magnetisointi tapahtuu sekunneissa. (Knaian 2010, 73.)



Kuvio 5. Sähkökäyttöisen kestmagneetin toiminta (Kularatna-Abeywardana, Hu, & Salcic 2017)

Magneetit ovat asetettu yhdensuuntaisesti laitteen sisälle ja ympäröity käämillä. Käämiin johdettu virtapulssi magnetoi laitteen magneetit samansuuntaisesti, jolloin magneettivuo poistuu laitteesta ja luo magneettisen pitovoiman laitteen ulkopuolelle. Vaihdettaessa magneettien ympäröivään käämiin johdettavan virtapulsin suuntaa matalamman koersiviteetin magneetin magneettisuus kääntyy, mutta korkeamman koersiviteetin magneetti pysyy ennallaan. Tällöin laitteen magneetit ovat magnetisoituneet vastakkaisiin suuntiin ja magneettivuo kiertää laitteen sisäisesti, eikä laite muodosta ulkoista magneettikenttää. (Knaian 2010, 73.)

## 4 NOSTOAPUVÄLINEET

### 4.1 Irrotettavat nostoapuvälineet

Nostoapuväline on koneen ja kuorman väliin sijoitettu laite tai komponentti, jonka avulla voidaan tarttua nostettavaan kuormaan. Nostoapuväline ei ole kiinteästi kiinnitetty nostolaitteeseen, mutta se voi olla kiinnitetty kuormaan. Nostoapuvälineitä on olemassa useita erilaisia, kuten esimerkiksi kettinki-, tekstiili- ja teräsköysiraksit. Nostoapuvälineet ovat laajasti standardisoituja suunnittelun, valmistuksen, materiaalien, testauksen ja turvallisuuden suhteen, sillä väärin suunniteltu tai viallinen nostoapuväline voi olla turvallisuusriski ja aiheuttaa henkilö- tai omaisuusvahinkoja. (SFSedu.fi 2020.)

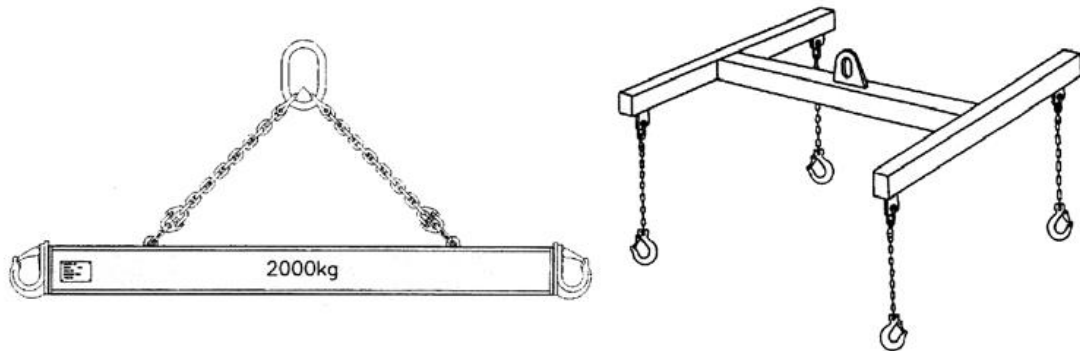
Koneensuunnittelija voi joskus joutua suunnittelemaan nostoapuvälineitä, jos sopivaa valmista tuotetta ei markkinoilta löydy. Tällöin suunnittelija voi tukeutua irrotettavien nostoapuvälineiden standardiin SFS-EN 13155. Standardi antaa nostoapuvälineen suunnittelijalle yksityiskohtaisia ohjeita nostoapuvälineen mitoittamiseen ja riskien arviointiin. Nostoapuvälineet ovat myös konedirektiivin 2006/42/EY, joka on Suomessa saatettu voimaan asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008, alaisia tuotteita. (SFSedu.fi 2020.)

Nostoapuvälineille on määritetty tietty varmuuskerroin, joka yllättävän tilanteen sattua vähentää vaaratilanteen mahdollisuutta. Sen tarkoitus on tuoda varmuutta myös nostoapuvälineen normaalista käytöstä johtuvan kulumisen ja heikentymisen osalta, noston nykyksien ja taakan painon arvioinnin epätarkkuuden vuoksi. Nostoapuvälineiden lujuuslaskelmissa varmuuskertoimena voidaan käyttää arvoa 1,5, joka annetaan koneasetuksen 400/2008 liitteen 1 kohdassa 4 nostoapuvälineitä koskevilla täydentävillä terveys- ja turvallisuusvaatimuksissa. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 9.)

### 4.2 Nostopuomit

Nostopuomeja on olemassa nostokapasiteetiltaan, kooltaan ja muodoltaan useita erilaisia malleja (Kuva 1). Nostopuomilla voidaan nostoraksiin tai nostettavaan taakkaan kohdistuvia rasituksia vähentää huomattavasti. Matalassa työtilassa

nostopuomia voidaan käyttää apuvälineenä haararaksien sijasta, jotta taakka saadaan nostettua tarvittavalle korkeudelle. Nostopuomin komponentit ja muut varusteet tulee suunnitella käyttökohteen mukaan parhaiten sopivaksi. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 39.)



Kuva 1. Erilaisia nostopuomeja (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 39)

Nostopuomin mekaaninen lujuus on suunniteltava kestämään nostokykyyn verrattuna kaksinkertainen staattinen kuorma niin, ettei siinä tapahdu pysyvää muodonmuutosta. Sen on myös kestettävä kolminkertainen staattinen kuorma irrottamatta taakkaa, vaikka rakenteessa tapahtuisi pysyvä muodonmuutos. Vaakasuo- rassa toimivan nostopuomin rakenteen on kestettävä 6 asteen kallistuminen vaakatasosta ja kallistuvan nostopuomin suunniteltuun suurimpaan työkulmaan lisätynä 6 astetta. Nostopuomin on oltava vakaa myös varastoinnin aikana ja sen tulee läpäistä 10 asteen kallistuskoe. Nostopuomin varastoinnin aikainen vakavuus voidaan saavuttaa puomin muodolla tai käyttämällä lisälaitetta, kuten telineitä. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

Standardi SFS-EN 13155 soveltuu nostoapuvälineiden suunnitteluun mekaanisen lujuuden osalta, jos se on suunniteltu alle 20 000 nostojaksolle elinkaarensa aikana. Standardissa määritetty käyttökerroin varmistaa väsymistarkastelun tarpeettomuuden, joka on sopusoinnussa hyväksytyjen laskentaohjeiden kanssa. Nostopuomin mekaanisen lujuuden todentaminen ilman staattisia kokeita soveltuu standardin EN 10025 mukaisille seostamattomille rakenneteräksille myötörajan suhteen standardissa esitettyjen kaavojen mukaan. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

Nostopuomin rakenneosien suunnittelussa koskien sivusuuntaista stabiilisuutta nurjahdusta ja kiepahdusta, leikkaantumalla tapahtuvan uuman lommahduksen

ja haurasmurtuman kestävyys on todennettava standardin SFS-EN 1993-1-1 mukaan. Rakenteessa olevien hitsausliitosten laatu on oltava standardin SFS-EN ISO 5817 mukainen standardin SFS-EN 13001-3-1 kodan 4.4 esittämällä tavalla ja liitosten tehneillä hitsaajilla on oltava standardin SFS-EN ISO 9606 mukainen pätevyystodistus. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

Yli 20 000 nostojaksolle nostoapuvälinettä suunniteltaessa voidaan nostoapuvälineen riittävän mekaanisen lujuuden todentamiseen käyttää nosturistandardeja, joita ovat:

- SFS-EN 13001-1 Nosturit. Yleissuunnittelu. Osa 1: Yleiset periaatteet ja vaatimukset
- SFS-EN 13001-2 Nosturit. Yleissuunnittelu. Osa 2: Kuormitukset
- SFS-EN 13001-3-1:2012 + A2:2018 Nosturit. Yleissuunnittelu. Osa 3-1: Teräsrakenteiden rajatilat ja kelpoisuuden osoittaminen. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

Lisäksi nostopuomi tulee suunnitella standardin SFS-EN ISO 12100 periaatteiden mukaisesti olemassa olevien vaaratekijöiden osalta, jotka eivät ole merkittäviä ja joita ei käsitellä standardissa SFS-EN 13155 + A2. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

Nosturistandardeissa määritellään suunnittelua koskevat yleiset ehdot ja vaatimukset mekaanisten vaarojen välttämiseksi ja menetelmät vaatimusten todentamiseksi. Standardi SFS-EN 13001-1 sisältää turvallisuusvaatimukset ja toimenpiteet kelpoisuuslaskelmille, luokitukselle ja jännityshistorialle (SFS-EN 13001-1 2015). Standardi SFS-EN 13001-2 sisältää suunnittelussa huomioon otettavia kuormituksia ja kuormitusyhdistelmiä (SFS-EN 13001-2 2014). Standardi SFS-EN 13001-3-1 sisältää menetelmät kelpoisuuden osoittamiseen rakenneosille ja erilaisille liitoksille, staattiselle lujuudelle, väsymislujuudelle ja elastiselle stabiiliteetille. (SFS-EN 13001-3-1 2018.)

Yksittäin suunnitelluille ja valmistetuille nostoapuvälineille on tehtävä tyyppikohtainen ja yksilökohtainen todentaminen. Sarjavalmistetuille nostoapuvälineille tyyppitodentaminen tehdään yhdelle tai useammalle sarjaa edustavalle tuotteelle

ja yksilökohtainen todentaminen sarjan jokaiselle tuotteelle. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

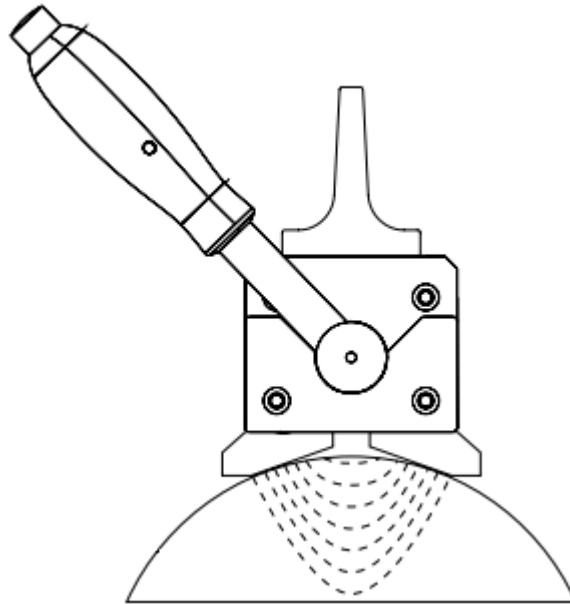
### 4.3 Nostomagneetit

Taakan nostamiseen tarkoitettuja nostomagneetteja on saatavilla kahta eri perustyyppiä, kestromagneetit ja sähkömagneetit. Näiden kahden tyyppin välimuotona on sähkötoiminen kestromagneetti. Sähkötoimiset magneetit voivat olla verkovirralla ja vara-akustolla toimivia tai akkukäyttöisiä. Mekaanisten kestromagneettien etuna on niiden yksinkertainen rakenne ja vähäinen huollon tarve. Nostomagneettien kuorman pitokyky varmistetaan tekemällä tietyin väliajoin koenos-toja taakoilla, joiden nostamiseen magneetti on tarkoitettu. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 37.)

Nostomagneettien nostokyky perustuu nostomagneetin ja nostettavan kappaleen välille muodostuvaan magneettikenttään. Magneettikentän voimakkuuteen ja magneetin nostokapasiteettiin vaikuttavia seikkoja on useita. Magneetin nostokapasiteetti vähenee napakenkien pinta-alan pientyessä sekä nostettavan kappaleen materiaalivahvuuden ohentuessa. Magneetin ja nostettavan kappaleen välinen ilmarako vähentää magneetin nostokapasiteettia voimakkaasti, ilmara-koon vaikuttavia asioita ovat:

- pinnan epätasaisuus
- valssihilse
- rasva
- maali
- muut epäpuhtaudet. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 37.)

Nostossa käytettävän magneetin muodon on oltava sopiva nostettavaan kappaleeseen (Kuva 2). Jos nostoapuväline koostuu nostopuomista ja useammasta magneetista, on magneettien asettelu ja nostokyky sovittava kuormaan. Kuorman jakautuminen magneeteille ei saa ylittää yhden magneetin nostokykyä sekä kuorman, että nostopuomin jäykkyydet huomioon ottaen. Levyjen tai ohutlevyjen pinosta nostamiseen käytettävällä magneettinostimella on oltava mahdollista laskea magneetin tai magneettien tehoa ylimääräisen kuorman välttämiseksi. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

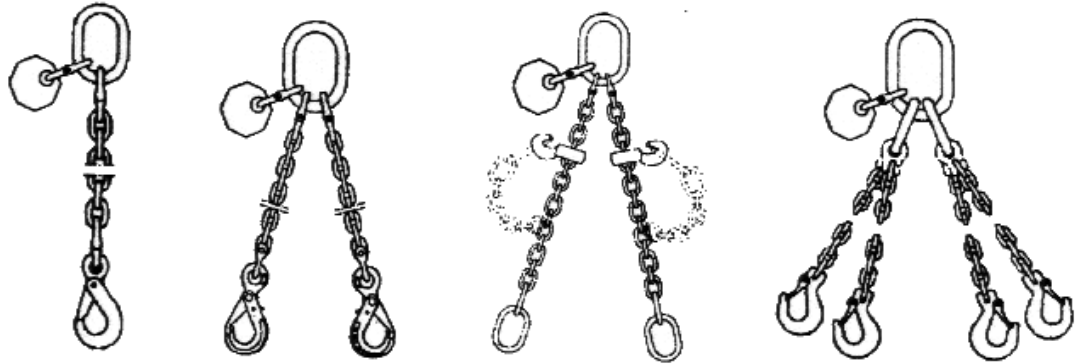


Kuva 2. Pyöröteräksille tarkoitettu nostomagneetti (Ergolift Oy Ab 2020)

Verkkovirralla toimivat sähkömagneetit on varustettava varavoima-akulla, jonka kapasiteetti on riittävä pitämään nostokyky vähintään 10 minuuttia virransyötön vikaantuessa. Järjestelmä on varustettava automaattisella varoituslaitteella ilmoittamaan virransyötön vikaantumisesta optisesti tai akustisesti. Magneettijärjestelmän on ilmoitettava, kun magneetit ovat magnetisoituneet ja muunneltavalla tehonhallinnalla varustetun järjestelmän on ilmoitettava täyden ja osittaisen magnetisoinnin ero. Sähkömagneeteilla irrotusvoima nostokykyyn verrattuna on oltava kaksinkertainen ja kestopagneeteilla kolminkertainen. (SFS-EN 13155 + A2 2009.)

#### 4.4 Kettinkiraksit

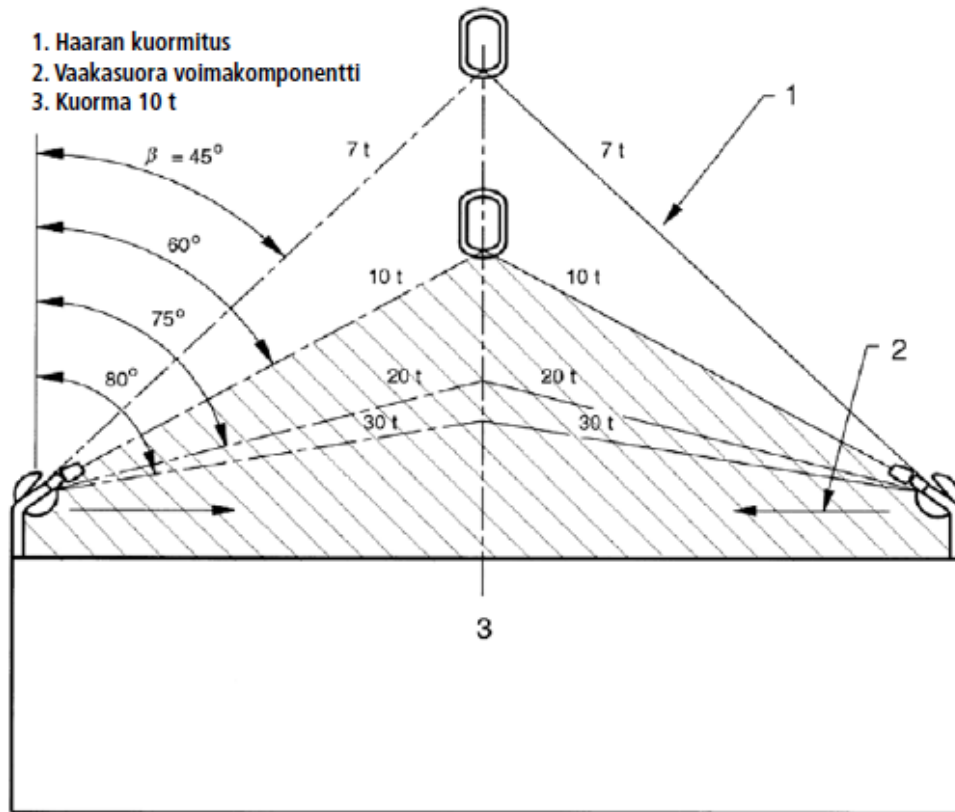
Kettinkiraksi on yksi- tai useampihaarainen nostoapuväline, joka on rakennettu nostokettingistä ja siihen liitetyistä varusteista. Kettinkiraksi koostuu päärenkaasta, johon liitetään asianmukaisilla varusteilla yksi tai useampi haara, jotka voivat olla joko itselukittuvilla- tai turvasalvallisilla koukuilla (Kuva 3). Kettinkiraksia rakentaessa käytetään mekaanisia liitoselemiä yhdistämään siihen kuuluvia varusteita. Kettinkiraksin kokoamisessa käytettäviä haarukkajärjestelmän komponenteilla ei ole mahdollista yhdistää väärän kokoisia osia toisiinsa. (Työsuoje- luoppaita ja -ohjeita 12 2009, 20-22.)



Kuva 3. Erilaisia kettinkirakseja (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 20)

Kettinkiraksia käyttäessä on tärkeää tietää kuorman massa ja painopisteen paikka. Jos massaa ei ole ilmoitettu tai merkitty kuormaan, se voidaan selvittää erilaisista kuormaan liittyvissä asiakirjoissa tai arvioida laskemalla. Kuorman painopisteen paikka suhteessa kettinkiraksin kiinnityskohtiin on määritettävä. Kolmi- ja nelihaaraisilla kettinkirakseilla kiinnityspisteiden on oltava tasossa painopisteen ympärillä ja niiden suositellaan olevan tasaisin välein painopisteen yläpuolella. (SFS-EN 818-6 + A1 2008.)

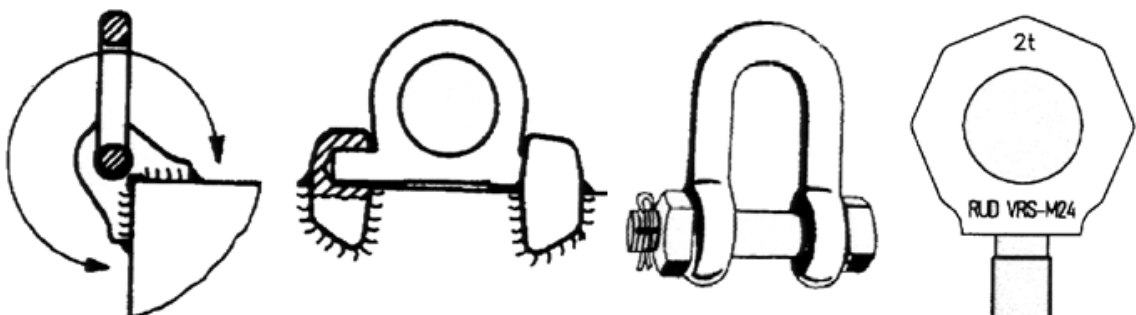
Kolmi- ja nelihaaraisia kettinkirakseja käyttäessä on raksin kokoonpano ja kiinnityspisteet valittava niin, että haarojen kaltevuuskulma pysyy niihin merkityn alueen sisäpuolella (Kuvio 6). Kuorman epätasaisuusriskin pienentämiseksi kaikkien haarojen kaltevuuskulmat suositellaan olevan yli 15 asteen ja poikkeavan toisistaan korkeintaan 15 astetta. Monihaaraisia kettinkirakseja käyttäessä suurin kuorma kohdistuu siihen haaraan, jonka kaltevuuskulma on pienin. Kaikilla monihaaraisilla kettinkirakseilla esiintyy vaakasuora voimakomponentti, joka kasvaa haarakulman mukaan. Nostettavan kuorman on kestettävä vaakasuoraa voimaa vaurioitumatta monihaaraisia kettinkirakseja käyttäessä. (SFS-EN 818-6 + A1 2008.)



Kuvio 6. Kaltevuuskulman vaikutus haaran kuormitukseen (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 15)

#### 4.5 Nostotarvikkeet

Koneasetuksen 400/2008 mukaan nostotarvikkeet, kuten nostokorvakkeet, silmukkaruuvit- ja mutterit, nostosakkelit ja muut nostoon tarkoitetut osat, ovat nostoapuvälineitä (Kuvio 7). Nostotarvikkeille on tehtävä vastaavat toimintakunnon varmistavat tarkastukset kuin muillekin nostoapuvälineille, tämän velvoittaa Käyttöasetus 403/2008. Nostotarvikkeista, kuten nostosilmukoista ja -sakkeleista, tarkastetaan silmämääräisesti niiden kierteiden kunto ja mahdolliset muodonmuutokset tai murtumat. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 40-41.)



Kuva 4. Erilaisia nostotarvikkeita (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 40-41)

Hitsattava nostokorvake voi olla perinteinen levystä leikattu kappale, jossa on ketjuraksille reikä tai erikoislujasta sangasta ja hitsattavista kiinnityspaloista koostuva korvake. Perinteiseen nostokorvakkeeseen kohdistuvan kuormituksen suunta ja korvakkeen kiinnityskohta täytyy ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. Sangasta ja hitsattavista kiinnityspaloista koostuva korvake on mahdollista valmistaa siten, että sitä voidaan kuormittaa kaikkiin suuntiin siihen merkityllä nostokapasiteetilla. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 40.)

Erilaiset nostosakkelit ovat irrallisia nostotarvikkeita, jotka ovat nostotarkoitukseen suunniteltuja. Nostosakkelit ovat merkittyjä ja tunnistettavissa nostoapuvälineiksi, jotta niitä ei sekoiteta muihin vastaavanlaisiin laitteisiin. Nostosakkelin kuormitus on suuntauduttava kohtisuoraan sakkelin tappiin nähden. Kiinteissä liitoksissa ja kohteissa, joissa sakkelia ei pääse helposti tarkastamaan, on sakkelin tappi varustettava lukitussokalla sen aukeamisen estämiseksi. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2009, 41.)

## 5 TYÖTURVALLISUUS

### 5.1 Direktiivit, lait & asetukset

Kaikkien koneiden tulee täyttää EU:n konedirektiivi 2006/42/EY vaatimukset, jotka ovat samat koko EU:n alueella. Vaatimusten yhdenmukaistamisella pyritään takaamaan tuotteille vapaa liikkuvuus EU:n alueella sekä niiden hyvä turvallisuuden taso. Konedirektiivi on Suomessa kansallisesti toimeenpantu valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008, eli niin sanotulla koneasetuksella. Koneasetuksessa määritellään koneen valmistajan velvollisuudet, terveys- ja turvallisuusvaatimukset koneen suunnitteluun ja rakentamiseen liittyen sekä menettelyt koneen vaatimustenmukaisuuden osoittamiselle ja markkinoille saattamiselle. (Tukes 2020d.)

Työnantajan vastuulla on valita työntekijän käyttöön turvallinen työhön ja työolosuhteisiin soveltuva työväline. Työpaikalla koneiden ja työvälineiden käytöstä säädetään työturvallisuuslain 738/2002 lisäksi myös valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008, eli käyttöasetuksessa. Koneen tai työvälineen toimintakuntoa ja turvallisuutta tulee seurata jatkuvasti sen koko elinkaaren ajan tarkastuksin, mittauksin tai testauksin. Joidenkin koneiden ja työvälineiden tarkastamisen voi suorittaa asiaan perehtynyt pätevä henkilö, mutta joissain tapauksissa tarkastukset tulee teettää asiantuntijalla. Työpaikalla käytettävien nostoapuvälineiden säännönmukaisen tarkastuksen suorittaminen on suhteutettava niiden käytön rasittavuuteen. (Työsuojeluhallinto 2020a.)

### 5.2 Standardit

Koska konedirektiivi sisältää vain kaikkia koneita yleisesti koskevia turvallisuusvaatimuksia, täsmennetään niitä eurooppalaisten standardoimisjärjestöjen tekemillä EN-standardeilla. EU:n komissio tilaa tarvittaessa standardoimisjärjestöltä yleistä vaatimusta täsmentävän standardin ja jos kyseinen standardi täsmentää direktiivin vaatimusta oikein, vahvistetaan se yhdenmukaistetuksi standardiksi. Noudattaessa konetta tai koneen turvallisuusominaisuutta koskevaa standardia suunnittelussa ja valmistuksessa täyttää se konedirektiivissä esitetyn vastaavan

vaatimuksen. Pysyäkseen ajan tasalla tekniikan kehityksen ja saatavilla olevien turvallisuusratkaisujen suhteen standardeja uusitaan ajoittain. (Siirilä 2013, 5.)

Koneturvallisuuden standardit käsittelevät koneiden, koneiden järjestelmien, laitteiden ja komponenttien turvallisuuskysymyksiä, jotka tyypillisesti liittyvät koneiden suunnitteluun. Standardeissa voidaan käsitellä myös koneen elinkaareen liittyviä asioita. Konestandardeja on olemassa kolmea tyyppiä:

- A-tyypin yleisstandardi, turvallisuuden ja riskinarvioinnin standardi SFS-EN ISO 12100, jota sovelletaan kaikkiin koneisiin.
- B-tyypin standardit, jotka käsittelevät yhtä turvallisuusnäkökohtaa tai turvalaitetta.
- C-tyypin standardit, jotka ovat tarkempia rakenneasioita sisältäviä konetyyppikohtaisia standardeja. (Työsuojeluhallinto 2020c.)

Konetta suunniteltaessa tulee selvittää, onko olemassa sitä koskevaa konetyyppikohtaista C-tyypin standardia. C-tyypin standardi esittää, mitä B-tyypin standardeja tulee noudattaa ja mitä A-tyypin standardin vaatimuksia on mahdollisesti täytettävä. Konetyyppikohtaisten C-tyypin standardeissa esitettävät vaatimukset ovat aina ensisijaisia B-tyypin tai A-tyypin standardeissa esitettyihin vaatimuksiin nähden. Tarkoituksena C-tyypin standardeilla on esittää yksityiskohtaiset ja tarkat tuotekohtaiset turvallisuusvaatimukset, jotta kone täyttää konedirektiivin olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. (Työsuojeluhallinto 2020c.)

Riskin arviointi on suoritettava ja dokumentoitava konedirektiivissä esitettyjen vaatimusten mukaan myös noudattaessa yhdenmukaistettua C-tyypin standardia. Tällöin riskin arvioinnin laajuus on erilainen kuin ilman C-tyypin standardia. Laadittaessa C-tyypin standardia suoritetaan riskin arviointi ja standardia soveltava suunnittelija varmistaa, että sovellettava standardi kattaa kaikki konetta koskevat vaarat ja konedirektiivin terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Koneensuunnittelijan on itse tehtävä yksityiskohtaisempi riskin arviointi niiden vaarojen osalta, joita yhdenmukaistettu C-tyypin standardi ei käsittele. (Metsta 2020a.)

### 5.3 Vaatimustenmukaisuus

Koneen turvallisuuden ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa hyödyllisimpiä ja tärkeimpiä ovat konedirektiivin olennaisia vaatimuksia täsmentävät yhdenmukaistetut standardit. Tällaisia vapaaehtoisia standardeja noudattamalla katsotaan konedirektiivin mukaan standardin kattamat ja direktiiviä vastaavat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset täytetyksi. Yhdenmukaistettua standardia noudattaessa direktiivissä esitettyjen vastaavien vaatimusten oletetaan täytetyiksi automaattisesti, eli saadaan vaatimustenmukaisuusolettamus (Kuvio 7). Kone-tyyppikohtaista C-tyypin standardeja noudattaessa vaatimustenmukaisuusolettama on selkeä, toisin kuin A- ja B-tyypin standardeilla, jotka saattavat sisältää eri riskitasoille johtavia toteutusvaihtoehtoja tai periaatteita. (Metsta 2020b.)



Kuvio 7. Yhdenmukaistettujen standardien merkitys vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa (Metsta 2020b)

Koneen valmistaja vakuuttaa valmistamansa CE-merkittävän tuotteen täyttävän kaikki sitä koskevat vaatimukset EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksella. Se on asiakirja, jonka valmistaja tai valmistajan valtuuttama edustaja laatii ja allekirjoittaa. Asiakirjassa ilmoitetuissa tiedoissa selviää markkinaviranomaiselle kaikki

tuotteen suunnittelussa ja valmistuksessa käytetyt sekä tuotteen täyttämät direktiivit, asetukset ja sovelletut yhdenmukaiset standardit. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus on pidettävä viranomaisen saatavilla 10 vuotta siitä ajankohdasta, kun tuote on saatettu markkinoille. (Tukes 2020b.)

Vaatimustenmukaisuusvakuutus laaditaan sen EU-valtion vaatimalla kielellä, jossa tuotetta on tarkoitus myydä. Suomen markkinoilla saatavilla olevan koneen vaatimustenmukaisuusvakuutus on oltava laadittu suomeksi, ruotsiksi tai muulla markkinaviranomaisen hyväksymällä kielellä. Jos lainsäädäntö edellyttää EU-vaatimustenmukaisuustodistusta toimitettavaksi tuotteen mukana tai sen tietojen sisällyttämistä tuotteen käyttöohjeisiin, on vakuutus laadittava suomeksi ja ruotsiksi. Vaatimustenmukaisuuden käännetyn version ei tarvitse olla allekirjoitettu, jos mukana toimitetaan kopio alkuperäisestä allekirjoitetusta asiakirjasta. (Tukes 2020b.)

#### 5.4 Tekninen tiedosto

Koneesta tulee olla saatavilla valmistajan laatima tekninen tiedosto, jolla valmistaja voi tarvittaessa todistaa valmistamansa koneen vaatimustenmukaisuuden. Tekninen tiedosto on tietokokonaisuus, joka voi olla paperisessa tai sähköisessä muodossa vähintään yhdellä EU-valtion virallisella kielellä. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa valmistajan on nimettävä henkilö, jonka on mahdollista koota tiedosto ja antaa se valvontaviranomaisen käyttöön kohtuullisessa määräajassa. Tiedoston on oltava toimivaltaisen viranomaisen käytettävissä vähintään 10 vuotta koneen valmistumisen tai sarjatuotannossa olevan koneen viimeisen valmistuserän jälkeen. (Tukes 2020c.)

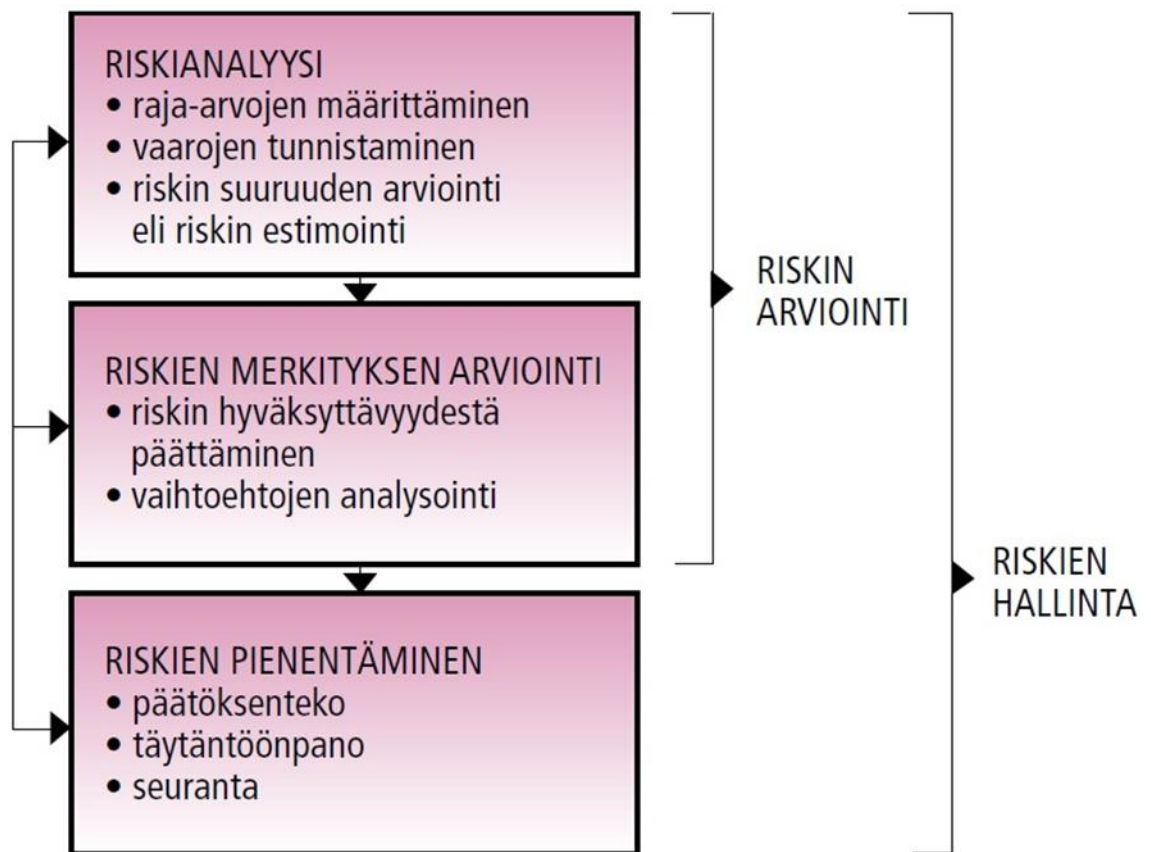
#### 5.5 CE-merkki

CE-merkki on valmistajan tai valmistajan valtuuttaman edustajan vakuutus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset. CE-merkintää tuotteelle ei myönnä viranomainen tai muu kolmas osapuoli, vaan valmistaja tai valmistajan valtuuttama edustaja kiinnittää merkinnän tuotteeseen. CE-merkintä kiinnitetään vain sellaisiin tuotteisiin, joille tuotelainsäädä-

däntö edellyttää CE-merkintää, tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi koneet, mittauslaitteet ja henkilösuojaimet. EU:n sisämarkkina-alueella tuote saa liikkua vapaasti, jos tuote on varustettu CE-merkinnällä. (Tukes 2020a.)

## 5.6 Riskien hallinta

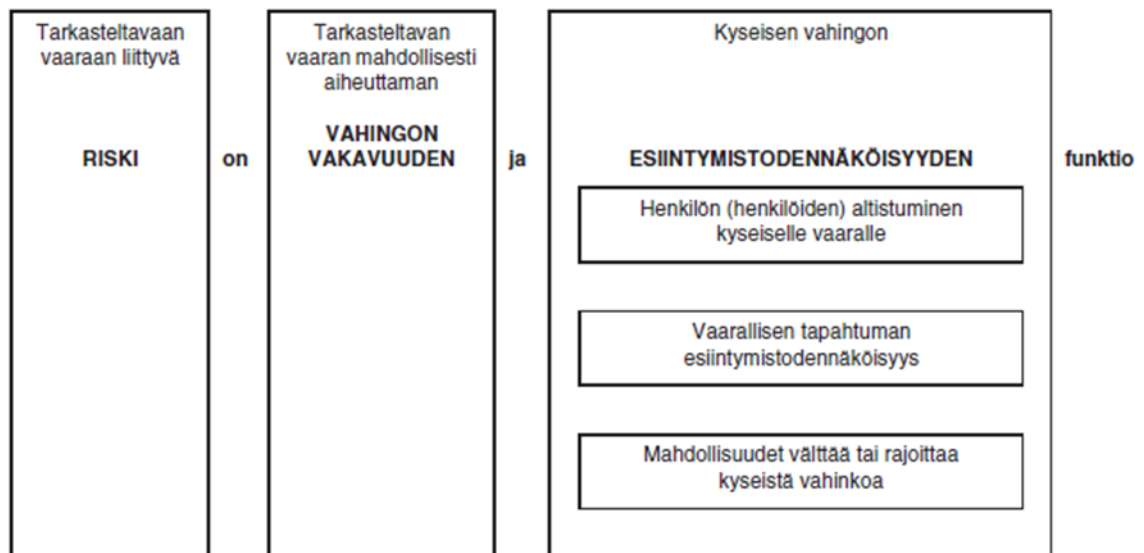
Riskien hallinta on työpaikalla olevien vaaratekijöiden tunnistamista, niistä johtuvien riskien vakavuuden arviointia ja tarvittaessa riskien pienentämistä. Riskien hallinta on järjestelmällistä, suunnitelmallista ja vaaratilanteiden ehkäisemistä tavoittelevaa toimintaa. Se sisältää kolme vaihetta, jotka ovat riskien tunnistaminen, tunnistettujen riskien merkittävyyden arviointi ja riskien pienentäminen (Kuvio 8). Riskien hallinnalla työpaikan työolosuhteet tehdään työntekijälle turvallisiksi. (Työsuojeluhallinto 2020b.)



Kuvio 8. Riskien hallinnan eri vaiheet (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14 2013, 6)

## 5.7 Riskit ja vaaratilanteet

Vaaralla tai vaaratekijällä tarkoitetaan työpaikalla tai työtä tehdessä esiintyvää ominaisuutta tai ilmiötä, joka voi olla haitallinen työn tekijän turvallisuudelle tai terveydelle. Vaaratekijöitä voivat olla työympäristön korkea melu, liukkaat lattiat, jatkuva kiire tai huono työasento, joista voi seurata liiallista kuormittumista, ammattitauti, työtapaturma tai onnettomuus. Vaaratilanteessa työntekijään tai ulkopuoliseen henkilöön voi kohdistua yksi tai useampi vaaratekijä. Henkilön altistuksessa vaaralle, on hän vaaran vaikutusalueella ja altis vaaran aiheuttamalle haitalliselle seuraukselle. Riski on vaaratilanteesta johtuvan vahingon vakavuuden ja todennäköisyyden summa, jolla kuvataan vaaran suuruutta (Kuvio 9). (Työturvallisuuskeskus 2015, 6.)



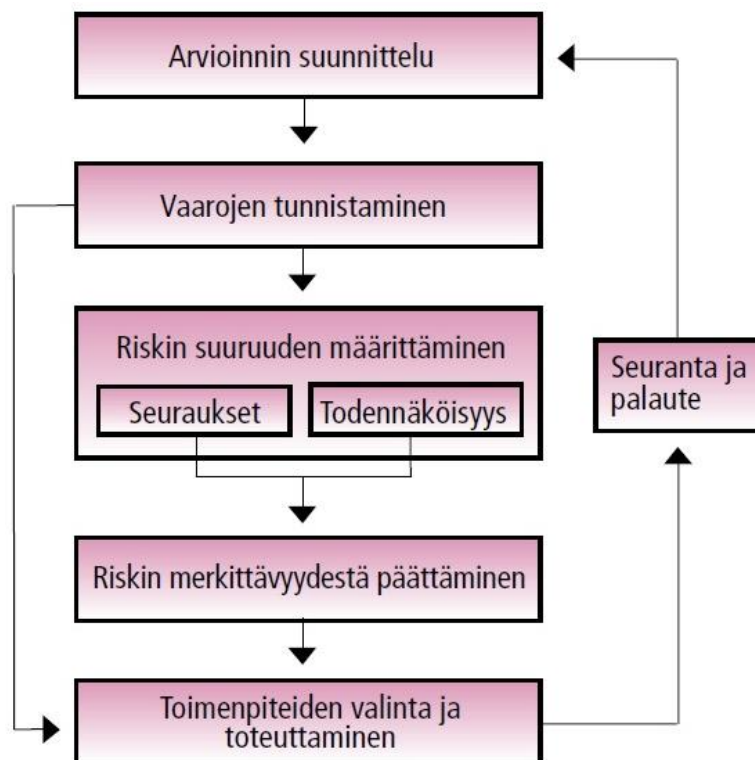
Kuvio 9. Riskin osatekijät (SFS-EN ISO 12100)

Työpaikalla käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuuden selvittäminen ja arviointi on työnantajan tehtävä. Työnantajan on arvioitava koneiden turvallisuus työmenetelmien tai tuotannon muuttuessa. Turvallisuuden arvioinnissa täytyy huomioida työn tekemisestä ja työympäristöstä aiheutuvia vaaroja ja haittoja. Tällaiset vaarat ja haitat voivat aiheutua käytettävästä työvälineestä ja sen liikkuvista osista, työvälineen ulkoisesta rakenteesta, automaattisista toiminnoista tai sähköstä. Työtehtävissä käytettävien koneiden riskin arvioinnissa voidaan käyttää apuna standardia SFS-EN ISO 12100, sekä opastusta ja esimerkkejä koneiden

riskin arvioinnista sisältävää teknistä raporttia SFS-ISO/TR 14121-2. (Työsuojeluhallinto 2020a.)

## 5.8 Riskinarviointiprosessi

Riskin arviointi on loogisesti etenevä prosessi, joka muodostuu eri vaiheista (Kuvio 10). Työpaikan vaarojen tunnistamisen jälkeen työnantajan on arvioitava niistä johtuvat riskit. Työhön liittyvät vaarat tulee pyrkiä poistamaan, mutta käytännössä kaikkia vaaroja ei pystytä kokonaan poistamaan. Tällöin on arvioitava jäännösriskin suuruus. Riskin suuruutta arvioidaan haitallisesta tapahtumasta aiheutuvien seurauksien vakavuuden ja tapahtuman todennäköisyyden avulla. Haitallisen tapahtuman suuri todennäköisyys ja vakavat seuraukset henkilön turvallisuudelle tai terveydelle aiheuttavat suuren riskin. Työnantajan on pienennettävä suuret riskit sellaiselle tasolle, että työpaikalla olevat henkilöt vaarantuvat mahdollisimman vähän. (Työsuojeluhallinto 2020b.)



Kuvio 10. Riskin arvioinnin eteneminen vaiheittain (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14 2013, 10)

Riskien arvioinnin ensimmäinen ja tärkein vaihe on vaarojen tunnistaminen. Tämän vaiheen tarkoituksena on tunnistaa kaikki merkittävät puutteet, jotka voivat

aiheuttaa haittaa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle. Tavoitteena vaarojen tunnistamisella on selvittää työssä esiintyvien vaarojen aiheuttaja, vaaran esiintymispaikka, vaaralle alttiina olevat ihmiset ja millaisessa tilanteessa he joutuvat vaaraan. Vaarojen tunnistamisessa tulee huomioida aiemmin tapahtuneet vaaratilanteet ja vaaratekijät, jotka eivät vielä ole johtaneet vaaratilanteisiin. Havaittujen vaaratilanteiden kohdalla tulee miettiä tilanteeseen johtaneita syitä ja siitä aiheutuvia seurauksia. Vaaralle altistuvia henkilöitä ovat työpisteessä työskentelevän henkilön lisäksi satunnaisesti paikalla olevat henkilöt. (Työturvallisuuskeskus 2015, 23-25.)

Riskien arvioinnin seuraava vaihe on riskien suuruuden määrittäminen. Sen tarkoituksena on saada riskeille niiden suuruutta kuvaava luku ja asettaa vaaratekijät järjestykseen niiden riskin suuruuden mukaan. Riskin suuruuden määrittämisen avulla saadaan turvallisuuden kannalta tärkeimmät, eli suurimmat riskit erotettua muiden joukosta. Vaaroja tunnistaessa löydetään yleensä runsaasti merkitykseltään pieniä ja suuria asioita, joiden turvallisuustoimenpiteet voidaan järjestää karkeaan tärkeysjärjestykseen riskin suuruuden perusteella. (Työturvallisuuskeskus 2015, 26.)

Riskin suuruuden arvioinnissa voidaan käyttää apuna erilaisia riskin arvioinnin työkaluja. Yleisimmät riskin arvioinnin työkalut riskin suuruuden arviointiin perustuvat riskimatriisiin, riskigraafiin tai numeeriseen pisteytykseen. Näiden lisäksi riskin suuruutta voidaan arvioida yhdistelmätyökalulla, jossa eri riskin arviointimenetelmiä yhdistetään. Kaikkia riskin arvioinnin työkaluja yhdistää se, että ne käsittelevät vähintään kahta riskin osatekijää, jotka ovat vahingon vakavuus ja esiintymistodennäköisyys (Taulukko 1). (SFS-ISO TR 13121-2.)

Taulukko 1. Esimerkki riskimatriisista (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14 2013, 7)

Esiintyminen	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski
Mahdollinen	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
Todennäköinen	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski

Vaaratilanne voi johtaa erilaisiin ja eriasteisiin seurauksiin, joiden vakavuudella tarkoitetaan henkilölle aiheutuvien terveys- ja turvallisuushaittojen vakavuutta.

Seurausten vakavuus määritetään vähäisistä seurauksista vakaviin seurauksiin. Vähäisillä seurauksilla tarkoitetaan tapahtuman aiheuttamia ohimeneviä haittoja, jotka eivät välttämättä edellytä töistä poissaoloa. Vakavat seuraukset ovat tapahtumasta johtuvia pysyviä vahinkoja, jotka aiheuttavat pahimmillaan kyvyttömyyden jatkaa työtehtävissä. Haitallisen tapahtuman tai vaaratilanteen seurausten vakavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- haitan luonne, lievä tai vakava
- seurauksien laajuus, altistuvien henkilöiden lukumäärä
- aiheutuneen haitan palautuvuus
- haitallisten vaikutusten lyhyt- tai pitkäkestoisuus.

(Työturvallisuuskeskus 2015, 26-27.)

Haitallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyyteen vaikuttaa useita seikkoja, kuten tapahtuman esiintymistiheys, kesto, mahdollisuudet ennakoida tapahtuman esiintyminen ja mahdollisuudet ehkäistä tapahtuma. Haitallisen tapahtuman tai vahingon todennäköisyyttä arvioidaan välillä epätodennäköinen ja todennäköinen. Epätodennäköinen tarkoittaa harvoin ja epäsäännöllisesti esiintyvää tapahtumaa, kun taas todennäköinen tapahtuma esiintyy usein ja säännöllisesti. Näiden välissä voi olla yksi tai useampi vaihtoehto, kuten epäsäännöllisesti ja toistuvasti esiintyvä mahdollinen tapahtuma. (Työturvallisuuskeskus 2015, 27-28.)

Riskin merkittävyydestä päättämällä tarkoitetaan riskin pienentämisen tarpeellisuudesta. Riskitason ollessa merkityksetön ei riskin pienentämällä saavuteta huomattavaa turvallisuuden lisääntymistä. Riskitason noustessa lievästi merkityksettömästä vähäiseen, voidaan riskille altistavia vaaroja tarkkailla ja pienentää, jos se on saavutettavien hyötyjen ja kustannusten suhteen kannattavaa. Riskitason kasvaessa kohtalaiseksi, merkittäväksi tai sietämättömäksi, on tehtävä toimenpiteitä riskin pienentämiseksi hyväksyttävälle tasolle. Tällöin riskitaso on niin suuri, että sitä on pienennettävä ennen työn aloittamista tai jatkamista. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14 2013, 7.)

## 6 MAGNEETTINOSTOPUOMI

### 6.1 Käyttötarkoitus

lin Konepaja Oy:n tyypillisiin valmistettaviin tuotteisiin kuuluu suuret teräksestä valmistetut kappaleet ja kokoonpanot. Suurikokoiset tuotteet vaativat suuret osat ja osien aihiot. Aihiona ovat yleisesti erikokoiset teräslevyt ja osina niistä leikatut mitoiltansa vaihtelevat palat, joista syntyy mahdollisesti todella suuria kokoonpanoja. Magneettinostopuomin tarkoitettu käyttöympäristö on yrityksen tuotantotiloissa sisällä sijaitsevaan siltanosturiin kytkettynä ja se on tarkoitettu teolliseen käyttöön yrityksen työntekijöille, jotka ovat kokeneita konepajalla suoritettaviin nostotöihin.

Magneettinostopuomia on tarkoitus käyttää teräslevyjen nostamiseen ja siirtämiseen valmistettavien tuotteiden osien valmistus vaiheessa. Uuden nostoapuvälineen tavoitteena on polttoleikkauskoneen käyttäjän käyttämien levytarraimien ja mekaaniset kestomagneettien korvaaminen lähes kaikissa tapauksissa. Käyttäessä magneettinostopuomia suurikokoisten levyjen nostamiseen levytarrajien sijasta polttoleikkaajan ei tarvitse toistuvasti kumartua tai kyykistyä nostoapuvälinettä käyttääkseen. Levytarraimien käyttäminen suurikokoisten ohuiden levyjen siirtämiseen ja polttoleikkauspöydälle asettelemiseen on haastavaa levyn taipumisen takia. Nipussa olevien täysien teräslevyjen nostaminen levytarrajilla vaatii ylimmäisen levyn irralleen nostamista muista levyistä, joka levyn paksuudesta riippuen voi olla vaikeaa.

Täysien teräslevyjen pöydälle noston lisäksi magneettinostinta käytetään jäljelle jäävien levyn palasten, polttoleikkeiden ja ruodon siirtämiseen pois polttoleikkauskoneelta, jolloin nostoapuvälinettä ei tarvitse vaihtaa työn eri vaiheissa. Työn suorittamisen tehokkuuden nostamisen lisäksi magneettinostopuomi vähentää myös työn tekijän fyysistä kuormitusta, parantaa ergonomiaa ja lisää turvallisuutta.

## 6.2 Nostokapasiteetti

Magneettinostopuomin nostokapasiteetin määrittämisessä käytettiin tuotannossa tyypillisesti käytettävien teräslevyjen kokoja. Tavaran toimittajien rakenneteräslevyjen yleisin varastokoko on pituudelta 6000mm ja leveydeltä 2000mm aineenvahvuuden ollessa vähintään 6mm ja enintään 60mm. Magneettinostopuomia haluttiin kyetä käyttämään mahdollisimman monipuolisesti myös suurempikokoisten ja paksumpien levyjen siirtelyyn, joten eri valmistajien samankaltaisen nostoapuvälineiden painon avulla suurimmaksi sallituksi nostokapasiteetiksi määritettiin 10 tonnia käyttökohteessa olevan nostolaitteen 12,5 tonnin nostokykyisen siltanosturin mukaan.

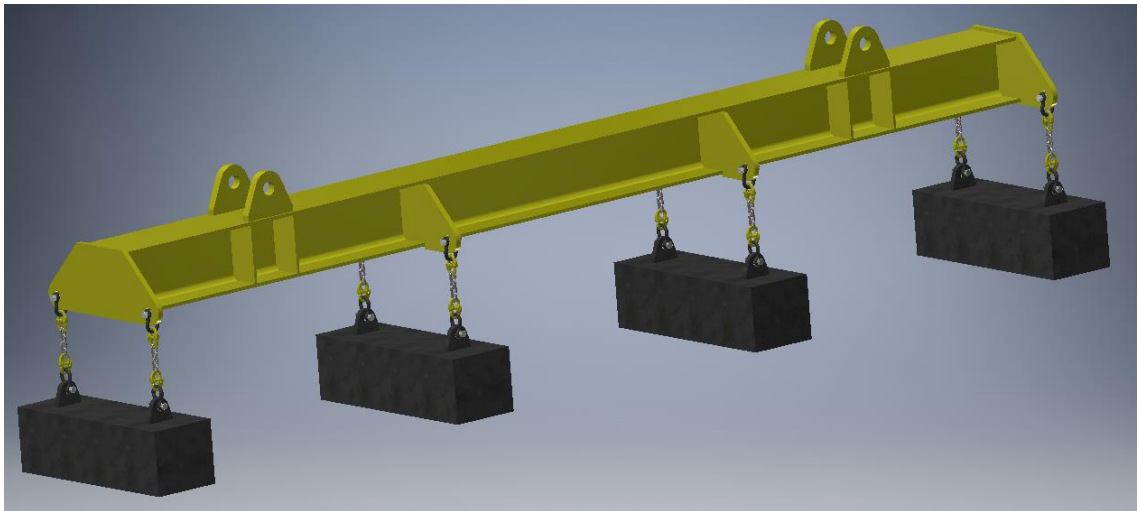
Kyseinen siltanosturi on varustettu yhdellä nostokoukulla ja magneettinostopuomia on tarkoitus käyttää yhdessä 4 haaraisen nostoraksin kanssa. Tämä vaikuttaa nostopuomilla nostettavan taakan sijaintiin ja fyysiseen kokoon nostopuomiin nähden. Käytettäessä useampihaaraista nostorakssia kaksikoukkuisen nosturin sijaan, on nostettavan taakan jakauduttava symmetrisesti magneeteille ja painopisteen tulee olla keskellä puomia, jotta nostoapuväline ja kuorma käyttäytyy vakaasti. Täten useampihaaraisen nostoraksin käyttö nostopuomin kanssa vaikuttaa myös magneettien sijoitteluun nostopuomissa.

Opinnäytetyössä ei tehty nostopuomille valmista suunnittelua, valmistuspiirustuksia tai riittävän lujuuden määrittäviä laskelmia nostokapasiteettiin nähden, vaan ne päätettiin rajata työstä pois. Työ tehtiin alustavana suunnitelmana nostoapuvälineen muodon hahmottamiseen ja lähtötiedoiksi varsinaisen suunnittelijan avuksi. Alustavana tehdyn esisuunnittelun pohjalta suunnittelija tekee lujuuslaskelmat, päätökset käytettävistä materiaaleista, aineenvahvuuksista, nostopuomin rakenteesta ja valmistusmenetelmistä. Nostoapuvälineen varsinaisessa suunnitteluvaiheessa sen mitoitus, rakenne ja muut nostoapuvälineen ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät voivat muuttua.

## 6.3 Nostopuomi

Nostopuomin, johon magneetit ovat tarkoitus kiinnittää, haluttiin olevan mahdollisimman yksinkertainen (Kuva 5). Yksinkertainen puomi on helpompi valmistaa

suunnitella ja valmistaa kuin monimutkainen ja monitoiminen nostopuomi. Yksinkertainen puomimalli vähentää myös ulkopuolisen palvelun käytön määrää, jolloin se voidaan mahdollisimman suurilta osin valmistaa talon sisäisesti. Puomin rungossa muotoa havainnollistavana profiilina käytettiin I-palkkia sen kuormaa kantavissa kohteissa esiintyvän käytön laajuuden vuoksi. Tässä vaiheessa puomin rungossa käytettävän palkin koko ja siihen liitettävien osien aineenvahvuudet valittiin vain havainnollistamaan puomin mittasuhteita ja rakennetta.



Kuva 5. Nostopuomin mittasuhteita havainnollistava kuva

#### 6.4 Magneettien valinta

Nostopuomissa käytettävien magneettien vaihtoehtoina olivat sähkömagneetit ja sähkökäyttöiset kestmagneetit. Sähkötoimisia magneetteja käyttäessä nostopuvälinettä ei kiinnitetä mekaanisesti nostettavaan taakkaan, vaan magneettien pitokyky aktivoidaan etänä kaukosäätimellä. Magneettien toimintaperiaatteeksi valittiin sähkötoimiset kestmagneetit, sillä ne eivät vaadi jatkuvaa sähkövirtaa taakan kiinni pitämiseen. Tällöin käytettävään nosturiin ei tarvitse hankkia ja asentaa vara-akustoa taakan putoamisen estämiseksi nosturin syöttövirran katketessa. Kestomagneetteihin perustuvien nostomagneettien katsottiin olevan myös turvallisempi vaihtoehto.

Magneettien muodoksi valittiin poikittain puomiin nähden sijoitettavat suorakaiteen muotoiset magneetit. Magneetin nostoteho pienenee ilmaraon lisäksi myös suhteessa sen nostettavaa kappaletta vasten olevan pinta-alan pienentyessä. Leveiden suorakaiteen muotoisten magneettien katsottiin soveltuvan hyvin sekä

kapeiden pitkien soirojen ja lyhyiden, mutta leveiden kappaleiden käsittelyyn. Suorakaiteen muotoinen magneetti antaa lyhyellä matkalla suuren pinta-alan nostettavan teräslevyn leveyssuunnassa, mikä mahdollistaa suurimman mahdollisen pitokyvyn nostettavalle kappaleelle. Magneettien kokoa havainnollistavassa mallinnuksessa käytettiin saksalaisen Dimet GmbH:n valmistamaa IMGS -sarjan pienintä 2,6 tonnin nostokyvyllä varustetun magneetin mittoja (Taulukko 2).

Taulukko 2. Dimet IMGS magneetin tiedot (Dimet GMBH 2020)

Parameters	IMGS 075-25-23-U1
Pull-off force, kg	7800
Lifting capacity for plates, kg	2600
Lifting capacity for sheets, kg	1500
Minimum sheet thickness, mm	4
Dimensions, mm	750x250x230

Magneettien jakovälien määrittämisessä apuna käytettiin eri nostomagneettivalmistajien ilmoittamia mittoja levyn pituuden rajoituksista levyn aineenvahvuudesta riippuen (Taulukko 3). Oman painonsa vaikutuksesta aiheutuvan teräslevyn taipuminen aiheuttaa magneetin reunaan ilmarakoa, joka saattaa johtaa taakan irtoamiseen magneetista. Ohuet teräslevyt taipuvat enemmän kuin paksummat levyt, joten nostoapuvälinettä käytettävyttä ohuiden levyjen nostamiseen rajoittaa niiden pituus.

Taulukko 3. Teräslevyn aineenvahvuudesta riippuva suurin sallittu ylitys

Aineenvahvuus (mm)	4	5	6	8	10	12	15	18	20
Levyn sallittu ylitys (mm)	1100	1350	1425	1550	1750	1950	2150	2550	2700

Magneettinostopuomin laitimmaisten magneettien etäisyydeksi toisistaan määritettiin 4000mm, jolloin sitä voitaisiin tarvittaessa käyttää 6000mm pituisien aineenvahvuudeltaan 4mm levyjen nostamiseen. Nostoapuvälineen suurimman mahdollisen 10 tonnin nostokuorman täyttämiseen valittiin magneeteiksi 4 kappaletta 2,5 tonnin nostokuorman omaavia magneetteja symmetrisesti nosto-

puomiin jaoteltuna. Tällöin nostoapuvälinettä voidaan käyttää myös osanvalmistuksessa toistuvasti käytettävän teräslevyjen yleisimpiin varastokokoihin kuulumatonta 6000mm pitkä, 2500mm leveää ja aineenvahvuudelta 65mm levyä ja siitä eri pituisten palasten symmetriseen nostamiseen ilman kahden keskimmäisen magneetin nostokapasiteetin ylittämistä.

Magneettien nostopuomiin kiinnittämiseksi suunniteltiin käytettäväksi kiinteän kokoonpanon sijasta nostokettinkiä. Kiinteästi nostopuomiin asennetut magneetit eivät aina ylettäisi nostettavaan taakkaan kaikilla magneeteilla johtuen teräslevyn taipumisesta. Ketjuissa roikkuvat magneetit mahdollistavat teräslevyjen nostamisen lattialta aluspuiden päältä, jolloin keskimmäisten magneettien on mahdollista joustaa aluspuiden kohdalla ylöspäin. Magneettien kiinnityksen havainnollistamiseen mallinnuksessa käytettiin 2 tonnin nostokapasiteetilla olevia asianmukaisia nostotarvikkeita ja liitoselimiä (Kuva 6).



Kuva 6. Magneettien suunniteltu kiinnitys nostopuomiin

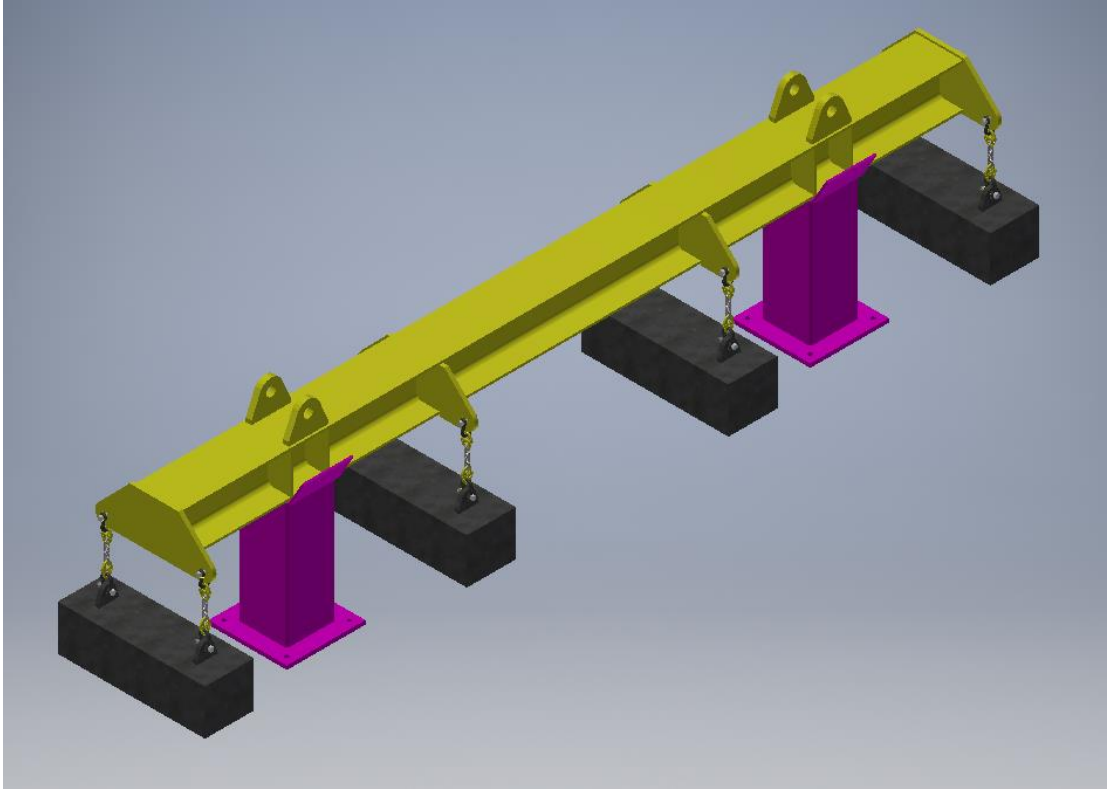
## 6.5 Alustava kustannusarvio

Esisuunnittelutyöhön sisällytettiin myös nostoapuvälineen alustava arvio kustannusten suuruudesta ja rakenteesta. Nostoapuvälineen valmistuskustannukset rakentuvat hankittavista irrallisista osista, nostopuomin materiaaleista, kokoonpanon työstä sekä magneettien ja niihin liittyvien ohjausjärjestelmien hankinnasta. Kustannusten suuruutta selvitettiin kotimaasta saataville nostomagneeteille ja ohjausjärjestelmälle. Selvityksen tuloksista todettiin, että magneetit ja niiden ohjausjärjestelmä ovat selvästi suurin kulu nostoapuvälineen valmistuksessa.

## 6.6 Säilytyspaikan määrittäminen

Magneettinostopuomille täytyi määrittää säilytyspaikka, jossa se ei aiheuttaisi vaaraa sen käyttämättömyyden aikana. Nostopuomia ei magneettien takia voisi varastoida turvallisesti lattialla, joten se tarvitsee varastoinnin aikaisen vakauden saavuttamiseksi telineen. Teline on sijoitettava paikkaan, jossa nostopuomi ei ole varastoinnin aikana haitallinen ja josta sen tarvittaessa saa helposti kytkettyä nosturiin. Nostoapuvälineen säilytyspaikaksi alustavasti päätettiin polttoleikkaukoneen vieressä olevan turvakaiteen suuntainen alue. Turvakaide rajoittaa kulkua alueella eikä nostoapuväline aiheuta vaaraa ohikulkijoille.

Nostoapuväline lasketaan käytön jälkeen telineeseen ja irrotetaan nosturista, jolloin nostopuomi pysyy vakaana (Kuva 7). Nostopuomia telineeseen laskeessa apuna nostopuomin kohdistamisessa voidaan käyttää telineen muotoa. Telineitä voidaan käyttää turvallisesti myös nostoapuvälineen kunnon tarkastuksissa, purkamisessa ja kokoonpanossa. Magneettinostopuomin telineen varsinaisessa suunnittelussa tulee ottaa huomioon telineeseen kohdistuvat kuormitukset ja sen riittävä mekaaninen lujuus, jotta se kestää magneettinostimen painon ja nostoapuvälineen siihen asettamisen.



Kuva 7. Mahdollinen malli telineestä nostopuomille

## 7 RISKINARVIOINTI

### 7.1 Raja-arvojen määrittäminen

Nostoapuvälinettä tullaan käyttämään lin Konepaja Oy:n tuotantotiloissa konepaja ympäristössä. Nostoapuväline koostuu nostopuomista ja siihen nostokettin-geillä kiinnitetyistä nostomagneeteista. Nostoapuvälineen suurin sallittu nostokuorma on 10 tonnia. Nostoapuvälinettä käytetään teräslevyjen ja siitä leikattujen palasten nostamiseen ja siirtämiseen polttoleikkauskoneelle ja siitä pois. Nostoapuväline asetetaan siirrettävän teräslevyn päälle ja kytketään tarvittavat magneetit päälle. Nostoapuväline ilmoittaa magnetoitumisesta ja levy voidaan nostaa polttoleikkauspöydälle. Levy lasketaan polttoleikkauspöydälle ja magneetit käännetään pois päältä, jolloin nostoapuväline voidaan nostaa pois polttoleikkauskoneen päältä.

Magneettinostopuomi on teolliseen käyttöön lin Konepaja Oy:n työntekijöille tarkoitettu nostoapuväline, jonka käyttö vaatii kokemusta konepajalla suoritettaviin nostotöihin ja siellä olevien nostureiden käytöstä. Esimerkkeinä kohtuudella enakoitavasta väärinkäytöstä voi olla taakan soveltumattomuus nostoapuvälineelle, suurimman sallitun kuorman ylittäminen ja kuorman väärin sijoittaminen. Edellä mainitut väärinkäyttötilanteet voivat johtaa nostoapuvälineen vakavuuden menettämiseen tai nostoapuvälineen vioittumiseen, mikä lisää vahingon todennäköisyyttä.

Tilarajoiksi nostoapuvälineelle määritettiin konepajan tuotantotilat. Nostoapuvälineen käyttäjä liittää nostoapuvälineen siltanosturin koukkuun kettinkiraksia käyttäen. Nostoapuvälineen vaikutusalueena on sama kuin siihen liitettyllä siltanosturilla, joten henkilöiden on mahdollista päästä alueelle. Nostoapuvälinettä ei ole tarkoitettu nostamaan taakkoja henkilöiden yläpuolella, joten nostotyö on keskeytettävä tai henkilöitä varoitettava nostotyöstä. Nostoapuvälineen tarpeelliset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa nostoapuvälineen varastointiin tarkoitettussa telineessä.

Nostoapuvälineen aikarajojen määrittämisessä käytettiin tietoja sen yleisestä käyttötarkoituksesta ja suoritettavista tarkastuksista. Nostoapuvälinettä on tarkoitus käyttää päivittäin konepajan tuotannossa, joten sille on tehtävä säännölliset

tarkastukset. Tarkastuksen suorittajan pitää olla laitteeseen perehtynyt henkilö. Laitteen tarkastuksen kohteena on mekaaniset rakenteet ja osat, sekä laitteen sisältämä sähköistys. Jokaisen käyttökerran yhteydessä nostoapuvälineelle suoritetaan silmämääräinen tarkastus ilmeisten vikojen ja kulumien havainnoimiseksi.

Muita raja-arvoja nostoapuvälineelle ovat sen käyttökohteen ominaisuudet. Niiden määrittelyssä apuna käytettiin nostoapuvälineen kuorman pitokykyyn vaikuttavia ominaisuuksia. Nostoapuvälineenä nostetaan ulkovarastossa olevia teräslevyjä, joiden pinnassa saattaa olla irtolikaa, lunta tai jäätä. Nostettavat kappaleet täytyy tarvittaessa puhdistaa ennen nostoapuvälineen käyttöä. Myös nostoapuvälineen magneettien pintojen puhtaus täytyy tarkastaa ennen käyttöä.

## 7.2 Vaarojen tunnistaminen

Riskinarvioinnissa vaarojen ja vaarallisten tilanteiden tunnistamisessa käytettiin standardin SFS-EN ISO 12100 esitettyjä taulukoita tyypillisistä vaaroista sekä irtotettavien nostoapuvälineiden standardin SFS-EN 13155 + A2 sisältämää taulukkoa tyypillisistä vaaratilanteita aiheuttavista vaaratekijöistä liittyen nostoapuvälineisiin ja -magneetteihin. Vaarojen tunnistamisessa käytettiin apuna myös kokemusta konepajaympäristössä toimimisesta, työtehtävien seurauksesta, samankaltaisen nostoapuvälineen käytöstä ja työhön kerättyä teoriaa. Vaarojen tunnistaminen rajoitettiin käsittelemään vain nostoapuvälineen käyttöä koskevia asioita.

Nostoapuvälineen käytöstä johtuvia henkilöille vaaraa aiheuttavien tekijöiden tunnistaminen aloitettiin määritettyjen raja-arvojen tarkastelulla, joista selviää nostoapuvälineen tarkoitettu käyttöympäristö, käyttökohde, käyttäjät, vaikutusalue ja siellä olevat henkilöt, ennakoitavissa oleva väärinkäyttö sekä aikarajat, kuten määräaikaiset kunnontarkastukset. Raja-arvoissa määritettyjä tietoja tarkastelemalla ja nostoapuvälineen tarkoitettua työkohdetta seuraamalla tunnistettiin vaaraa aiheuttavia tekijöitä ja henkilöitä, joihin vaaratekijät kohdistuvat. Nostoapuvälineen käyttöön liittyviä vaaroja tunnistettiin 16 kappaletta.

### 7.3 Riskin suuruuden arviointi

Riskin suuruuden arvioinnissa menetelmänä käytettiin SFS-ISO/TR 13121-2 esitettyä riskimatriisia. Riskimatriisi on menetelmänä yksinkertainen ja tehokas riskin arvioinnin työkalu. Vahingon esiintymistodennäköisyyden ja vakavuuden arviointi tehtiin teknisessä raportissa esitellyillä menetelmillä. Riskin arvioinnin yksinkertainen ja helppo suorittaminen auttaa tulevaisuudessa riskin arvioinnin uudelleen tekemisessä ja täydentämisessä nostoapuvälineen raja-arvojen tai ominaisuuksien muuttuessa ja käyttökokemusten lisääntyessä.

Taulukko 4. Riskimatriisi

Vahingon esiintymistodennäköisyys	Vahingon vakavuus			
	Vakava	Merkittävä	Kohtalainen	Vähäinen
Hyvin todennäköinen	Suuri	Suuri	Suuri	Keskimääräinen
Todennäköinen	Suuri	Suuri	Keskimääräinen	Pieni
Epätodennäköinen	Keskimääräinen	Keskimääräinen	Pieni	Merkityksetön
Hyvin epätodennäköinen	Pieni	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön

Riskin arvioinnissa käytettiin sitä varten tehtyä Excel-taulukkoa, johon merkitään arvioitu vahingon esiintymistodennäköisyys ja vahingon vakavuus. Riskimatriisia seuraamalla saadaan mahdolliselle vahingolle esiintymistodennäköisyyden ja vakavuuden perusteella riskin taso, joka merkitään taulukkoon. Taulukkoon merkitään myös toimenpide-ehdotus riskin pienentämiseksi, jos riskin taso on keskimääräinen tai suurempi. Riskin suuruuden arviointi suoritettiin jokaiselle tunnistetulle vaaratekijälle (Liite 1).

Vaarallinen tilanne voi aiheutua nostoapuvälineestä, sen käyttäjästä tai nostettava kuormasta. Nostoapuvälineestä johtuvaksi vaaratekijäksi tunnistettiin esimerkiksi nostoapuvälineen tai sen osan ilmeinen mekaaninen vika, joka voi johtaa kuorman odottamattomaan käyttäytymiseen tai jopa sen putoamiseen aiheuttaen puristumisvaaran. Ottaen huomioon nostoapuvälineen käyttäjän kokemus nostotehtävistä ja nostoapuvälineen käyttörajoituksista, arvioitiin vahingon esiintymistodennäköisyyden olevan epätodennäköinen. Tilanteessa, jossa vahinko kuitenkin tapahtuu, arvioitiin vahingon vakavuuden olevan merkittävä, tällöin riskitasoksi muodostuu keskimääräinen. Mekaanisen vian välttämiseksi toimenpide

ehdotuksena nostoapuväline tarkastetaan päivittäin ennen ensimmäistä käyttökertaa.

Esimerkkinä nostettavan taakan aiheuttamasta vaaratekijästä voi olla nostettava oleva teräslevy, jonka reunat ovat terävät. Nostettavaa taakkaa käsin ohjattaessa on mahdollista saada viiltohaava levyn reunasta, tällöin nostettavan kappaleen terävät reunat ovat vahinkoon johtava vaaratekijä. Teräslevyjen reunojen ollessa yleisesti teräviä ja niiden nostot toistuvia, arvioitiin vahingon esiintymistodennäköisyydeksi erittäin todennäköinen, eli tapahtuu lähes varmasti. Vahingon kohdistuessa vain yhteen henkilöön eikä viiltohaava aiheuta huomattavaa vammaa, arvioitiin vahingon vakavuudeksi vähäinen. Matriisista katsomalla riskin suuruudeksi saadaan keskimääräinen, mikä edellyttää riskin pienentämistä. Tässä tapauksessa toimenpiteeksi riskin pienentämiseksi ehdotettiin viiltosuojakäsineitä, jotka suojaavat nostoapuvälineen käyttäjää teräviltä reunoilta.

Vaaratekijä voi olla myös nostoapuvälineen normaalista käytöstä aiheutuva haitta, kuten päällimmäisen teräslevyn nipusta nostaminen. Nostoapuvälineen käyttäjä alentaa magneettien tehoa irrottaakseen ylimääräisen taakan ja alempi levy tippuu takaisin pinoon. Teräslevyn pudottamisesta takaisin pinoon voi syntyä äkillinen kova ääni, joka voi aiheuttaa korvien soimista. Teräslevyn nipusta erottaminen on usein toistuva tapahtuma, jolloin vahingon esiintymistodennäköisyydeksi arvioitiin hyvin todennäköinen. Tapahtumasta aiheutuvaa korvien soimisen vakavuutena pidettiin vähäisenä, mutta korkea esiintymistodennäköisyys nostaa riskin tason keskimääräiseksi. Riskin pienentämiseksi ehdotettiin toimenpiteeksi kuulonsuojaimia.

Riskin arvioinnista saatuja tuloksia voidaan käyttää apuna nostoapuvälineen käyttökoulutuksessa ja uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Tuloksia voidaan käyttää myös nostoapuvälineestä aiheutuvien haittojen tiedottamiseen nostoapuvälineen käyttäjälle, muulle henkilökunnalle ja tuotantotiloissa satunnaisesti oleville henkilöille, kuten vieraille. Riskin arvioinnista saatuja tietoja voidaan hyödyntää nostoapuvälineen ohjeiden tekemisessä ja nostoapuvälineen käyttöturvallisuuden kannalta merkittävien vaarojen varoittamisesta nostoapuvälineeseen tehtävien merkintöjen avulla.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen, sillä kyseessä oleva nostoapuväline on tarkoitettu käytettäväksi lin Konepaja Oy:n tuotannon tehtävissä lisäämään työn tehokkuutta ja turvallisuutta polttoleikkauskoneella. Tehtävään sopiva nostoapuväline vähentää työn kuormittavuutta ja nopeuttaa materiaalin käsittelyä. Opinnäytetyössä onnistuttiin selvittämään nostoapuvälineihin liittyvä lainsäädäntö ja löydettiin oikeat standardit suunnittelutyön avuksi. Tuloksena saatiin selvitettyä nostoapuvälineelle tarvittavat tiedot kehitystyön jatkamiseksi ja suoritettua nostoapuvälineen käytön riskin arviointi.

Työn teoriaosuuteen tietoa etsittiin direktiivien ja standardien lisäksi myös aiheeseen liittyvistä julkaisuista ja oppikirjoista. Haasteita työn tekemiseen aiheuttavat nostoapuvälineitä koskevien asetusten, määräysten ja standardien sisällön laajuus ja se, että niitä tarvittiin useita saman aikaisesti.

Nostoapuvälineen suunnitteluprojektissa tietolähteenä käytettiin pääasiassa standardeja, joiden esittämien turvallisuusvaatimuksien perusteella pystyttiin päättämään nostoapuvälineen toimintaperiaatteeseen liittyvistä asioista. Nostoapuvälineen kehitystyössä tarkasteltiin standardien lisäksi myös työn tekemistä kohteessa, jotta nostoapuväline olisi toimiva ja turvallinen ratkaisu työn suorittamiseen. Työturvallisuuden osalta tietoa löytyi helposti ja paljon. Kerättyjen tietojen käsittely auttoi ymmärtämään työnantajan velvollisuudesta tehdä työpaikasta ja siellä olevista laitteista mahdollisimman turvallisia.

Työn tekeminen opetti työturvallisuudelle haitallisten tekijöiden havainnointia ja keinoja työturvallisuuden parantamiseen, kuten riskien hallinnan periaatteita. Työ opetti myös standardien merkityksestä ja niiden suhteesta lainsäädäntöön. Opinnäytetyötä voidaan käyttää uutta nostoapuvälinettä harkittaessa ja konepajan työtehtävien sekä koneiden riskien hallinnassa.

## LÄHTEET

Dimet GmbH 2020. IMGS series. Viitattu 28.11.2020. <https://dimetm.com/products/for-reloading-of-sheet-steel-in-single-pieces>

Ergolift Oy Ab 2020. Tekniset tiedot FX-R nostomagneetit. Viitattu 14.10.2020. <https://www.ergolift.fi/Download/26098/Tekniset%20tiedot%20FX-R%20Nostomagneetit.pdf>

I-Magnet Oy 2020. Magneettitieto. Viitattu 3.9.2020. <https://www.i-magnet.fi/magneettitieto/>

IKP Group Oy 2020a. Palvelut. Viitattu 30.11.2020. <http://www.ikp.fi/palvelut/>

IKP Group Oy 2020b. Yritys. Viitattu 30.11.2020. <http://www.ikp.fi/yritys/>

Kainulainen, J., Mäkelä, R., Ollila, H., & Vainio, E. 2018. Sähkötekniikka ja elektroniikka. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Knaian, A. 2010. Electropermanent magnetic connectors and actuators: devices and their application in programmable matter. Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Electrical Engineering and Computer Science

Kularatna-Abeywardana, D., Hu, A. & Salcic, Z. 2017. Pulse controlled microfluidic actuators with ultra low energy consumption. Sensors and Actuators A: Physical Vol. 263. 8-22. Viitattu 14.10.2020. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2017.05.034>

Lehto, H., Maalampi, J., Havukainen, R. & Leskinen, J. 2018. FY6 Sähkömagnetismi. 10.–11. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Metsta 2020a. Koneturvallisuusstandardien hierarkia. Viitattu 18.10.2020. <https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/standardisointi/standardien-hierarkia/>

Metsta 2020b. Vaatimustenmukaisuusolettama. Viitattu 20.10.2020. <https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/yhdenmukaistetut-standardit/vaatimustenmukaisuusolettamus/>

Openstax cnx 2020. Representing magnetic fields. Viitattu 14.10.2020. <https://cnx.org/contents/SXdeOFrb@1/Magnetic-Field-Lines>

Peda.net 2020a. Maan magneettikenttä. Viitattu 14.10.2020. <https://peda.net/kannus/jvk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/33-magnetismi/kuvat/luvun-33-kuvat/mm>

Peda.net 2020b. Käämin magneettikenttä. Viitattu 14.10.2020. <https://peda.net/p/Markku%20J%C3%A4rvinen/fysiikka/markun-9-luokat/ydinfyysiikka/s%C3%A4hk%C3%B6magneetti/km2>

Peda.net 2020c. Sauvamagneetti ja katkaistu sauvamagneetti. Viitattu 14.10.2020. <https://peda.net/kannus/jvk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/33-magnetismi/kestomagneetti/s>

Peltonen, H., Perkkiö, J. & Vierinen, K. 2012. Insinöörin (AMK) fysiikka osa 2. 8. painos. Saarijärvi: Lahden Teho-Opetus OY.

SFSedu.fi 2020. Nostoapuvälineet. Viitattu 14.10.2020. [https://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-\\_tuotanto-\\_ja\\_materiaalitekniikka/kone-\\_ja\\_laitesuunnittelu/tuotekohtainen\\_standardisointi/nostoapuvalineet](https://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-_tuotanto-_ja_materiaalitekniikka/kone-_ja_laitesuunnittelu/tuotekohtainen_standardisointi/nostoapuvalineet)

SFS-EN 13001-1 2015. Nosturit. Yleissuunnittelu. Osa 1: Yleiset periaatteet ja vaatimukset. Helsinki: SFS. Viitattu 16.10.2020. [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)

SFS-EN 13001-2 2014. Nosturit. Yleissuunnittelu. Osa 2: Kuormitukset. Helsinki: SFS. Viitattu 16.10.2020. [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)

SFS-EN 13001-3-1:2012 + A2:2018 2018. Nosturit. Yleissuunnittelu. Osa 3-1: Teräsrakenteiden rajatilat ja kelpoisuuden osoittaminen. Helsinki: SFS. Viitattu 16.10.2020. [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)

SFS-EN 13155 + A2 2009. Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet. Helsinki: SFS.

SFS-ISO TR 14121-2 2013. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Helsinki: SFS

SFS-EN 818-6 + A1 2008. Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 6: Kettinkiraksit. Valmistajan toimesta laadittavien käyttö- ja huolto-ohjeiden määrittely. Helsinki: SFS.

Siirilä, T. 2013. Turvallinen kone työpaikalla. Työturvallisuuskeskus TTK, teollisuusryhmä. Viitattu 15.10.2020. [https://ttk.fi/files/7087/Turvallinen\\_kone\\_tyopaikalla\\_2013.pdf](https://ttk.fi/files/7087/Turvallinen_kone_tyopaikalla_2013.pdf)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) 2020a. CE-merkintä. Viitattu 27.10.2020. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#98a10b0d>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) 2020b. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Viitattu 26.10.2020. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/eu-vaatimustenmukaisuusvakuutus#98a10b0d>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) 2020c. Koneen valmistajan velvollisuudet. Viitattu 21.10.2020. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet/koneen-valmistaja>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) 2020d. Koneita koskevat vaatimukset. Viitattu 20.10.2020. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet#98a10b0d>

Työsuojeluhallinto 2020a. Koneet ja työvälineet. Viitattu 19.10.2020. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/koneet-ja-tyovalineet>.

Työsuojeluhallinto 2020b. Riskien hallinta. Viitattu 16.11.2020. <https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/vaarojen-arviointi/riskien-hallinta>

Työsuojeluhallinto 2020c. Turvallisuusstandardit. Viitattu 28.10.2020. <https://www.tyosuojelu.fi/markkinavalvonta/koneet-ja-laitteet/turvallisuusstandardit>

Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12. Nostoapuvälineet: Turvallisuus. 2009. Tampere: Työsuojeluhallinto

Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14. Riskin arviointi. 2013. Tampere: Työsuojeluhallinto

Työturvallisuuskeskus 2015. Riskien arviointi työpaikalla. Viitattu 10.11.2020. [https://ttk.fi/files/2941/Riskien\\_arviointi\\_tyopaikalla\\_tyokirja\\_22052015\\_kerttuli.pdf](https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf)

## Riskin arviointi

Riskin arvioinnin kohde

Magneettinostopuomin käyttö

Päiväys

27.11.2020

Tekijä

Juhopekka Riikonen

Vahingon esiintymistodennäköisyys	Vahingon vakavuus			
	Vakava	Merkitävä	Kohtalainen	Vähäinen
Hyvin todennäköinen	Suuri	Suuri	Suuri	Keskimääräinen
Todennäköinen	Suuri	Suuri	Keskimääräinen	Pieni
Epätodennäköinen	Keskimääräinen	Keskimääräinen	Pieni	Merkityksetön
Hyvin epätodennäköinen	Pieni	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön

Nro	Vaaratekijä	Seuraukset	Tapahtuman todennäköisyys	Vahingon vakavuus	Riskin suuruus	Ehdotus toimenpiteeksi
1	Nostoapuvälineen ylikuormitus	Kuorman putoaminen	Todennäköinen	Merkitävä	Suuri	Suurin sallittu kuorma merkitävä nostoapuvälineeseen
2	Etäisyyden puutteellinen havainnointi	Puristuminen, viliytyminen	Epätodennäköinen	Merkitävä	Keskimääräinen	Välletään taakkojen nostamista silmien korkeudella
3	Nostettavan kappaleen terävät reunat	Viliytyminen	Hyvin todennäköinen	Vähäinen	Keskimääräinen	Kuormaa ohjattaessa käytettävä viiltosuojakäsineitä
4	Vaurioituneet sähkölaitteet	Sähköisku	Epätodennäköinen	Vakava	Keskimääräinen	Tarkastetaan nostoapuväline silimääräisesti ennen käyttöä
5	Mekaaninen vika	Puristuminen	Epätodennäköinen	Merkitävä	Keskimääräinen	Tarkastetaan nostoapuväline silimääräisesti ennen käyttöä
6	Epävakaata taakka	Kuorman putoaminen	Epätodennäköinen	Merkitävä	Keskimääräinen	Nostoapuomin keskikohdan merkkaus symmetrisen kuormauksen helpottamiseksi
7	Nostoapuvälineen epävakaas varastoinnin aikana	Nostoapuvälineen kaatuminen	Todennäköinen	Kohtalainen	Keskimääräinen	Nostoapuvälineelle asiantunnetun teline
8	Muu liikenne, henkilöt	Puristuminen, tarrautuminen, viliytyminen	Todennäköinen	Merkitävä	Suuri	Ohjeistetaan nostoapuvälineen käyttäjiä ja henkilökuunta. Rajoitetaan ulkopuolisten kulkua
9	Kokematon käyttäjä	Puristuminen	Todennäköinen	Merkitävä	Suuri	Nostoapuvälineen käyttäjän perehdytys

## Liite 1 2 (2)

10	Päällekkäisten teräslevyjen erottaminen toisistaan taakkaa nostaaessa	Melu	Hyvin todennäköinen	Vähäinen	Keskimääräinen	Kuulonsuojaimet
11	Ilmarako nostettavan kappaleen ja magneetin välissä johtuen itorokasta, esim. lumi, jää, hiekka	Puutteellinen pitovoima	Todennäköinen	Kohtalainen	Keskimääräinen	Nostettavan kappaleen ja magneetin puhdistus tarvittaessa
12	Nostettavan kappaleen materiaali sopimaton	Puutteellinen pitovoima	Todennäköinen	Kohtalainen	Keskimääräinen	Noudatettava magneettien valmistajan käyttöohjeita
13	Nostoapuvaliineen liittäminen nosturiin	Puristuminen	Todennäköinen	Vähäinen	Pieni	
14	Vaurioituneet sähkölaitteet	Palovamma	Epätodennäköinen	Kohtalainen	Pieni	
15	Ympäristön epäjärjestys	Kompastuminen	Todennäköinen	Kohtalainen	Pieni	
16	Nostettavan kappaleen terävät reunat	Takertuminen	Todennäköinen	Vähäinen	Pieni	