



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MATTI JÄÄSKÖ
NOSTOTURVALLISUUDEN VARMISTAMINEN TUOTEKEHITYS-
PROSESSISSA
Diplomityö

Tarkastaja: professori Jouni Kivistö-
Rahnasto
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 4. maaliskuuta
2015

TIIVISTELMÄ

MATTI JÄÄSKÖ: Nostoturvallisuuden varmistaminen tuotekehitysprosessissa
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 58 sivua
Huhtikuu 2015
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Turvallisuustekniikka
Tarkastaja: professori Jouni Kivistö-Rahnasto

Avainsanat: nostoturvallisuus, riskienarviointi, tuotekehitys, nostettavuus, nostotyö

Metso Mineralsin Tampereen tehtaalla suunnitellaan, valmistetaan ja kokoonpannaan sekä yksittäisiä kivenmurskaimia että tela-alustaisia kivenmurskaus- ja seulontayksiköitä. Tehtaan kokoonpanopisteillä suoritetaan päivittäin useita silta- tai puominosturilla tehtäviä keskiraskaita ja raskaita kokoonpanon nostoja. Ongelmaksi on muodostunut tuotteiden ja niiden osien huonosti suunniteltu nostettavuus sekä nostoturvallisuuden heikko tilanne.

Työn päällimmäisenä tarkoituksena oli nostoturvallisuuden kehittäminen. Tämä sisälsi tavoitteet nostettavuuden/nostoturvallisuuden riskienarviointityökalujen luomisesta sekä toimintamallin määrittämisestä näiden työkalujen sovittamiseksi yrityksen uuden tuotteen kehittämisen prosessiin sekä tuotemuutosprosessiin. Työn aluksi määriteltiin arviointityökalujen vaatimukset tutustumalla aiheeseen liittyvään lainsäädäntöön sekä Metson toimintaan, jonka jälkeen työkaluista tehtiin ensimmäiset versiot. Arviointityökaluista kerättiin kommentteja tuotesuunnittelusta ja tuotannosta sekä turvallisuusasiantuntijoilta ja työkaluja iteroitiin saadun palautteen mukaisesti.

Tämän diplomityön tuloksena Metso Mineralsille luotiin tuotteiden osien nostettavuuden ja nostoturvallisuuden riskienarviointityökalut; yksi tuotesuunnittelun käyttöön sekä yksi tuotannon käyttöön. Toimintamalli määrittelee nostoturvallisuuden varmistamisen toimet uuden tuotteen kehittämisen prosessissa. Tuotesuunnittelun riskienarviointityökalu otetaan käyttöön osana tuotteille tehtäviä moduulikohtaisia riskienarviointeja. Työkalun avulla tarkastetaan, että suunnittelija on huomionnut suunnittelussaan myös tuotteen nostotarpeet. Tuotannon riskienarviointityökalu on tarkoitettu prototyypin ja nollasarjan valmistusvaiheisiin nostoturvallisuuden riskien tunnistus- ja arviointityökaluksi. Tuotannon riskienarviointityökalu soveltuu myös jo vakiotuotannossa olevien tuotteiden nostettavuuden ja nostoturvallisuuden riskienarviointiin. Näiden lisäksi työn aikana luotiin nosto-ohjeiden laatimisohje, jonka avulla nosto-ohjeet ja niiden sisältö saadaan standardoitua.

ABSTRACT

MATTI JÄÄSKÖ: Ensuring lifting safety in product development process

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 58 pages

April 2015

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Safety Engineering

Examiner: Professor Jouni Kivistö-Rahnasto

Keywords: lifting safety, risk assessment, product development, lift ability, lifting operation

At Metso Minerals' Tampere factory single crushers and mobile crushing and screening plants are designed, manufactured and assembled. At factory's assembly stations multiple heavy lifting operations are maintained with overhead cranes. The problem was a poor design of lift ability and lifting safety of products and their parts.

The main purpose of this Master's thesis was to develop lifting safety. This included targets to create risk assessment tools for lifting and lift ability, and to integrate these tools to the company's new product development process and product change process. At first the requirements of the tools are determined by getting familiar with related laws and regulations. After getting to know the operations of Metso, the first versions of the tools were created. The comments were collected from engineering and production organisations and also from safety experts. The tools were iterated according to feedback.

As a result of this thesis the risk assessment tools for evaluating products' lift ability and lifting safety were created for Metso Minerals. One of these tools was made to engineering organisation and one to production organisation. An operations model defines actions for ensuring lifting safety in the new product development process. The risk assessment tool of engineering will be taken as a mandatory phase to product's module-specific risk assessment. The tool of engineering is also used to check that the engineer has taken into consideration the lifting needs of designed product. The risk assessment tool of production is meant to be used as a risk assessment and evaluation tool during prototype and 0-series manufacturing. The risk assessment tool of production can also be used to assess and evaluate lifting safety and lift ability of products that are already in on-going production. In addition to these tools, the drafting guide of lifting instructions was created. With this drafting guide the lifting instructions and their contents will be standardised.

ALKUSANAT

Diplomityöni aihe sai alkunsa kesällä 2014, jolloin tein nosto-ohjeita Metso Mineralsin tuotannon tarpeisiin. Nostojen ja nostoturvallisuuden kehno tila oli huomattu jo hieman aiemmin ja aihe alkoi saada näkyvyyttä tehdastasolla. Nostoturvallisuuden kehittäminen antoi suuntaviivat tämän diplomityön aiheelle.

Tahtoisin kiittää yrityksen edustajaa ja esimiestäni Development Manager Kimmo Leikkaa hyvästä ohjauksesta ja hyvistä vinkeistä työn teon aikana. Kiitokset kuuluvat myös työkavereilleni kannustavasta ja mielekkästä työilmapiiristä sekä kaikille tämän työn sidosryhmille hyvästä yhteistyöstä. Kiitos akateemisten näkemysten tarjoamisesta ja työni tarkastamisesta kuuluu professori Jouni Kivistö-Rahnastolle.

Erityiskiitos Annelle päivittäisestä tuesta sekä arjen pienistä ja suurista iloista, jotka ovat auttaneet minua jaksamaan. Kiitos kuuluu myös perheelleni ja kaveripiirilleni. Ilman teitä en olisi nyt tässä.

Tampereella, 19.4.2015

Matti Jääskö

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Yritysesittely ja nykytilanne.....	2
1.2	Työn vaiheet.....	2
2.	TAUSTA JA TEORIA	3
2.1	Riskienhallinta ja -arviointi.....	3
2.2	Tuotteen turvallisuus.....	8
2.3	Nostotyö.....	9
2.3.1	Nostoapuvälineet	11
2.3.2	Nostotyön vaaroja	14
2.4	Tuotesuunnittelu ja tuotanto.....	17
3.	TYÖN KOHDE JA TYÖN SUORITUS.....	20
3.1	Työn kohde.....	20
3.1.1	Yrityksen nostoturvallisuus	24
3.1.2	Uustuoteprosessi	26
3.1.3	Tuotemuutosprosessi.....	29
3.1.4	Turvallisuustarkastelut	31
3.2	Muiden yritysten käytäntöjä.....	32
3.3	Keskeiset osatehtävät.....	33
3.3.1	Vaatimusten määrittäminen.....	33
3.3.2	Työkalujen luominen ja iterointi.....	34
4.	TULOKSET.....	37
4.1	Vaatimukset.....	37
4.2	Kehitetyt työkalut ja toimintamalli.....	40
4.2.1	Suunnitteluvaiheen riskienarviointityökalu.....	40
4.2.2	Tuotannon nostojen riskienarviointityökalu	42
4.2.3	Nosto-ohjeiden laatimisohe	44
4.2.4	Toimintamalli	45
5.	POHDINTA.....	49
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET	54
	LÄHTEET.....	55

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ALARP- kriteeri	engl. As Low As Reasonably Practicable; periaate, jossa jäännös-riski lasketaan niin alas kuin mahdollista kustannukset ja saavutetut hyödyt huomioiden
DFX	engl. Design For X, suunnittelu jotain tarkoitusta X varten
DFM	engl. Design For Manufacturing, suunnittelu valmistettavuuden kannalta
DFMA	engl. Design For Manufacturing and Assembly, suunnittelu valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden kannalta
ECN	engl. Engineering Change Notice, tuotemuutosprosessin muutostiedote
ECR	engl. Engineering Change Request, tuotemuutosprosessin muutospyyntö
FMEA	engl. Failure Mode and Effect Analysis, vika- ja vaikutusanalyysi
HSE-toiminta	engl. Health, Safety and Environment; terveys-, turvallisuus- ja ympäristötoiminta
PDM-järjestelmä riski	engl. Product Data Management, tuotetiedonhallintajärjestelmä ”vaaratilanteeseen mahdollisesti liittyvän vamman tai terveyshaitan todennäköisyyden ja vakavuuden yhdistelmää” (VNa 400/2008)
riskianalyysi riskienarviointi	riskien todennäköisyyksien ja seurausten vakavuuksien arviointi tavoitteellista toimintaa, joka koostuu riskien tunnistamisesta, riskianalyysistä ja riskien merkityksen arvioinnista
vaara	”vamman tai terveyshaitan mahdollinen lähde” (VNa 400/2008)

1. JOHDANTO

Keskiraskaassa ja raskaassa kokoonpanoteollisuudessa tuotteen nostettavuudella ja käsiteltävyydellä on suuri merkitys. Raskaan tuotteen tai sen osan nostaminen ilman suunniteltuja nostopisteitä on aina vaarallista. Kun tuotteen ja sen osien suunnittelussa kiinnitetään huomiota sen elinkaaren aikaisiin nostotarpeisiin, ovat tuotteen nostot ja käsittely huomattavasti helpompia ja turvallisempia toteuttaa. Tuotteen nostettavuutta ja nostoturvallisuutta kehittämällä parannetaan samalla työturvallisuutta ja tuottavuutta.

Tämän diplomityön tarkoituksena on kehittää nostoturvallisuutta Metso Mineralsin Tampereen tehtaalla, Hatanpäällä. Nostoilla ja nostoturvallisuudella tarkoitetaan tässä työssä koneellisesti suoritettavia raskaita ja keskiraskaita kokoonpanon nostoja ja niiden turvallisuutta.

Työ jakautuu kahteen erilliseen tavoitteeseen, joista ensimmäinen on nostotyön ja kappaleiden nostettavuuden riskienarviointiin soveltuvien työkalujen luominen. Riskienarviointityökalujen tulisi olla tarpeeksi keveitä, jotta ne soveltuvat käyttöönsä eivätkä syö liikaa resursseja. Toisena tavoitteena on sovittaa nämä riskienarviointityökalut yrityksen nykyiseen toimintamalliin sekä uustuoteprosessissa että tuotemuutosprosessissa ja määrittellä kohdat, joissa riskienarvioinnit toteutetaan. Toimintamallin kannalta määritellään vastuutahot riskienarviointien toteuttamiselle.

Työn aikana tarkastellaan nostoturvallisuutta Tampereen tehtaan toimintojen, kuten valmistuksen ja kokoonpanon osalta. Valmistus- ja kokoonpanovaiheiden aikaiset tuotteen käsittelyt, esimerkiksi nostot, tulisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheen aikana tuotteelle tulisi luoda tarpeelliset dokumentaatiot, jotta tuotteen valmistuksen ja kokoonpanon aikainen käsittely olisi turvallista.

Työn aikana luotaviin työkaluihin ja dokumenttipohjiin lukeutuu suunnittelun tarpeisiin vastaava riskienarviointityökalu, joka pyrkii huomioimaan tuotteen elinkaaren aikaiset nostot ja niiden turvallisuuden jo suunnitteluvaiheessa. Tuotannon tarpeisiin tehdään kevyt riskien tunnistus- ja arviointityökalu, joka auttaa nimensä mukaisesti työntekijöitä tunnistamaan ja arvioimaan kappaleiden nostoturvallisuuteen liittyviä riskejä ja vaaroja. Lisäksi tuotannon tarpeisiin luotaviin dokumentteihin lukeutuu nosto-ohjeiden laatimisohje, jolla pyritään varmistamaan, että nosto-ohjeista löytyvät kaikki turvalliseen nostotyöhön tarvittavat tiedot.

1.1 Yritysesittely ja nykytilanne

Tämän työn toimeksiantajana toimiva Metso Minerals Oy on osa Metso-konsernin Kaiivos- ja maanrakennus -liiketoimintasegmenttiä, ja toimittaa laite- ja palveluratkaisuja kaivos- ja maanrakennusalojen asiakkaille. Metso Minerals Oy:n Tampereen tehtaalla suunnitellaan, valmistetaan ja kokoonpannaan kivenmurskaimia, murskausyksiköitä ja seulontalaitteita. Tampereen tehtaalla henkilöstöä on tällä hetkellä noin 900, joista noin puolet on työntekijätehtävissä ja noin puolet on toimihenkilötehtävissä. (Lehtonen 2014.)

Tällä hetkellä tehtaalla ei ole käytössä yleisiä suunnitteluvaiheeseen tarkoitettuja nostoturvallisuuden varmistamismenetelmiä tai tarkastuslistoja. Joillain suunnittelijoilla saattaa olla muistiinpanoissaan omia tarkastuslistoja, joiden avulla he osaavat huomioida tuotteen nostot valmistusprosessin aikana. Tällä hetkellä tuotteen nostoturvallisuus riippuu liikaa suunnittelijasta ja hänen kokemuksestaan tuotteiden valmistusprosessin aikaisesta käsiteltävyydestä ja nostettavuudesta.

1.2 Työn vaiheet

Työn aluksi esitellään tietoa nostotyön ja nostojen turvallisuuden vaatimuksista. Määritellään lainsäädännön ja standardien asettamat vaatimukset sekä Metson omat vaatimukset nostoturvallisuudelle. Lisäksi esitellään samalla liiketoimintasegmentillä toimivien yritysten nostoturvallisuuden/nostettavuuden varmentamisjärjestelmistä ja keinoista, ja sovitetaan näitä käytäntöjä myös Metso Mineralsin toimintaan.

Työn keskeisiä työvaiheita ovat riskienarviointityökalujen vaatimusten määrittely, työkalujen ja dokumenttipohjien rakenteen luominen eli konstruointi, rakenteen iterointi ja kokemuksien/kommenttien kerääminen sekä muutosprosessin osalta pilotointivaihe ja mallin käyttöönotto. Uustuoteprojektin osalta pilotointia ei ehditä toteuttaa, koska uustuoteprojektit voivat kestää jopa vuosia eikä tuloksia ehdittäisi tarkastella tämän diplomityön puitteissa.

2. TAUSTA JA TEORIA

Lait ja niihin liittyvät standardit määrittävät monia velvoitteita työnantajalle sekä tuotteen tai toiminnon suunnittelijalle ja valmistajalle. Työnantajan ja valmistajan tärkein velvollisuus on selvilläolovelvollisuus, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että työnantajan ja valmistajan on oltava selvillä kaikista tuotteistaan ja toimintaansa koskevista lainsäädännön vaatimuksista. Lainsäädännön lähtökohtana on, että kone tai tuote suunnitellaan turvallisiksi. Tuotteen tai koneen turvallisuuteen pystytään vaikuttamaan parhaiten jo suunnitteluvaiheessa. Tällöin tarvittavat muutokset tuotteessa on suhteellisen helppo toteuttaa. Myös muutoksen hinta on sitä alhaisempi, mitä aiemmassa vaiheessa suunnittelua muutos toteutetaan.

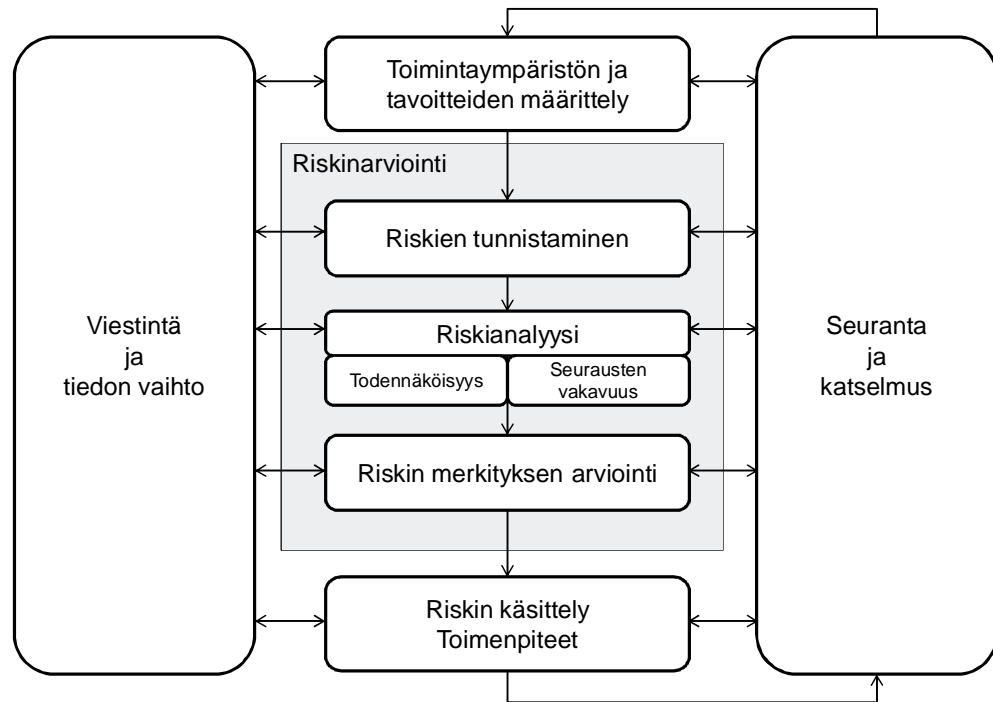
Työturvallisuuslaki (738/2002) velvoittaa työnantajan selvittämään ja arvioimaan työssä ja työympäristössä ilmeneviä vaara- ja haittatekijöitä. Työtä ja työympäristöä suunniteltaessa on otettava huomioon niiden vaikutukset työntekijän terveyteen ja turvallisuuteen. Lisäksi ne on suunniteltava niin, että ne soveltuvat aiottuun tarkoitukseensa. Suunnittelijan velvollisuutena on, että hänen suunnitelmansa työ- ja tuotantomenetelmistä, työtilasta, työympäristön rakenteesta, koneesta, työvälineestä tai muusta laitteesta huomioidaan kohteen ilmoitetun käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla työturvallisuuslain säännökset. (L 738/2002.)

Valmistajan on suoritettava koneelle riskien arviointi. Riskienarvioinnin tulokset huomioiden kone on suunniteltava ja valmistettava niin, että lainsäädännön terveys- ja turvallisuus- sekä muut vaatimukset toteutuvat. Valmistajan on laadittava tekninen tiedosto, käyttöohjeet sekä vaatimustenmukaisuusvakuutus. Mikäli lainsäädäntö niin määrittelee, on koneelle suoritettava lisäksi tyyppitarkastus. Koneeseen on lopuksi kiinnitettävä CE-merkintä, jolla valmistaja vakuuttaa, että kone on suunniteltu ja valmistettu turvallisiksi. Kone on suunniteltu ja rakennettu lainsäädännön mukaisesti, mikäli se on tehty yhdenmukaisuusstandardit huomioiden. Mikäli yhdenmukaisuusstandardeja ei ole käytetty, on koneen turvallisuus pystyttävä todentamaan jollain muulla keinoin. (Siirilä & Kerttula 2007, s. 14.)

2.1 Riskienhallinta ja -arviointi

Riskienhallinta on osa yrityksen turvallisuuden johtamis- ja hallintaprosessia. Riskienarviointi on osa riskienhallintaa ja tarjoaa järjestelmällisen menetelmän mahdollisten riskien vaikutusten tunnistamiseen. Riskienarviointi on tavoitteellista toimintaa, jolla pyritään tunnistamaan vaaratekijät, arvioimaan riskien todennäköisyydet ja määrittämään riskien seurausten vakavuudet. Riskien hallitsemiseksi ja riskitasojen pienentämi-

seksi riskille määritellään jatkotoimenpidetarpeet. Nämä toimenpiteet laitetaan käyttöön ja niiden toteutumista seurataan. Koko prosessin ajan viestinnällä varmistetaan tiedonkulku vaiheesta toiseen. Jotta riskienarviointi olisi tehokasta, on koko prosessin perustuttava jatkuvaan parantamiseen. Riskienhallintaprosessi on esitetty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1. Riskienhallintaprosessi (mukailten SFS-EN 31010 2013, s. 20).

Riskienhallintaprosessin ensimmäinen vaihe on tavoitteiden ja resurssien määrittäminen sekä kohteen rajaus. Kohde tulisi rajata tarkkaan, jotta riskienarvioinnista tulee riittävän tarkka ilman, että mennään liian yksityiskohtaiseen analysointiin. Tästä syystä arviointiprosessin tavoitteet ja resurssit tulisi määrittellä ennen varsinaisen arviointiprosessin alkua, jotta kohteen rajaus osataan tehdä tavoitteiden ja resurssien sallimissa puitteissa.

Varsinainen riskienarviointiprosessi alkaa uhkien ja vaaratekijöiden tunnistamisella. Tunnistamismenetelmät voivat sisältää asiantuntijaryhmän systemaattista ryhmätyöskentelyä vihje- tai kysymysluetteloiden avulla, erinäisiä tarkistuslistoja ja historiatietojen läpikäyntiä tai induktiivisen päättelyn tekniikoita kuten valmiita riskien tunnistustyökaluja tai -menetelmiä. Ryhmätyöskentelyn systemaattisia menetelmiä voivat olla esimerkiksi aivoriihi- tai Delfoi-menetelmä. (SFS-EN 31010 2013, s. 20.)

Riskianalyysi tarkoittaa riskien todennäköisyyksien ja seurausten vakavuuksien arviointia. Tässä voidaan käyttää apuna erilaisia riskianalyysimenetelmiä. Riskin todennäköisyys ja seurauksen vakavuus pisteytetään yleensä joko 1..5 tai 1..3. Todennäköisyys 1

tarkoittaa tapahtuman todennäköisyytenä erittäin epätodennäköistä ja 5 taas erittäin todennäköistä. Seurausten vakavuuden kohdalla 1 tarkoittaa vähäisiä seurauksia ja taas 5 vakavia seurauksia. Todennäköisyyksien tulisi perustua tilastolliseen tietouteen tai todennäköisyyteen, esimerkiksi jos tiettyjä tapahtumia sattuu kerran 10 000 tunnin aikana, on tapahtuman todennäköisyyden arvo 3. Myös seurausten vakavuudet tulisi määritellä selkeästi, esimerkiksi seurauksen vakavuus 4 tarkoittaa luunmurtumaa tai yli yhden kuukauden sairauslomia. Seuraukset voidaan joissain tapauksissa jakaa esimerkiksi ihmisiin, omaisuuteen ja tieto-omaisuuteen kohdistuviin vahinkoihin. Nämä raja-arvot ja kriteerit tulisi määritellä ennen riskianalyysin aloittamista. Riskin todennäköisyyden ja seurausten vakavuuksien yhdistelmänä saadaan riskitaso. Riskitaso tarkoittaa riskin merkittävyyttä, joka voidaan luokitella esimerkiksi merkityksettömiin, vähäisiin, kohtalaiseihin, merkittäviin ja sietämättömiin. Taulukossa 2.1 on esitetty 3x3-riskimatriisi, jota voidaan käyttää apuna riskitason määrittämisessä riskin todennäköisyyden ja seurausten vakavuuden avulla. (Turvallisuuskeskus 2014.)

Taulukko 2.1. 3x3-riskimatriisi (mukaihen Turvallisuuskeskus 2014).

Seurausten vakavuus

Todennäköisyys	Lievä 1	Haitallinen 2	Vakava 3
Epätodennäköinen 1	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen
Todennäköinen 2	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä
Erittäin todennäköinen 3	Kohtalainen	Merkittävä	Sietämätön

Kun riskin riskitaso on saatu määritettyä, päätetään riskin hyväksyttävyydestä. Hyväksyttävyyden tasojen nimityksiä ovat hyväksyttävä, siedettävä ja sietämätön. Hyväksyttävä riski ei aiheuta erillisiä jatkotoimenpiteitä. Siedettävä riski ei välttämättä aiheuta jatkotoimenpiteitä, mutta sen kehittymistä on seurattava tarkemmin. Sietämättömän riskin kohdalla jatkotoimenpiteet riskin poistamiseksi tai pienentämiseksi ovat välttämättömiä. Turvallisuussovellutuksissa riskin jatkotoimenpiteille käytetään yleensä ALARP-kriteeriä (engl. As Low As Reasonably Practicable) eli ”niin matala kuin on järkevästi ottaen käytännöllistä”. ALARP-kriteeriä sovellettaessa riskejä pyritään pienentämään siedettävältä riskitasolta hyväksyttävälle niin, että jatkotoimenpiteiden kustannukset suhteessa saavutettaviin hyötyihin ovat kohtuulliset. Sietämättömät riskit tulee pienentää kustannuksista riippumatta tai toiminta on lopetettava. (SFS-EN 31010 2013, s. 28.)

Yleinen tapa on jakaa riskit kolmeen tasoon, mutta esimerkiksi Metso jakaa riskit viiteen tasoon, joita ovat vähäinen, siedettävä, kohtalainen, merkittävä ja sietämätön riski. Standardin (SFS-EN 31010 2013) mukaiseen jaotteluun suhteutettuna vähäinen riski

vastaa hyväksyttävää tasoa eli eivät aiheuta toimenpiteitä. Siedettävä ja kohtalainen riski vastaavat standardin siedettävää riskitasoa, jolloin vaaditaan seurantaa ja toimenpiteet riskin pienentämiseksi on aloitettava sekä tehtävä uudelleenarviointia. Merkittävä ja sietämätön riski vastaavat standardin mukaan sietämätöntä riskitasoa, jolloin työtä ei pidä aloittaa tai jatkaa ennen kuin riskiä on pienennetty. Tällöin toimenpiteiden resursivaatimukset saattavat nousta huomattavan korkealle ja kyseinen työ voidaan joutua kieltämään pysyvästi. Taulukossa 2.2 on esitetty Metson tela-alustaisille mobilelaitteille tehtävän moduulikohtaisen riskienarvioinnin aikana käytetty riskin merkittävyyden määrittelyn riskimatriisi. (Metso 2014a.)

Taulukko 2.2. Metson riskimatriisi (Metso 2014a).

Todennäköisyys	1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	0,1...5	Vähäinen riski
	0,9	0,9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	6...15	Siedettävä riski
	0,8	0,8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	16...28	Kohtalainen riski
	0,7	0,7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	29...48	Merkittävä riski
	0,6	0,6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	49...100	Sietämätön riski
	0,5	0,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		
	0,4	0,4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40		
	0,3	0,3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		
	0,2	0,2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20		
	0,1	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
		Seuraukset												

Riskinarvioinnilla voi olla erilaiset vaatimukset elinkaaren eri vaiheissa. Ideointi- ja määrittelyvaiheessa riskianalyysia voidaan käyttää päätettäessä jatketaanko projektia vai ei. Suunnittelu- ja kehitysvaiheessa riskinarvioinnin avulla varmistetaan, että järjestelmän riskit ovat siedettäviä, suunnitellaan parannuksia, tehdään kustannustehokkuustarkastelua tai tunnistetaan riskejä, jotka vaikuttavat vasta elinkaaren myöhemmissä vaiheissa. Valmistuksen ja käytön aikana riskinarvioinnin avulla voidaan kehittää menettelytapoja normaalitoimintaa ja hätätilanteita varten. (SFS-EN 31010 2013, s. 34.)

Riskin käsittelylle eli toimenpiteiden valinnalle on olemassa oma tärkeysjärjestyksensä. Mikäli mahdollista, riskit tulisi ensisijaisesti poistaa kokonaan vaikuttamalla riskin perussyihin. Työympäristö tulisi tehdä turvalliseksi työntekijöille. Mikäli riskiä ei voida poistaa kokonaan, on sen suuruutta pienennettävä vaikuttamalla joko esiintymistodennäköisyyteen tai seurauksiin. Vaaralliset työvaiheet tulisi pyrkiä korvaamaan vähemmän vaarallisilla, mikäli vain mahdollista. Turvallisuuspolitiikan luomisella ja kehittämisellä voidaan ottaa huomioon kaikki työympäristön näkökulmat teknologiasta, ympäristöstä

ja organisaatiosta aina turvallisuuskulttuuriin. Hierarkian viimeisiä työn ja työvaiheiden riskien pienentämisen toimenpiteitä ovat yhteisten ennalta ehkäisevien toimenpiteiden tai henkilösuojainten käyttö sekä viimeisenä vaihtoehtona henkilökunnan ohjeistaminen turvallisista työtavoista. (Metso 2010, s. 11.)

Koneen riskien pienennyskeinoja ovat järjestyksessä: luontaisesti turvallinen suunnittelutoimenpide, suojaustekniset toimenpiteet kuten suojukset tai turvalaitteet, ja käyttöä koskevat tiedot, kuten rajoitukset ja tiedotteet. Luontaisesti turvalliset suunnittelutoimenpiteet tarkoittavat riskien poistamista tai pienentämistä koneen rakenneominaisuuksien valinnoilla ja/tai koneen ja altistuvien henkilöiden tai ympäristön vuorovaikutustapojen sopivilla valinnoilla. (SFS-EN ISO 12100 2010, s. 52.) Mikäli luontaisen turvallisuuden suunnittelutoimenpiteillä ei saada poistettua tai pienennettyä riskejä tarpeeksi, on koneessa käytettävä suojuksia ja turvalaitteita henkilöiden suojaamiseen. Suojuksia käytetään yleensä joko estämään tai rajoittamaan ihmisten pääsyä koneen vaaravyöhykkeelle tai suojana vaaraa aiheuttavilta sinkoutuvilta tai putoavilta esineiltä. Myös täydentävät suojaustoimenpiteet, kuten hätäpysäytyslaitteet, voivat olla tarpeellisia. Koneiden ja niiden painavien osakomponenttien mahdollisimman helppoon ja turvalliseen käsittelyyn on varauduttava. ”Koneet ja niiden osakomponentit, joita ei voida siirtää tai kuljettaa käsin, on varustettava tai tehtävä mahdolliseksi varustaa sopivilla kiinnityselimillä nostolaitteen avulla tapahtuvaa kuljetusta varten” (SFS-EN ISO 12100 2010, s. 92). Näitä kiinnityselimiä ovat esimerkiksi nostoapuvälineet, nostosilmukan kiinnitystä varten tehty kierrereikä sekä nostohaarukan kohdistuslaitteet koneissa ja niiden osakomponenteissa, joita siirretään nostotrukilla. (SFS-EN ISO 12100 2010, s. 92.)

Mikäli vielä suojausteknisten toimenpiteiden jälkeen koneella havaitaan olevan jäännösriskejä, on riskejä pienennettävä ja niistä ilmoitettava käyttöä koskevien tietojen laadinnan avulla. Tämäkin on osa koneen suunnittelua. Käyttöä koskevat tiedot voivat olla esimerkiksi varoituksia, merkintöjä ja ohjeita. Käyttöohjeet muodostavat tärkeimmän käyttöä koskevan tiedon osan ja niissä on tiedotettava ja varoitettava koneen käyttäjää tai hyödyntäjää jäännösriskeistä. Mikäli on tarpeellista, tiedoissa on ilmaistava koulutuksen, henkilösuojainten sekä mahdollisten muiden suojusten ja turvalaitteiden tarve. Käyttöä koskevissa tiedoissa on käsiteltävä koneen kuljetusta, kokoonpanoa, asennusta, käyttöönottoa, käyttöä ja käytön aikaisia toimintoja, kuten kunnossapitoa, sekä tarvittaessa koneen purkamista ja käytöstä poistoa. Koneessa on oltava kaikki tarpeelliset merkinnät turvallisen käytön kannalta, joita ovat esimerkiksi itse koneen ja/tai irrotettavissa olevien osien massat (kilogrammoina). Koneen käyttöohjeissa tai muissa kirjallisissa ohjeissa on oltava tietoja koneen kuljetuksesta, käsittelystä ja varastoinnista sekä asentamisesta ja käyttöönotosta. Näitä tietoja ovat esimerkiksi massat, painopisteiden sijainnit ja käsittelymerkinnät, kuten piirroksiset nostovälineiden kiinnityskohdista, sekä kokoonpano- ja asennusolosuhteet. (SFS-EN ISO 12100 2010, s. 94-98.)

Onnistuneen riskin arvioinnin ja riskienhallinnan perusta on tehokkaassa viestinnässä ja tiedonvaihdossa sidosryhmien kanssa. Sidoryhmien avulla kehitetään viestintäsuunni-

telma, määritetään toimintaympäristö ja muutenkin pystytään yhdistämään eri osa-alueiden asiantuntemus, näkökohdat ja intressit riskien tunnistamista ja analysointia varten. Näin sidosryhmät saadaan sitoutumaan riskinkäsittelyvaiheessa tehtäviin muutostoihin. Kun eri alueiden asiantuntemus saadaan valjastettua riskinarvioinnin tueksi, varmistetaan, että riskit tunnistetaan riittävän hyvin ja tarpeeksi laajalta alueelta. (SFS-EN 31010 2013, s. 14.)

Riskienhallintaprosessia ja sen toteutumista tulisi säännöllisesti seurata ja katselmoida. Näin pystytään todentamaan, että ennen prosessin alkua tehdyt oletukset riskeistä ja riskin arvioinnin lähtötiedoista ja toimintaympäristöstä pysyvät voimassa. Lisäksi pystytään tarkkailemaan saavutettuja tuloksia sekä vertaamaan niitä nykyisiin kokemuksiin. Näin myös varmistetaan se, että arviointitekniikoita käytetään asianmukaisesti ja riskien käsittely on tehokasta. Riskienhallintaprosessin tulisi perustua jatkuvan parantamisen periaatteeseen, jotta riskienhallinta olisi aina ajan tasalla. (SFS-EN 31010 2013, s. 18.)

2.2 Tuotteen turvallisuus

Lakitasolla koneiden ja laitteiden turvallisuudesta ja niiden käytöstä säädetään valtioneuvoston asetuksessa koneiden turvallisuudesta (400/2008) sekä valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008). Kone on suunniteltava ja valmistettava niin, että se täyttää koneasetuksen liitteessä 1 esitetyt olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Vaatimuksilla varmistetaan henkilöiden terveys ja turvallisuus sekä omaisuuden ja ympäristön suojeleminen. (VNa 400/2008.)

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008), tai tutummin koneasetus, määrittelee koneen valmistajan vastuut koneen suunnittelu-, valmistus- ja myyntivaiheissa. Näiden vaiheiden aikana koneen turvallisuus pyritään varmistamaan niin, että konetta voidaan käyttää turvallisesti sen koko elinkaaren aikana. Koneasetus perustuu Euroopan Unionin (EU) konedirektiiviin, joka koskee kaikkia EU:n alueella valmistettavia, myytäviä ja käyttöönotettavia koneita. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 16 2008.) Siirilän mukaan ”EU:n säädöksissä koneen elämä alkaa siitä, kun se asetetaan Euroopan talousalueella (ETA) markkinoille tai otetaan käyttöön” (Siirilä 2008, s. 27). Koneen valmistajan tehtäviin kuuluu arvioida koneen riskit, selvittää konetta koskevat turvallisuusvaatimukset, suunniteltava ja rakennettava kone olennaisten turvallisuusvaatimusten mukaisesti, laadittava käyttöohjeet ja tekninen tiedosto, tehtävä koneeseen tarvittavat merkinnät, laadittava vaatimustenmukaisuusvakuutus sekä kiinnitettävä koneeseen CE-merkintä. CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien EU:n säädösten vaatimukset. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 16 2008.)

Olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaan kone on suunniteltava niin, että kone tai sen jokainen komponentti ovat turvallisesti käsiteltävissä ja kuljetettavissa. Kone on pystyttävä varastoimaan turvallisesti ja ilman vahinkoa. Mikäli koneen tai sen komponentin paino, koko ja/tai muoto estävät niiden liikuttamisen käsin, on käsittelyä

helpotettava. Käsittelyn helpottamiseksi kone tai sen jokainen komponentti on varustettava kiinnityskorvakkeilla nostolaitteeseen kiinnittämistä varten, muotoiltava niin, että tavanomainen nostolaite voidaan kiinnittää siihen tai suunniteltava niin, että siihen on mahdollista kiinnittää nostoon tarkoitettu kiinnityskorvake. Jos kone, sen komponentit tai suunniteltu asennustapa aiheuttavat vakaudessa puutteita, on koneessa oltava tarkoituksenmukaiset kiinnitysrakenteet. Nämä kiinnityspisteet ja -rakenteet on osoitettava ohjeissa. (VNa 400/2008.) Kiinnityskorvakkeissa tulisi olla asianmukaiset kuormitusmerkinnät. Korvakkeet tulee mitoittaa kunnolla ja niitä ei saa rasittaa muutoin kuin ohjeiden mukaisella tavalla ja ohjeiden mukaiseen suuntaan. (Vältä vaaraa, nosta turvallisesti 2014.)

Koneen mukana on toimitettava ohjeet, joissa on koneen kokoonpanoa, asennusta, kytkentää sekä kuljetusta ja käsittelyä koskevia ohjeita. Kokoonpanon ja asennuksen osalta on oltava piirustukset, kaaviot ja kiinnitysvälineitä koskevat tiedot. Käsittelyn, kuljetuksen ja varastoinnin turvallisuuden varmistamiseksi on ohjeissa ilmoitettava koneen ja sen eri osien massat, mikäli niitä on tarkoitus kuljettaa säännöllisesti erikseen. Lisäksi on ilmoitettava koneeseen kiinnitettävissä olevien olennaisten työkalujen, kuten nostoapuvälineiden, ominaisuudet. Huollon ja kunnossapidon osalta on oltava ohjeet, joilla varmistetaan näiden toimenpiteiden turvallinen toteutus. Ohjeiden lisäksi koneessa on oltava tietyt merkinnät. Merkinnöistä on selvittävä muun muassa valmistaja, sarja- tai tyyppimerkintä, CE-merkintä ja rakennusvuosi. Mikäli konetta tai sen osaa täytyy käsitellä nostolaitteella, on lisäksi sen massa merkittävä selkeällä ja yksiselitteisellä tavalla. (VNa 400/2008.)

Nostamisesta aiheutuvien vaarojen poistamiseksi koneen vakavuudelle ja mekaaniselle lujuudelle on määritelty tiettyjä vaatimuksia, jotka on täytettävä. Kone on suunniteltava ja rakennettava niin, että sen vakavuus säilyy kaikissa kokoonpanon, kuljetuksen ja purkamisen eri vaiheissa. Koneen on kestettävä siihen kohdistuvat kuormitukset kaikissa asiaankuuluvissa kokoonpanoissa ennakoituissa toiminta- ja asennusolosuhteissa. (VNa 400/2008.)

2.3 Nostotyö

Nostotyöstä ja nostamiseen käytettävistä välineistä on säädetty muun muassa työturvallisuuslaissa (738/2002) ja valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (VNa 403/2008). Työsuojeluhallinto on kerännyt käytännön läheisen oppaan nostotyöhön ja nostoapuvälineisiin liittyen, johon tiedot on kerätty lainsäädännöstä, standardeista, tutkimuksista ja alan asiantuntijoilta sekä vakuutusyhtiöiden ja nostoapuvälinetoimittajien aineistoista. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 8.)

Työturvallisuuslain (738/2002) mukaan tavaroiden nosto, kuljetus ja käsittely eivät saa aiheuttaa vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle. Nostotyössä on kiinnitettävä erityistä huomiota mahdollisten vaarojen torjuntaan. Nostot tulisi suunnitella

huolellisesti niin, ettei noston aikana aiheudu vaaraa työntekijän tai muiden sivullisten turvallisuudelle. Nostotyötä suunniteltaessa kappaleen nostopisteet on määriteltävä tai on muuten varmistettava, että nosto pystytään suorittamaan turvallisesti. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 47 2013.)

Tässä työssä nostotyöllä tarkoitetaan koneellisesti, esimerkiksi siltanosturilla tai trukilla, suoritettavia nostoja. Nostotyöt ovat pääsääntöisesti suuren riskin töitä, josta syystä nostot ja nostotyö on suoritettava erityistä huolellisuutta ja varovaisuutta noudattaen. Erityisesti nosturinostojen yhteydessä käsitellään yleensä suuria massoja, joiden hallitsematon liikehdintä voi aiheuttaa erittäin vakavia tapaturmia. Yhdenkin komponentin pettäminen noston aikana aiheuttaa vaaratilanteen. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 7.) Nostotyöhön liittyvät tapaturmat kattavat lähes kolmanneksen kaikista lähisiirtoissa sattuvista tapaturmista. Jopa puolet näistä onnettomuuksista on vakavia. Koska nosturin käyttöön liittyy erityinen onnettomuusriski, tarvitaan sitä varten myös asianmukainen koulutus. (Vältä vaaraa, nosta turvallisesti 2014.)

Työnantajan tulisi antaa työntekijöille riittävä perehdytys ja ohjeistus työtehtäviä varten niin, että työntekijällä on riittävät tiedot turvallisista työtavoista ja työvälineiden turvallisesta käytöstä sekä työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä. Nosto-ohjeet ovat yksi esimerkki tällaisesta ohjeistuksesta. Usein toistuvia nostoja varten työpaikalla tulisi olla vähintään kirjalliset yleisohjeet. Erityisnostot, kuten yhteisnostot useammalla nosturilla, raskaiden kappaleiden nostot tai taakan kääntämiset nostamalla, on aina suunniteltava erikseen ja ne vaativat kirjallisen nostosuunnitelman. Tuotannon vakionostoja varten on hyvä laatia erilliset kappalekohtaiset nosto-ohjeet. Nosto-ohjeet auttavat uusien työntekijöiden perehdytyksessä ja toimivat samalla muistinvirkistykseenä vanhoille työntekijöille. Työnantajan on myös valvottava annettujen ohjeistuksien noudattamista, jotta varmistutaan siitä, että työ tehdään turvallisesti suunnitellulla tavalla. (VNa 403/2008.)

Työntekijän on saatava riittävät tiedot nostoapuvälineisiin ja nostolaitteisiin liittyviin vaaratekijöihin ja niiden ehkäisemiseksi tehtyihin turvallisuustoimenpiteisiin. Taakan kiinnityksessä ja nostossa työntekijän vastuulla on noudattaa saatuja ohjeita. Työnjohtajan tehtävänä on valvoa, että annettuja ohjeita noudatetaan. Työnantajan vastuulla on järjestää työn edellytykset, joita ovat nosto-ohjeet sekä tarvittavat nostoapuvälineet ja nostolaitteet. Oikeudellinen vastuu nostotapahtumassa ja taakan kiinnittämisessä on työnjohtajalla ja työnantajalla. Mikäli kyseessä on laiminlyönti, oikeudellinen vastuu koskee myös työntekijää. (Kuivanen et al. 1986, s. 45.)

Työntekijöiden velvollisuutena on noudattaa työnantajan antamia määräyksiä ja ohjeita. Työntekijän tulisi noudattaa työssään työtehtävä huomioiden tarvittavaa järjestystä, siisteyttä, varovaisuutta ja huolellisuutta, jotta ylläpidettäisiin ja huomioitaisiin sekä työntekijän itsensä että muiden työntekijöiden turvallisuus ja terveys. Tähän liittyen työntekijän on viipymättä ilmoitettava työnantajalle, mikäli havaitsee työssään tai työympäristössä itsensä tai muiden terveyttä ja turvallisuutta vaarantavan vian tai puutteellisuuden.

Työnantajan on ryhdyttävä viipymättä toimiin vian tai puutteellisuuden poistamiseksi. Mikäli havaittu vika tai puutteellisuus on terveyden tai turvallisuuden kannalta vakava, on työntekijällä oikeus kieltäytyä työstä, kunnes vika tai puutteellisuus on korjattu. (L 738/2002.)

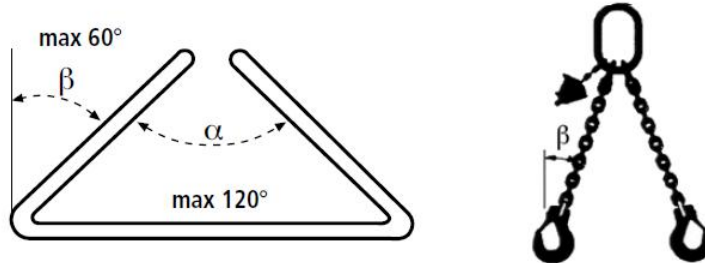
Suunnittelulla on tärkeä rooli nostojen turvallisuuden parantamisessa. Hyvällä suunnittelulla saadaan poistettua ja pienennettyä tapaturmien riskejä jo suunnittelupöydällä. Nostotyötä ja kappaleen käsiteltävyyttä suunniteltaessa on tärkeää, että kappaleelle on määriteltynä tarvittavat nostopisteet, joista kappaletta voidaan turvallisesti nostaa sekä kuljetuksien että kokoonpanon aikana. Nostopisteiden tulisi olla selkeästi merkityt ja havaittavat sekä kappaleen dokumentissa mainittu. Myös kappaleen painopisteet tulisi merkitä vähintään kappaleen dokumentteihin. Nostopisteet tulisi suunnitella jokaiselle koneen osalle riippumatta siitä onko kyseessä valukappale, puolivalmiste vai valmis osa. Koneen osan jokaiselle käsittely- ja työvaiheelle tulisi olla kuvalliset nosto-ohjeet, joista selviäisivät kappaleen paino, painopiste sekä suositeltavat nostovälineet. (Järvinen & Nevalainen 2014, s. 4.)

2.3.1 Nostoapuvälineet

Nostotyötä on tarvittaessa kevennettävä siihen soveltuvien apuvälineiden (L 738/2002). Työnantajan on hankittava ja annettava työhön tarvittavat ja siihen soveltuvat välineet. Nostotyöhön tarkoitettuja apuvälineitä ovat nostolaitteet ja nostoapuvälineet. Nostolaitteiksi luetaan muun muassa erilaiset nostimet, nosturit ja trukit. Nostoapuvälineisiin luetaan kaikki komponentit, jotka tulevat nostettavan taakan ja nostolaitteen väliin. Näitä ovat esimerkiksi sakkelit, nostosilmukkaruuvit ja erilaiset nostoraksit, kuten kettinki- tai nostovyöraksit. Nostoapuvälineiden ja nostolaitteiden suunnittelusta, käytöstä ja kunnossapidosta on säädetty tarkemmin koneasetuksessa (VNa 400/2008) sekä valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008). Käyttäjät on opastettava nostoapuvälineiden hylkäys- ja merkintäperusteisiin, jotta he voivat varmistua apuvälineen toimintakunnosta. Nostoapuvälineen mukana on toimitettava käyttöohjeet, joista selviävät nostoapuvälineen käyttötarkoitus, käyttörajoitukset sekä kokoonpano-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Käyttäjien on oltava selvillä nostoapuvälineiden oikeasta asennus- ja käyttötavasta. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 10-11.)

Nostoapuvälineessä itsessään tai siinä kiinni olevassa merkintälevyissä tulee olla suurinta sallittua kuormaa osoittava merkintä WLL (engl. Working Load Limit), eikä suurinta sallittua kuormaa saa ylittää. Mikäli on epäily suurimman sallitun kuorman ylittymisestä, on nostoapuväline poistettava suoraan käytöstä tai toimitettava asianmukaiseen tarkastukseen. Mikäli suurimman sallitun kuorman merkintää ei löydy nostoapuvälineestä, sitä ei saa käyttää. (VNa 403/2008.)

Moniin nostoapuvälineisiin liittyy suurimman sallitun kuorman lisäksi muitakin käyttö- rajoituksia ja -ohjeita. Nostoraksin valinnassa tulisi ottaa huomioon raksin kaltevuus- kulman vaikutus suurimpaan sallittuun kuormaan. Kuvassa 2.2 on esitettyä kaltevuus- kulma β ja vanhan merkintätavan mukainen haarakulma α .



Kuva 2.2. Kaltevuuskulma β ja haarakulma α (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 15).

Nostoraksin merkintälevyissä on oltava merkinnät raksin nostokyvystä kaltevuuskulmal- la $0^\circ \dots 45^\circ$ ja kulmalla $45^\circ \dots 60^\circ$. Kaltevuuskulmalla $0^\circ \dots 45^\circ$ suurin sallittu kuorma on 1,4 kertaa suurempi kuin kulmalla $45^\circ \dots 60^\circ$. Taulukossa 2.3 on esitettyä kaltevuus- kulman β ja haarakertoimen vaikutus raksin nostokykyyn, kun kuormitus on symmetri- nen.

Taulukko 2.3. Kaltevuuskulman β ja haarakertoimen vaikutus raksin nostokykyyn, kun kuormitus on symmetrinen (mukaihen Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 18).

Yksihaarainen raksi	Kaksihaarainen raksi		Kolmi- ja neliharainen raksi	
Kaltevuuskulma 0°	Kaltevuuskulma $0^\circ \dots 45^\circ$	Kaltevuuskulma $45^\circ \dots 60^\circ$	Kaltevuuskulma $0^\circ \dots 45^\circ$	Kaltevuuskulma $45^\circ \dots 60^\circ$
Haarakerroin 1	Haarakerroin 1,4	Haarakerroin 1	Haarakerroin 2,1	Haarakerroin 1,5

Käyttäjän ei tarvitse normaalitilanteessa miettiä haarakertoimia, sillä raksin merkintäle- vystä selviävät suurimmat sallitut kuormat eri kaltevuuskulmilla. Haarakertoimia tarvi- taan esimerkiksi tilanteessa, jossa neliharanoostoon käytetään samassa koukussa kahta kaksiharasta raksia. Helposti voisi luulla, että yhdistelmän nostokyky olisi kaksi ker- taan yhden kaksiharaisen nostokyky. Todellisuudessa esimerkkitapauksen yhdistelmän

nostokyky on vain 1,5-kertainen yhden kaksihaararaksin nostokykyyn nähden. Oikea kerroin saadaan, kun jaetaan kolmi- ja nelihaaraisen raksin haarakerroin kaksihaaraisen raksin kertoimella. On myös muistettava, että kahdella raksilla nostettaessa kaltevuuskulma ei saa olla yli 45 asteen, koska tällöin nostokoukku ei kuormitu tasaisesti ja raksi voi luiskahtaa pois koukusta. Epäsymmetrisessä kuormituksessa suurin sallittu kuorma on pienempi kuin taulukosta ilmenevä haarakerroin tai raksin merkintälevy ilmoittaa. Epäsymmetrisessä nostossa nostettavan taakan paino voi olla lähes kokonaan yhden raksihaaran varassa. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 17-18.)

Oman haasteensa luo myös tilanne, jossa esimerkiksi kolmi- tai nelihaaraisesta raksista käytetään vain kahta haaraa. Tällöin raksin nostokyky on 2/3 merkintälevyn lukemasta. Jos taas kolmi- tai nelihaaraisesta raksista käytetään vain yhtä haaraa, on nostokyky vain 1/3 merkintälevyn lukemasta. Mikäli kaksihaaraisesta raksista käytetään vain yhtä haaraa, on nostokyky puolet merkintälevyn lukemasta. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 18.)

Kettinkirakseissa voidaan käyttää lyhentimiä, jolloin yhden tai useamman raksin haaran pituutta saadaan säädettyä. Tällöin on muistettava, että kuormitus ei välttämättä jakaudu tasan raksin haarojen kesken. Kaikki nostoraksit tulisi suojata kappaleen teräviltä reunoilta tähän tarkoitetuilla kulma- tai viiltosuojilla. Tämä koskee myös kettinkirakseja. Mikäli käytetään kiristävää nostotapaa, suurin sallittu kuorma on 80 prosenttia merkintälevyn lukemasta. Kettinkiraksien koukkuja saa kuormittaa vain koukun pohjalta, joten koukun tulisi mahtua kunnolla nostolenkkiin tai -korvakkeeseen. Koukut on varustettava turvasalvalla, joka estää koukun irtoamisen noston aikana. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 22.)

Nostosilmukkaruuvit ja nostosilmukkamutterien pultit tulisi kiristää aina pohjaan asti. Tarvittaessa tulisi käyttää aluslevyjä. Nostosilmukoita käytettäessä tulisi ottaa huomioon myös kuormitussuunta; silmukan tulisi olla raksin vedon suuntaisesti. Kuivanen, Määttä ja Silvola (1986) havaitsivat tutkimuksissaan, että nostosilmukan asennolla oli vaikutusta silmukan kiinnitysruuvien kestoan. Mikäli nostosilmukka oli kohtisuorassa nostoraksiin nähden, oli myötövoima lähes puolet pienempi ja murtovoima usein neljänneksen pienempi kuin silmukan ollessa raksin suunnassa. (Kuivanen et al. 1986, s. 24.) Jos nostosilmukkaan kohdistuu muu kuin ruuvien suuntainen kuormitus, ei silmukkaa saa kuormittaa kuin kaksi viidesosaa nimelliskuormasta. Tutkimuksen aikana tehtyjen vetokokeiden perusteella voitiin sanoa myös, että ”irti alustasta jätettyyn silmukkaan tulee pysyviä muodonmuutoksia jo melko pienillä kuormilla” (Kuivanen et al. 1986, s. 51). Tästä syystä nostosilmukat olisi tärkeää kiristää kunnolla.

Turvallinen nostosilmukkamalli on sellainen, jossa silmukkaosa pääsee kääntymään kiinnityksen jälkeen automaattisesti raksin suuntaisesti, joten ruuviosa ei pääse kiertymään auki tai kiristymään liian tiukalle. Turvallinen malli kestää siihen merkityn suurimman sallitun kuorman sekä pysty- että vaakasuunnassa. Valitettavasti edelleen paljon

käytetty silmukkaruuvimalli on sellainen, joka kestää siihen merkityn suurimman sallitun kuorman vain ruuvin suuntaisesti suoraan ylöspäin. Samassa silmukkaruuvimallissa silmukka on kiinteästi ruuviosassa kiinni, jolloin silmukka voi jäädä raksiin nähden väärään asentoon eikä näin ollen ole turvallinen käyttää. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, s. 42.) Esimerkkejä erilaisista nostosilmukkaruuveista ja -muttereista on esitetty kuvassa 2.3.



Kuva 2.3. Erilaisia nostosilmukoita. Oikealla on turvallisin malli.

Kuvassa 2.3 oikealla esitetty silmukkaruuvimalli on turvallisin, sillä siinä silmukkaosa pääsee pyörimään kiinnityksen jälkeen ja sitä saa kuormittaa myös vaakasuunnassa. Keskimäinen nostosilmukka on silmukkamutterimalli, jonka kiinnityksessä on huomioita se, että silmukka tulee raksin vedon suuntaisesti. Tämä silmukkamutterimalli kestää myös vaakasuuntaista kuormitusta. Vasemmalla olevan silmukkaruuvin käyttöön liittyy eniten rajoituksia, sillä silmukka tulee kohdistaa raksin vedon suuntaisesti eikä sitä saa kuormittaa kuin pystysuoraan suuntaan. Vain pystysuoraan kuormitukseen tarkoitetun mallin tunnistaa täysin pyöreästä silmukasta. Myös vaakasuuntaisen kuormituksen kestävä mallin silmukka on kulmikas. Nostosilmukkaa valittaessa tulisi aina tutustua valmistajan antamaan taulukkoon sallituista kuormitussuunnista ja kuormituksista.

2.3.2 Nostotyön vaaroja

Nostotyössä on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että nosto on huolellisesti suunniteltu ja nostotyötä tekevän osaaminen on varmistettu. Nostettavien massojen ollessa suuria myös vaarat kasvavat. Taakan alle jääminen tietää lähes varmaa kuolemaa. Noston aikana taakan pieni heijaaminen on yleistä, johon helpoin ja turvallisin ratkaisu on odottaa heijaamisen loppumista. Valitettavan usein kiire kuitenkin ajaa nostossa mukana olevan työntekijän yrittämään heijaamisen pysäyttämistä käsin. Taakan massan ollessa suuri ihmisen voimat eivät riitä liikkeen pysäyttämiseen. Tällöin käsi tai muu kehon osa voi jäädä taakan ja kiinteän rakenteen väliin puristuksiin. Taakan heijaamista voidaan vähentää vastaliikkeellä, mutta on olemassa myös älykkäitä nostimia, jotka on varustettu heijaamisenestotoiminnolla.

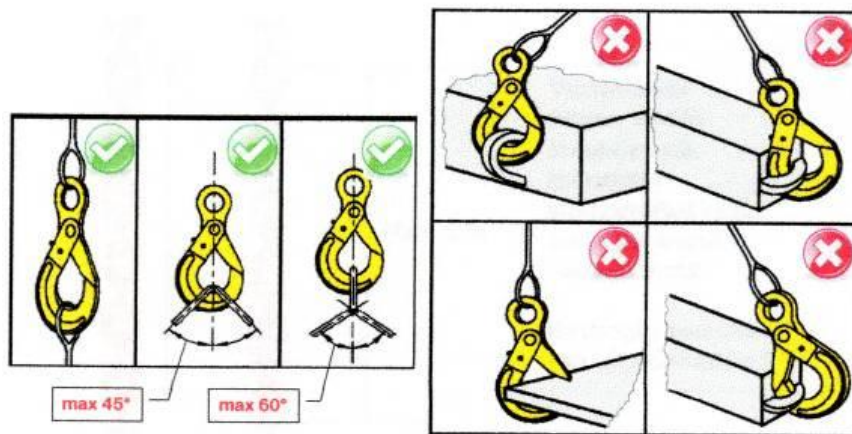
Nostoon on varattava riittävästi tilaa, jottei ole vaaraa taakan takertumiseen noston aikana tai etteivät sivulliset joudu vaaraan. Viime kädessä noston suorittajan tulisi huolehtia siitä, ettei taakan alla tai lähellä kulje ihmisiä. Taakan alla työskentelyä tulisi välttää, mutta jos alla on pakko työskennellä, taakka tulisi tukea esimerkiksi pukeilla niin, ettei se pääse tippumaan työntekijän päälle. Noston suorittajan on pidettävä huolta, etteivät sivulliset joudu vaaraan noston aikana ja että he säilyttävät riittävän turvaetäisyyden nostettavaan kappaleeseen. Riittävä varoalue on rajattava, sillä nostovälineen pettäessä kappaleen heilahdus voi olla useita metrejä.

Monet vaaratekijät liittyvät ennen nostoa tehtäviin valmisteluihin. Taakan painoa ei ole merkitty selvästi, jolloin nostaja voi epähuomiossa valita väärät, liian heikot nostoapuvälineet. Nostoapuvälineitä ei välttämättä osata käyttää oikein tai esimerkiksi kaltevuuskulman vaikutusta raksin kestoon ei tiedosteta nostotilanteessa. Nostoa suoritettaessa on varmistuttava siitä, että nostoapuvälineet ja nostolaitteet ovat asianmukaisessa kunnossa ja nostotarkoitukseen soveltuvat ja sopivat. On myös varmistettava, että kappaleessa olevat kiinteät nostokorvakkeet on tarkoitettu koko kappaleen nostamiseen ja että kappaleen rakenne soveltuu nostoon.

Yksi nostotyön vaaroista on, ettei kappaleen nostettavuutta ole suunniteltu tarpeeksi hyvin. Kappaleen dokumentaatiot voivat olla puutteellisia; painopistemerkinnät voivat puuttua kokonaan tai kappaleen paino on ilmoitettu väärin, esimerkiksi tunnustekilven paino voi olla kappaleen paino ennen tiettyjen lisäosien tai varustelun asennusta. Kappaleesta voi puuttua kunnolliset nostopisteet tai niiden sijoittelu on suunniteltu huonosti kokoonpanon tai kuljetuksien kannalta. Nostopisteiden tulisi olla visuaalisesti havaittavissa ja/tai selkeästi ohjeisiin merkittyjä, jotta noston suorittaja osaa nostaa oikeista nostopisteistä. Mikäli nostopisteitä ei ole merkitty selkeästi, taakkaa saatetaan epähuomiossa nostaa esimerkiksi kuormansidontaan tarkoitetuista lenkeistä. Erityisesti trukkinostojen yhteydessä painopistemerkinnän olemassaolo on erittäin tärkeää.

Joissain tapauksissa kappaleen piirustuksista löytyvät kaikki tarpeelliset tiedot, mutta piirustusten mukaisia nostopisteitä ei voida käyttää kokoonpanon aikaisessa nostossa. Jotkut nostopisteistä voivat joutua ”pimentoon” eli ne menevät esimerkiksi rungon sisään, jolloin niistä ei voida nostaa. Tällöin tuotannossa joudutaan suorittamaan erinäisiä lisätoimintoja, kuten välilaskuja, joiden aikana osa kappaleesta lepää rungon rakenteen päällä ja nostokohtaa vaihdetaan vapaana olevaan nostopisteeseen. Näin kokoonpanonosto saadaan vietyä loppuun, mutta tämän kaltaiset ylimääräiset työvaiheet vievät aikaa puhumattakaan näiden lisätyövaiheiden turvallisuudesta. Onneksi nostotöiden ohjeistuksella saadaan yllä kuvatun tilanteen aikaisia riskejä pienennettyä jonkin verran, mutta mikäli riskin suuruuteen haluttaisiin oikeasti vaikuttaa, tulisi ehkäisevien toimenpiteiden alkaa jo kappaleen suunnittelusta. Myös kappaleen varustelu voi vaikeuttaa nostopisteiden käyttöä, sillä varustelun yhteydessä asennettavat suojat tai letkut voivat tulla noston tielle. Kappaleen kokoonpanoa ja kokoonpanon aikaista nostettavuutta suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon itse kappaleen lisäksi koko muu kokoonpano.

Matala hallikorkeus luo omia haasteita kokoonpanon noston suorittamiselle. Nostoketjuraksit joudutaan lyhentämään erittäin lyhyiksi, jolloin ollaan jo suurimman sallitun kaltevuuskulman lähetyvillä. Kun kaltevuuskulma suurenee, joitain nostoapuvälineitä ei voida enää käyttää, jolloin vastuu käypien välineiden valinnasta lankeaa noston suorittajalle. Lisäksi kaltevuuskulman ollessa suuri, voi nostokoukku jäädä kanttaamaan muuta rakennetta vasten. Kuvassa 2.4. on esitettyä tilanteita, joissa kappaleesta kyllä löytyvät kiinteät nostolenkit, mutta niiden sijoittelua ei ole mietitty tarpeeksi ja nostokoukkuun kohdistuu sivuttaiskuormitusta. Kuvassa on myös koukkujen sallitut kuormitussuunnat.



Kuva 2.4. Nostokoukun oikeat ja väärät kuormitustavat (Hauhia 2014, s. 45).

Nostoapuvälineiden käyttöön liittyy myös muita vaaroja. Nostoapuvälineiden suurinta sallittua kuormaa ei saa ylittää missään tilanteessa ja aina tulisi valita kestoaltaan riittävät nostoapuvälineet. Taakka tulisi kiinnittää painopisteensä suhteen symmetrisesti, jotta rasitus kohdistuisi nostoapuvälineeseen tasaisesti, mutta aina tämä ei ole kuitenkaan mahdollista. Monissa tuotannon nostotilanteissa kappaleet ovat epäsymmetrisiä eikä painopiste sijaitse kappaleen keskellä. Tällaisissa tilanteissa nostoapuvälineille kohdistuvat kuormitukset ovat epätasaisia, jolloin toisiin apuvälineisiin kohdistuu melkein koko kuorma toisten apuvälineiden ollessa lähinnä tasapainottamassa. Jos nostoapuvälineen suurin sallittu kuorma ja taakan aiheuttama ennakoitu kuormitus ovat liian lähellä toisiaan, voi nostoapuvälineen suurin sallittu kuorma ylittyä epäsymmetrisessä nostossa.

Nostoapuvälineiden oikealla käytöllä ja ohjeiden mukaisella nostotyöllä saadaan eliminoitua suurin osa nostotyön aikaisista riskeistä. Ainakin yksi vaaratekijä jää tästä huolimatta. Valmistusvirheet saattavat aiheuttaa erittäin pahoja tapaturmia. Nostettavaan kappaleeseen jäänyt valmistusvirhe voi aiheuttaa rakenteen pettämisen noston aikana. Kun esimerkiksi kappaleeseen hitsatun nostokorvakkeen hitsaussauma pettää, tapahtuu tämä yleensä täysin ennalta arvaamatta. Valmistusvirheet ovat siitä ikäviä, että niitä on usein hyvin hankala havaita. Esimerkiksi nostokorvakkeen hitsaussauman visuaalisella tarkastuksella voidaan räikeimmät valmistus- ja hitsausvirheet tunnistaa ja eliminoida.

Hankalaksi visuaalisen tarkastuksen tekee usein käytetty maalikerros, joka helposti kätkee huonot ja riskialttiit hitsausseamat alleen. Myös muun rakenteen valmistusvirheet voivat aiheuttaa kappaleen putoamisen noston aikana.

2.4 Tuotesuunnittelu ja tuotanto

Teollisen tuotteen elinkaari koostuu eri vaiheista, joita ovat tarve ja tuotteen hahmottelu, varsinainen suunnittelu, tuotanto, markkinointi, käyttö ja huolto sekä hävittäminen tai kierrättäminen (Pahl et al. 2007). Konepajateollisuusyrityksen tiloissa näistä vaiheista tapahtuvat yleensä suunnittelu, tuotanto sekä huoltotoiminta. Pahl et al. (2007) jakaa tuotteen suunnittelun projektit kolmeen alueeseen, joita ovat uuden tuotteen suunnittelu, olemassa olevan tuotteen parantelu sekä olemassa olevan tuotteen muuntelu. Uuden tuotteen suunnittelussa kehitetään joko nimensä mukaisesti jotain täysin uutta tai hyödynnetään jo olemassa olevia ratkaisuja uudessa sovellutuskohteessa. Olemassa olevan tuotteen parantelussa tuotetta parannellaan pienin muutoksin vastaamaan uusia vaatimuksia, kun taas olemassa olevan tuotteen muuntelussa parannuksia haetaan tuotteen muotoa ja rakennetta muuttamalla. (Pahl et al. 2007.) Ulrich & Eppinger (2008) jakavat suunnitteluprosessit uuden tuotealustan kehittämiseen, olemassa olevan alustan jatkokehittelyyn, olemassa olevan tuotteen paranteluun sekä täysin uusien tuotteiden kehittämiseen. Tuotealustan kehittämisessä ja jatkokehittelyssä suunnittelu kohdistuu kokonaiseen tuoteperheeseen. Jatkokehittely voi sisältää esimerkiksi markkinoiden muuttuneisiin vaatimuksiin vastaamisen tuoteperheen laajentamisella yhden tai useamman uuden tuotteen voimin. Olemassa olevan tuotteen parantelu tarkoittaa Ulrich & Eppinger (2008) mukaan myös pieniä lisäyksiä ja parannuksia tuotteiden pitämiseksi ajan tasalla. Täysin uusien tuotteiden kehitys vastaa Pahl et al. (2007) käsitystä uuden tuotteen kehittämisestä. (Turta 2012; Ulrich & Eppinger 2008.)

Tuotesuunnittelun aikana tulee hallita suuri määrä tuotettavuuteen liittyvää tietoa. Tuotesuunnittelun tueksi onkin kehitetty erilaisia työkaluja ja menetelmiä. Yksi paljon käytetty menetelmä on DFX eli Design For X, jolloin tuote suunnitellaan jotain tarkoitusta X varten. Yleisimmin käytetty menetelmä on DFM (engl. Design For Manufacturing) eli suunnittelu valmistettavuuden kannalta. DFM:n yhtenä alalajina on DFMA eli Design For Manufacturing and Assembly. DFMA-menetelmässä on kyse valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden systemaattista huomioimista tuotekehityksessä. Menetelmän mukaan kokoonpanon kannalta ajateltaessa osalle suunniteltuja ihanteellisia ominaisuuksia ovat ylhäältä päin asennettavuus kokoonpanoon, osan itseohjautuvuus, ei tarvitse suunnata, asentamiseen riittää yksi käsi eikä asentaminen vaadi työkaluja eikä erikseen kiristämistä tai tukemista ja että se on asennettavissa yhdellä suoralla liikkeellä. Näistä nostojen kannalta tärkein on ylhäältä päin asennettavuus, jolloin nostotyö on helppo suorittaa eikä tarvita ylimääräisiä pujottamisia. (Teknologiaohjelmaraportti 2/2001, s. 17.)

Valmistusteknistä ja kokoonpantavuuteen liittyvää käytännön osaamista löytyy tuotanto-organisaatiolta. Tuotesuunnittelun ja tuotannon yhteistyöllä ja kommunikoinnilla voidaan ehkäistä joitain riskejä ja ongelmia sekä alentaa tuotteen valmistuskustannuksia. Vaikka tuotteen kustannukset alkavat kertymään vasta hankinta- ja valmistusvaiheessa, tuotteen kustannuksista jopa 90 prosenttia lukitaan tuotekehityksessä, joista tuotesuunnittelun aikana vaikutetaan noin 70 prosenttiin (Teknologiaohjelmaraportti 2/2001, s. 15, 101). Tästä syystä suunnitteluvaiheeseen tulisi panostaa ja suunnittelijoilta tulisi olla käytössään kaikki oleellinen tieto. 1990-luvulla Suomen konepajateollisuudessa korostettiin panostusta tutkimukseen ja kehitykseen, toiminnan laadun parantamiseen ja keskittymistä ydinosaamiseen. Myös toimintojen vaikutuksia toisiinsa alettiin ajatella kokonaisvaltaisemmin. TEKESin laatiman Teknologiaohjelmaraportin (2/2001) mukaan keskiraskaassa ja raskaassa konepajateollisuudessa kehityspotentiaalia löytyy vielä erityisesti tuotteiden kokoonpanossa. Kokoonpanotyöstä ja sen kehittämisestä löytyy näkemyksiä ja käytännön kokemusta itse kokoonpanotyön tekijöiltä eli asentajilta. Perinteisen kokoonpanoteollisuuden trendin mukaan tuotesuunnittelu ja tuotanto ovat kuitenkin kaksi erillistä osastoa eikä yhteistyötä juurikaan harrasteta, jolloin asentajien tietopankki jää suunnittelutyön ulkopuolelle. (Lapinleimu et al. 1997, s. 275; Teknologiaohjelmaraportti 2/2001.)

Tuotannon ja tuotesuunnittelun yhteistyötä tulisi kehittää Kauppisen mukaan (Lapinleimu et al. 1997, s. 276) kommunikaation, informaation, osallistumisen ja motivaation lisäämisellä. Yhteistyön kehittämiselle on vaikeaa mitata kannattavuutta, mutta kokemusten mukaan toiminnan laatu yleisesti ottaen parantuu. Vertailulla aiempiin projekteihin voidaan saada suuntaa-antavaa palautetta tehokkuudesta, mutta varsinaiset luvut eivät ole aina vertailukelpoisia, sillä projektit ovat yleensä keskenään erilaisia. (Kankainen 1999, s. 31.)

Tuotesuunnittelun ja tuotannon yhteistyön lähtökohtana tulisi olla tarve, ei pakko. Suunnitteluvastuun jakamisella voidaan saada myös tuotannon edustajat sitoutumaan suunniteltavalle tuotteelle. Tuotannon suunnitteluun tarjoama valmistustekninen osaaminen ja asiantuntemus on yksi osa toimivan yhteistyön piirteistä. Tiiviin yhteistyön ansiosta varsinkin valmistusteknisten ongelmien tunnistaminen on helpompaa. Havaituihin ongelmiin tulisi tarttua heti niiden syntyessä. Mitä enemmän ongelmia saadaan korjattua ja eliminoitua jo suunnitteluvaiheessa, sitä vähemmän tuotannossa ilmenee ongelmia ja sitä tehokkaammin tuotteita saadaan valmistettua. Viimeistään tuotteistamisvaiheessa tulisi puuttua valmistusteknisiin ongelmiin ja ne tulisi ratkaista, jotta ongelmat eivät periydy ja kasaudu vakiotuotantoon. Ongelmanratkaisua ja yhteistyön sujuvuutta voidaan edistää sijoittamalla yhteistyön osalliset samaan paikkaan toimitiloissa, mikäli vain mahdollista. (Kankainen 1999, s. 30-32.)

Yllä kuvatusta yhteistyöstä voidaan käyttää nimitystä simultaanisuunnittelu (engl. Concurrent Engineering). Simultaanisuunnittelu mahdollistaa uuden tuotteen ominaisuuksien yhtä aikaisen suunnittelun joukolla toimintatapoja ja tekniikoita. Yleisiä toimintata-

poja ovat samanaikainen ja rinnakkain etenevä työskentely, tiimityöskentely, kurinalainen ulkoinen ja sisäinen yhteistyö, kokonaisvaltainen ajattelu sekä prosessiajattelu tuotteesta asiakkaalle. Näiden lisäksi toimintaa tulisi kehittää sekä sisäisesti että ulkoisesti. Sisäistä kehitystä voi olla esimerkiksi tuotettavuuden kehittäminen, ja ulkoista toimittajien laadun kehittäminen. (Lapinleimu et al. 1997, s. 290; Kankainen 1999, s. 32.)

3. TYÖN KOHDE JA TYÖN SUORITUS

Työn kohteena on kaivos- ja maanrakennusalan tuotteisiin, laitteisiin ja palveluihin, keskittyvä Metso Minerals ja tarkemmin ottaen yrityksen Tampereen tehdas Hatanpäällä, Lokomonkadulla. Työn aikana Metso Mineralsille tullaan luomaan nykyiseen tuotekehitysprosessiin soveltuva nostoturvallisuuden varmistamisen toimintamalli sekä siihen liittyvät työkalut ja dokumenttipohjat. Tässä luvussa esitellään tarkemmin työn kohde tämän työn näkökulmasta sekä työn suorituksen kannalta keskeiset osatehtävät.

3.1 Työn kohde

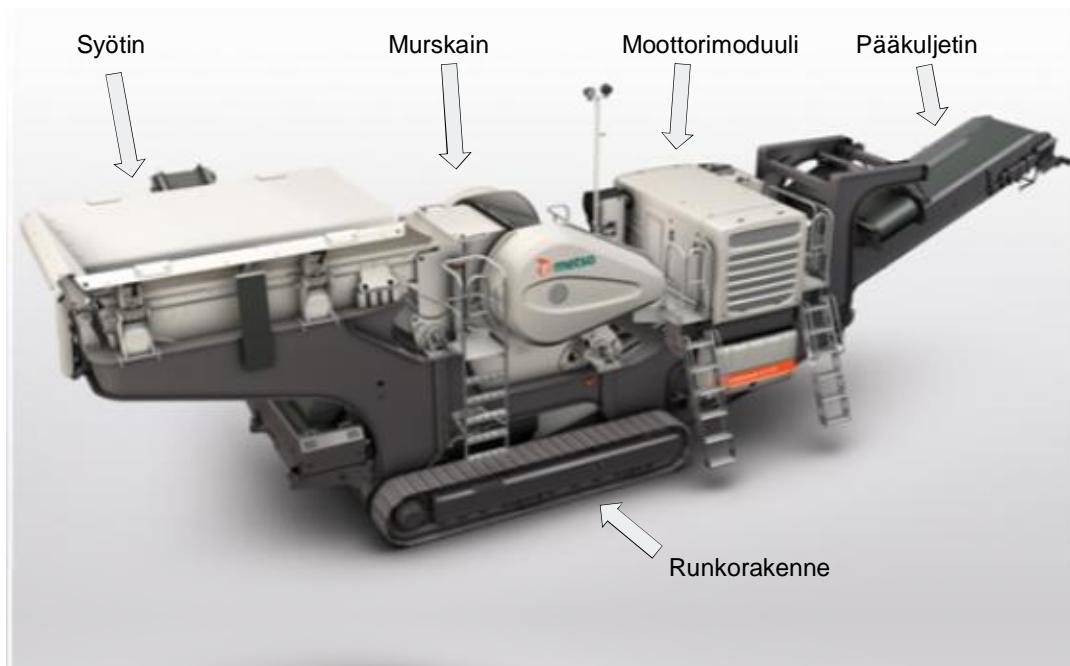
Metso Mineralsin Tampereen tehtaalla suunnitellaan, valmistetaan ja kokoonpannaan yksittäisiä kivenmurskaimia sekä tela-alustaisia kivenmurskaussyksiköitä ja tela-alustaisia seulentayksiköitä. Valmistettavat yksittäiset kivenmurskaimet ovat C-leukamurskaimia ja GP-karamurskaimia. Lisäksi myös muita murskaimia varustellaan tela-alustaisien murskaussyksiköiden kokoonpanoa varten. Tela-alustaiset kivenmurskaus- ja seulentayksiköt tunnetaan paremmin tuotenimellä Lokotrack.

Tampereen tehtaalla on ollut valmistustoimintaa jo vuodesta 1915 alkaen, jolloin perustettiin Lokomo Oy. Lokomo Oy valmisti tuolloin höyryvetureita ja vuonna 1921 se valmisti ensimmäisen kivenmurskaimensa. Ensimmäinen Lokotrack valmistui vuonna 1985. Erinäisten yrityskauppojen ja -fuusioiden jälkeen Lokomonkadun tehdas tuli vuonna 1999 osaksi Metso-konsernia ja siitä osaksi Metso Minerals:a vuonna 2001. Tehdas sai laajennusosan Lokotrackien kokoonpanoon vuonna 2007. Tampereelle siirrettiin vuosina 2010-2011 lisäksi tela-alustaisten seulentayksiköiden kokoonpano sekä Barmac-keskipakomurskainten loppukokoonpano. (Ainasvuori 2014.) Joulukuussa 2014 Metso ilmoitti myyvänsä Lokomonkadun tehdasalueella sijaitsevan teräsvalimonsa suomalaiselle TEVO Oy:lle. Valimo ja sen 128 työntekijää siirtyivät TEVO:n omistukseen maaliskuussa 2015 ja valimo jatkoi toimintaansa nimellä TEVO-Lokomo. (Metso Oyj lehdistötiedote 2014.) Vuoden 2015 alussa Lokomonkadun tehdasalueella työskenteli noin 900 henkilöä, joista noin puolet on työntekijätehtävissä ja noin puolet toimihenkilötehtävissä. (Ainasvuori 2014.) Kuvassa 3.1 on esitetty Tampereen tehdasalue.



Kuva 3.1. Metso Minerals, Lokomonkadun tehdasalue Tampereella (Ainasvuori 2014, s. 18).

Tehdasalueella on Lokotrack-kivenmurskaussyksiköiden loppu- ja osakokoonpanoa. Sekä osa- että loppukokoonpanoa tehdään linja- ja paikkakokoonpanona. Loppukokoonpanon osalta linjakokoonpanossa kootaan pieniä ja keskisuuria murskaussyksiköitä, ja paikkakokoonpanossa suuria murskaussyksiköitä. Lokotrack-murskaussyksiköt koostuvat moduuleista, joita pääsääntöisesti ovat runkorakenne, pääkuljetin, kivenmurskain, moottorimoduuli ja syötinyksikkö. Lisäksi joihinkin malleihin tarjotaan optioina sivukuljetinta sekä seulayksikköä ja paluukuljetinta. LT120 edustaa rakenteensa puolesta yleisintä Metson Lokotrack-mallistoa. Kuvassa 3.2 on esitettyä Lokotrack LT120 ja nimetty päämoduulit.



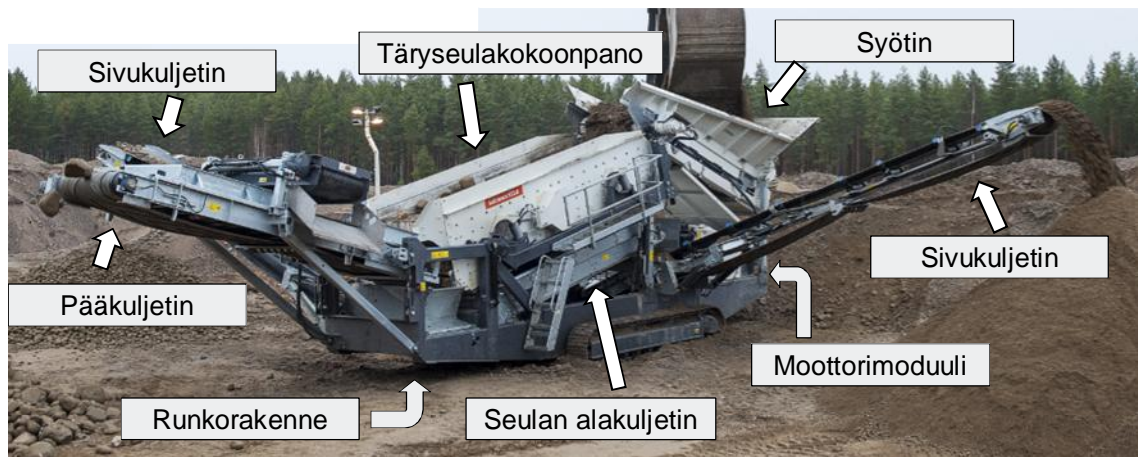
Kuva 3.2. Lokotrack LT120 murskausyksikkö ja sen päämoduulit (muokattu Metso 2014b).

Loppukokoonpanon linjakokoonpanossa on neljä vaihetta, ja tahtiaikana on 8 tuntia. Jokaisessa vaiheessa tapahtuu vähintään yksi kokoonpanonosto. LT120:n moduulien painot vaihtelevat kolmen tonnin pääkuljettimesta aina yli 25 tonnin murskaimeen. Yhden työvuoron aikana keskiraskaita ja raskaita kokoonpanon nostoja tapahtuu siis vähintään 4 kappaletta. Osa nostoista joudutaan tekemään kahdella nosturilla matalan hallikorkeuden tai noston luonteen takia.

Kokoonpanojärjestys on pääsääntöisesti sama kaikilla kivenmurskausyksiköillä. Linjakokoonpanossa runkorakenne nostetaan ensin ilmatyynylautan päälle, jonka avulla runkorakennetta voidaan liikuttaa linjalla eteenpäin ilman ylimääräisiä nostoja. Paikkakokoonpanossa runkorakenne nostetaan suoraan kokoonpanopisteelle. Runkorakenteen päälle pujotetaan ensin pääkuljetin, joka tuodaan runkorakenteen sisään kuvassa 3.2 oikealta päin. Monissa murskausyksikömmälleissä pääkuljettimen asennuksen yhteydessä kuljetin joudutaan laskemaan välillä rungon päälle, jotta nostokohtaa voidaan vaihtaa. Näin pääkuljetin saadaan tuotua perille asti. Loppujen moduulien kohdalla ei jouduta tekemään välilaskuja, koska ne voidaan tuoda paikoilleen yläkautta. Seuraavaksi runkorakenteen päälle nostetaan järjestyksessä murskain, syötin ja moottorimoduuli. Moottorimoduulin nostossa tarvitaan moottorimoduulien nostoa varten suunniteltua nostopalkkia, jotta nostoketjut eivät vaurioitaisi moduulia. Moottorin nosto on muutenkin hankala tapaus, sillä sen painopiste ja paino vaihtelevat hieman riippuen siitä paljonko moottorimoduulissa on nesteitä sisällä. Moottorimoduuli on näistä moduuleista ainoa,

jonka nostopisteet eivät sijaitse aivan optimaalisissa paikoissa. Nostopisteitä ei voi sijoittaa moottorimoduulin päälle, koska moduulin kotelo on muovia ja ohutta tukiputkea.

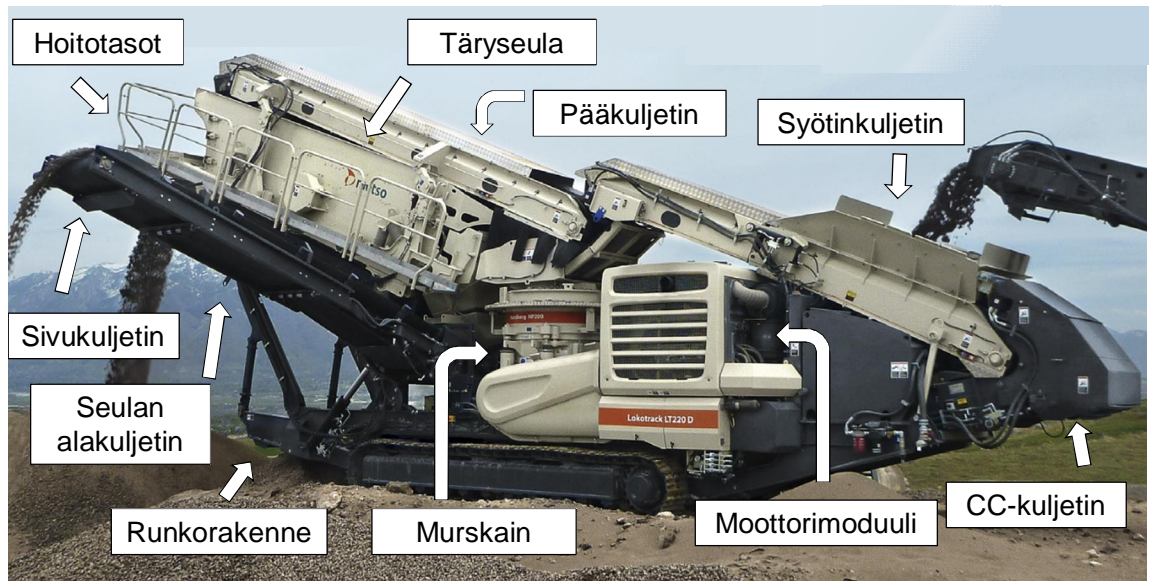
Lokotrack-seulontayksiköt ovat myös tela-alustaisia. Seulontayksiköt eroavat kivenmurskaussyksiköistä siinä, että niitä käytetään nimensä mukaisesti murskatun kiviaineksen seulontaan raekoon mukaan. Seulontayksiköt kokoonpannaan linjakokoonpanona. Lokotrack ST2.8 seulontayksikön päämoduulit on esitetty kuvassa 3.3.



Kuva 3.3. Lokotrack ST2.8 seulontayksikkö ja sen päämoduulit (muokattu Metso 2013).

Lokotrack ST2.8 seulontayksikön päämoduuleja ovat kokoonpanojärjestyksessä runkorakenne, sivukuljettimet, moottorimoduuli, seulan alapuolinen kuljetin, täriseulakokoonpano, pääkuljetin ja syötin. Moduulien painot vaihtelevat hieman yli yhden tonnin alapuolisesta kuljettimesta yli 7,5 tonnin runkorakenteeseen. Seulontayksiköiden kokoonpanossa kaikki moduulit voidaan nostaa paikoilleen joko suoraan ylhäältä alas tai sivulta tuoden ilman hankalia välilaskuja. Seulontayksikön moduulien nostoissa haasteet tulevat kappaleiden epäsymmetrisyydestä eli kappaleiden painopisteet eivät sijaitse keskellä kappaleita ja nostopisteet saattavat olla hankalissa paikoissa.

Lokotrack LT220D edustaa uudempaa sukupolvea. Siinä on yhdistetty murskaus- ja seulontayksikkö samaan yksikköön. Lokotrack LT220D:tä kokoonpannaan paikkakokoonpanossa, kuten muutkin suuren luokan murskaussyksiköt. LT220D:n kokoonpanojärjestys on yleensä runkorakenne, seulan alakuljetin, hoitotasot, CC-kuljetin, murskain, moottorimoduuli, sivukuljettimet, syötinkuljetin, täriseula sekä pääkuljetin. LT220D ja sen päämoduulit on esitetty kuvassa 3.4.



Kuva 3.4. Lokotrack LT220D murskaus- ja seulontayksikkö ja sen päämoduulit. (muokattu Metso 2013).

Nostojen kannalta ongelmallisia kokoonpanon vaiheita ovat CC-kuljettimen asennus sekä hoitotasojen asennukset. CC-kuljetin joudutaan pujottamaan runkorakenteen läpi ja nostoon sisältyy välilasku rungon päälle. Hoitotasojen nostojen ongelmana on ollut virallisten nostopisteiden puute. Muuten kokoonpanon nostot ovat normaaleja raskaita nostoja, joihin liittyvät toki omat ongelmansa. Suurten murskausyksiköiden kokoonpanohalli on koko tehtaan korkein, joten hallin korkeus ei muodosta ongelmaa kokoonpanossa.

3.1.1 Yrityksen nostoturvallisuus

Metso Mineralsin Tampereen tehtaan konepajalla on tehty vuoden 2014 aikana yhteensä 1039 vaaratilanne- ja läheltä piti -havaintoa, joista 80 oli ollut nostosta aiheutuvien vaaratilanteiden havaintoja. Kaiken kaikkiaan tapaturmia on sattunut vuoden 2014 aikana 25 kappaletta, joista 4 tapausta liittyi nostoihin. Metsolla tapaturmiksi luetaan sairauspoissaoloon johtaneet tapaturmat sekä ensiaputapaukset. Edellisvuoden lukuihin verrattuna vaaratilannehavaintoluvuissa on tapahtunut selkeää nousua, mutta valitettavasti myös tapaturmamäärät ovat kasvaneet. Vuonna 2013 tehtiin 708 vaaratilannehavaintoa, joista nostosta aiheutuvia oli 62. Tapaturmia sattui vuoden aikana yhteensä 17, joista 2 tapaturmaa liittyi nostotyöhön. Konepajaan lukeutuvat tehtaan valmistustoiminta, huoltokorjaamo ja varasto. Tapaturmista ja vaaratilannehavainnoista pyritään aina oppimaan jotain tapaturmien välttämiseksi. Nostotyöhön liittyvät vaaratilanteet ja tapaturmat liittyivät useimmiten huonokuntoiseen nostoapuvälineeseen tai taakan vaaralliseen heilauttamiseen noston aikana. Joissain tapauksissa nostoon ei ollut selkeitä ohjeita ja selkeät nostopisteet puuttuivat, jolloin jouduttiin soveltamaan tilanteen vaatimalla tavalla. (Metso HSE Monitor 2014.)

Metso-konsernilla on ollut käytössään vuodesta 2012 lähtien vähimmäisturvallisuusvaatimukset, joiden tavoitteena on luoda Metson työntekijöille entistä turvallisempi työympäristö eliminoimalla yleisimpiin työtehtäviin liittyvät riskitekijät. Vähimmäisvaatimukset on määritelty muun muassa lockout/tagout-menettelylle, korkealla tehtäville töille, nostoille, ahtaissa tiloissa tehtäville töille, työkalujen ja laitteiden käytölle, vaarallisten aineiden käsittelylle, henkilösuojaimille, tieliikenteelle sekä järjestykselle ja siisteydelle. Vähimmäisturvallisuusvaatimukset sisällytetään kaikkeen toimintaan paikallisten toimintojen avulla. (Rikkinen 2014.)

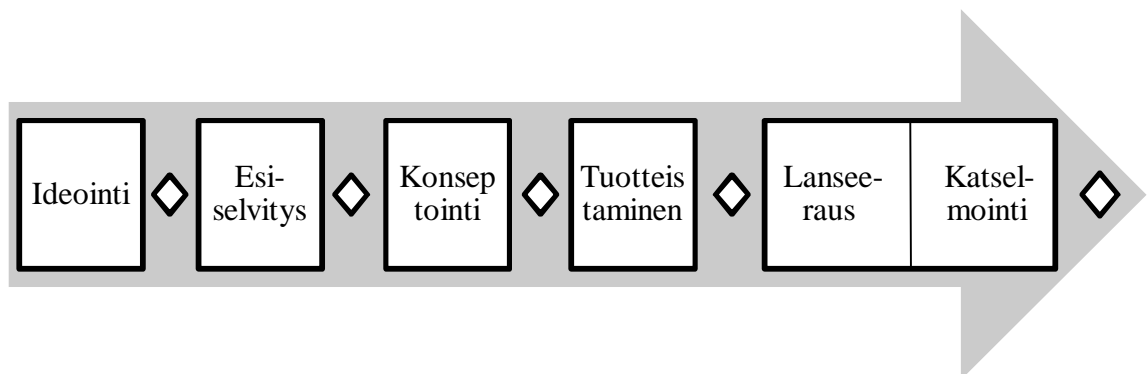
Metso Mineralsilla on olemassa nostoturvallisuuden yleistoimintaohje (Aronen 2011). Nostoturvallisuuden yleistoimintaohjeessa on määriteltynä ohjeistukset noston suunnittelulle, nosturin käyttöön ja nostoapuvälineiden käyttöön. Yleistoimintaohje sisältää pääpiirteittäin tämän työn luvussa 2.4 käsitellyt asiat nostotyöhön ja nostovälineisiin liittyen. Noston suunnittelusta on lisähuomioina lisätty muutamia seikkoja. Tuotteen suunnitteluvaiheessa tulisi miettiä sopivat nostokohdat ja tarvittaessa lisätä nostokorvia tai kierreikiä nostosilmukkaruuveja varten. Ennen noston suorittamista tulisi tehdä nostosuunnitelma, jonka aikana tulisi määritellä noston vaatima turva-alue, selvittää taakan paino ja painopiste sekä valita taakkaan, nostolaitteeseen ja käyttöympäristöön yhteensopivat nostoapuvälineet. Kirjallista nostosuunnitelmaa varten tulisi nimetä nosturin käyttäjä, nostotyön johtaja ja merkinantaja/taakan kiinnittäjä. Nosturin nostoteho ja nostoapuvälineiden suurin sallittu kuorma tulisi varmistaa ennen noston alkua. Lisäksi nostoapuvälineiden käytön suhteen tulisi aina varmistaa nostoapuvälineen kunto, tarkistaa nostokulmat ja muotokerrointen vaikutukset sekä tehdä aina alunosto. Nostorak- sit tulisi suojata teräviltä kulmilta tähän tarkoitukseen valmistetuilla kulmasuojilla. (Aronen 2011.)

Yrityksen vähimmäisturvallisuusvaatimuksien mukaan ”vain koulutetut ja valtuutetut henkilöt saavat käyttää nostolaitteita ja -välineitä” (Rikkinen 2014, s. 13). Tätä varten yrityksessä on nosturien käyttöön liittyvä radio-ohjainkoulutus sekä nostoapuvälinekoulutus. Radio-ohjainkoulutuksessa käydään läpi nostojen oikeaoppinen suorittaminen, nostossa huomioitavat seikat, yleisimmät virheet noston yhteydessä sekä laatu- nostamisen periaatteet. Nostoapuvälinekoulutuksessa käydään läpi nimensä mukaisesti erilais- ten nostoapuvälineiden käyttötarkoitukset sekä käyttöön liittyvät rajoitukset. Nostoapu- välinekoulutusta on pidetty sekä asentajatasolle että suunnittelijoille ja tuotannon toimi- henkilöille. Molemmille henkilöstöryhmille koulutuksen materiaalit ovat samat. Asenta- jien ja tuotannon toimihenkilöiden kohdalla koulutuksen pääpaino on nostoapuvälinei- den oikeassa käyttötavassa ja niiden tarkastuksessa huomioitavissa erityis- seikoissa. Suunnittelijoiden nostoapuvälinekoulutuksen pääpainona on esitellä erilaiset nostoapu- välineet sekä niiden käytössä huomioitavat erityispiirteet kuten tilantarpeet. Suunnitelli- joiden koulutuksessa kiinnitettiin erityishuomiota tuotteen nostokorvakkeiden sijoitte- luun ja tuotteen nostettavuuden huomioimiseen suunnitteluvaiheessa. (Hauhia 2014.)

Yrityksessä on panostettu viime aikoina nostoturvallisuuden parantamiseen. Muun muassa kuvallisia nosto-ohjeita on tehty tuotannossa oleville kappaleille kuluneen vuoden aikana ja ohjeiden tekemistä jatketaan edelleen. Lisäksi yrityksessä on kiinnitetty huomiota tuotteen elinkaaren aikaisiin nostoihin, josta hyvänä esimerkkinä C130-leukamurskaimen heiluri, johon on suunniteltu jo valuvaiheeseen valmiiksi kiinteät nostopisteet, jotka mahdollistavat kappaleen nostot aina ensimmäisestä koneistuksesta lähtien käytönaikaiseen huoltotoimintaan asti. Kehitysprojektin aikana tuotteelle tehtiin nostotarvekartoituksia, joiden pohjalta osattiin kehittää koko elinkaaren ajan palvelevat nostoelementit. C130-leukamurskain on tehty yhteistyössä murskainsuunnittelun, huoltokorjaamon, valimon ja tuotanto-osastojen kanssa. Tämän kaltaisissa kehitysprojekteissa parhaat tulokset saavutetaan valjastamalla yrityksen sisäisten sidosryhmien tietämys ja kokemukset eli niin sanottu hiljainen tieto tuotteiden suunnittelun tueksi. (Leikko 2014.)

3.1.2 Uustuoteprosessi

Metso Mineralsin uuden tuotteen kehittämisprosessi on lineaarinen tuotekehitysprosessi, joka koostuu prosessivaiheista ja päätöksentekoportista. Prosessi etenee seuraavaan prosessivaiheeseen vain siinä tapauksessa, jos se hyväksytään päätöksentekoportilla. Prosessin vaiheita ovat ideointivaihe, esiselvitysvaihe, konseptivaihe, tuotteistamisvaihe sekä lanseerausvaihe ja katselmointivaihe. Uustuotekehitysprosessi on esitetty kuvassa 3.5.



Kuva 3.5. Uuden tuotteen kehittäminen (mukaillen Brand 2014).

Uustuoteprosessia sovelletaan, kun kehitetään uusi tuote, joka voi olla laite ja/tai palvelu. Prosessia toteutetaan projektien avulla ja prosessia on mahdollista räätälöidä projektikohtaisesti sopivaksi. Uustuoteprosessia voidaan soveltaa teknologiakehitysprojektitissa, jossa kehitetään kokonaan uutta teknologiaa ja/tai tuotekonseptia. Uustuoteprosessia voidaan soveltaa myös uustuoteprojektissa, jossa olemassa olevaan tuotekonseptiin suunnitellaan uusi kokoluokka tai elinkaaren lopussa oleva tuote suunnitellaan uudelleen, kuitenkin olemassa olevien tuotekonseptien mukaisesti. Lisäksi prosessia voidaan soveltaa, mikäli tehdään teknologiatason nosto toistuvassa tuotannossa olevalle tuotteelle.

le. Teknologiatason noston toteutus tehdään yhdessä tuotemuutosprosessin kanssa. (Brand 2014.)

Ideointivaiheessa ideoita kerätään sisäisistä ja ulkoisista lähteistä, jonka jälkeen ideat ryhmitellään ja arvioidaan niiden toteutumismahdollisuuksien ja strategia-, kannattavuus- ja kasvutavoitteiden perusteella. Ideoita saadaan kerättyä muun muassa markkinatutkimuksilla, asiakaspalautteesta, arvoketju- ja elinkaarianalyysillä, patenttiselvityksillä, uusien teknologioiden lisensoinneista sekä tuotannon palautteesta. Ryhmittelyn ja arvioinnin pohjalta tehdään tavoitespesifikaatio tuote- tai palvelukonseptille ja hahmotellaan konsepti sekä karkea kuvaus tuoterakenteesta pääkomponentteineen. Lisäksi suunnitellaan esiselvitysvaihetta ja allokoidaan resurssit. Teknologiakehitysprojektille laaditaan projektisuunnitelma. (Brand 2014.)

Esiselvitysvaiheessa tehdään yrityksen ohjeiden mukainen projektisuunnitelma ja uus-tuoteprojektissa tehdään lisäksi liiketoimintasuunnitelma. Esiselvityksen aikana tuote-konseptille suoritetaan teknillinen ja taloudellinen laadinta ja arviointi sekä asetetaan mitattavat teknilliset ja kaupalliset tavoitteet. Projektinhallinta laatii projektisuunnitelman, josta tulisi normaalien projektikäytänteiden lisäksi selvittää prototyypeille ja nollasarjalle asetettavat tavoitteet, kuten prototyypin ja nollasarjan lukumäärät, ajankohdat ja toimitussuunnitelma. Projektinhallinta vastaa lisäksi patentointikatselmuksesta, FMEA-riskianalyysistä ja vara- ja kulutusosasaatavuuden suunnitelmasta. Tuotesuunnittelu tekee tuotekonseptin teknillisen laadinnan, johon sisältyy vaara-analyysit, arvo-analyysit, toiminnan simulointia sekä konseptikoneen valmistaminen, testaus ja analysointi. Tuotannon tehtäväksi jää valmistusstrategian laadinta, tuotannon arviointia sekä toimitusaikatavoitteiden asetus. Tuotekehitys tekee liiketoimintasuunnitelman, johon sisältyvät muun muassa markkina-alueen määrittely, elinkaaren suunnittelu, tuotteen vaatimuserittely ja suorituskyvyn määrittely. Eri toiminto-organisaatiot tekevät yhteistyötä keskenään koko projektin ajan. (Brand 2014.)

Konseptivaiheessa tuote mallinnetaan ja erilaiset tekniset ratkaisut valitaan ja jäädytetään. Tuotteelle tehdään sen koko elinkaaren ajalle yksityiskohtaiset kustannus- ja kannattavuuslaskelmat sekä alustavat suunnitelmat lanseeraukseen ja jakeluun sekä valmistukseen ja hankintaan toistuvaa tuotantoa varten. Lisäksi prototyyppi suunnitellaan ja valmistetaan sekä määritellään tuotespesifikaatio nollasarjaa varten. Tuotesuunnittelu tekee tuotteen ja tuotevastuun lakisääteiset tarkastelut, kuten riskin arvioinnit käyttövarmuuden, terveyden ja turvallisuuden sekä ympäristöturvallisuuden näkökulmat huomioiden. Tuotesuunnittelun vastuulla on myös tuotteen yksityiskohtainen mallintaminen ja mahdollinen osakokonaisuuksien testaus. Nämä pitävät sisällään tuotteen täydellisen 3D-mallin, FEM-laskelmat, hydraulikka- ja sähkösuunnittelut sekä tuotekonfiguraattorin ja tuoterakenteiden rakentamisen. Lisäksi tuotesuunnittelu tekee prototyypin valmistukseen tarvittavat tuotedokumentit. Luodun 3D-mallin avulla tuotanto arvioi valmistettavuutta ja kokoonpantavuutta. Tuotanto määrittelee prototyypin valmistukseen tarvittavat dokumentit ja valmistaa prototyypit projektisuunnitelman mukaisesti sekä tekee

hankintasuunnitelmat. Tuotehallinta, tuotekehitys ja markkinointi luovat alustavat käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet sekä tekevät yksityiskohtaiset elinkaaren aikaiset kustannus- ja kannattavuuslaskelmat. Projektinhallinta vastaa projektin etenemisestä projektisuunnitelman mukaan ja tarkentaa suunnitelmaa tarvittaessa. Teknologiakehitysprojektit päättyvät konseptivaiheeseen. (Brand 2014.)

Tuotteistamisvaiheessa varmistetaan tuotteen soveltuvuus vakiotuotantoon. Vakiotuotantoon ja sitä kautta toistuvaan tuotantoon soveltuvuus testataan nollasarjan valmistuksen avulla. Tuotesuunnittelu luo nollasarjaa varten valmistusdokumentit ja korjaa mahdolliset puutteet sekä tuotteessa että dokumenteissa ennen toistuvaan tuotantoon siirtymistä. Ennen nollasarjan aloitusta tuotesuunnittelu tekee päätökset prototyypivaiheessa havaittujen muutostarpeiden toteuttamisesta. Nollasarjan yhteydessä tehdään turvallisuuskatselmus ja aiemmin tehty vaaratekijäluettelo päivitetään. Tuotanto-organisaatio vastaa myös nollasarjan valmistuksesta, mutta valmistusvastuu siirtyy proto-osastolta vakiotuotannolle. Tuotannon vastuulla on myös lopullisen valmistus- ja hankintasuunnitelman tekeminen. Tuotehallinnan, markkinoinnin ja asiakaspalvelun tehtäviä ovat nollasarjan kenttäseuranta ja asiakaspalautteen kerääminen nollasarjaa koskien. Myös koulutusten suunnittelut ja materiaalien tuottaminen sekä sisäisten koulutusten toteutus kuuluvat näille organisaatioille. Lisäksi tuotehallinto ja markkinointi vastaavat toistuvan tuotannon tuotantosuunnitelmasta sekä lopullisesta lanseeraus- ja jakelusuunnitelmasta. Tuotteistamisvaiheen lopuksi projektinhallinta tekee päätöksen toistuvaan tuotantoon siirtymisestä. Tuotteistamisvaiheen aikana vastuu tullaan siirtämään projektiorganisaatiolta linjaorganisaatiolle, lukuun ottamatta tuotesuunnittelua. Projektinhallinta päättää tarkemman vastuunsiirtohetken ja vastuuhenkilöt kullekin toiminnolle projektikohtaisesti. (Brand 2014.)

Lanseerausvaiheessa tuotehallinta ja markkinointi toteuttavat lanseeraus- ja jakelusuunnitelman. Lisäksi vara- ja kulutusosien saatavuus ja hinnoittelu varmistetaan ja markkinointimateriaalia tarkastellaan turvallisuusnäkökohdat huomioiden. Tuotesuunnitteluorganisaatiossa suunnitteluvastuu siirtyy vakiotuotesuunnittelulle. Tuotanto-organisaatio käynnistää tuotteen toistuvan tuotannon. (Brand 2014.)

Katselmointivaihe ”pidetään kohtuullisen ajan kuluessa lanseerausvaiheen palautteen jälkeen” (Brand 2014). Katselmoinnin ajankohta on määritelty etukäteen projektisuunnitelmassa, joten se on projektikohtainen. Katselmointivaiheessa arvioidaan projektin toteutumista projektisuunnitelmaan, lanseeraus- ja jakelusuunnitelmaan sekä liiketoimintasuunnitelmaan nähden. Myös teollisoikeuksien suojaamisen vaikutuksia tuotteen kilpailukykyyn tulisi arvioida. Projektinhallinta arvioi projektisuunnitelman toteutumista huomioiden aikataulutuksen, projektikustannukset sekä muut mittarit. Tuotannon vastuulla on toteuttaa nollasarjan kokemusten mukaiset muutokset ja tehdä suunnitelma alenevan kustannuskehityksen varmistamiseksi. Turvallisuuspuutteisiin tulisi reagoida välittömästi. Tuotehallinnan, markkinoinnin ja asiakaspalvelun osalle jäävät liiketoimintasuunnitelman sekä lanseeraus- ja jakelusuunnitelman toteutumisten arvioinnit sekä

turvallisuustiedon analysointi ja hyväksikäyttö. Liiketoimintasuunnitelman toteutumisen mittareina ovat myyntivolyymi, kannattavuus, toistuvan tuotannon tuotekustannukset ja takaisinmaksuaika. (Brand 2014.)

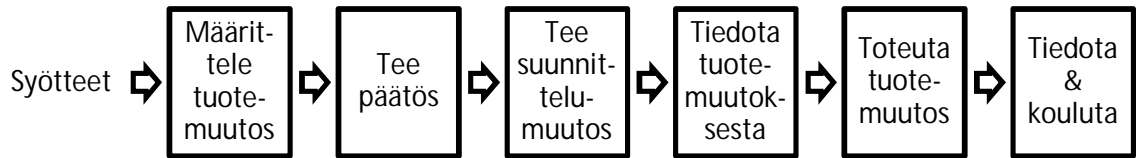
Uustuoteprosessi tuottaa tuotteita toistuvaan tuotantoon eli vakiotuotantoon ja sen tarkoituksena on ”varmistaa uusien tuotteiden nopea ja hallittu markkinoille lanseeraaminen” (Brand 2014). Prosessiin liittyy myös tuotemuutosprosessi, jonka avulla toteutetaan tuotemuutokset toistuvaan tuotantoon hyväksytyjen tuotteiden osalta. Uustuoteprosessin tärkeimpänä menestystekijänä hyvän asiakastuntemuksen lisäksi on yrityksen toimintojen välinen yhteistyö sekä osaamisen ja kokemustiedon hyödyntäminen ja kehittäminen. (Brand 2014.)

3.1.3 Tuotemuutosprosessi

Tuotemuutosprosessia sovelletaan mobilelaitetuotelinjalla tai murskaintuotelinjalla, kun toistuvaan tuotantoon hyväksytyihin tuotteisiin tai sen ominaisuuksiin tulee muutostarpeita. Tällaisia muutostarpeita voivat olla olemassa olevan tuoteominaisuuden tuominen johonkin toiseen tuotteeseen, komponenttivalmistajan tekemien muutosten aiheuttamat muutostarpeet tuotteissa, virheiden tai täyttämättä jääneiden vaatimusten korjaaminen, asetettujen vaatimuksien muuttuminen sekä tuoteparannuksien tekeminen. Tuotemuutosprosessin avulla varmistetaan hallittu tiedon kulku ja oikea-aikainen päivittyminen tietojärjestelmissä ja prosesseissa. Prosessin avulla pyritään hallitsemaan kaikki tuotteeseen liittyvä tuotetieto sekä muutosta koskeva tuotanto ja varaosamyynti. Yksittäiset muutostarpeet pyritään pääsääntöisesti jaksottamaan muutoskokonaisuuksiksi, jotta muutoksesta aiheutuvat kustannukset pysyvät hallinnassa ja resurssikäyttö olisi mahdollisimman tehokasta. Kiireelliset muutokset käsitellään erikseen ja ne toteutetaan välittömästi. (Rahkoma 2012.)

Erilaiset muutoskokonaisuudet voidaan luokitella ennen toistuvaan tuotantoon siirtymistä tehtäviin muutoksiin ja toistuvassa tuotannossa oleviin tuotteisiin tehtäviin muutoksiin. Ennen toistuvaan tuotantoon siirtymistä tehtäviä muutoskokonaisuuksia ovat uustuoteprojektiin liittyvät muutokset, vuosimallimuutokset ja niihin liittyvät muutokset sekä tuotemuutosprojektiin liittyvät muutokset. Toistuvassa tuotannossa oleviin tuotteisiin tehtäviä muutoskokonaisuuksia ovat tuoteraadissa sovitut muutoskokonaisuudet, valmistuksen kanssa sovitut muutoskokonaisuudet ja poikkeamien niputukset sekä useaan moduuliin tulevat samanaikaiset muutokset. Toistuvassa tuotannossa olevalle tuotteelle haluttua teknologiatason nostoa ei lueta tuotemuutostilanteeksi, vaan siihen tulisi soveltaa uuden tuotteen kehittämisen prosessia. Myöskään vakiotuotteen asiakasräätälöintiä ei lasketa tuotemuutostilanteeksi ja myös sitä varten on oma räätälöityvän toimituksen ttt-prosessi. (Rahkoma 2012.)

Tuotemuutosprosessi voidaan jakaa seitsemään eri vaiheeseen. Näitä vaiheita ovat syöte, määrittely, päätöksenteko, suunnittelumuutos, tiedotus, toteutus sekä lopullinen tiedotus ja koulutus. Prosessi on esitetty tarkemmin kuvassa 3.6.



Kuva 3.6. Tuotemuutosprosessi (mukaillen Rahkoma 2012).

Tuotemuutosprosessin ensimmäisenä vaiheena toimii muutospyyntö eli ECR (engl. Engineering Change Request). Muutospyynnön alkuperäisenä syötteenä toimii yleensä oman henkilökunnan tai asiakkaan tekemä poikkeamahavainto tai kehitysehdotus. Tuotemuutoksen määrittelyvaiheessa kyseessä olevat muutosehdotukset kerätään, seulotaan ja priorisoidaan. Muutosehdotuksia kerätessä tarkastellaan, onko muutokselle tarvetta ja mitkä olisivat muutoksen vaikutukset asiakastyytyvyyteen ja tuotteen kustannuksiin. Muutosehdotuksista kerätty muutospyyntö kirjataan yrityksen tuotetiedonhallintajärjestelmään eli PDM-järjestelmään (engl. Product Data Management). (Rahkoma 2012.)

Muutospyynnöt luokitellaan niiden luonteen ja kriittisyyden mukaan eri luokkiin. Muutospyynnöt voivat koskea tuotteen dokumentin parannuksia, tuotannon kustannustehokkuutta, tuotanto-ongelmia, modulaarisuutta, suorituskykyä, luotettavuutta tai turvallisuutta. Tämän lisäksi muutospyynnöille määritetään kriittisyyden mukaan tärkeysluokka, joita ovat normaali sekä kriittinen. Turvallisuuteen liittyvät muutospyynnöt ovat tärkeysluokaltaan aina kriittisiä. (Leikko 2012.)

Päätöksentekovaiheessa päätetään muutospyynnön eli ECR:n mukaisen tuotemuutoksen toteuttamisesta, toisin sanoen ECR joko hyväksytään tai hylätään. Hyväksytyt muutospyynnöt jatkavat tuotemuutoksen suunnitteluvaiheeseen, jossa tuotteen suunnittelija tekee suunnittelumuutoksen ja samalla varmistaa, että ehdotettu tuotemuutos voidaan toteuttaa käytännössä. Primääriset ja tuotesuunnittelun vastuulla olevat sekundääriset tuotetiedot muutetaan vastaamaan päivitettyä tuoterakennetta. (Rahkoma 2012.) Primäärisiä tuotetietoja ovat esimerkiksi CAD-malli, mitoituslaskelmat, riskianalysipöytäkirjat sekä asennus- ja kokoonpanopiirustukset ja -ohjeet. Ellei toisin määrätä, näiden tuotetietojen luonti- ja päivitysvastuu on kyseisestä tuotteesta vastaavalla suunnittelijalla. Sekundäärisiä tuotetietoja ovat muun muassa käyttöohjekirja, valmistuksen vaiheistustiedot ja markkinointimateriaalit. Näistä esimerkeistä käyttöohjekirja on dokumentointipäällikön, markkinointimateriaalit tuotepäällikön ja vaiheistustiedot valmistusyksikön työsuunnittelijan vastuulla. (Rahkoma 2011.)

Lisäksi suunnittelumuutos pitää sisällään muun muassa tarvittavien tuotedokumenttien ja nimikkeiden luomisen. Suunnittelumuutoksen yhteydessä laaditaan muutostiedote eli ECN (engl. Engineering Change Notice). Tuotemuutoksen tiedottamisvaiheessa hyväksytään valmistellut tuotetiedot, päivitetään muuttuneet tiedot PDM-järjestelmään ja hyväksytään muutostiedote. Tiedotuksesta vastaavat tuotteesta vastaava suunnittelija ja tuotannosuunnittelija. Tiedotuksella varmistetaan tiedonkulku tuotemuutoksesta. (Rahkoma 2012.)

Tuotemuutoksen toteuttamisvaiheessa tuotemuutos viedään tuotteeseen sovitussa laajuudessa ja aikataulussa ja tuotekonfiguraattorit päivitetään. Samalla muut sekundääriset tuotetiedot muutetaan vastaamaan muuttunutta tuotetta. Näitä tuotetietoja ovat muun muassa käyttö- ja varaosakirjat sekä osto- ja hankintatoimintaan liittyvät asiakirjat. Tuotemuutoksen toteuttamisvaiheen tehtävistä vastaavat suunnittelijan ja tuotannosuunnittelijan lisäksi tilauskonttorin, jakelukeskuksen, suunnittelun tuen ja tuotannon edustajat. Kun tuotemuutos on saatu toteutettua, tiedotuksella ja tarvittaessa koulutuksella varmistetaan, että tieto tuotemuutoksesta tavoittaa myynti- ja huolto-organisaation. (Rahkoma 2012.)

3.1.4 Turvallisuustarkastelut

Metson tuotteille tehdään lakisäänteiset riskienarvioinnit sekä turvallisuuskatselmuksat. Lokotrackeille riskienarvioinnit suoritetaan moduulikohtaisesti ja arvioinnit tehdään koneturvallisuusstandardiin (SFS-EN ISO 12100 2010) perustuen. Lisäksi vaaratekijöiden ja riskien tunnistamisen apuna käytetään samaisen standardin (SFS-EN ISO 12100 2010) liitteen B esimerkkejä vaaroista, vaaratilanteista ja vaarallisista tapahtumista. Riskienarviointi tehdään Excel-taulukkoa hyväksi käyttäen. Samasta taulukosta löytyvät myös ohjeet riskienarvioinnin tekemiseen sekä arviointiin liittyvät oleelliset standardit. Moduuleihin liittyviä riskejä arvioidaan vaaratilanteittain ja näitä tilanteita ovat esimerkiksi moduulin kuljetus irrallaan, asennus Lokotrackiin, käyttöönotto asiakkaalla, käyttö sekä huolto. Nämä ovat arviointia ohjaavia otsikoita, joiden alle asiantuntijaryhmä kirjaa tunnistamia vaaratilanteita.

Tunnistamisen jälkeen vaaratilanteille luokitellaan vaaratyypit, joita ovat esimerkiksi isku, puristuminen tai putoaminen. Lisäksi vaaratilannetyyppejä tarkennetaan tarvittaessa. Tämän jälkeen vaaratilanteen seuraukset ja todennäköisyys arvioidaan, ja näistä saadaan tulona riskiluku sekä riskin määritelmä, joita ovat vähäinen, siedettävä, kohtalainen, merkittävä ja sietämätön. Riskin poistamiseksi tai pienentämiseksi tehtävät korjaustoimenpiteet kirjataan ylös. Lisäksi kirjataan mahdollinen standardin tai muun sellaisen kohta, johon korjaustoimenpiteen osalta halutaan viitata. Korjaustoimenpiteiden jälkeen riskiä arvioidaan uudestaan. Jäännösriskin riskiluku määritetään päivitettyjen seurausten ja todennäköisyyksien perusteella. Tehdyt toimenpiteet ja jäännösriskin hallintaan liittyvät ohjeet kirjataan ylös ja kuitataan. Lopuksi voidaan vielä kirjata muita tärkeitä huomioita.

Uuden tuotteen riskejä arvioidaan 3D-katselmoinnin yhteydessä, kun tuote on vielä virtuaalimaailmassa. Myöhemmin riskienarviointia päivitetään, mikäli tuotteeseen tulee uusia ominaisuuksia tai vanhat ominaisuudet muuttuvat.

Tuotannon työturvallisuuden edistämiseksi Metsolla on käytössä vaaratilanteiden ja tapaturmien kirjaamista varten oma järjestelmänsä HSE Monitor, jonka tilalle tuli vuoden 2015 alussa Sustanalyzer-järjestelmä. Molempia järjestelmiä käytetään vaaratilanteiden ja tapaturmien havainnointiin ja kirjaamiseen sekä erilaisten turvallisuustarkastuspöytäkirjojen arkistointiin. Metsolla on pitkän tähtäimen tavoitteena nolla työtapa- turmaa, jota kohti pyritään aktiivisella työturvallisuuden kehittämällä. Oman osansa työturvallisuuden parantamiseen tuovat myös Metson vähimmäisturvallisuusvaatimukset.

3.2 Muiden yritysten käytäntöjä

Muiden yritysten käytännöistä on saatu tietoa yritysten Internet-sivuilta sekä vuosiker- tomuksien ja osavuosikatsauksien avulla. Lisäksi apuna käytettiin diplomitöitä. Tuot- teen turvallisuus ja sen varmistaminen mielletään osaksi tuotekehitysprosessia. Yrityk- sissä pyritään hallitsemaan uusiin tuotteisiin ja niiden kehittämiseen liittyviä riskejä tuotekehitysprosessissa eri tavoin. Yrityksissä sovelletaan muun muassa FMEA- menetelmää eli vika- ja vaikutusanalyysimenetelmää sekä muita riskien eliminointityö- kaluja, sisäistä validointia ja testausta. Huolellista suunnittelua ja valmistusta sekä toi- mitusketjun valvomista pidetään laaturiskien hallinnan avaintekijöinä. (Wärtsilä 2014.) Tuotteiden ja palvelujen turvallisuutta pyritään parantamaan suunnittelu-, valmistus-, asennus- ja huoltoprosesseja noudattamalla. Usein pyritään lakeja ja määräyksiä korke- ampaan turvallisuustasoon. (KONE 2014, s. 37.) Tuotteiden turvallisuus mielletään yleisesti käyttäjän näkemäksi turvallisuudeksi, jolloin tuotannon turvallisuus voi jäädä hieman vähemmälle huomiolle. Yritykset luottavat suunnittelijoiden ammattitaitoon tuotteiden valmistuksen aikaisen turvallisuuden huomioimiseksi, esimerkiksi tuotteiden käsiteltävyyden ja nostettavuuden turvallisuuden osalta. Käytännön toimivuuden todel- linen testaaminen jää prototyypivaiheeseen tai tuotteisiin suunnitellaan tuotemuutoksia jälkikäteen. Esimerkiksi Sandvik:lla nostoturvallisuuden tarkastelu on sidottu er- gonomian tarkasteluun. (Turta 2012.) Ergonomia liittyy vahvasti tuotteen kokoonpanta- vuuteen ja käsiteltävyyteen, jolloin myös tuotteen nostot tulee huomioida.

Tutkimukseen ja kehitykseen panostetaan, jotta tuotteiden tuotekehitysaikaa, kustan- nuksia ja energiankäyttöä saataisiin alennettua. Myös valmistuksen turvallisuutta pyri- tään edistämään tuotantoa ja toimintoja kehittämällä. Työturvallisuutta pyritään kehit- tämään HSE-toimintojen (engl. Health, Safety & Environment) sekä turvallisuuskult- tuurin avulla. Työturvallisuuden mittareina toimivat usein tapaturmataajuus LTIF (engl. Lost Time Injury Frequency) eli tapaturmien takia menetettyjen työtuntien määrä suh- teessa miljoonaa työtuntia kohden, sekä yleisesti tapaturmien ja ammattitautitapausten määrät. Usein HSE-toimintaan kuuluu myös vaaratilannehavaintojen ja läheltä piti -

tilanteiden kirjaaminen ja seuraaminen. (Sandvik 2014; Wärtsilä 2014; KONE 2014, s. 37-38.) Työturvallisuuden päivittäisellä havainnoinnilla ja havaittujen turvallisuusriskien välittömällä korjaamisella pyritään turvalliseen työympäristöön ja työskentelyyn. Käytettyjen tuotanto- ja työmenetelmien, laitteiden ja koneiden turvallisuus ja toimintavarmuus pyritään varmistamaan ajoittaisilla riskikartoituksilla, tarkastuksilla sekä ennakkoivalla huollolla. (Ponsse 2014, s. 18-19.) Muita työturvallisuutta joko suorasti tai epäsuorasti parantavia keinoja ovat muun muassa LEAN-toiminnan 5S-periaatteet, joiden avulla saadaan työympäristö siistiksi, ja sitä kautta myös turvallisemmaksi. Työturvallisuutta parannetaan luomalla tuotantoon ja huoltotoimintaan normaalien huolto- ja asennusohjeiden lisäksi myös turvallisuusohjeita. (KONE 2014, s. 38-39.)

3.3 Keskeiset osatehtävät

Työn suorituksen kannalta keskeisiä työvaiheita ja osatehtäviä ovat nostoturvallisuuden riskienarviointityökalujen vaatimusten määrittely, työkalujen rakenteen ja tarvittavien dokumenttipohjien luominen, rakenteen iterointi sekä kokemusten ja kommenttien kerääminen. Muutosprosessin osalta pyritään suorittamaan pilotointivaihe ja työkalujen käyttöönotto. Uustuoteprosessin osalta pilotointia ei ehditä toteuttaa, koska uustuoteprojektit voivat kestää jopa vuosia eikä tuloksia ehdittäisi tarkastella tämän diplomityön puitteissa. Näin ollen työkalujen täydellinen soveltuvuus uustuoteprosessille ja sen todentaminen jäävät tulevaisuuden jatkokehitykseen.

3.3.1 Vaatimusten määrittäminen

Projektin alkuvaiheessa kerättiin yleisesti nostoihin ja nostoturvallisuuteen liittyvää tietoa lainsäädännöstä, standardeista ja alan aineistosta. Aineiston pohjalta tunnistetut vaatimukset selvitettiin. Metson vaatimuksista nostoturvallisuustarkasteluille kerättiin kommentteja ja näkemyksiä suunnitteluorganisaatiosta, tuotannosta sekä yrityksen turvallisuusasiantuntijoilta. Tietoa kerättiin työntekijöitä ja suunnittelijoita haastattelemalla. Tuotantoa havainnoimalla pyrittiin tunnistamaan nostoihin liittyviä ongelmia. Lisäksi tutustuttiin kohdeyrityksen uustuoteprosessin ja tuotemuutosprosessin kulkuihin ja pyrittiin määrittämään sopivat prosessivaiheet nostoturvallisuuden arvioinneille.

Vaatimusten määrittämisen aikana tutustuttiin myös muiden yritysten ratkaisuihin tuotteiden turvallisuuden, tuotannon työturvallisuuden ja ennen kaikkea nostettavuuden turvaamiseksi. Muihin yrityksiin tutustuttiin mahdollisuuksien mukaan yritysvierailujen ja/tai verkkomateriaalin muodossa. Muiden yritysten käytännöistä pyrittiin tunnistamaan ja poimimaan Metsolle sopivat ratkaisumallit ja käytännöt.

Riskienarviointityökalujen tulisi olla mahdollisimman keveitä, jotta niiden läpikäyminen olisi helppoa ja vaivatonta. Työkalujen tulisi kuitenkin sisältää tärkeimmät huomiot nostojen riskien tunnistamiseksi ja pienentämiseksi.

3.3.2 Työkalujen luominen ja iterointi

Työkalujen luominen tarkoittaa nostettavuuden riskienarviointityökalujen luomista nostoturvallisuuden varmentamiseksi. Aluksi rajattiin ensimmäisessä vaiheessa tunnistetuista vaatimuksista ne tärkeimmät ja Metson käyttöön soveltuvat. Riskienarvioinnin dokumenttipohjat luotiin nostoturvallisuuden riskien arviointia ja nostettavuuden turvallisuustarkasteluja varten. Samalla päätettiin, mihin kohtaan nykyisiä uustuote- ja tuotemuutosprosesseja kyseiset turvallisuustarkastelut ja riskienarvioinnit voitaisiin sijoittaa ja määriteltiin vastuutahot kyseisten arviointien toteuttamiselle. Tuotemuutosprosessin osalta dokumenttipohjien luomisen yhteydessä määritettiin vastuutahot dokumenttien ajantasaisuuden tarkastamiselle ja tarpeen vaatiessa päivittämiselle.

Työn aikana luotuja nostoturvallisuuden arvioimisen ja varmentamisen työkaluja ovat riskienarviointityökalut suunnittelun sekä prototyypin valmistusvaiheen ja toistuvan tuotannon tarpeisiin. Lisäksi tehtiin nosto-ohjeiden laatimisohteet. Työkalut ja niiden kohdeorganisaatiot on listattu taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1. Nostettavuuden varmistamisen työkalut ja niiden vastuutahot.

Työkalu	Kenelle?
Elinkaaren aikaisen nostettavuuden riskienarviointityökalu	Tuotesuunnittelu
Kokoonpanon aikaisten nostojen turvallisuuden riskienarviointityökalu	Tuotanto-organisaatio: Tuotteistusosasto ja vakiotuotanto
Nosto-ohjeiden laatimisohteet	Tuotanto-organisaatio: Tuotteistusosasto

Tuotteen nostettavuuden ja nostoturvallisuuden varmistamiseen liittyviä huomiota ja lähtökohtia:

- Suunnittelija suunnittelee kappaleelle nostopisteet, ja merkitsee nostopisteet ja kappaleen painopisteen piirustuksiin. Mietti myös kokoonpantavuutta sekä muuta käsittelyä.
- Tuotannon toimenä on kappaleen kokoonpanon nostettavuuden riskienarviointi sekä prototyypivaiheessa (tuotteistus-/proto-osasto) että nollasarjan aikana (vakiotuotannon organisaatio), jolloin kappaleelle tehtävästä nostotyöstä tulisi mahdollisimman turvallista.
- Tuotteistus-/proto-osasto laatii nosto-ohjeet (ottaa kuvat, kirjaa tarpeelliset tiedot {paino, nimike, kuvaus, lyhennykset} yms) suunnittelun piirustuksien mukaisesti.

ti, jonka jälkeen kappaleesta vastaava suunnittelija hyväksyy tuotteistusosaston tekemät nosto-ohjeet.

- Nollasarjan aikana ohjeiden soveltuvuus linjalle testataan (hallikorkeuden vaikutus jne). Jos huomataan puutteita, niihin reagoidaan viipymättä.

Huoltotoiminnan aikainen toiminta rajattiin pois tämän diplomityön sisällöstä, sillä työssä haluttiin keskittyä tuotannon nosto-ongelmien ratkaisemiseen. Huollon aikaiset nostot on kuitenkin erittäin tärkeä osa-alue, sillä useimmiten kivenmurskaimen elinkaaren aikaisista tapaturmista vakavimmat liittyvät nimenomaan kivenmurskainten huolto-toimintaan. Tapaturman riskit ovat suuret, kun huolto tehdään kivenmurskaustyömaalla, jossa tarpeellista välineistöä ei ole aina saatavilla, jolloin työtapoja sovelletaan kulloinkin parhaaksi nähdyllä tavalla. (Peltonen 2014.)

Pilotointi kohdistui tuotemuutosprosesseihin, koska uustuoteprosessit ovat liian pitkiä tämän diplomityön aikatauluun nähden. Luodut nostoturvallisuusdokumenttipohjat ja työkalut annettiin suunnittelijoiden ja muiden asianomaisten testattavaksi ja kommentoitavaksi. Ensimmäiset palautteet työkaluista ja dokumenttipohjista haettiin yrityksen työsuojeluvaltuutetuilta. Heitä haastatteleamalla saatiin korjattua ensimmäiset virheet ja lisäykset ennen varsinaisen pilotoinnin ja testaamisen aloitusta. Pilottivaiheelle varattiin aikaa noin yksi kuukausi, jonka aikana työkaluja käytettiin mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman paljon.

Pilotointi alkoi aloituspalaverilla, jonka aikana asianomaisille selvennettiin nostoturvallisuusdokumenttien tarkoitus ja samalla kerrottiin tulevasta aikataulusta pilotoinnin, kokemusten keräämisen ja iterointiprosessin osalta. Suunnittelun riskienarviointityökalu annettiin tuotesuunnittelun testattavaksi, jossa he käyttivät sitä parhaaksi näkemällään tavalla suunnittelutehtävissään. Tällaisia suunnittelutehtäviä olivat todennäköisesti tuotemuutosprosessin aikaiset suunnittelumuutokset. Pääsuunnittelijoita ohjeistettiin keräämään palautetta koko pilotointijaksolta. Testijakson jälkeen keskitetty palaute otettiin pääsuunnittelijoilta. Pääsuunnittelijoiden kanssa keskusteltiin parhaasta vaiheesta riskienarviointityökalun käyttämiselle.

Tuotannon riskienarviointityökalua testattiin Lokotrack LT220D:n valmistuksen kehitysprojektissa, jonka aikana nostettavuuden riskienarviointia tehtiin Lokotrackin vaatimpiin kokoonpanon nostoihin. Palautetta kerättiin haastatteleamalla arvioinnin yhteydessä projektiin liittyviä asentajia sekä kehitysinsinöörejä ja työnjohtoa. Palautteen keräämisessä pyrittiin kiinnittämään huomiota erityisesti siihen, että riskienarviointityökalun avulla pystytään tunnistamaan suurimmat nostoon liittyvät riskit. Riskienarviointityökalun lomakkeen tulisi olla riittävän kevyt täyttää, jottei sen tekemisestä aiheudu liikaa vaivaa eikä se aiheuta negatiivista reaktiota noston suorittajissa.

Nosto-ohjeiden laatimisohteen pilotoinnin aikana palautetta kerättiin haastatteleamalla ohjeen tulevia käyttäjiä. Lisäksi yhdeksi testikäyttäjäksi valikoitui yrityksessä työhar-

joittelua suorittava toisen asteen turvallisuusalan opiskelija, jonka tehtävänä oli nostojen kuvaaminen ja siitä jatkotehtävänä nosto-ohjeiden tekeminen. Muita testikäyttäjiä olivat tuotannon tukitiimin kehitysinsinöörit, joiden tehtäväksi nosto-ohjeiden tekeminen todennäköisesti tulee.

Riskienarviointityökaluja ja nosto-ohjeiden laatimisohjetta korjattiin ja päivitettiin saadun palautteen mukaan koko iterointiprosessin ajan. Iteroinnin jälkeen työkalut tallennettiin yrityksen tietojärjestelmään ja verkkolevyille, josta ne ovat kaikkien niitä tarvitsevien saatavilla.

4. TULOKSET

Nostoturvallisuuden ja tuotteiden nostettavuuden varmistamisen työkaluja tuotekehitysprosessissa ovat suunnitteluvaiheen riskienarviointityökalu, prototyypin ja nollasarjan valmistuksen aikainen nostotyön riskienarviointityökalu sekä nosto-ohjeiden laatimisohje. Tässä luvussa esitellään kunkin työkalun luomis- ja kehitysprosessit sekä niiden aikaiset tulokset. Luomisprosessin osatehtäviä olivat vaatimusten määrittäminen, dokumenttien luominen ja iterointi sekä kokemusten kerääminen ja lopullinen käyttöönotto. Luvun loppuun esitellään vielä kootusti toimintamalli työkalujen suunnitelluista käyttöhetkistä uustuoteprosessissa sekä kunkin työvaiheen vastuutahot.

4.1 Vaatimukset

Riskienarvioinnin aikana tulisi tunnistaa tuotteeseen ja sen valmistukseen liittyvät vaaratekijät ja riskit. Tunnistetut riskit tulisi pyrkiä poistamaan ja pienentämään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Lainsäädännön ja standardien vaatimuksista mainittakoon suunnittelijan vastuu suunnittelemiensa tuotteiden turvallisuudesta. EU-säädösten koneeturvallisuusvaatimukset tulevat ajankohtaisiksi tuotteen markkinoille saattamisen yhteydessä. Työnantajan on varmistettava, ettei työntekijöiden terveys tai turvallisuus ole uhattuna työn aikana. Myös työlle on suoritettava riskienarviointi ja tunnistetut riskit on poistettava tai niitä on pienennettävä siedettävälle tasolle.

Yrityksen tuotannon tiloissa suoritettavia nostoja ja nostotyötä on havainnoitu ja kokemuksia kerätty yleisesti nostoihin liittyen. Nostojen havainnointi on painottunut toistuvassa tuotannossa olevien tuotteiden kokoonpanon havainnointiin. Taulukossa 4.1 on esitetty tuotannosta kerättyjä havaintoja nostojen ongelmakohtista.

Taulukko 4.1. Tuotannon kokoonpanosta kerättyjä havaintoja nostojen ongelmista.

Ongelman kuvaus	Tarkennus ongelmakohtasta
Kiinteä nostopiste väärässä paikassa	Nostopiste menee noston aikana muun kokoonpanon rakenteen alle piiloon tai sitä ei muuten voida käyttää
Kappale nousee vaarallisen vinossa ja/tai kokoonpanon kannalta väärässä kulmassa	Nostopisteiden ja painopisteen keskinäiset sijainnit
Ei valmista nostopistettä	Noston suunnittelu jää työntekijän osalle ja kiire ajaa hätiköityihin päätöksiin => vaara!
Kiinteää nostopistettä ei voida käyttää kappaleen varustelun jälkeen tai nostopisteen käyttö vähintäänkin vaikeutuu	Ennen varustelua nostot onnistuvat, mutta varustelun jälkeen nostopistettä ei voida enää käyttää syystä tai toisesta => uuden nostokohdan valinta kiinni työntekijän ammattitaidosta ja kokemuksesta
Epävarmuus kokoonpanonoston kulusta	Noston suorittaja(t) eivät aina ole sataprosenttisen varmoja kokoonpanon aikaisen noston suorittamisesta tai toimenpiteiden järjestyksestä
Vääränlaisen nostoapuvälineen tai nostomenetelmän käyttö	Kappaleelle soveltumattoman nostoapuvälineen tai nostomenetelmän käyttö
Ei selkeitä nostopisteitä	Vaarana on kappaleen nosto siihen soveltumattomalla tavalla tai nosto siihen soveltumattomista pisteistä.
Kappaleen painoa ei tiedetä varmasti	Kappaleen painoa ei aina tiedetä vaan se joudutaan arvioimaan tilanteen mukaan
Erikoisnostoapuvälineestä ei aina tiedetä, mihin nostoon se on tarkoitettu	Esim. samaa nostopalkkia käytetään usean eri moottorimoduulin nostoon, vaikka soveltuvuudesta ei ole varmaa tietoa

Nosto-ohjeiden avulla pystytään ratkaisemaan osa taulukon ongelmista. Nosto-ohjeiden laatimiseen on kuitenkin saatava ohjeet, jotta ohjeissa osataan kiinnittää huomiota tärkeisiin asioihin. Osa ongelmista on sellaisia, jotka voidaan poistaa vain tuotteen suunnittelun tai suunnittelumuutoksen avulla. Suunnitteluvaiheessa voidaan vielä vaikuttaa kappaleen kiinteiden nostopisteiden sijaintiin. Suunnitteluvaiheessa tulisi ottaa kantaa kappaleen kokoonpanon aikaisiin nostoihin ja käsiteltävyyteen. Jos ongelmat saadaan

ratkaistua jo uustuoteprojektin aikana CAD-suunnittelun yhteydessä, eivät ongelmat enää periydy proto- tai tuotteistusvaiheisiin.

CAD-suunnittelun tueksi olisi hyvä saada jonkinlainen nostettavuuden katselmointiin sopiva simulointiohjelmisto. 3D-katselmointiin voisi liittyä mallien tarkastelua 3D-lasien tai virtuaalitodellisuuslasien, kuten Oculus Rift:n, avustuksella. Tässä ongelmaksi voi muodostua fysiikkamallinnus, jolloin esimerkiksi painopisteitä ei saada määriteltyä. Kun 3D-mallit eivät vastaa reaali maailman vastineitaan, simuloinnista ei saada kaikkea tarvittavaa informaatiota irti. 3D-katselmointiin tulisi ottaa tuotesuunnittelijoiden lisäksi mukaan tuotannon edustajia, kuten asentajia, koska heiltä löytyy enemmän käytännön näkemystä muun muassa kokoonpantavuuteen ja huollettavuuteen. Mikäli virtuaalilasin tai simulointiohjelmiston käyttö eivät ole mahdollista tai kannattavaa, esimerkiksi 3D-mallit yleisimmistä nostosilmukoista ja nostokoukuista auttaisivat jo jonkin verran, jolloin suunnittelija voisi jo tietokoneen ruudulla tarkastella muun muassa nostoapuvälineiden tilantarvetta. 3D-tulostettavat pienoismallit ovat myös vaihtoehto, sillä pienoismallien avulla esimerkiksi kokoonpanon aikaisten nostojen toimivuutta voitaisiin testata. Pienoismalleja olisi suhteellisen helppo tehdä 3D-tulostimilla. Pienoismallien sopivin käyttöhetki olisi todennäköisesti juuri ennen varsinaisen prototyypin rakentamista. Pienoismallien käyttöä on testattu jossain vaiheessa, mutta ongelmaksi muodostuivat muun muassa ohuiden hydrauliletkujen taipumattomuus pienoismallissa vaikka ne todellisuudessa joustavat. 3D-katselmointiin soveltuvan simulointiohjelman tai muun vastaavan kehittäminen ei kuitenkaan ole tämän diplomityön aihepiirissä, mutta se on silti yksi keino, jonka hyödyntämismahdollisuuksia kannattaa testata.

Tämän työn aikana luotavia nostoturvallisuuden varmentamisen dokumentteja ovat riskienarviointityökalut suunnittelun sekä prototyypivaiheen ja toistuvan tuotannon tarpeisiin, ja lisäksi nosto-ohjeiden laatimisohteet. Tuotannon tarpeisiin soveltuvaa riskienarviointityökalua luotaessa pyritään huomioimaan työkalun soveltuvuus myös huoltotoimintaan. Suunnittelun tarpeisiin vastaava riskienarviointityökalu pyrkii huomioimaan tuotteen raskaiden kappaleiden nostot, jolloin räikeimmät nostoturvallisuusriskit pyritään tunnistamaan ja pienentämään jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Kappaleiden nostettavuuden riskienarvioinnit tehdään erikseen jokaista päämoduulia kohden, koska moduulien suunnittelussa huomioitavat nostoturvallisuusasiat ovat keskenään loppujen lopuksi niin erilaisia eikä koko tuotteen yksittäisellä riskienarvioinnilla saavuteta riittävä tarkkuutta.

Toki kaikkia kokoonpanon aikaisia nostojen ongelmakohtia ei vain pystytä tunnistamaan CAD-suunnittelun tai 3D-katselmoinnin aikana, jolloin osa nostojen ongelmista ilmenee ensimmäisen kerran protovaiheessa. Normaalin tuotemuutosprosessin ja ECR-käytännön avulla saadaan korjattua havaitut ongelmat ennen nollasarjan ja sarjatuotannon aloitusta. Turvallisuuteen liittyvät tuotemuutokset tulisi toteuttaa välittömästi. Protovaiheeseen luodaan oma kokoonpanon nostojen turvallisuuden arviointityökalu, jonka avulla yleisimmät virheet saadaan tunnistettua. Protovaiheessa kappaleille luodaan nos-

to-ohjeet, jotta niiden nostot olisivat turvalliset sarjatuotannon aikana. Nosto-ohjeiden pääpaino on kokoonpanon aikaisissa nostoissa. Nosto-ohjeiden tekoa varten on luotava ohjeistus, jossa kerrotaan nosto-ohjeiden sisältövaatimukset ja opastetaan ohjeiden luomiseen liittyvissä seikoissa. Valmiit nosto-ohjeet tullaan hyväksyttämään tuotteesta vastaavalla suunnittelijalla, joka varmistaa muun muassa, että kappaletta nostetaan nostoon soveltuvista pisteistä.

Nollasarjan aikana tarkastetaan, onko protovaiheessa havaitut nostettavuuden riskitekijät korjattu ja havainnoidaan mahdollisia jäännösriskejä. Lisäksi varmistetaan nosto-ohjeiden paikkansapitävyys ja soveltuvuus. Nostojen turvallisuuden arviointi ei pääty oikeastaan missään vaiheessa tuotteen valmistusta. Nosto-ohjeet ovat työturvallisuuden kannalta tärkeitä dokumentteja, joten niissä havaitut puutteet tulisi korjata välittömästi.

4.2 Kehitetyt työkalut ja toimintamalli

Kehitetyt työkalut olivat suunnitteluvaiheen riskienarviointityökalu, prototyypin ja nollasarjan valmistusvaiheisiin tarkoitettu tuotannon riskienarviointityökalu sekä nosto-ohjeiden laatimisohje. Toimintamallissa on kuvattu, mihin uustuoteprosessin vaiheeseen kyseiset työkalut ja niiden käyttö on sijoitettu. Toimintamallista selviävät myös työkalujen vastuutahot.

4.2.1 Suunnitteluvaiheen riskienarviointityökalu

Suunnitteluvaiheeseen tarkoitettu kappaleen nostettavuuden riskienarviointityökalu keskittyy keinoihin, joilla suunnittelija voi tehdä suunnittelemaansa kappaleesta helposti nostettavan ja käsiteltävän. Riskienarviointityökalusta tehtiin aluksi suunnittelijoille enemmänkin ohjeistus, joka toimisi myös nostotietoisuuden herättelykeinona. Riskienarviointityökalun aluksi kerrottiin ohjeistuksen tarkoitus ja käyttökohde. Ohjeistuksen tarkoituksena on kiinnittää huomiota suunniteltavien kappaleiden nostettavuuteen tuotekehityksessä ja ohjeistus on tarkoitettu tuotesuunnittelun tarpeisiin. Suunnittelun aikana tulisi huomioida kappaleen nostettavuus sen koko elinkaaren aikana valmistuksesta ja kokoonpanosta huolto- ja hävitystoimintaan asti.

Varsinaisen ohjeistuksen aikana esitetään yleisimpiä ongelmakohtia, joita voi ilmetä kappaleiden nostoissa. Ohjeistuksesta löytyvät huomiot ovat muun muassa kappaleen massan ja painopisteen määrittäminen sekä näiden tietojen merkitseminen tuotedokumentteihin. Lisäksi korostetaan nostotarpeiden huomioimista selkeillä, toimivilla ja oikein sijoitetuilla nostopisteillä ja mainitaan eri elinkaaren vaiheiden kannalta huomioitavia seikkoja, esimerkiksi huoltotoiminnan osalta tulisi huomioida osien ja nostopisteiden käytön aikaisen kulumisen vaikutus rakenteen kestoan ja sitä kautta nostettavuuteen.

Ohjeistuksessa on myös muutamia moduulikohtaisia huomioita. Tässä mainitaan niistä muutamia esimerkkejä:

- Runkorakenteen osalta tulisi huomioida se, että voivatko nostopisteet ja kuormansidontapisteet sekoittua keskenään.
- Kuljettimista mainitaan, kestääkö kuljettimen rakenne tai kuljettimen taiton saranapiste noston aikaisen rasituksen. Kuljettimien kohdalla tulisi välttää kokoonpanon noston aikaista kuljettimen pujottamista runkorakenteen läpi ja välilaskujen määrä tulisi minimoida.
- Koska murskain on yleensä Lokotrackien painavin osa, tulisi niiden nostopisteiden kestoon kiinnittää erityistä huomiota. Myös murskaimen osakokoonpanot tulisi huomioida.
- Moottorimoduulissa tulisi kiinnittää huomiota sekä osakokoonpanojen että kokonaisen moduulin nostopisteisiin.

Aiemmin tuotesuunnittelijat eivät tiedäneet, millaisia nostoapuvälineitä tuotannossa käytetään, mutta nyt työkalusta löytyy kuvia yleisimmistä nostoapuvälineistä. Ohjeistuksessa on muutamia linkkejä valmistajien sivuille, josta on saatavilla nostoapuvälineiden 3D-malleja. 3D-mallien ansiosta suunnittelija voi jo CAD-suunnittelun aikana testata nostopisteiden toimivuutta ja mahdollisesti antaa suosituksia kussakin pisteessä käytettävästä irtaimesta nostoapuvälineestä. Näiden lisäksi työkalu sisältää taulukon nostorakien haarakertoimista.

Suunnitteluvaiheen työkalu/ohjeistus annettiin Lokotrackien suunnitteluorganisaatiolle kommentoitavaksi ja se otettiin suurten Lokotrackien suunnittelussa heti testikäyttöön. Muutamia parannusehdotuksia tuli heti, sillä työkaluun toivottiin mainintaa nykyisistä, jo olemassa olevista nosto-ohjeista sekä ohjeet siitä, mistä nämä kyseiset nosto-ohjeet löytyvät. Näin suunnittelijat voivat saada lisätietoa tuotannon nykyisistä nostokäytännöistä. Yhtenä lisäyksenä haluttiin kuvaus siitä, mitä ja mihin työkuviin pitää merkitä.

Metson työsuojeluvaltuutetun toivomuksesta työkaluun lisätään moniraksien haarakerointaulukon lisäksi kuormitustaulukko, josta selviää helpommin suurimpien sallittujen kuormitusten erot eri haarakertoimilla.

Tuoteturvallisuusasiantuntija oli sitä mieltä, että riskienarviointityökalun voisi ottaa mukaan tuotteille tehtävään lakisääteiseen riskienarviointiin. Riskienarviointityökalusta voisi näin ollen tehdä hieman raskaamman, jolloin se olisi myös kattavampi. Työkalusta voisi tehdä täytettävän lomakkeen nykyisen ohjeistusmuodon sijaan. Lomakkeen täyttäminen tulisi saada pakolliseksi osaksi uuden tuotteen suunnitteluprosessia. Moduulikohtaiseen riskienarviointiin sisällytettynä riskienarviointityökalu olisi pakko käydä läpi ja jokainen kohta tulisi kuitata huomioiduksi. Ohjeistusmuodossa ollessaan joitain kohtia voisi helposti jäädä vähemmälle huomiolle.

Työkalu muokattiin riskienarviointiin soveltuvaksi. Perinteistä listausta muutettiin taulukkomaiseen lähestymistapaan, jolloin ensimmäiseen sarakkeeseen tuli huomioitava kohta ja oikeaan sarakkeeseen arvioinnin tekijän kuittaus ja/tai kommentit. Näin ollen jokaista ohjeistuksen kohtaa joudutaan joko kommentoimaan tai kuittaamaan kyseinen kohta huomioiduksi.

Koska nostettavuuden arviointityökalua muokattiin riskienarviointia silmällä pitäen, tuli siihen tehdä myös kenttä, johon tulee arvioinnin kohteen, tekijän ja hyväksyjän tiedot sekä arvioinnin päivämäärä. Kenttään tulee myös täytetyn arviointityökalun tuleva tunnistekoodi, jonka ansiosta täytettyyn dokumenttiin voidaan viitata moduulikohtaisessa riskienarviointilomakkeessa.

Suunnittelijoita konsultoidessa nostettavuuden arviointilomake sai kannatusta. Arviointityökalu soveltuu riskienarvioinnin lisäksi myös ohjeeksi tai muistilistaksi tuotteiden suunnittelijoille. Suunnittelija voi käydä itse alustavasti arviointilomakkeen läpi, jolloin varsinainen riskienarviointivaihe nopeutuu, kun joitain seikkoja on jo huomioitu etukäteen. Suunnittelijat käyttävät nykyäänkin vanhoja samankaltaisista tuotteista tehtyjä riskienarviointeja hyödyksi uutta tuotetta suunnitellessaan. Työkalua pidettiin hyvänä ja sitä ehdotettiin lisättäväksi osaksi normaalia suunnitteluprosessia.

Tuotesuunnittelun riskienarviointityökalu otettiin tuoteturvallisuusasiantuntijan toiveiden mukaisesti osaksi tuotteiden moduulikohtaista riskienarviointia. Moduulikohtaiseen riskienarviointiin lisättiin kohta nostettavuuden riskienarviointityökalun täyttämistä.

4.2.2 Tuotannon nostojen riskienarviointityökalu

Tuotannon kokoonpanotyön avuksi tehty riskienarviointilomake auttaa noston suorittajia eli asentajia arvioimaan kappaleen nostettavuutta. Lomaketta voidaan käyttää sekä uuden että vanhan kappaleen nostettavuuden arviointiin. Lomake koostuu riskien tunnistuksesta ja riskien arvioinnista. Lomakkeen rakenteeseen otettiin mallia Työturvallisuuskeskus TTK:n tekemistä vaarojen tunnistamisen tarkistuslistoista (Työturvallisuuskeskus 2014). Riskienarviointi noudattelee standardin SFS-EN 31010 mukaista riskienarviointiprosessia. Työkalun riskien tunnistukseen on listattu nostotyössä huomioitavia seikkoja, jotta nostossa ilmeneviä ongelmia saataisiin eliminoidua jo ennen noston aloitusta. Tunnistusosiossa huomioitavat riskit on jaettu nostotyön edellytyksiin, nostoapuvälineisiin, nostopisteisiin, nostettavuuteen ja kokoonpantavuuteen sekä nosto-ohjeisiin liittyviin riskeihin. Lisäksi tunnustusosion lopussa on kohta muille riskeille, jos sellaisia havaitaan. Jokainen lomakkeen riski käydään läpi ja valitaan onko havaittavissa ”vaara tai puute”, ”ei vaaraa tai ei puutteita” vai ”ei tietoa”. Tunnistettavat riskit on esitetty taulukossa 4.2.

Taulukko 4.2. Kokoonpanon riskienarviointityökalussa tunnistettavat riskit.

Nostotyön edellytykset N 1. Taakan painomerkintä N 2. Taakan painopistemerkintä N 3. Nosturin nostokapasiteetti N 4. Hallin korkeus N 5. Nostoalue varmistettu	Nostoapuvälineet N 6. Ketjujen kaltevuuskulmat (alle 60°) N 7. Kuntotarkastus N 8. Kestävyydet/nostokyvyt N 9. Kulmasuojien tarve N 10. Erikoisapuvälineiden tarve
Nostopisteet N 11. Havaittavuus/selkeys N 12. Sijainnit N 13. Nostokorvan reiän koko N 14. Soveltuvuus: tila ympärillä	Nostettavuus/kokoonpano N 15. Nouseeko sopivassa asennossa? N 16. Ovatko nostopisteet toimivia? N 17. Vaatiiko välilaskuja? N 18. Kappaleen käännöt? N 19. Tarvitseeko taakan alle mennä?
Nosto-ohjeet N 20. Nosto-ohjeet tehty N 21. Nosto-ohjeissa riittävät tiedot	Muita riskejä?

Mikäli jonkin riskin kohdalla valittiin ”vaara tai puute”, jatketaan sen arviointia seuraavalla sivulla ”Riskien arviointi ja jatkotoimet”. Tällä sivulla kuvataan havaittu riski tai ongelma tarkemmin, määritetään riskiluku 1...5 sekä päätetään jatkotoimista, vastuusta ja aikataulusta. Kun jatkotoimet on suoritettu, kuitataan riski tai ongelma ratkaisuksi. Mikäli Riskien tunnistus -vaiheessa havaitaan, ettei vaaroja tai puutteita ole, jatkotoimet-osioon ei tarvitse mennä.

Tuotannon tarpeisiin tehtyä lomaketta tullaan käyttämään erityisesti prototyypin ja nollasarjan valmistuksen aikana. Prototyypin valmistuksen aikana tunnistetaan todennäköisesti enemmän itse kappaleen nostettavuuteen ja nostopisteisiin liittyvät riskit, kun taas nollasarjan valmistuksen aikana tehtävän arvioinnin yhteydessä todennetaan nostotyön edellytykset ja nostoapuvälineiden soveltuvuus. Nollasarja valmistetaan sarjatuotantolinjalla tai -paikalla, joten esimerkiksi hallin korkeus ja muut edellytyksen saadaan todennettua parhaiten tässä vaiheessa, kun taas prototyyppi rakennetaan yleensä erillisellä protopajalla tai tuotteistusosastolla.

Tuotannon nostojen arviointilomake haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena sekä helpon ja nopean näköisenä, jotta arvioinnin tekeminen tuntuisi helpolta ja vaivatonta. Tavoitteen mukainen yhden A4-sivun kokoinen arviointilomake ei aivan toteutunut, mutta riskien tunnistus on yhden A4-paperin mittainen ja jatkotoimet-osio on taas yhden A4-paperin kokoinen. Kokonaisuudessaan kaksi sivua riskienarviointia on kuitenkin riittävän lyhyt, sillä lomake on jakautunut selkeästi kahteen osioon.

Tuotannon kokoonpanon nostojen riskienarviointityökalusta kerättiin ensimmäiset kommentit tuotannon tukitiimiltä sekä Metson työsuojeluvaltuutetulta. Monet pitivät työkalua hyvänä ja sopivan kevyenä. Työsuojeluvaltuutetun toivomuksesta työkalun riskien tunnistusvaiheeseen lisättiin kohta kappaleen kääntämistarpeesta ja sen huomiomisesta.

Riskienarviointityökalun testaamisen yhdeksi kohteeksi valikoitui Metson uusiin tuotteisiin tela-alustainen Lokotrack LT220D kivenmurskaus- ja seulontayksikkö. Tuotannon riskienarviointityökalun avulla arvioitiin LT220D:n päämoduulien nostettavuutta. Yksikön valmistuksen kehitysprojektin myötä LT220D soveltui riskienarviointityökalun testaamiseen erinomaisesti.

Asentajilta saadun palautteen perusteella riskienarviointityökalu oli sopivan lyhyt, mutta työkalussa oli muutamia kohtia, jotka olivat heidän mukaansa turhia. Näistä esimerkiksi kohta N5, joka oli alun perin muodossa ”Nostoalue rajattu”. Asentajat pitivät nostoalueen rajausta turhana toimenpiteenä, koska se lisää turhaa työtä. Kohta N5 muutettiin uusiksi muotoon ”Nostoalue varmistettu”, jolloin se ei edellytä nostoalueen varsinaista rajausta lippusiimalla tai muutoin vaan varmistaa sen, ettei sivullisia ole nostoalueella eikä nostoalueella ole muutenkaan sinne kuulumatonta. Näin tehtäessä kappaleen nosto esimerkiksi kuljetuspukilta varsinaisen tuotteen päälle on suunniteltu etukäteen ja varmistetaan, että kappaleen nostot tapahtuvat siihen tarkoitetulla työskentelyalueella. Muilta osin arviointityökalu sai positiivista palautetta eikä työkalu kokenut isoja muutoksia iterointinsa aikana.

Työkalua tullaan käyttämään tuotannon riskienarvioinnissa apuvälineenä sekä prototyypin ja nollasarjan valmistuksessa että tuotannossa jo olevien tuotteiden nostettavuuden arvioinnissa. Tunnistusosion täyttäminen tehdään yhteistyössä noston suorittajan eli asentajan ja kehitysinsinöörin toimesta. Arviointi ja jatkotoimet -osion täyttämisessä mukaan tulee työnjohdon edustaja. Jatkotoimista sopiminen hoidetaan yhteistyössä työnjohdon kanssa.

4.2.3 Nosto-ohjeiden laatimisohje

Jotta nosto-ohjeista tulee tarkoitusta palvelevia, on ne tehtävä oikein. Nosto-ohjeista tulee löytyä tietyt tiedot ja sopivat kuvat. Tätä varten nosto-ohjeiden laatimiseen tehtiin oma ohjeistus. Ohjeistukseen on liitetty standardi nosto-ohjepohja, johon itse ohjeet luodaan. Ohjeistus on varsin pikainen ja kevyt eikä siitä ole tarkoituskaan tehdä raskasta. Ohjeistuksen tarkoituksena on varmistaa, että tuleva nosto-ohje soveltuu kokoonpanon nostoihin ja että ohjeesta löytyvät kappaleen nimikekoodi, kuvaus, paino ja nostopisteiden lukumäärä sekä mahdollisen erityisnostoapuvälineen tunnistetiedot. Kuten laatimisohjeessa mainitaan, nosto-ohjetta ei saa luovuttaa toistuvan tuotannon käyttöön ennen kuin kappaleesta vastaava suunnittelija on hyväksynyt nosto-ohjeen ja näin var-

mistanut sen, että kappaletta nostetaan suunnitellulla tavalla oikein ja nostoon tarkoitettuista nostopisteistä.

Nosto-ohjeiden laatimisohjeen ja valmiin pohjan ansiosta nosto-ohjeista tulee keskenään samanlaisia. Näin samat tiedot löytyvät aina samoista paikoista, jolloin niitä ei tarvitse erikseen etsiä. Ohjeiden avulla nostotyötä saadaan standardoitua. Toimintaa standardoimalla sen mittaaminen ja seuranta helpottuvat. Myös turvallisuuden voidaan nähdä parantuvan, sillä kun työtä tehdään samalla tavalla, voi kuka tahansa ohikulkija huomata työssä tai toiminnassa vaarantavan tilanteen ja näin ilmoittaa vaarasta työn varsinaiselle tekijälle.

Nosto-ohjeiden laatimisohjetta testattiin tuotannon tukitiimin kehitysinsinööreillä, joiden tehtäväksi nosto-ohjeiden laatiminen pääasiassa tulee. Haastattelujen ja kehitysehdotusten keräilyn jälkeen yleisenä mielipiteenä oli, että nosto-ohjeiden laatiminen onnistuisi ohjeen avulla. Ohjeesta löytyi heidän mielestään kaikki tarpeelliset vaiheet nosto-ohjeen luomiseen sekä nosto-ohjeiden tallentamiseen Metson tuotetiedonhallintajärjestelmään. Parannusehdotuksena oli, että laatimisohjeeseen tulisi kohta, jossa työnjohdtoa tulisi informoida nosto-ohjeen olemassaolosta, jotta he osaisivat ohjeistaa alaisiaan.

Nosto-ohjeiden laatiminen osoittautui yrityksen työharjoittelijalle haastavaksi tehtäväksi. Harjoittelija koki hankalaksi yleisesti ohjeen laatimisen ja siinä annettavan ohjeistuksen muotoilun. Myös nosto-ohjepohjan käyttö aiheutti ongelmia, sillä MS Office PowerPoint-ohjelmiston osaaminen oli heikolla tasolla. Nosto-ohjepohja on PowerPointillä tehty pohja, johon ohje luodaan. Harjoittelijan kokemuksista voidaan päätellä, että nosto-ohjeiden laatijan tulisi osata käyttää vähintään yksinkertaisimpia toimisto-ohjelmistoja. Nosto-ohjeita tekevän tulisi olla nostoihin perehdytetty henkilö. Nostoihin perehtyneeksi henkilöksi lasketaan yrityksen nostoapuvälinekoulutuksen, tai muun vastaavan, läpi käynyt henkilö. Laatimisohjeessa vaaditaan ohjeen tekijältä riittävää koulutusta ja pätevyyttä nostoihin ja nostoapuvälineisiin.

Aiemmin laatimisohjeeseen liitettynä ollut nosto-ohjepohja lisättiin Metson tuotetiedonhallintajärjestelmään, jolloin pohja on kaikkien sitä tarvitsevien saatavilla ja näin sen mahdollinen päivitys on helppoa. Laatimisohjeeseen kirjattiin nosto-ohjepohjan tunnistekoodi, jolla pohja löytyy järjestelmästä.

4.2.4 Toimintamalli

Työkalut tulisi sijoittaa uustuoteprosessiin siten, että niissä tunnistetut riskit pystytään korjaamaan mahdollisimman helposti. Tästä syystä erityisesti suunnitteluvaiheessa tulisi poistaa suurimmat riskit. Koska kaikkia riskejä ei välttämättä huomata suunnitteluvaiheessa tai katselmoinneissa, on tuotteiden nostettavuutta arvioitava vielä varsinaisen kokoonpanotyönkin aikana. Ohjeilla voidaan pienentää sarjatuotannon aikaista epätietoutta ja ohjeilla on helppo perehdyttää uusia työntekijöitä nostotyöhön. Jotta nämä kaikki

tehtävät saataisiin tehtyä, on niille määritelty tekohetket ja vastuutahot. Kaikki tehdyt nostettavuuden riskienarviointit ja tulevat nosto-ohjeet lisätään yrityksen tuotetiedonhallintajärjestelmään. Nostettavuuden varmistamisen tehtävien sijoittuminen uustuote-prosessiin on esitetty taulukossa 4.3. Taulukosta nähdään myös vastuutahot näille tehtäville.

Taulukko 4.3. Nostoturvallisuuden varmistamisen toimet uustuote-prosessissa sekä kunkin toiminnon vastuutahot.

VAIHE	Alivaihe	Nostotoiminto	Vastuutaho
Ideointi			
Esiselvitys			
Konsepti	Tuotteen mallintaminen - 3D-katselmointi	Nostoturvallisuuden riskienarviointi I	Suunnittelu: Riskienarviointiryhmä
	Prototyypin valmistus	Nostoturvallisuuden riskienarviointi II	Tuotteistus: TK-insinööri+asentaja
		Nosto-ohjeiden laatiminen	Tuotteistus: TK-insinööri
Tuotteistus	Nollasarjan dokumentit - Tuotedokumenttien viimeistely	Nosto-ohjeiden hyväksyntä	Tuotteistus toimittaa suunnittelulle
	Nollasarjan valmistus - Työmenetelmien viimeistely	Nostoturvallisuuden riskienarviointi II	Tuotteistus: TK-insinööri+asentaja
		Nosto-ohjeiden päivitys (jos tarve)	Tuotteistus: TK-insinööri
		-> Nosto-ohjeiden hyväksyntä	Tuotteistus toimittaa suunnittelulle
Lanseeraus	Tuotteen toistuvan tuotannon käynnistäminen	Nosto-ohjekansiot kokoonpanopaikalle	Tuotannon tukitiimi

Konseptisuunnitteluvaiheessa tuotteille tehdään 3D-katselmointi, jonka aikana tehtävä moduulikohtainen riskienarviointi on omiaan nostettavuuden riskienarvioinnille. Riskienarviointia toteuttavat useimmiten tuoteturvallisuusasiantuntija, tuotteen suunnittelija, pääsuunnittelija, tuotannon edustaja sekä tuotannon tukitiimin edustaja. Riskienarvioinnissa on näin ollen laaja-alaista osaamista ja näkökulmia monesta sidosryhmästä.

Varsinaiseen riskienarviointiin lisättiin kohta ”Nostettavuuden riskienarviointi”, joka tarkoittaa tämän aikana luotua suunnittelun tarpeisiin luotua nostettavuuden riskienarvi-

ointityökalua eli Nostoturvallisuuden riskienarviointi I. Nostettavuuden riskienarviointityökalusta tehtiin täytettävä Word-dokumentti, jonka kysymyksiin ja kohtiin vastataan. Jotkin kohdat voidaan moduulista riippuen kuitata esimerkiksi ”ei tarvitse huomioida” -tekstillä, mutta jää riskienarvioinnin tekijän harkintaan, milloin jonkin kohdan voi jättää huomiotta. Nostettavuuden riskienarvioinnin aikana tunnistetut riskit ja ongelmat käsitellään normaalin riskienarviointiprosessin mukaisesti ja niille määritetään jatkotoimet riskien poistamiseksi tai pienentämiseksi siedettävälle tasolle.

3D-katselmoinnin jälkeen aloitetaan prototyypin valmistus. Prototyypin valmistuksen yhteydessä suoritetaan tuotannon toimien nostoturvallisuuden riskienarviointi eli Nostoturvallisuuden riskienarviointi II. Tässä kohtaa pyritään tunnistamaan ja poistamaan aiemmasta riskienarvioinnista poisjääneitä riskejä ja ongelmia. Tuotannon tekemässä nostettavuuden riskienarvioinnissa painopiste on tuotteen tai sen osan nostojen ja nostotyön turvallisessa toteuttamisessa. Kokoonpanotyössä voi helposti tulla vastaan tilanteita ja rajoitteita, joita suunnittelussa tai 3D-katselmoinnissa ei ole osattu huomioida. Tuotannon nostoturvallisuuden riskienarviointityökalu pyrkii tunnistamaan nämä jäljellä olevat riskit. Nostoturvallisuuden riskienarvioinnin tekee prototyypistä vastaavan osaston tuotekehitysinsinööri tai työnjohtaja yhteistyössä nostotyötä tekevien asentajien kanssa. Havaittuihin ongelmiin reagoidaan tilanteen mukaan esimerkiksi tilaamalla uusia nostoapuvälineitä tai tekemällä tuotteesta muutospyyntöjä eli ECR:iä, jolloin edetään normaalin tuotemuutosprosessin mukaisesti. Tuotemuutosprosessissa moduulikohtaisten riskienarviointien riskianalyyysipöytäkirjat päivitetään, jolloin myös suunnittelun tekemät nostettavuuden riskienarvioinnit tulee päivittää.

Prototyypin valmistuksen yhteydessä tuotteelle ja sen osille luodaan kuvalliset nosto-ohjeet. Jotta nosto-ohjeet palvelevat tarkoitustaan, on niiden tekemistä helpottamaan tehty nosto-ohjeiden laatimisoheje. Laatimisohejessa pyritään kiinnittämään huomiota ohjeiden oikeellisuuteen ja käytettävyyteen. Laatimisohejella pyritään myös takaamaan nosto-ohjeiden tasalaatuisuus. Nosto-ohjeet laatii pääsääntöisesti tuotannon tukitiimin tuotekehitysinsinööri. Nosto-ohjeet tulisi hyväksyttää tuotteesta vastaavalla suunnittelijalla, jotta varmistutaan siitä, että tuotetta tai sen osaa on nostettu siihen tarkoitettuista pisteistä.

Tuotteen tuotteistuksessa, nollasarjan valmistamisen aikana, nosto-ohjeiden toimivuus testataan ja tuotannon toimien nostoturvallisuuden riskienarviointi tehdään uudestaan. Uudestaan tehtävällä riskienarvioinnilla pyritään tarkastamaan, onko aiemmin löydetty riskit ja ongelmat korjattu. Koska nollasarja valmistetaan tuotteen tulevalle sarjatuotantopaikalla tai -linjalla, erityisesti nostotyön edellytykset, kuten hallin korkeus ja noston tilantarve, tulee todennettua. Mikäli vanhoja tai uusia ongelmia havaitaan, tulisi niihin reagoida viipymättä. Kaikki ongelmat tulisi saada korjattua ennen sarjatuotannon aloitusta. Tuotekehitysinsinööri tai työnjohtaja tekee riskienarvioinnin jälleen yhteistyössä asentajien kanssa. Jos nosto-ohjeissa huomataan korjattavaa, tulisi ne korjata ennen sarjatuotannon aloitusta. Nosto-ohjeet päivittää tuotekehitysinsinööri. Päivityksen jälkeen nosto-ohjeet tulisi taas hyväksyttää tuotteesta vastaavalla suunnittelijalla. Valmiista ja

hyväksytyistä nosto-ohjeista kootaan nosto-ohjekansio tuotteen kokoonpanopaikan tai -linjan yhteyteen. Nosto-ohjekansion kokoa tuotannon tukitiimin tuotekehitysinsinööri.

Vakiotuotannon alettua tuotteita koskevat muutokset toteutetaan tuotemuutosprosessin avulla. Tuotemuutosprosessissa turvallisuuteen liittyvät muutospyynnöt (ECR) ovat aina automaattisesti kriittisiä. Tuotteen rakenteen muutosta koskevat muutospyynnöt menevät tuotesuunnitteluun normaalin ECR-käytännön mukaisesti, jossa suunnittelija tekee tarvittavan muutoksen ja tarkastaa päivitystä tarvitsevat dokumentit. Nosto-ohjeiden päivittämiseen liittyvissä tapauksissa tukipyynnö tulisi esittää tuotannon tukitiimille, joka päivittää olemassa olevat nosto-ohjeet ja toimittaa paperiset versiot kokoonpanolinjalle tai -paikalle. Mikäli nostoturvallisuuden muutos voidaan toteuttaa uuden nostoapuvälineen hankinnalla, tulisi työntekijän ilmoittaa tarpeesta työnjohdolle, joka tekee ilmoituksen tehtaan nostoapuvälinetarkastajalle. Hankinta tapahtuu nostoapuvälinetarkastajan kautta, jotta tehtaan nostoapuvälinerekisteri saadaan pysymään ajan tasalla. Nostoapuvälinetarkastaja voi myös omaa kokemustaan hyväksi käyttäen todeta uuden nostoapuvälineen tarpeen olevan todellinen. Mikäli havaittu ongelma on poistettavissa työn uudelleenjärjestämällä, tulisi työntekijöiden ilmoittaa asiasta työnjohdolle, jonka on ryhdyttävä asianmukaisiin toimenpiteisiin työn uudelleenjärjestelmiseksi.

5. POHDINTA

Työturvallisuuslaki (738/2002) omalta osaltaan velvoittaa työnantajaa huolehtimaan työn turvallisuudesta, kun koneasetus (VNa 400/2008) taas ottaa enemmän kantaa koneen käytön aikaiseen toimintaan. Koneasetuksen mukaan koneeseen ja sen jokaiseen osaan on suunniteltava asianmukaiset kiinnityskorvakkeet nostolaitteella nostamista varten tai kiinnityspaikat kyseisiä korvakkeita varten. Suunnittelija toki vastaa suunnitelmastaan kappaleesta, mutta työnjohdon tulisi valvoa nostotyön turvallista suorittamista ja antaa tähän mahdollisuudet tarjoamalla työn avuksi riittävä määrä erilaisia nostoapuvälineitä. Lainsäädännön veloitteiden lisäksi tuotannon tuottavuuden ja kannattavuuden kannalta nostopisteillä ja niiden hyvällä suunnittelulla voi olla suurikin merkitys.

Tilanteessa, jossa kappaleen nostettavuutta ei ole suunniteltu tuotekehityksen aikana, esimerkiksi kiinteitä nostokorvakkeita ei ole, kappaleen nostosta tulisi tehdä nostosuunnitelma. Nostosuunnitelma tehdään tuotannon tiloissa, siellä missä itse nosto tapahtuu. Nostosuunnitelman laatiminen on aikaa vievä prosessi ja se tulisi tehdä joka nostolle uudestaan. Käyttöasetus (VNa 403/2008) antaa helpotusta tilanteeseen, sillä vakionostoon voidaan luoda pysyväisohjeistus. Kuitenkin erikoisnostoille tulisi laatia aina erikseen nostosuunnitelma ja erikoisnostoiksi luokitellaan esimerkiksi raskaat tai kahdella nosturilla tehtävät nostot. Tätä kuvausta vastaa suurin osa tehtävistä kokoonpanon nostoista. Tässä kohtaa on ristiriita, jolloin asetuksen mukainen erikoisnosto on samalla myös vakionosto, koska ne kuuluvat jokapäiväiseen toimintaan.

Tuotannon toimintaa havainnoimalla saatiin tietoa kokoonpanon keskiraskaiden ja raskaiden nostojen sujuvuudesta ja turvallisuudesta. Havaittiin, että monet ongelmat liittyivät tuotteiden nostopisteiden huonoon suunnitteluun. Lisäksi useista kappaleista on puuttunut nostopisteet täysin, ja tarve nostopisteille on huomattu vasta prototyypin tai nollasarjan valmistuksen aikana. Joissain tapauksissa muutokset eivät ole ehtineet tuotteisiin ennen toistuvan tuotannon aloittamista. Nostopisteiden huono suunnittelu lisättyinä ohjeistuksen puutteeseen on kulminoitunut moneen kyseenalaiseen ja vaaralliseen kokoonpanon nostoon. Näistä on kirjattu monia läheltä-piti- ja vaaratilanneraportteja.

Työn aikana luotiin nostettavuuden riskienarviointityökalut sekä suunnittelulle että tuotannolle. Suunnittelun arviointityökalu integroitui tuotteille tehtävään moduulikohtaiseen riskienarviointiin, jolloin nostettavuuden arviointiin tulee riittävästi panostusta ja tieto-taitoa. Riskienarviointia tekee riskeihin valveutunut ryhmä, joten nostettavuuden ja nostoturvallisuuden arviointia suorittavat turvallisuusorientoituneet tuotteiden asiantuntijat. Suunnittelun työkalussa on huomioita, joiden avulla pystytään ratkaisemaan suu-

rimmat nostettavuuden ja käsiteltävyyden ongelmat. Työkalu on selkeästi jaoteltu yleiseen arviointiin ja moduulikohtaisiin huomioihin. Lisäksi työkalusta löytyvät nykyisten tuotannon nosto-ohjeiden sijaintitiedot, joten suunnittelija voi käydä katsomassa, miten tuotannossa olevien tuotteiden kappaleiden nostot on ohjeistettu. Työkalun viimeisillä sivuilla ovat nostoketjuraksin kuormitustaulukko sekä kuvia yleisimmistä nostoapuvälineistä. Muutamat valmistajat ovat antaneet nostoapuvälineiden 3D-malleja yleiseen jakoon Internet-sivuillaan ja näille sivuille on tarjottu linkit työkalun viimeisellä sivulla. Tämän tietopaketin tulisi johdattaa tuotesuunnittelijat oikeille poluille tuotteiden ja niiden osien nostettavuuden ja käsiteltävyyden huomioimisessa suunnittelun aikana. Työkalun integroituminen varsinaiseen moduulikohtaiseen riskienarviointiin takaa sen, että työkalua myös käytetään tulevissa uusien tuotteiden kehittämisprosesseissa.

On valitettava tosi asia, ettei tuotesuunnittelun aikana saada suunniteltua täysin ideaalia tuotetta tai sen osaa eikä kaikkia nostoon liittyviä ongelmia saada ratkaistua. Jotta nostettavuuden ja nostoturvallisuuden riskejä tai ongelmia ei esiintyisi enää toistuvan tuotannon aikana, kehitettiin myös tuotannolle oma nostoturvallisuuden riskienarviointityökalu. Arviointityökalun ensisijainen käyttöhetki uuden tuotteen kehittämisprosessissa on prototyypin ja nollasarjan valmistuksen aikana. Tuotannon nostoturvallisuuden arviointityökalua voidaan käyttää myös arvioitaessa nykyisten, jo tuotannossa olevien, tuotteiden nostettavuutta ja nostoturvallisuutta.

Tuotannon nostoturvallisuuden arviointityökalulla saadaan todennettua tuotteen osien nostettavuus ja noston edellytykset sen oikealla kokoonpanopaikalla tai -linjalla. Kun riskienarviointi tehdään nollasarjan valmistuksen aikana, ehditään havaittuihin tuotantollisiin ongelmiin vielä reagoida ennen toistuvan tuotannon aloitusta. Arviointityökalussa on panostettu keveyteen ja osaltaan ulkoasuun, jotta arviointityökalu ei näyttäisi liian raskaalta tai vaivalloiselta täyttää. Itse arviointi seuraa standardien mukaista, perinteistä riskienarviointiprosessia. Ensin tunnistetaan riskit, jonka jälkeen niiden riskitasot määritellään ja päätetään jatkotoimenpiteistä. Tuotannon nostoturvallisuuden riskienarvioinnissa arvioinnin tekee työnjohto tai kehitysinsinööri sekä tuotannon työntekijä eli noston suorittaja. Riskienarviointia tekevän henkilöstön tietotasosta ei voida mennä takuuseen, jolloin erityisesti riskitason suuruuden arvioinneista ja jatkotoimenpiteiden määrittelystä voi tulla kulloinkin tekijöidensä näköisiä.

Nosto-ohjeiden laatimisohteen ja aiemmin tehdyn nosto-ohjepohjan avulla nosto-ohjeista tulee keskenään samanlaisia ja niistä löytyvät samat tiedot. Laatimisohteen ansiosta ohjeiden laatimis- ja julkaisuprosessi noudattaa aina samoja askelkuvioita, joihin lukeutuu muun muassa nosto-ohjeiden hyväksyntä ja tiedottaminen työnjohdolle. Laatimisohteen ja standardoidut nosto-ohjeet ovat osa standardoidun työn kehittämistä ja jalkauttamista. Laatimisohteen on tarkoituksensa mukainen, koska sen avulla onnistuu nosto-ohjeiden luominen.

Työkalujen testausta olisi ollut hyvä jatkaa vielä enemmän. Soveltuvuus tulisi saada testattua varsinkin uustuoteprojektissa, koska uustuoteprojektien myötä nostettavuuden arviointityökalut saataisiin otettua aidosti käyttöön. Näin arviointityökaluista olisi eniten hyötyä. Tuotannon tapaturmien ja tuotantoaikojen pitkäaikaisella seurannalla voitaisiin todentaa tämän diplomityön myötä tullut nostoturvallisuuden kehitys. Tuotannon kokoonpanon tulisi nopeutua, sillä tuottavaa aikaa ei kulu oikean nostotavan valintaan tai sopivien nostoapuvälineiden koetuksiin. Tuotteiden nostettavuuden kehittämällä voidaan siis parantaa tuotannon tehokkuutta. Kun nostopisteistä tehdään selkeästi ja visuaalisesti havaittavia, ja laaditaan vielä nosto-ohjeet tukemaan, noston ei tulisi aiheuttaa ongelmia kokoonpanovaiheessa. Nosto-ohjeita laatimalla nostotyö standardoituu, jolloin myös työn suunnittelu, ohjaaminen ja kehittäminen helpottuvat.

Alun perin työn aikana oli tarkoitus vieraillla muissa yrityksissä suorittamassa yritysvierailuja, mutta työn aikana ehdittiin käydä vierailulla vain yhdessä yrityksessä, joka sekin halusi pysyä anonyyminä. Näin ollen käytännön toiminnan tarkkailussa keskityttiin enemmän Metson toimintaan. Työssä käytetyistä muiden yritysten verkkomateriaaleista sekä TEKES-raporteista on nähtävissä, että nostettavuuden huomioiminen mielletään osaksi kokoonpanon ja sen ergonomian kehitystä, jolloin asennusta voidaan auttaa varsinkin keveiden kappaleiden tapauksessa erilaisin apuvälinein. Raskaiden kokoonpanojen tapauksessa kappaleen hyvää käsiteltävyyttä ja nostettavuutta voidaan pitää elintärkeänä ominaisuutena.

Metson toiminnan tarkkailun aikana huomattiin yhä useammin sekä tuotesuunnittelun että tuotannon työntekijöiden nostoihin liittyvän tietämyksen puute. Tuotesuunnittelu ei ole ollut tietoinen siitä, millaisia nostoapuvälineitä on käytössä tuotannon kokoonpanossa. Tuotannon työntekijät nostavat usein ”liian suurilla” nostoketuilla tai sakkeleilla, sillä nosto suoritetaan yleensä niillä välineillä mitkä sattuvat olemaan kiinni nosturin koukussa. Tämä voi osaltaan johtua siitä, että tuotannon työntekijät eivät aina olleet varmoja suunnitellusta nostotavasta eikä heitä myöskään ollut ohjeistettu oikeaan tapaan. Moni teki kokoonpanon noston parhaaksi katsomansa tavan mukaan tai kokeneemmilta kysymällä. Joskus kiire on ajanut hätiköityihin nostoihin.

Nosto-ohjeet ovat osaltaan ratkaisu tuotannon tietämyksen lisäämiseen. Nosto-ohjeita on tehty jonkin verran tuotannolle, mutta nämä ohjeet eivät vielä kata kaikkien kokoonpanojen ja osakokoonpanojen tarpeita. Nosto-ohjeiden laatimisohteen ja yrityksessä aiemmin luodun standardipohjan ansiosta tuotannolle tehtävistä nosto-ohjeista tulee keskenään samanlaisia ja jokainen laatimisohteen mukaan tehty nosto-ohje käy läpi samat vaiheet eikä ohjeen sisältö ole niin voimakkaasti riippuvainen ohjeen laatijasta. Laatimisen vaiheisiin kuuluu muun muassa nosto-ohjeen hyväksyttäminen tuotteesta vastaavalla suunnittelijalla. Samalla tavalla ja samalle pohjalle tehdyistä ohjeista löytyvät tiedot sijaitsevat aina samassa paikassa. Nosto-ohjeiden myötä standardoidun työn periaatteet implementoituvat myös nostotyöhön.

Tuotesuunnittelun tietämyksen lisäämiseksi tämän työn aikana tehtiin nostettavuuden ja nostoturvallisuuden arviointityökalu, joka lisättiin osaksi tuotteille tehtävää moduulikohtaista riskienarviointia. Tällä tavoin työn aikana tehty arviointityökalu ei jäänyt vain yhdeksi ohjelappuseksi muiden joukkoon, vaan siitä tuli pakollinen vaihe jokaisen uuden tuotteen tai sen moduulin suunnittelua. Nosto-ohjeiden hyväksyttäminen tuotteesta vastaavalla suunnittelijalla takaa sen, että tuotetta tai sen osaa nostetaan sitä varten suunnitellusta nostopisteestä. Tämä lisää osaltaan taas tuotesuunnittelun tietämystä tuotannon nostotavoista.

Nostoturvallisuuden kehittämisen myötä aihe on saanut paljon näkyvyyttä koko tehtaan tasolla, joten tietoisuus aiheen tiimoilta on lisääntynyt huomattavasti. Tuotanto on saanut kaipaamaansa huomiota nostojen turvallisuuteen. Tämän työn aikana tuotesuunnitteluorganisaatioon on tuotu paljon informaatiota ja keskustelua on herännyt sekä suunnittelijoiden vastuusta ja aktiivisuudesta että tuotannon toiminnasta työnjohdon valvonnan ja työntekijöiden asenteiden osalta. Mikäli suunnittelija suunnittelee tuotteelle tai sen osalle nostopisteet ja antaa suositukset nostoon käytettävistä nostoapuvälineistä, tulisi työntekijän myös toimia suositusten mukaan, eikä vain nostaa niillä välineillä mitkä ovat sillä hetkellä kiinni nosturin koukussa. Työnjohdon tulisi olla perillä nosto-ohjeista ja niiden sisällöstä, jotta he voivat aktiivisesti valvoa nostotyötä ja osaavat tarjota nosto-ohjeita työntekijöiden käyttöön.

Suunnittelun ja tuotannon välistä kommunikaatiota ei tulisi unohtaa ja siihen on kannustettu. Tuotannon asentajilla on runsaasti tietoa nostoihin ja yleensä kokoonpanoon liittyen ja yhteistyöllä saavutetaan parhaat tulokset. Kommunikaation ja keskustelun tulisi olla rakentavaa. Kun suunnittelija tulee tuotantotiloihin ja keskustelu suoritetaan rakentavasti, laskee tämä suunnittelijoiden kynnystä tulla käymään myös uudestaan. Tehdasalueella on runsaasti tietoa nostoihin ja yleensä kokoonpanoon liittyen ja hyvällä yhteistyöllä saavutetaan parhaat tulokset.

Työn aikana luodut nostettavuuden ja nostoturvallisuuden arviointityökalut on tehty ennen kaikkea Metson tarpeiden mukaan, mutta niiden käyttö myös muiden tuotteiden ja yleisesti nostotyön arvioinnissa on täysin mahdollista. Suunnittelun työkalu on vahvemmin optimoitu Metson kivenmurskaus- ja seulantatuotteiden mukaan, mutta tuotannon työkalu soveltuisi jo sellaisenaan minkä tahansa tuotteen tai koneellisen nostotyön nostoturvallisuuden arviointiin.

Tehtaalla on otettu ensimmäisiä askelia kohti turvallisempaa nostotyötä. Kehitystyö on saatu kunnolla liikkeelle nosto-ohjeiden laatimisesta lähtien ja nyt tämän diplomityön osalta nostoturvallisuuden sanomaa lähdettiin levittämään tuotesuunnitteluun ja laajemmin myös tuotannon piiriin. Diplomityön myötä aloitettiin toiminta, joka tähtää siihen, että tulevaisuudessa kaikkien tuotteiden ja niiden osien käsiteltävyys ja nostettavuus olisi huomioituna jo tuotesuunnittelun alkuhetkestä lähtien aina huoltotoimintaan ja hävitykseen asti. Tässä aihepiirissä kehitettävää riittää eritoten tällä hetkellä tuotannossa

olevien kappaleiden osalta, joiden suunnitteluun ei ole ehditty vaikuttaa. Esimerkiksi tehtaan koneistuksessa tehdään paljon haasteellisia nostoja, joista ainakin osa olisi mahdollista tehdä helpommaksi yksinkertaisilla tuotemuutoksilla, kuten ylimääräisen reiän porauksella nostosilmukkaruuvia varten. Työn aikana luotu tuotannon nostoturvallisuuden arviointityökalu soveltuu myös jo tuotannossa olevien kappaleiden arviointiin, joten työkalulle riittää todennäköisesti käyttöä myös toistuvan tuotannon puolella.

Suunnittelun tarpeisiin tarkoitettun nostettavuuden arviointityökalun täydellinen toimivuus on vielä todentamatta, mutta työkalua iteroimalla se saadaan hiottua lopulliseen muotoonsa mahdollisesti jo ensimmäisen uustuoteprojektin aikana. Uustuoteprojektin myötä selviää, kuinka suuri vaikutus tuotannon ja työn sujuvuuteen nostettavuuden ja käsiteltävyyden parantamisella on. Tuotannon tarpeisiin kehitelty riskienarviointityökalu saatiin testattua tuotemuutosprosessissa ja sieltä saadut kommentit olivat kannustavia. Todellinen testi myös tälle työkalulle tulee kuitenkin vasta uustuoteprojektin myötä, jolloin nostettavuuden ongelmat tulisi saada ratkaistua prototyypin aikana tai viimeistään nollasarjan valmistuksen aikana. Kuten on jo todettu molempien työkalujen testaamista ja jalkauttamista on jatkettava myös tulevaisuudessa, jotta nostoturvallisuus saadaan näkymään jokapäiväisessä työskentelyssä.

Tuotteiden nostettavuuden ja nostoturvallisuuden kehittämiseksi on nyt olemassa työkalut ja enää niitä tarvitsee vain käyttää. Aidosti näkyviä tuloksia varsinaisen nostoturvallisuuden kehittymisestä tullaan saamaan vasta, kun uusia, hyvän nostettavuuden omaavia, tuotteita lanseerataan toistuvaan tuotantoon. Yrityksen tulisi myös määrittellä arviointityökalujen ja niiden pohjalta tehtyjen riskienarviointien lopulliset sijoitus- ja arkistointipaikat. Työkalujen tulisi olla kaikkien niitä tarvitsevien saatavilla. Yhteisistä arkistointikäytännöistä tulisi sopia, jotta täytetyt riskienarvioinnit tallennettaisiin aina samaan paikkaan ja samalla tavalla yrityksen tiedonhallintajärjestelmiin.

Tampereen tehtaalla on meneillään nostoapuvälineiden kartoitustyö, jonka tuloksena saadaan kootusti tietoa siitä, mitä nostoapuvälineitä tehtaalla on ja mitä nostoapuvälineitä sijaitsee missäkin kokoonpanopisteessä. Näitä tietoja voisi käyttää hyväksi, kun suunnittelija suunnittelee kappaleelle nostopisteitä. Hän voisi tarkastaa nostoapuvälinerekisteristä, millaisia apuvälineitä kyseisellä kokoonpanopisteellä on käytössä ja sen mukaan optimoida nostopisteen kokoa ynnä muita ominaisuuksia. Suunnittelun nostettavuuden arviointilomakkeen viimeiselle sivulle voisi laittaa kootusti kuvia yleisesti tehtaan yleisimmistä nostoapuvälineistä sekä viittauksen nostoapuvälinerekisterin sijainnista. Näin nostoapuvälinerekisteri saataisiin palvelemaan myös tuotesuunnittelua.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tavoitteina oli luoda Metso Mineralsin Tampereen tehtaalle nostoturvallisuuden ja tuotteiden nostettavuuden varmistamiseksi työkalut sekä sovittaa toimintamalli työkalujen käytöstä yrityksen uuden tuotteen kehittämisprosessin aikana. Toimintamallissa piti määritellä myös kunkin nostettavuuden varmistamisen toimen vastuutahot.

Työn aikana luotuja työkaluja ovat nostettavuuden arviointityökalut tuotesuunnittelun ja tuotannon tarpeisiin sekä nosto-ohjeiden laatimisoheje. Tuotesuunnittelun tarpeisiin tehty arviointityökalu keskittyy enemmän tuotteen nostettavuuden huomioimiseen sen suunnitteluvaiheessa. Tuotteen prototyypin ja nollasarjan valmistusvaiheisiin sijoittuva tuotannon nostettavuuden arviointityökalu keskittyy enemmän nostotyön turvallisuuteen ja tuotteen nostettavuuden varmistamiseen toistuvaa tuotantoa varten. Nosto-ohjeiden laatimisohejetta käyttämällä tuotteiden nosto-ohjeista tulee keskenään samanlaisia, jolloin niistä myös löytyvät noston kannalta kriittisimmät tiedot. Toimintamalli määrittelee toimet tuotteen nostettavuuden varmistamiseksi uuden tuotteen kehittämisprosessissa, sisältäen työkalujen suunnitellut käyttöhetket sekä vastuutahot.

Yrityksen tulisi testata työkalut tulevilla uusien tuotteiden kehittämisprosesseissaan toimintamallissa määritellyllä tavalla ja sen jälkeen ottaa ne pysyvästi käyttöön. Suunnitteluvaiheen arviointityökalua tulisi käyttää moduulikohtaisten riskienarviointien yhtenä osana, jotta työkalu ei jäisi vain yhdeksi ohjelomakkeeksi muiden joukkoon. Ottamalla työkalu osaksi pakollista riskienarviointia tulee se huomioitua jokaisessa tulevassa uustuoteprojektissa. Tuotannon nostettavuuden arviointityökalua voidaan käyttää prototyyppi- ja nollasarjavaiheen lisäksi jo vakiotuotannossa olevien tuotteiden nostettavuuden ja nostoturvallisuuden arviointiin.

LÄHTEET

- Ainasvuori, R. (2014). Tervetuloa Metsolle, MM Tampere yritysesittely 2014. Tampere, Metso Minerals, Metso Oyj. [Metson intranet Avenue]. Sisäinen dokumentti. 39 s.
- Aronen, J. (2011). Nostoturvallisuuden yleistoimintaohje. Versio 1/25.08.2011. Toimintajärjestelmä, Metso Minerals, Metso Oyj. Sisäinen dokumentti.
- Brand, R. (2014). Uuden tuotteen kehittäminen. Versio 3/04.02.2014. Toimintajärjestelmä, Metso Minerals, Metso Oyj. Sisäinen dokumentti.
- Hauhia, E. (2014). Vältä vaaraa, nosta turvallisesti. Nostoapuvälinekoulutus, Algol Technics. Sisäinen koulutusmateriaali. 82 s.
- Järvinen, A & Nevalainen, V. (2014). Nostotöiden haasteet. Tampere, Metso Minerals, Metso Oyj. Sisäinen koulutusmateriaali. 9 s.
- Kankainen, T. (1999). Uusien tuotteiden kokoonpanovalmiuksien systemaattinen kehittäminen tuotekehitysprojektissa. Diplomityö. Tampere, Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Konetekniikan osasto, Tuotantotekniikka. 126 s. + liitt. 29 s.
- KONE. (2014). Yritysvastuuraportti 2013. [verkkajulkaisu]. KONE Oyj. [viitattu 2.12.2014]. Saatavissa: <http://www.kone.com/fi/yritysvastuu/raportointi/>. 50 s.
- Kuivanen, R., Määttä, T. & Silvola, M. (1986). Nostolaitteilla tehtävät raskaat kokoonpanonostot. Espoo, VTT, Tiedotteita 533. 57 s. + liitt. 7 s.
- L 23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. (1997). Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo, WSOY. 398 s.
- Lehtonen, L. (2014). Kesäharjoittelijan perehdytysopas 2014. Tampere, Metso Oyj. [Metson intranet Avenue]. Sisäinen julkaisu. 9 s.
- Leikko, K. (2012). ECR ja ECR-Project raportin tekeminen. [viitattu 30.12.2014]. Metso Minerals, Metso Oyj. Sisäinen dokumentti.
- Leikko, K. (2014). Ensiaskeleita valuaihioiden nostoturvallisuudessa. Metso News Pajatto. No. 2/2014. s. 11.
- Metso. (2010). Riskinarviointi. [Metson intranet Avenue]. [viitattu 20.11.2014]. Sisäinen julkaisu. 19 s.

Metso. (2013). Lokotrack, Mobile crushing & screening plants. [verkkajulkaisu]. [viitattu 15.12.2014]. Saatavissa:

[http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/82C3864218F149E8C2257BA3004C6861/$File/Lokotrack_eng.pdf)

[DocsByID/82C3864218F149E8C2257BA3004C6861/\\$File/Lokotrack_eng.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/82C3864218F149E8C2257BA3004C6861/$File/Lokotrack_eng.pdf).

Metso. (2014a). LT220D Sivukuljettimen riskien arviointi. Metso Minerals, Metso Oyj. Sisäinen dokumentti.

Metso. (2014b). Lokotrack LT120 mobile crushing plant. [verkkajulkaisu]. [viitattu 8.12.2014]. Saatavissa:

[http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/00EA8BAA95E9D770C22578F00026D081/$File/Lokotrack_LT120_eng.pdf)

[00EA8BAA95E9D770C22578F00026D081/\\$File/Lokotrack_LT120_eng.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/00EA8BAA95E9D770C22578F00026D081/$File/Lokotrack_LT120_eng.pdf).

Metso HSE Monitor. (2014). Selailu ja raportit. Julkaisematon raportti yrityksen turvallisuusjohtamisen tietojärjestelmässä.

Metso Oyj lehdistötiedote. (2014). Metso myy Tampereen valimonsa TEV:lle. Lehdistötiedote 19.12.2014 klo 11:00 EET. [WWW]. Metso Oyj. [viitattu 6.3.2015]. Saatavissa:

<http://www.metso.com/inpublic/inpublicnews.nsf/NewsItems/1881965?OpenDocument#.VQlrv-F-UdU>.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K-H. (2007). Engineering Design: A Systematic Approach. 3rd edition. London, Springer-Verlag London Limited. 617 p.

Peltonen, K. (2014). Murskauslaitoksen huollon turvallisuuden kehittäminen. Diplomityö. Tampere, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Konetekniikan koulutusohjelma, Turvallisuustekniikka. 64 s. + liitt. 10 s.

Ponsse. (2014). Vuosikertomus 2013. [verkkajulkaisu]. Ponsse Oyj. [viitattu 28.11.2014]. Saatavissa: <http://www.ponsse.com/fi/media-arkisto/muut-julkaisut/vuosikertomukset/2013>. 98 s.

Rahkoma, J. (2011). Tuotteen kuvaaminen. Versio 1/25.08.2011. Toimintajärjestelmä, Metso Minerals, Metso Oyj. [Sisäinen dokumentti].

Rahkoma, J. (2012). Tuotemuutosprosessi. Versio 2/08.05.2012. Toimintajärjestelmä, Metso Minerals, Metso Oyj. [Sisäinen dokumentti].

Rikkinen, J. (2014). Metson vähimmäisturvallisuusvaatimukset. Metso Oyj. [Sisäinen dokumentti]. 29 s.

Sandvik. (2014). Sustainable business report 2013. [verkkajulkaisu]. Sandvik AB. [viitattu 27.11.2014]. Saatavissa:

<http://www.sandvik.com/Global/About%20Sandvik/Sustainable%20business/Reports/Sustainable%20Business%20Reports/Sustainable%20business%20report%202013.pdf>.

SFS-EN 31010 Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät. (2013). Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 165 s.

SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. (2010). Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 172 s.

Siirilä, T. (2008). Koneturvallisuus II – EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. 2. uudistettu painos. Keuruu, Inspecta Koulutus Oy. 462 s.

Siirilä, T & Kerttula, T. (2007). Koneturvallisuuden perusteet. Keuruu, Opiks-Tiimi Oy. 206 s.

Teknologiaohjelmaraportti 2/2001. (2001). Keskiraskas ja raskas kokoonpanotoiminta 1998-2000. Helsinki, TEKES. 120 s. + liitt. 7 s.

Turta, T. (2012). Ergonomian huomioiminen tuotekehityksessä valmistettavuuden kannalta. Diplomityö. Tampere, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Automaatiotekniikan koulutusohjelma, Turvallisuustekniikka. 70 s. + liitt. 2 s.

Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12. (2010). Nostoapuvälineet – Turvallisuus. Tampere, Työsuojeluhallinto. 45 s. + liitt. 3 s.

Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 16. (2008). Koneturvallisuus – Koneiden tekniset vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. Tampere, Työsuojeluhallinto. 24 s.

Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 47. (2013). Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia. Tampere, Työsuojeluhallinto. 99 s.

Työturvallisuuskeskus. (2014). Vaaratekijöiden tunnistaminen ja riskien arviointi. [WWW]. Työturvallisuuskeskus TTK, Helsinki. [viitattu 19.12.2014]. Saatavissa: <http://www.ttk.fi/riskienarviointi>.

Ulrich, K. & Eppinger, S. (2008). Product design and development. 4th edition. Boston, McGraw-Hill/Irwin. 368 p.

VNa 12.6.2008/400. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta.

VNa 12.6.2008/403. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta.

Vältä vaaraa, nosta turvallisesti. (2014). Teollisuusnosturin käyttäjän opas. Algol Technics. [Sisäinen koulutusmateriaali]. 28 s.

Wärtsilä. (2014). Tuotteiden elinkaari ja tuotevastuuriski. [WWW]. Wärtsilä Oyj Abp. [viitattu 27.11.2014]. Saatavissa: <http://www.wartsila.fi/fi/about/yhtiojohto/Riskienhallinta>.