

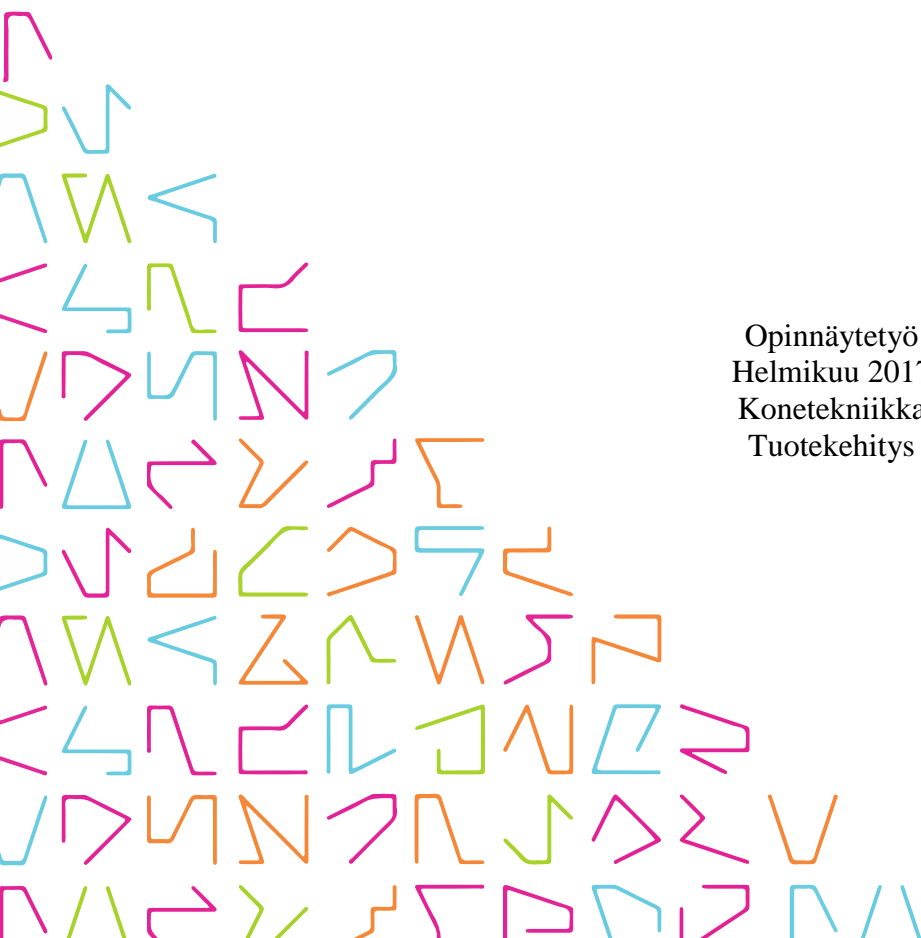


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TULISTINLEIKKURIN SUUNNITTELU

Eetu Kananoja

Opinnäytetyö
Helmikuu 2017
Konetekniikka
Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotekehitys

KANANOJA, EETU:
Tulistinleikkurin suunnittelu

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Helmikuu 2017

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin höyrykattilan kattokaapissa käytettävä tulistinleikkuri. Työn tilaaja oli Valmet Technologies Oy. Tulistinleikkurin tarkoituksena on leikata auki hitsisauma tulistimen ja tiivistyspellin välistä. Sauma leikataan aina, kun tulistimet halutaan vaihtaa. Tehtävä työ on ahtaiden olosuhteiden vuoksi haastava, eikä kyseiseen työkohteeseen ole olemassa valmista työkalua. Jotta suunniteltava tulistinleikkuri saataisiin käyttöön ja se täyttäisi tarvittavat vaatimukset, työssä perehdyttiin myös koneille asettuihin direktiiveihin. Tulistinleikkurin tavoitteena on lisätä työturvallisuutta sekä nopeuttaa tulistimien vaihtoprosessia. Suunnittelussa haasteena oli keksiä erilaisiin ympäristöihin soveltuva, helppokäyttöinen ja toimiva leikkuri.

Tulistinleikkurin suunnittelu aloitettiin käytännössä tyhjältä pöydältä. Suunnittelussa pohdittiin tulistinleikkurilta vaadittavia teknisiä ominaisuuksia sekä vertailtiin käytettäviä komponentteja. Aluksi päätettiin tulistinleikkurin konsepti, jonka pohjalle laadittiin tulistinleikkurin layout. Layoutin luomiseksi selvitettiin tulistinleikkurin koon määrittävät mitat. Leikkurissa pyrittiin käyttämään mahdollisimman tehokkaasti markkinoilla jo olevia komponentteja suunnittelu- sekä valmistuskustannuksien minimoimiseksi.

Tässä opinnäytetyössä saatiin valmiiksi tulistinleikkurin 3D-malli, riskien arviointi sekä osaluettelo. Suunnitelma tarkastetaan vielä kohteessa mahdollisten fyysisten esteiden huomioimiseksi. Tulistinleikkuri saatiin vastaamaan kaikkia sille asetettuja vaatimuksia, lukuun ottamatta painoa. Seuraavassa versiossa täytyy keskittyä etenkin laitteen keventämiseen, jolloin laitteen asentaminen ja käyttö helpottuvat.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical Engineering
Product Development

KANANOJA, EETU:
Design of Superheater Cutter

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 9 pages
February 2017

The purpose of this thesis was to design a superheater cutter for boiler plants. The purpose of the superheater cutter is to grind off the weld between the sealing plate and superheater. The weld is ground off, when superheaters are changed. It has been quite difficult to carry out this process due to constricted working conditions and there are no superheater cutters available for use. CE marking requirements for machines were studied in order to help getting the product on the field. The superheater cutter was designed to increase safety at work and to reduce time in superheater changing processes. The main challenge in the design was to develop a machine that works in various environments and is easy to use.

Technical features were considered and different components compared during the design. At first the concept of the superheater cutter was decided and a layout was made based on the concept. All necessary dimensions were searched from the database to make a proper layout. Efforts were made to use already existing parts efficiently to keep design and manufacturing costs low.

As a result, a 3D model, risk evaluation and bill of materials for the superheater cutter were completed. Boiler penthouses will be visited in the future to check for possible physical obstacles. All requirements were fulfilled except for the weight of the machine. In the design of the next superheater cutter model, weight reduction must be one goal.

Key words: design, product development, superheater, boiler

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VALMET	8
3	PROJEKTI.....	9
	3.1 Tuotekehitysprojekti	9
	3.2 Tuotekehitysprosessi.....	10
	3.3 Tulistinleikkuriprojekti	10
4	HÖYRYKATTILA	11
	4.1 Yleisesti	11
	4.2 Osat	12
	4.3 Tulistin	13
	4.4 Kattokaappi	14
	4.5 Kattilalaitos	15
5	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	16
	5.1 Käyttökohde.....	16
	5.2 Tavoitteet	16
	5.3 Työturvallisuus	16
	5.4 CE-merkintä.....	17
	5.5 Suunnittelun aloitus	19
6	KOMPONENTIT JA NIIDEN VALINNAT	20
	6.1 Moottori	20
	6.2 Kiskot.....	21
	6.2.1 Liukukisko	21
	6.2.2 Kuljetuskisko	22
	6.2.3 Sivuliike	23
	6.3 Ohjainkaapeli	23
7	SUUNNITTELU	25
	7.1 Layoutin luominen.....	25
	7.2 Tulistinkiinnike ja sivukiinnike	26
	7.3 Liikkeet ja säädöt	29
	7.4 Toimintorunko	29
	7.4.1 Erikoispultti ja -mutteri.....	31
	7.4.2 Liukulaakeri	31
	7.4.3 Kaapelin läpivienti	31
	7.5 Teleskooppiputket.....	32
	7.6 Hallintalaite.....	33
8	LEIKKURIN ASENNUS JA KÄYTTÖ.....	35

9 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	37
LIITTEET	39
Liite 1. Riskien arviointi	39
Liite 2. Koneiden tekninen tiedosto, direktiivi 2006/42/EY	43
Liite 3. Atlas Copco GTG40 F066-23	44
Liite 4. Tulistinleikkurin osaluettelo	45

ERITYISSANASTO

Layout	Suunnittelun malli
Höyrykattila	Höyrykattilassa tuotetaan kattilaan syötetystä vedestä höyryä
Tulistin	Höyrykattilakomponentti jolla höyrystetty vesihöyry lämmitetään höyrystyslämpötilaa korkeampaan lämpötilaan
CE-merkintä	Valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset
Konedirektiivi	Koneturvallisuuden säännösten yhtenäistämiseksi ja kaupan esteiden poistamiseksi laadittu direktiivi

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella höyrykattilan kattokaapissa käytettävä tulistinleikkuri. Työssä edetään kynällä paperille luodusta konseptista lopulliseen 3D-malliin. Kone on tarkoitettu valmistamaan tulevaisuudessa yhdeksi työkaluksi yritykselle, jonka vuoksi perehdytään myös koneiden CE-merkinnän vaatimuksiin. Työskentelyolosuhteet kattokaapissa ovat ahtaautensa vuoksi todella haastavat ja tulistinleikkurilla pyritään parantamaan työolosuhteita sekä lisäämään työturvallisuutta tehtävässä työssä.

Tulistinleikkurin tarkoituksena on erottaa tulistin ja tiivistyspelti toisistaan leikkaamalla niiden välinen hitsisauma pois. Tiivistyspelti on hitsattu kiinni tulistimeen, koska tulipesän täytyy olla kaasutiivis ja erillinen tila kattokaapista. Sauma leikataan silloin pois, kun tulistimet halutaan vaihtaa. Leikattu tiivistyspelti on tarkoitettu pystyvä käyttämään kohteessa uudelleen, jolloin leikkauksen on oltava mahdollisimman tarkka. Tulistinleikkuri ei saa vahingoittaa itse tulistinta.

Tavoitteena on suunnitella käyttäjäystävällinen, kompakti, helposti siirrettävä ja toimiva tulistinleikkuri, joka parantaa kattokaapissa tehtävän työn laatua sekä lisää työturvallisuutta. Haasteena suunnittelussa on vaihtuvat työympäristöt, joka vaatii leikkurilta muokautumista erilaisiin kohteisiin. Tämän opinnäytetyön jälkeen tulistinleikkurin prototyyppi on mahdollista valmistaa ja viedä testaukseen.

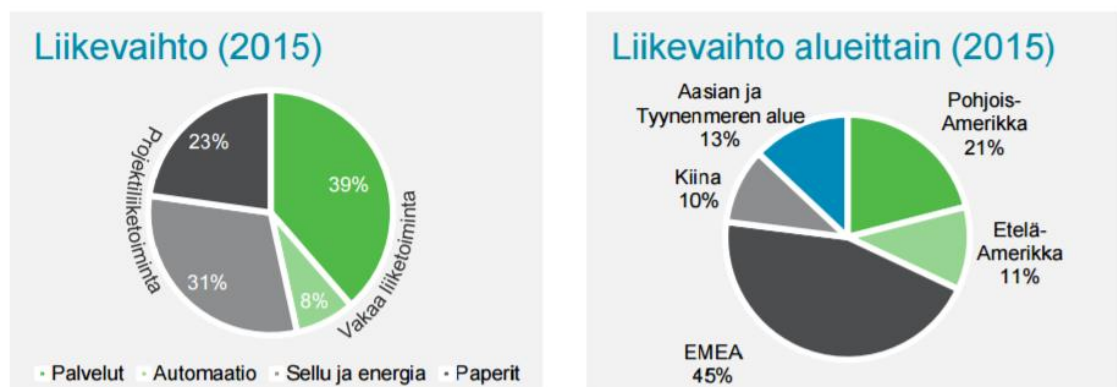
2 VALMET

Valmet on maailman johtava teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Valmetin visiona on tulla maailman parhaaksi asiakkaidensa palvelussa. Valmetin 12 000 ammattilaista ympäri maailmaa työskentelee lähellä asiakkaita, sitoutuneina asiakkaiden menestyksen edistämiseen – joka päivä. (Valmet lyhyesti 2016.)

Valmetin toimialoina ovat palvelut, sellu ja energia, paperit ja automaatio. Liiketoiminta on jaettu viiteen maantieteelliseen alueeseen. Alueet ovat Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-Itä ja Afrikka), Kiina ja Aasian ja Tyynenmeren alue. Valmet on markkinajohtaja ja sillä on vankka markkina-asema kaikissa liiketoiminnoissaan. (Valmet lyhyesti, Liiketoiminnot 2016.)

Valmetin saadut tilaukset vuonna 2015 olivat arvoltaan 2 878 milj. euroa. Liikevaihto oli 2 928 milj. euroa. Liikevaihto jakautuu liiketoimitalinjoittain ja alueittain kuvion 1 osoittamalla tavalla. (Valmet lyhyesti 2016.)

Energiantuotanto–liiketoimintalinjan tuotteisiin kuuluvat eri polttoaineita käyttävät höyrykattilat (biomassa, lajiteltu jäte, kierrätyspolttoaine, hiili, öljy ja kaasu), voimalaitokset, ympäristönsuojelujärjestelmät sekä kaikille näille tarjottavat elinkaaripalvelut (Valmet in brief 2017).



KUVIO 1. Valmetin liikevaihdon jakautuminen liiketoimintalinjoittain sekä alueittain (Valmet lyhyesti 2016)

3 PROJEKTI

3.1 Tuotekehitysprojekti

Projektisuunnittelu on projektin toteutusta edeltävä prosessi, jonka tavoitteena on luoda edellytykset tehokkaalle ja toimivalle projektin hallinnalle. Suunnittelun aluksi selvitetään projektin lähtökohdat, jonka jälkeen asetetaan projektille tavoitteet ja aikataulu. Projektille päätetään tekijät ja heille työnkuvaus. Tätä kutsutaan projektiorganisaation luomiseksi. Projektiorganisaatio päättää millaisesta projektista on kyse ja tekee päätökset sen mukaan (kuvio 2).

Menetelmät selvillä	Ei	Tuotekehitys	Tutkimus Muutosprojektit
	Kyllä	Suunnittelu ja insinööriyö	Järjestelmäkehitys
		Kyllä	Ei
		Tavoitteet selvillä	

KUVIO 2. Projektityyppien tarkastelu tavoitteiden ja menetelmien avulla (Turner 2009, 22, muokattu)

On mahdollista luokitella projekti sen mukaan, kuinka selvät ovat tavoitteet ja kuinka selvät ovat menetelmät sen saavuttamiseksi. Tulistinleikkurin suunnitteluprojekti on tuotekehitysprojekti. Tämän tyyppisissä projekteissa tavoite on selkeä, mutta menetelmät sen saavuttamiseksi ovat epäselvät. Projektin tarkoitus on tämän tyyppisissä projekteissa määrittää, kuinka tavoitteet saavutetaan. Tuotekehitysprojekteissa ei ole mahdollista suunnitella aktiviteetteja etukäteen, koska projekti määrittää ne. (Turner 2009, 21)

3.2 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitysprosessi yleisesti noudattaa selkeää tapahtuma- ja informaatioketjua. Tämän vuoksi voimme havainnollistaa prosessien kulkua diagrammeilla (kuvio 3). Jokaista tuotekehitysvaihetta seuraa tarkastelu, jolla vahvistetaan vaiheen päätyminen ja projektin eteneminen. Monimutkaisen järjestelmän kehittämisen prosessidiagrammi hajautuu rinnakkaisiin osajärjestelmiin ja komponentteihin. Kun tuotekehitysprosessi on vakiintunut organisaatiossa, prosessidiagrammilla esitetään prosessin kulku koko tiimille. (Ulrich & Eppinger 2008, 22)



KUVIO 3. Yleinen tuotekehitysprosessi (Ulrich & Eppinger 2008, 23, muokattu)

3.3 Tulistinleikkuriprojekti

Tälle projektille määrättiin organisaatio, johon kuului: projektipäällikkö, projektin ohjaajat (2) sekä konsultti. Projektipäällikkönä ja suunnittelijana toimi tämän opinnäytetyön tekijä. Projektin ohjaajina toimivat laajan kokemuksen projekteista ja insinööritöistä omaavat henkilöt. Konsulttina sekä toisena suunnittelijana toimi henkilö, jolla on yli 20 vuoden kokemus uusien ja vanhojen kattiloiden asennustöistä. Projektipäällikkö asetti projektille reunaehdot ja budjetin yhdessä projektin ohjaajan kanssa. Projektin aikataulu- ja virstanpylväät päätettiin projektin kick off –palaverissa.

Tämän tuotekehityksen pohjana on helpottaa höyrykattilan kattokaapissa tehtävää työtä, jossa tulistin irrotetaan tiivistyspellistä. Projektin tarkoituksena on suunnitella tulistinleikkuri höyrykattilan kattokaapin olosuhteisiin. Projektissa edetään Ulrich & Eppingerin yleisen tuotekehitysprosessin mukaan.

4 HÖYRYKATTILA

Höyrykattilan rakenteen mukaan kattilat voidaan jakaa suurvesikattiloihin ja vesiputkikattiloihin. Vesiputkikattilat voidaan jakaa vielä luonnonkierto-, pakkokierto- ja läpivirtauskattiloihin. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 111)

Valmet valmistaa kolmea erityyppistä kattilaa, jotka ovat

- soodakattila (recovery boiler),
- kiertoleijukattila (circulating fluidized bed boiler) ja
- leijupetikattila (bubbling fluidized bed boiler).

Soodakattiloita rakennetaan sellutehtaiden yhteyteen. Soodakattiloissa poltetaan mustalipeää, jota syntyy sellun keittoprosessissa. Soodakattila hyödyntää mustalipeästä vapautuvan energian ja muuttaa sen höyryenergiaksi. **Kiertoleijukattilassa** poltetaan pääsääntöisesti biomassaa ja hiiltä höyryn tuottamiseksi. Kiertoleijukattiloiden kokoluokka on suurin, ja niitä on saatavilla 50 MW:sta–1 200 MW:iin. **Leijupetikattilan** ensisijainen tarkoitus on tuottaa höyryä polttamalla bio- ja jätepolttoaineita sekä teollisuuden sivutuotteita. (Energy production 2016)

Leikkuria käytettäisiin pääsääntöisesti sooda- ja leijupetikattiloissa, koska kiertoleijukattiloissa ei yleensä tulistin ole kiinnitettynä kattokaappiin. Kiertoleijukattiloissa tulistin on sijoitettu syklonin jälkeiseen toiseen vetoon. Leikkuri kuitenkin toimisi kaikissa kattilamalleissa.

4.1 Yleisesti

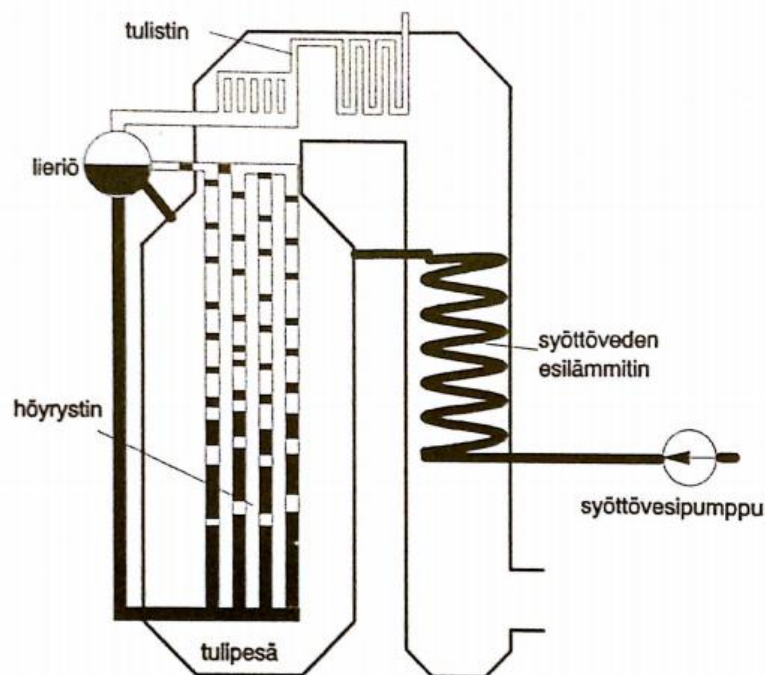
Höyrykattilassa tuotetaan kattilaan syötetystä vedestä höyryä. Nykyaikainen höyrykattila voidaan vedenkierron kannalta ajatella pitkäksi putkeksi, jonka toisesta päästä vesi syötetään nestemäisenä sisään ja jonka toisesta päästä se tulee ulos tulistuneena vesihöyrynä. (Huhtinen ym. 2000, 7.)

Kattilassa polttoaine reagoi palamisilmassa olevan hapen kanssa, jolloin polttoaineeseen sitoutunut kemiallinen energia saadaan muutetuksi savukaasuihin sitoutuneeksi lämpöenergiaksi. Savukaasuihin sitoutunut lämpö pyritään hyödyntämään mahdollisimman

tarkkaan jäähdyttämällä savukaasuja erilaisissa höyryntuotannon lämmönvaihtimissa ennen kuin savukaasut johdetaan savukaasujen puhdistuksen ja savupiipun kautta ympäristöön. (Huhtinen ym. 2000, 7.)

4.2 Osat

Kattilan keskeiset vesi-höyrypiirin osat ovat vedenesilämmitin, lieriö, höyrystin ja tulistin (kuvio 4). Kattilaan tuodaan syöttövesi syöttövesipumpun avulla syöttövesisäiliöstä. Ensin vesi johdetaan savukaasulämmitteiseen syöttöveden esilämmittimeen ja lämmitetään lähelle kylläistä lämpötilaa. Esilämmittimen avulla saadaan savukaasujen lämpötilaa lasketuksi ja kattilan hyötysuhdetta parannetuksi. Lämmennyt syöttövesi johdetaan lieriöön ja siitä laskuputkia pitkin tulipesää ympäröivien höyrystinputkien alapäähän. Putkissa osa vedestä höyrystyy. Höyrystinputkista kylläisen veden ja vesihöyryn seos palaa takaisin lieriöön, jossa muodostunut höyry ja vesi erotetaan toisistaan. Höyry nousee lieriön yläosaan ja virtaa sieltä tulistimeen. Höyrystymättä jäänyt vesi sekoittuu lieriöön syötettävään uuteen syöttövedeen ja virtaa laskuputkia pitkin höyrystinputkiin. Luonnonkiertokattilassa veden ja vesihöyryn kierto lieriön ja höyrystimen välillä perustuu veden ja vesihöyryn tiheyseroon. (Huhtinen ym. 2000, 113.)

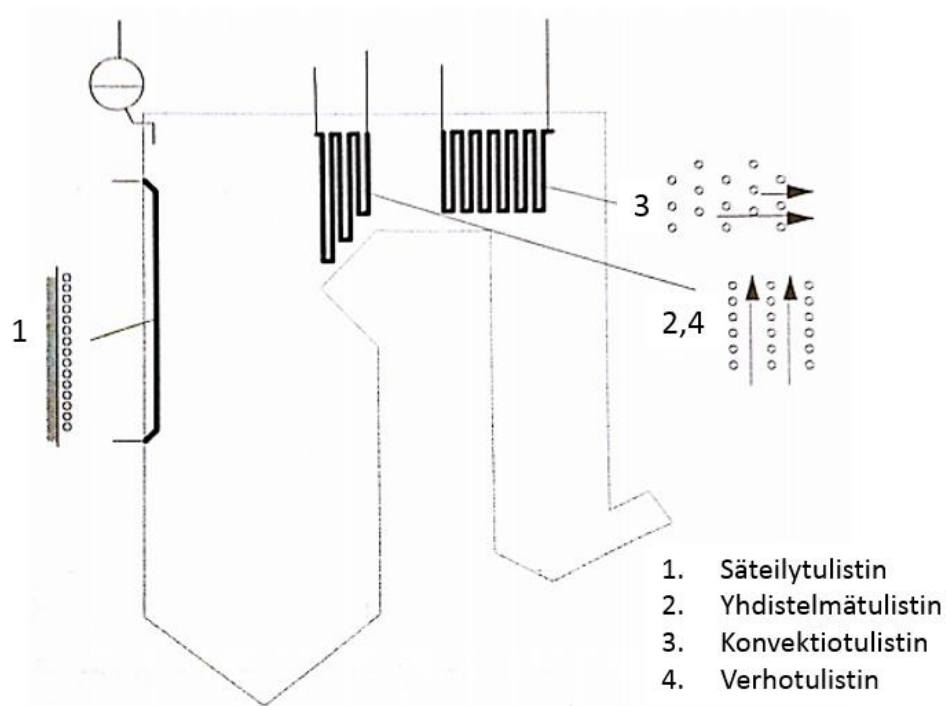


KUVIO 4. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym., 2000, 113)

4.3 Tulistin

Mitä kuumempaa höyry saadaan johdetuksi höyryturbiiniin sitä enemmän siitä saadaan liike-energiaa. Nykyään kaikissa voimalaitoksissa onkin tulistin. Tulistuslämpötilat ovat materiaalitekniisten rajoitusten vuoksi maksimissaan n. 550 °C, eli höyry johdetaan parisataa astetta tulistuneena. (Huhtinen ym. 2000, 188.)

Tulistimet voidaan sijoitustapansa mukaan jakaa säteily-, verho-, konvektio- ja yhdistelmätulistiin (kuvio 5).



KUVIO 5. Tulistimien sijoittelu (Huhtinen ym. 2000, 189)

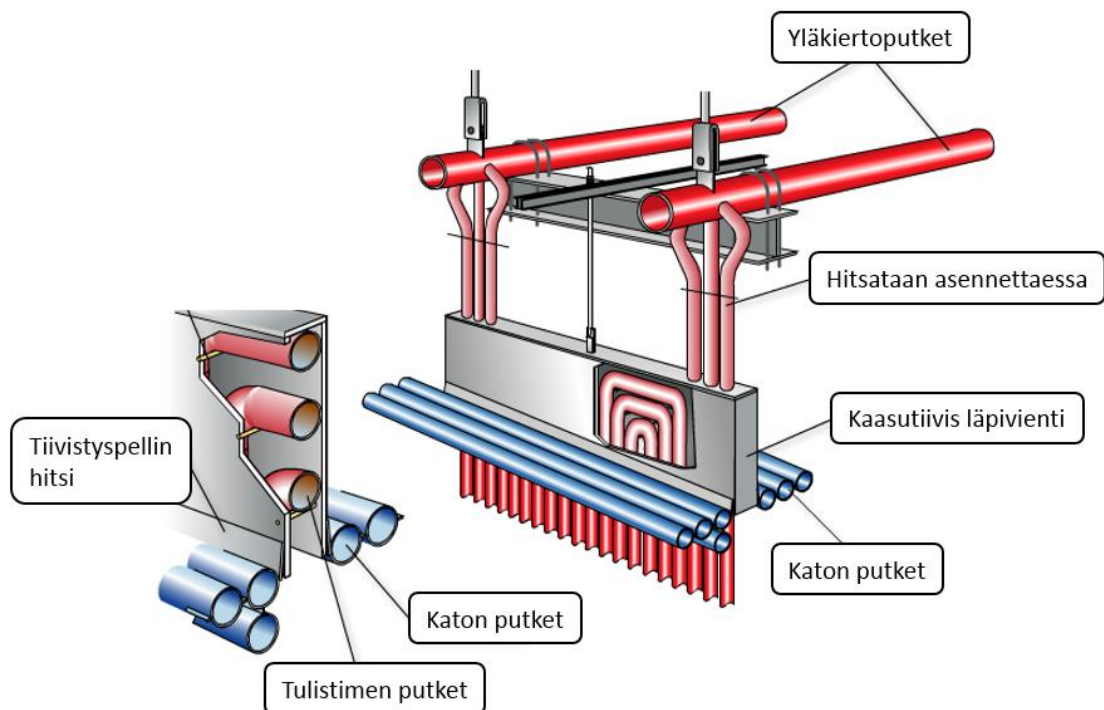
Säteilytulistin (1) sijaitsee tulipesän yläosassa ja lämpöenergia siirtyy siihen pääosin liekeistä säteilemällä. Verhotulistin (4) toimii säteilytulistimen periaatteella, mutta sillä on toinenkin tehtävä. Se on rakennettu savukaasujen poistoaukkoon suojaamaan jäljempää tulistimia savukaasujen epäpuhtauksilta. Verhotulistimia käytetään pääsääntöisesti vain pahasti likaavien polttoaineiden kanssa, kuten hiili ja turve. Konvektiotulistin (3) on höyrykattiloiden yleisin tulistintyyppi. Se sijoitetaan kattilan tulipesän jälkeen niin, että se on

suoja- ja liekkien säteilyltä. Lämpö siirtyy vain kosketuksen eli konvektion kautta. Yhdistelmätulistimia (2) käytetään tulistinryhminä, joista osa toimii säteilytulistimena ja osa konvektiotulistimena. (Huhtinen ym. 2000, 189–190)

Luonnonkiertokattilat eivät sovi korkeille höyrynpaineille, koska veden ja höyryn tiheys-ero pienenee paineen noustessa. Käytännössä tulistimesta ulostulevan höyryn paineen tulee olla alle 170 bar, jotta luonnonkierto toimisi. Tällöin veden tiheys on vielä noin viisikertainen höyryn tiheyteen verrattuna. Kriittisessä paineessa ($p = 221 \text{ bar}$) veden ja vesihöyryn tiheys on yhtä suuri eli 315 kg/m^3 . (Huhtinen ym. 2000, 114.)

4.4 Kattokaappi

Kattokaappi on kaasutiivis tila tulipesän yläpuolella, jossa on tulistimien ripustukset niiden riipputtamiseksi. Kattokaapissa kulkee myös yläkiertoputket, joiden kautta tulistimissa tulistettu höyry kulkee lieriöön (kuva 1).

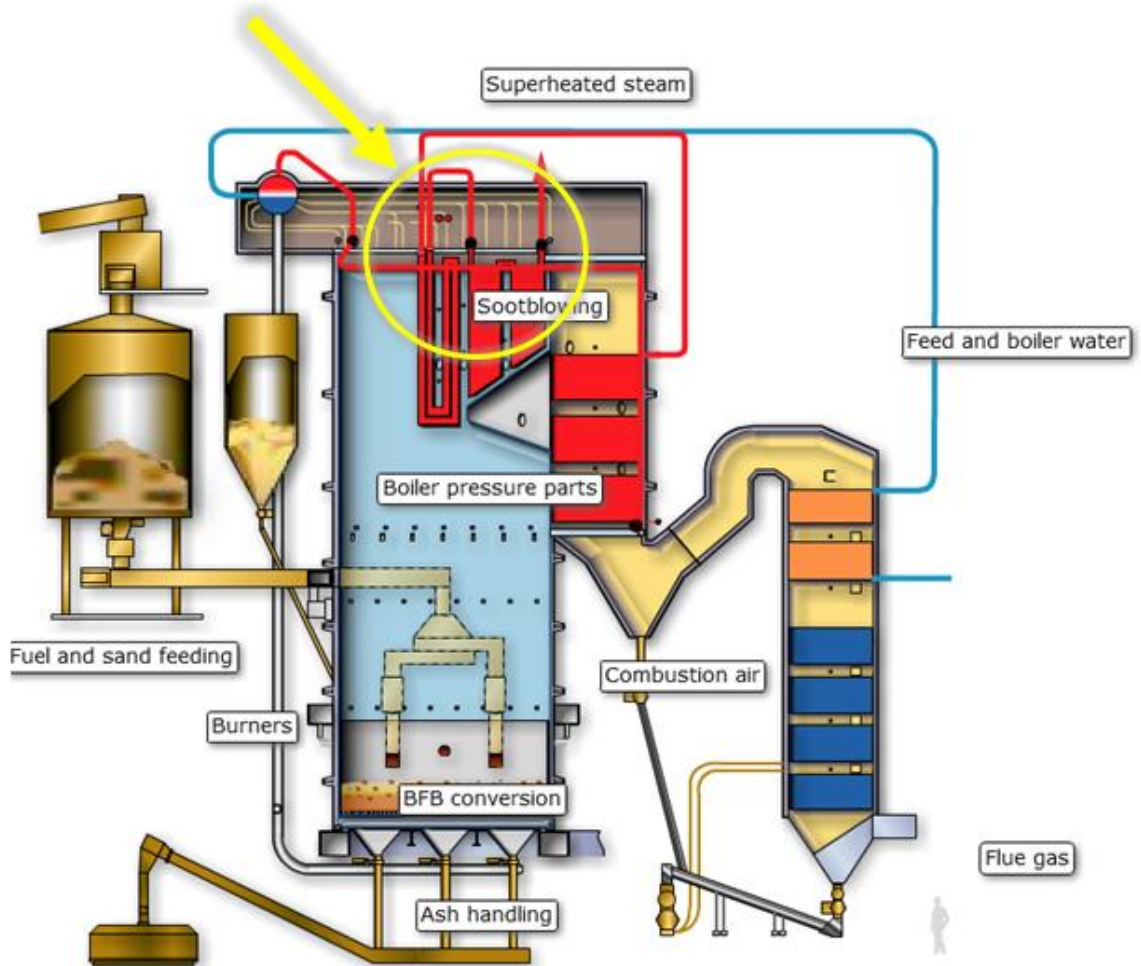


KUVA 1. Kattokaapin tiivistys ja yläkiertoputket (Valmet MyAcademy)

Leikkuri suunniteltiin kuvassa 5 näkyvän tulistimen ja kattoputkien välissä olevan tiivistyspellin irrottamiseen.

4.5 Kattilalaitos

Kokonaiseen kattilalaitokseen kuuluu paljon muutakin toimiakseen (kuva 2). Tähän opinnäytetyöhön liittyvät osat ovat kattokaappi, tulistimet sekä tiivistyspelti.



KUVA 2. Leijupetikattilalaitos, jossa kattokaappi ympyröity (Valmet MyAcademy, muokattu)

5 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

5.1 Käyttökohde

Laitetta tullaan käyttämään tulistimen tiivistyspellin hitsisauman leikkaamiseen kattokaapissa. Hitsisaumat täytyy leikata pois, kun tulistimet halutaan vaihtaa. Tiivistyspelti erottaa kattokaapin tulipesästä ja tekee tilasta kaasutiiviin. Tiivistyspeltejä on jokaisessa tulistimessa molemmilla sivuilla, joten avattavia saumoja on useita kymmeniä. Työn teettäminen ihmisellä on mahdollista, mutta hankalaa, koska tulistimien välit ovat kapeita, alle 20 cm.

5.2 Tavoitteet

Tehtäväksi asetettiin työkalun suunnittelu siihen vaiheeseen, että ensimmäinen prototyyppi on mahdollista valmistaa. Tällöin tiedossa on oltava materiaalit, komponentit ja piirustukset kaikista osista sekä kokoonpanoista.

Laitteen toiminalliseksi tavoitteeksi asetettiin sen helppokäyttöisyys. Silloin mahdollisimman moni osaisi sitä käyttää. Laitteen käyttämiseen riittää kaksi työntekijää joista kummankaan ei tarvitse mennä ahtaisiin väleihin. Tavoitteena oli myös, että laitteella leikattu tiivistyspelti voidaan käyttää uudelleen. Laitteen kestävyys ja käytettävyyys huomioiden, laitteessa ei saa olla työmaaolosuhteissa herkästi hajoavia osia.

Laitteen on tarkoitus nopeuttaa tehtävää työtä. Työn nopeuttaminen aiheuttaa suunnitellun monia huomioitavia asioita. Laite täytyy olla nopeasti kiinnitettävissä, irrotettavissa ja siirreltävissä. Laitteessa ei saa olla jatkuvaa huoltoa vaativia osia. Lisäksi laitteen siirtäminen täytyy olla tehtävissä itseään tai muita vaarantamatta.

5.3 Työturvallisuus

Olosuhteet kattokaapissa tiivistyspeltien leikkaamiseen ovat epämukavat. Tilat ovat ahtaat, minkä vuoksi työasennot ovat epämukavia, sisältäen polvillaan työskentelyä. Ahtauden vuoksi myös raitisilmamaskin käyttö hankaloituu, mikä tekee työstä entistä vaaralli-

sempaa ja epäterveellisempää. Huono työasento pitkäkestoisessa työssä voi johtaa onnettomuuksiin tai fyysisiin sairauksiin. Yleisin vakava työtapaturma tätä työtä tehdessä on roskan joutuminen silmään, josta seuraa henkilölle aina lääkärissä käynti ja mahdollisesti myös sairauslomaa. Työ on usein myös ajallisesti kriittinen, josta aiheutuu kiirettä työn tekemiseen. Kiirettä on tutkittu työoloja haittaavana tekijänä ja yli neljäsosa kokee kiireen haittaavan työtään (Sutela & Lehto 2014).

Työturvallisuuden kannalta leikkurin suunnittelussa on otettava huomioon useita seikkoja. Tulistinleikkurilla leikatessa työntekijän työasunnoista tulee saada ergonomisemmat. Ja kuten aikaisemmin mainittu, ahtaisiin väleihin meneminen täytyy saada poistettua. Silloin raitisilmamaskin käyttö on mahdollista.

5.4 CE-merkintä

Koneeseen on tarkoitus saada CE-merkintä. Siksi koneen suunnittelussa kiinnitettiin erityisen paljon huomiota valmiiden- ja standardoitujen osien tai osakokoonpanojen hyödyntämiseen.

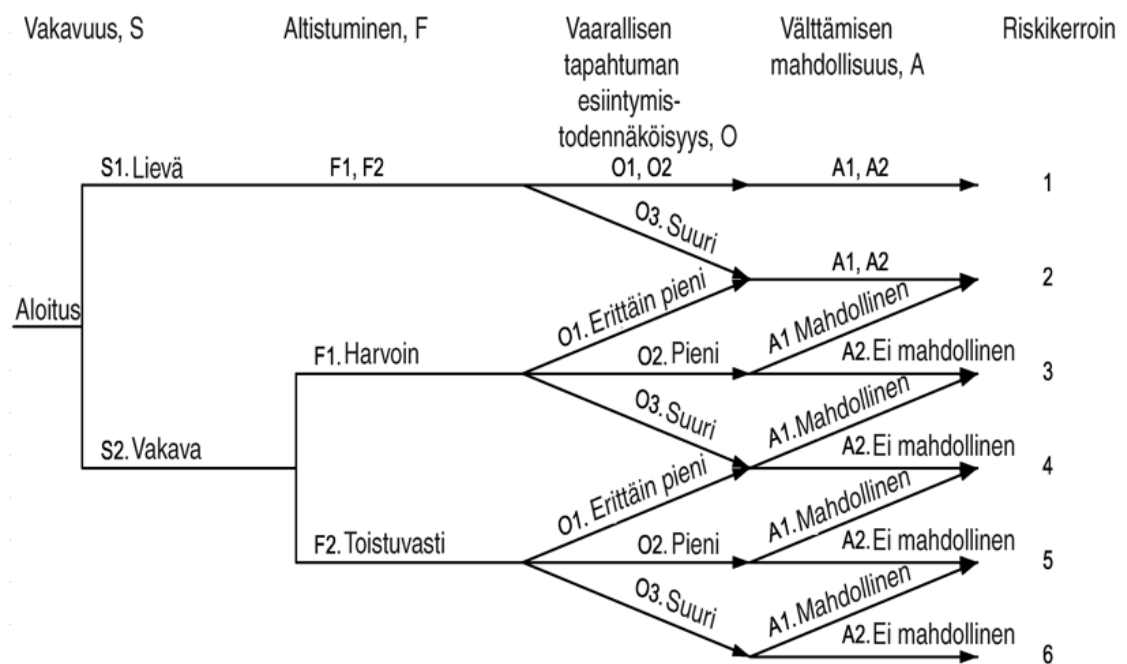
Konedirektiivin soveltamisoppaan mukaan (2006/42/EY), voidakseen kiinnittää CE-kilven koneeseen, tulee valmistajan tehdä vähintään seuraavat asiat:

- Suunnitella kone hyvän konepajakäytännön mukaisesti tai jos mahdollista, soveltaa konedirektiivin harmonisoituja tuotestandardeja
- Tehdä konedirektiivin 2006/42/EC ja standardin EN12100 mukainen riskien arviointi (liite 1), sekä viedä sen tulokset suunnitelmiin. Jos kaikkia havaittuja riskejä ei mahdollista poistaa rakenteellisesti, tulee ne huomioida käyttö- ja huolto-ohjeissa
- Tehdä käyttö- ja huolto-ohjeet
- Kasata tekninen tiedosto (liite 2)
- Kiinnittää laitteeseen CE-kilpi
- Laatia vaatimustenmukaisuusvakuutus.

Koneiden valmistajien on tehtävä **riskien arviointi**, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voitaisiin määrittää. Valtioneuvoston asetus työvälaineiden turvallisuudesta ja tarkastamisesta (403/2008) -mukaan, työnantajan on selvitettävä ja

arvioitava järjestelmällisesti kaikkien koneiden turvallisuus. Erityisesti koneiden riskien arviointia on tehtävä tuotannon ja työmenetelmien muutosten yhteydessä (Inspecta.fi).

Riskien arviointi tehdään konedirektiivin 2006/42/EC ohjeiden mukaan ja tulokset syötetään taulukointiohjelmaan (esim. Excel). Konedirektiivistä on arvioitava liitteessä 1 olevat kohdat 1.1.1–1.6.5 (liite 1). Taulukossa täytyy arvioida tapaturman vakavuus, altistuminen, vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyys ja välttämisen mahdollisuus. Riskikerroin on väliltä 1–6, jossa suurempi luku kuvaa suurempaa riskiä (kuvio 6). Kun riski on arvioitu, kehitetään tapa pienentää riskiä, minkä jälkeen riski arvioidaan uudelleen. Riskien arviointi johti suunnittelun iterointiin. Iteroivassa menetelmässä suunnitelma laaditaan peräkkäin useana versiona, joista ensimmäisen version ei oletetakaan vielä olevan paras mahdollinen (2007). Tämän jälkeen suunnitelmaa parannellaan pienin asteittaisin muutoksin (Routio 2007). Esimerkki riskin arvioinnista on esitetty taulukoissa 1–3.



KUVIO 6. Riskigraafi

Taulukko 1. Riskialtis tapahtuma

Hazardous conditions		
2006/42/EC	Hazard situation	Hazardous event
1.1.4	Lighting	Weak lighting could cause tripping

Taulukko 2. Riskin arviointi

Risk estimation					
Severity	Exposure	Probability	Avoidance	Risk index	Risk reduction
2	2	2	1	4	Required 1000 lx working lighting

Taulukko 3. Riskin arviointi riskin pienentämisen jälkeen

Risk estimation after risk reduction					
Severity	Exposure	Probability	Avoidance	Risk index	Comments
2	1	1	1	2	

5.5 Suunnittelun aloitus

Leikkurin varsinainen visiointi aloitettiin yllä lueteltujen ehtojen ollessa selvillä. Ensimmäisessä tuotekehityspalaverissa päätettiin leikkurin toiminta suurpiirteisesti. Tuotekehitysprojekteissa ei ole mahdollista suunnitella aktiviteettejä etukäteen, koska projekti määrittää ne (Turner 2009, 21). Tämän vuoksi ei vielä tiedetty, mitä seuraavilla suunnittelukerroilla käsiteltäisiin. Suunnittelussa edetään suunnittelupalaveri kerrallaan.

6 KOMPONENTIT JA NIIDEN VALINNAT

6.1 Moottori

Vaatimuksena oli, että energianlähteenä leikkurille käytetään ainoastaan paineilmaa. Moottorin vertailussa oli kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä suunniteltaisiin oma versio hiomakoneesta, jossa kokoonpantaisiin kulmahiomakonemainen laite osista. Tällöin hankittaisiin paineilmamoottori, kulmavaihde ja kiinnikkeet, jonka jälkeen suunniteltaisiin niille runko, jotta osat pysyisivät koossa. Tällä tavalla voitaisiin päästä optimaalisimpaan ratkaisuun, mutta se kuluttaisi käytössä olevia suunnittelutunteja monin kerroin enemmän kuin toinen vaihtoehto.

Toisessa vaihtoehdossa hankittaisiin sama kulmahiomakone, joita toimeksiantajalla on jo käytössä. Kulmahiomakonetta modifioitaisiin tarpeen mukaan tähän tarkoitukseen sopivaksi. Etuna valmiin koneen käyttämisessä on hyvä varaosien saatavuus, valmiiksi CE-merkitty kone ja se on työntekijöille tuttu työkalu. Haittapuolena hiomakoneen kokoon ei voi vaikuttaa mitenkään.

Valmiin koneen käyttämiseen päädyttiin niistä syistä, että sille löytyy hyvin varaosia ja se on CE-merkitty kone. Kone myös mahtuu ahtaimpaankin väliin jättäen vielä muutaman senttimetrin tilaa työskentelylle (liite 3). Kulmahiomakoneen valmistaja on Atlas Copco (kuva 3). Valmistaja kertoo, että GTG 40 on todennäköisesti markkinoiden tehokkain käsikäyttöinen hiomakone. Yksivaiheinen turbiinimoottori takaa todella ensiluokkaisen suorituskyvyn. Silti tämä 4,5 kW:n hiomakone painaa alle 4,5 kg (Atlas Copco 2016).



KUVA 3. Atlas Copco GTG-40 F066-23 (Atlas Copco)

6.2 Kiskot

6.2.1 Liukukisko

Kiskoratkaisuja ja -vaihtoehtoja on monia. Prioriteettina kiskolle oli olla mahdollisimman kevyt, mutta riittävän kestävä. Rollco Oy mainostaa olevansa lineaaritekniikan asiantuntija ja heiltä löytyy mm. lineaarijohteita sekä hihna- ja ruuvivetoisia lineaariyksiköitä (Rollco 2017). Yrityksellä oli esillä laaja valikoima erilaisia lineaariliikettä toteuttavia ratkaisuja ja niistä kaksi soveltui tähän tarkoitukseen.

Ensimmäinen vaihtoehto oli kalliimpi ja painavampi, mutta sillä voisi toteuttaa vakaan ja tarkan liikkeen. Lisäksi siinä oli kuljetus integroituna. Siinä yhdistyvät kuulajohde sekä hammashihna, jolloin aikaa säästyisi suunnittelussa sekä asennuksessa (kuva 4). Ongelmaksi tässä hihnavetoisessa lineaariyksikössä muodostui sen paino. Leikkuri täytyy olla helposti siirrettävissä, jolloin paino ei saa ylittää suosituksia yhden työntekijän osalta. Työterveyslaitoksen julkaisemassa selvitysohjeessa sanotaan 25 kg olevan taakka, jonka pystyvät turvallisesti nostamaan lähes kaikki miehet ja 2/3 naisista hyvässä nostotilanteessa (2004). Toistuvassa nostamisessa ja puutteellisessa nostotilanteessa painoraja on alempi (Työpaikan ergonominen selvitysohje 2004).



KUVA 4. Lineaariyksikkö (Rollco)

Lineaariyksikkö on monta kertaa painavampi kuin vertailussa ollut toinen vaihtoehto C-johde (kuva 5). C-johde painaa 2,3 kg/m. C-johde on pienikokoinen ja pienikitkainen lineaarijohde, joka on hiljainen käyttää. Rullakelkoissa on kolme rullaa, jotka asetetaan johteen urille. Järjestelmä sopii mainiosti käyttökohteisiin, joissa esiintyy likaa ja muita

epäpuhtauksia. C-kisko on 4 mm seinämävahvuutensa ansioista myös kestävä. Sen luvataan kestävän 1600 N säteittäistä kuormitusta ja 860 N aksiaalista kuormitusta (Rollco). Kiskon taipuma, siirtymä ja ominaisvärähtelyn vaikutukset kuitenkin lasketaan tulevaisuudessa vielä lujuuslaskennalla. C-kisko täyttää myös yhden tärkeimmistä kriteereistä, joka on sen välyksettömyys. Yhden asteen välitys yläpäässä aiheuttaa merkittävää leikkausepäätarkkuutta. Pituus kiskosta leikkaavaan kohtaan on n. 350 mm. Tällöin 1° välitys aiheuttaa n. 6 mm liikkeen leikkaavaan kohtaan (kaava 1).

$$\tan(1^\circ) \cdot 350 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm} \quad (1)$$



KUVA 5. C-johde (Rollco)

6.2.2 Kuljetuskisko

Koska C-johteessa ei ole kuljetusta, kuten lineaariyksikössä on hammashihna, täytyi siihen liittää vielä toimiva kuljetin. Kuljetin täytyy olla likaa ja pölyä kestävä kuten C-johdekin. Vaatimuksina oli myös mahdollisimman huoltovapaa ja kevyt kuljetin. Tähän löytyi vaihtoehto nosto-ovissa käytetyistä kiskoista. Kiskot ovat kevyitä (n. 10 kg), niissä on valmiiksi sopiva välitys ja niissä on kestävä teräsvahvisteinen hammashihna.

Kuljetuskiskon toimintaperiaate on yksinkertainen. Teräsvahvisteinen hammashihna kiertää molemmissa päissä olevat muoviset hammaspyörät. Hammashihna pidetään kireällä toisessa päässä olevasta jousikuormitetusta pultista kiristämällä. Toisessa päässä on hammaspyörään sisällytetty uraholkki, johon tavallisesti nosto-oven moottorin uritettu akseli sovitetaan. Hammashihnaan on kiinnitetty kelkka, joka liikkuu hammaspyörien

pyöriessä. Kelkka kiinnitetään C-johteen rullakelkkaan, jolloin saadaan leikkurille lineaariliike esimerkiksi käsipyörällä. Kaikki edellä mainittu on suojattu 1,5 mm sinkityn teräskotelon sisään. Myöhemmin Ulrich & Eppingerin (2008) yleisessä tuotekehitysprosessissa esittämä vaihe 4 (= testaus) osoittaa sen, miten nosto-ovissa käytetty kisko toimii tässä ratkaisussa.

6.2.3 Sivuliike

Sivuliike vaati myös kiskon tai johteen, jotta leikkausta voidaan säätää sivusuunnassa. Sivukiskon täytyy kestää molemmista pituussuuntaisista kiskoista sekä kestää myös leikkurista aiheutuvat voimat. Sivukiskon täytyy myös olla käännettävissä pituussuuntaan leikkurin siirtelyn helpottamiseksi. Rakennustarvikeliikkeistä löytyy liukuovissa käytettyjä kiskoja, jotka kestävät reilusti yli 100 kg kuormia, mutta ovat silti rakenteeltaan kevyitä. Kiskoihin löytyy valmiit laakeroidut ovipyörästöt, joihin ovi tulee kiinni keskellä olevasta pultista. Keskeisyys on oleellista, koska se mahdollistaa sivukiskon pyörimisen. Näin saadaan kisko käännettyä pituussuuntaan. Liukuovikiskoihin myydään lisäksi seinäkannattimia, joita voidaan leikkurissa hyödyntää tulistinkiinnittimiin.

6.3 Ohjainkaapeli

Pystysuuntainen liike tarvitsee olla koko ajan käyttäjän hallinnassa. Liike olisi mahdollista toteuttaa esimerkiksi hydraulisesti, pneumaattisesti tai sähköisesti. Sähkö poissuljettiin, koska leikkuriin johdetaan ulkoisesti ainoastaan paineilmaa. Lisäksi esimerkiksi askelmoottorilla toteutetussa liikkeessä katoaa käyttäjän oma tunto itse leikkaamiseen. Hydraulisesti liike olisi mahdollista toteuttaa, ja sillä saisi leikkaamiseen hyvän tuntuman, mutta se vaatii arkojen letkujen vetämisen muuten avonaiseen laitteeseen. Hydraulista ratkaisua ei silti suljeta pois täysin, ja se voidaan ottaa käyttöön leikkurin myöhemmissä versioissa, jos se nähdään tarpeelliseksi. Pneumatiikalla saadaan nopeutta, mutta leikkurissa on etua hitaista liikkeistä hyvän leikkuun aikaansaamiseksi. Pneumaattisessa järjestelmässä katoaa myös käyttäjän oma tunto, kuten sähköisessäkin.

Ohjainkaapeleita myydään alan kaupoissa nimellä ”veto-/työntövaijeri”. Veto-/työntövaijerilla voidaan nimensä mukaisesti tehdä molemman suuntaista liikettä. Sen päät ovat jäykät kierteitettyt terästangot ja keskeltä se on taipuisa teräsvaijeri. Kova muovikuori sul-

kee kaiken sisäänsä ja kuoren päällä molemmissa päissä on n. 200 mm matkalta teräskuorta, joissa on kierre (kuva 6). Veto-/työntövaijereita käytetään esimerkiksi traktoreiden hydraulikassa, jossa käyttövipu on ergonomisesti käyttäjän lähellä, mutta ohjausventtiili on sivumpana. Vetävä ja työntävä liike saadaan ohjausventtiilille vaijerin avulla. Leikkuri vaati pystysuuntaista liikettä n. 60 mm, ja veto-/työntövaijereissa iskunpituus on 85 mm (Veto-/työntövaijeri). Pystysuuntaisen liikkeen pituus määritettiin suurimman käytettävän katkaisulaikan säteestä ja laikan tehokkaasta hyödyntämisestä.



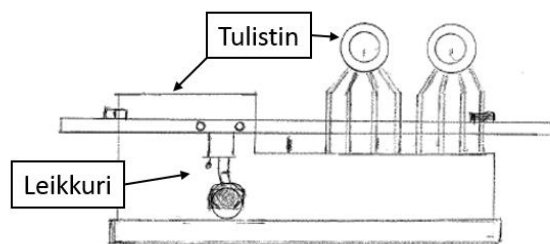
KUVA 6. Veto-/työntövaijeri tai "ohjainkaapeli" (IKH)

7 SUUNNITTELU

Luo paljon ideoita. Useimmat ammattilaiset uskovat, että mitä enemmän tiimi luo ideoita, sitä varmemmin tiimi tutkii kaikki mahdolliset ratkaisut. Kun huomio kiinnittyy laadun sijasta määrään, on kynns ideoiden esittämiseen usein matalampi. Tällöin henkilöt yleensä rohkaistuvat jakamaan sellaisiakin ideoita, joita eivät muuten mainitsisi. Jokainen idea toimii kannustimena uudelle idealle, jolloin suuremmalla määrällä ideoita on potentiaalia nostaa esiin entistä enemmän ideoita. (Ulrich & Eppinger 2008, 108)

7.1 Layoutin luominen

Laite oli hahmoteltu hyvin yksinkertaisesti lyijykynällä paperille (kuva 7). Piirroksessa oli kuvattu tulistimiin kiinnitettävät kiskot, joita pitkin leikkuri liikkuu. Pituussuuntaiselle liikkeelle ei löytynyt yhtä toimintavarmaa vaihtoehtoa, kuin kiskot. Aiemmin vertailtiin sopivimmat kiskot leikkurille. Äärimitat täytyi selvittää, tutkimalla piirustuksia Valmetin valmistamista tulistimista. Erilaisia tulistimia löytyy useita, joten layout täytyi luoda siten, että leikkuri sopii niin ahtaimpaan ja leveimpään väliin, kuin matalimpaan ja korkeimpaan tulistimeen.



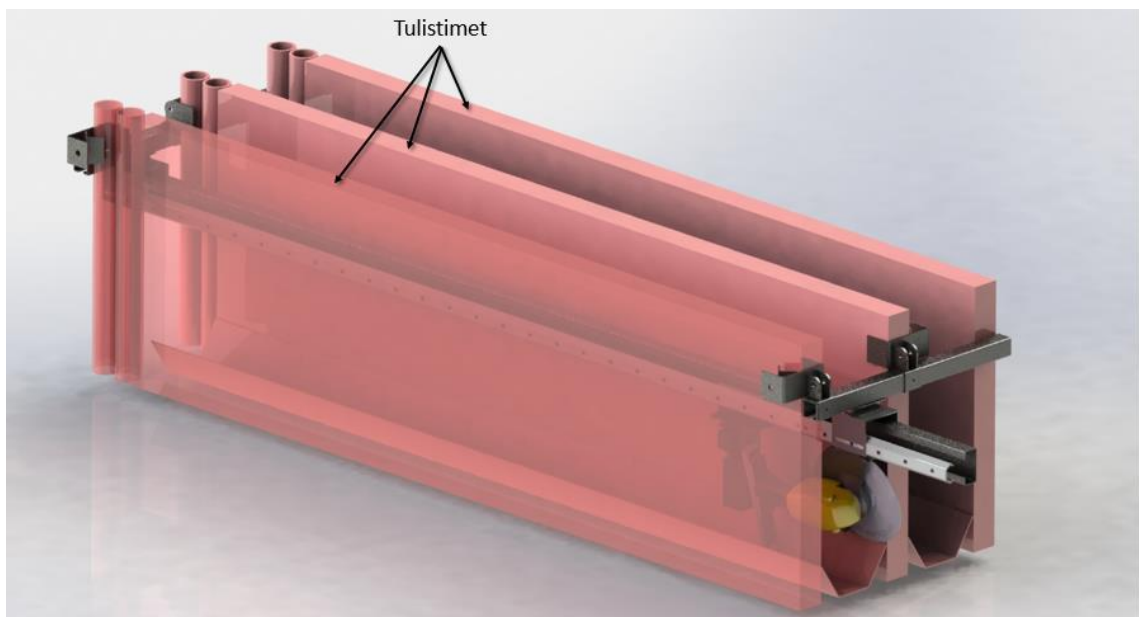
KUVA 7. Laitteen hahmotelma lyijykynällä (Kuva: Timo Lahtinen 2015, muokattu)

Leikkurin korkeus määräytyi matalimman tulistinkonstruktion mukaan. Maksimileveyden määrittä tulistimien jaot sekä putkivahvuudet. Valmetin tekemissä kattiloissa tulistimia on useilla eri jaolla, joista kapein on 228,6 mm. Käytettyjä putkivahvuuksia tulistimissa on välillä $\varnothing 31,8$ – $\varnothing 63,5$ mm. Näiden perusteella voidaan ahtaimmaksi väliksi laskea 165,1 mm (kaava 2).

Tulistimien kapein väli:

$$228,6 \text{ mm} - 63,5 \text{ mm} = \mathbf{165,1 \text{ mm}} \quad (2)$$

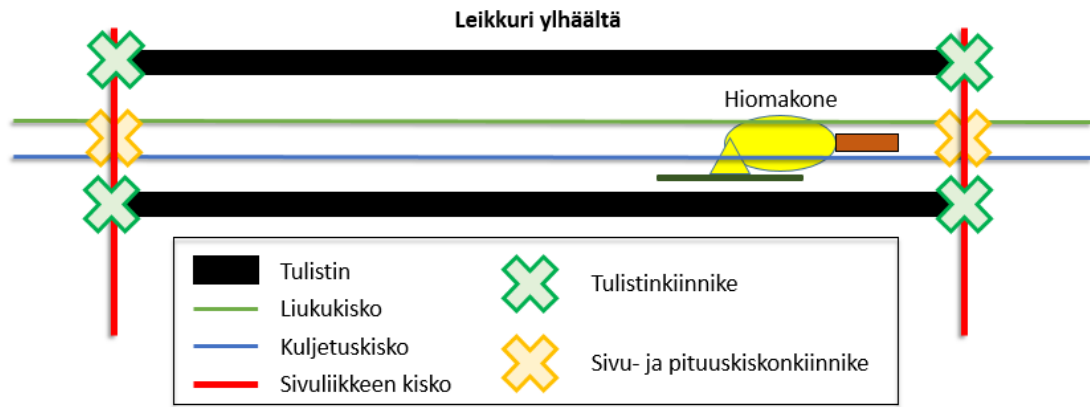
Kun pituus, korkeus ja leveys olivat tiedossa, luotiin layout, johon kappaleita kiinnitettiin. Ympäristön huomioiminen on suunnittelussa ensisijaista, joten hyvin alkuvaiheessa mallinnettiin tulistimet leikkurin kokoonpanoon (kuva 8). Kun layout on luotu hyvin, voidaan siitä muuttaa mittoja, joita sitten kaikki mallinnetut kappaleet seuraavat. Näin on helppo tarkistaa, toimiiko suunnitelma kaikilla eri tulistintyypeillä.



KUVA 8. Leikkurin ensimmäinen kokoonpano

7.2 Tulistinkiinnike ja sivukiinnike

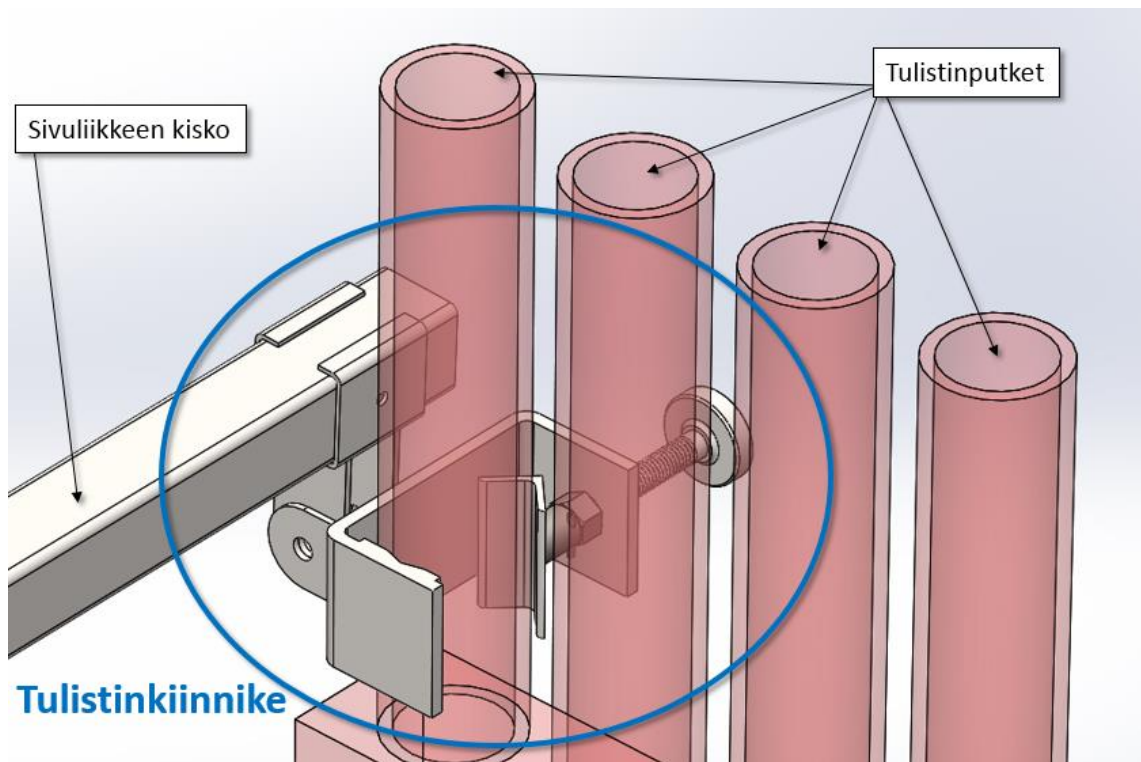
Kiinnityksiä leikkurin toiminnan mahdollistamiseksi tulee useita ja lähes jokainen kiinnitys täytyi suunnitella tähän tarkoitukseen sopivaksi, koska valmiita tuotteita ei löytynyt. Ylhäältä alas katsottaessa, tulee ensimmäisenä kiskojen kiinnitys tulistimiin. Pysyäkseen tukevasti tasapainossa tarvitsee laite kiinnityksen jokaiseen nurkkaan (kuvio 7).



KUVIO 7. Leikkurin kiinnikkeet

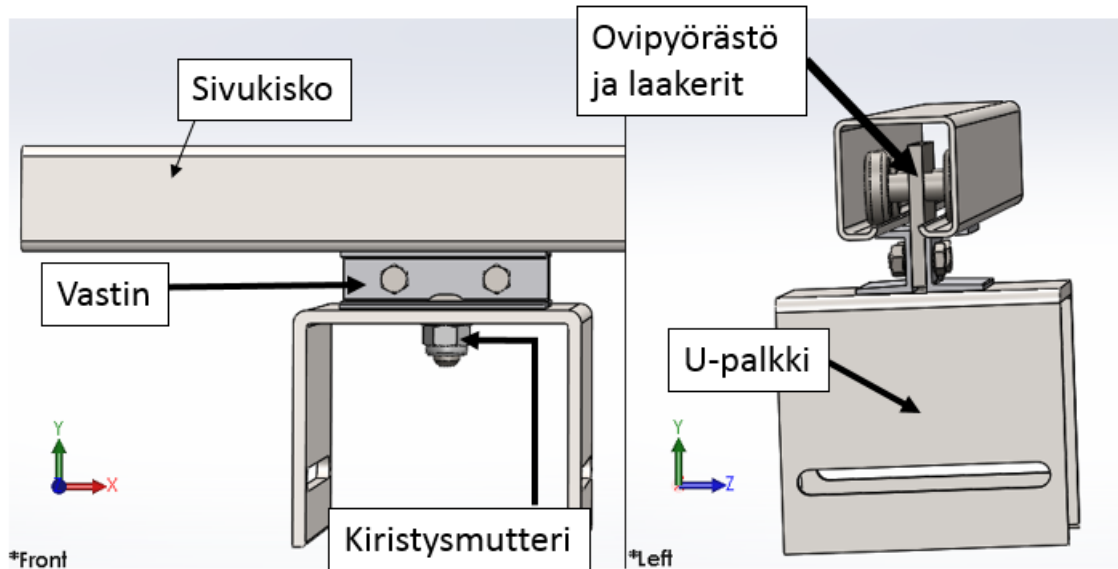
Tulistinkiinnikkeet kantavat koko laitteen massan. Sivu- ja pituusiskonkiinnikkeet kantavat pituusiskojen ja leikkurin massat. Tulistinkiinnikkeet avataan ja kiristetään aina kun laite siirretään seuraavaan väliin, joten niiden täytyy olla kulutusta kestävä, ergonomiset ja tarttuvat. Seuraavaksi tulee kiinnitys sivuliikkeen kiskon ja pituussuuntaisten kiskojen väliin. Pituussuuntaisen liukukiskon ja hiomakoneen väliin tulee vielä kiinnitykset, jotka ovat osa hiomakonetta kannattelevaa runkoa.

Tulistinkiinnikkeen mittoihin ja muotoihin vaikuttivat erilaiset tulistinmallit. Putkivahvuudet vaihtelevat välillä 31,8 mm – 63,5 mm, jolloin kiinnikkeen on toimittava sillä skaalalla. Tämä vaikuttaa kierteen pituuteen ja kiinnikkeen leveyteen. Lisäksi kiinnikkeellä on pystyttävä ottamaan kiinni tukevasti myös tasaisesta pinnasta. Kiinnike ajateltiin ruuvipuristimen variaatioksi, jolloin mitään täysin uutta ei tarvitse luoda. Materiaaliksi käy S235 lujuusluokan teräs tai parempi. Kiinnike toimii samalla saranana pituussuuntaisille kiskoille, koska kattilan katossa voi olla 0-2° kaltevuutta. Tulistinkiinnike on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Tulistinkiinnike

Sivukiinnike (tai sivusäätö) täytyi suunnitella pyöriväksi ja molemmat pituussuuntaiset kiskot kantavaksi rakenteeksi. U-palkki oli yksinkertainen ratkaisu kahden kiskon (C-johde ja kuljetuskisko) kiinnittämiseksi vastakkain. Kuvassa 10 on esitetty liukuovikisko ja sen ovipyörästä. Ovipyörästä ei vaadi muuta muokkausta kuin kierteen lyhentämisen 25 mm:iin (alkuperäinen 180 mm). Kiristysmutterista sivuliike saadaan lukittua, kun vastin painautuu yläpuolista kiskoa ja alapuolista U-palkkia vasten. Vastaavasti ovipyörästäön läpireiät ovat vastimen kohdassa soikeat, jotta vastin irtaantuu molemmista pinnoista mutteria löysättäessä.



KUVA 10. Sivukiinnike

7.3 Liikkeet ja säädöt

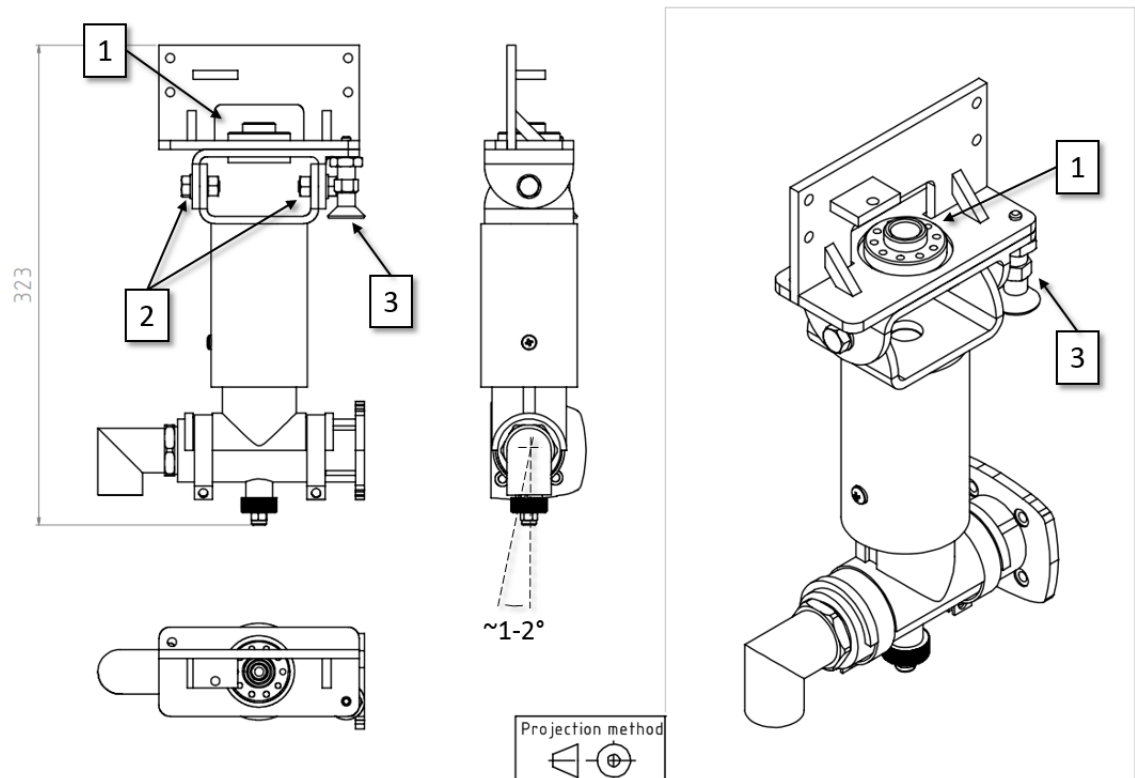
Koska laite leikkaa levyä suoraan pituussuunnassa, vaati se pituussuuntaisen liikkeen mahdollistavan kiskon. Pystysuunnassa laitteen täytyy liikkua laikan kulumisen verran, joten pystysuuntainen liike täytyy olla käyttäjän säädeltävissä. Laikan leikkauskulma täytyy myös olla säädettävissä leikkaamisen onnistumisen takaamiseksi. Ja koska laitteella on tarkoitus pystyä leikkaamaan yhdellä kiinnityksellä tulistimien välissä molemmat tiivistyspeltien saumat auki, täytyy laitteen liikkua myös sivusuunnassa, sekä kääntyä 180° päädyissä. Tulistimia ja tiivistyspeltejä on erilaisia, joten koko laite täytyy olla kiinnitettävissä erityyppisiin paikkoihin. Kaikkiaan liikkeitä on viisi kappaletta:

- pituussuunta
- pystysuunta
- sivusuunta
- kallistus
- kääntö 180°.

7.4 Toimintorunko

Osakokoonpano pituussuuntaisten kiskojen ja hiomakoneen välillä nimettiin toimintorungoksi (kuvio 8). Toimintorungolla on monta tehtävää ja siksi se on merkittävä leikkurin

kokoonpanossa. Toimintorungon monimutkaisuudesta johtuen sen suunnitteluun käytettiin eniten aikaa koko leikkurista.



KUVIO 8. Toimintorunko: 1=ontto läpipultti, 2=nivel ja 3=pikalukitus

Toimintorunko kiinnittyy kiskoon aivan ylhäällä sijaitsevasta levystä ja siihen poratuista neljästä reiästä. Rungon ala- ja yläosa kiinnittyvät toisiinsa erikoisvalmisteisella, ontolla läpipultilla (1). Läpipultti suunniteltiin ontoksi, sillä se on pyörähdyskeskiössä. Ohjainkaapeli saadaan silloin tuotua pyörähdyskeskiön lävitse, eikä ohjainkaapeli ole tiellä päädyissä tehtävissä 180° käänöksissä. Ohjainkaapeli kulkee sen lävitse aivan toimintorungon alas asti. Rungon täytyy kääntyä pieneen kulmaan leikkauksen onnistumiseksi ($\sim 1^\circ - 2^\circ$). Tämän mahdollistaa yläpään nivel (2), jota säädetään löysäämällä ja kiristämällä kahta yläpään vaakatasossa olevaa läpipulttia. Kun laite halutaan kääntää 180°, löysätään onttoa läpipulttia ja avataan pikalukitus (3). Hiomakone kiinnittyy muokatusta kahvas-taan kiinni pidentyvän varren sisempään putkeen. Tässä kiinnityksessä on vielä mahdollisuus muuttaa hiomakoneen kulmaa $\sim 1^\circ - 2^\circ$. Paineilma tulee laitteeseen 90° kulman kautta, jolla saadaan hiomakoneen kokonaispituus mahdollisimman lyhyeksi. Liiallinen pituus vaikeuttaa päädyissä tehtävissä käänöksissä.

7.4.1 Erikoispultti ja -mutteri

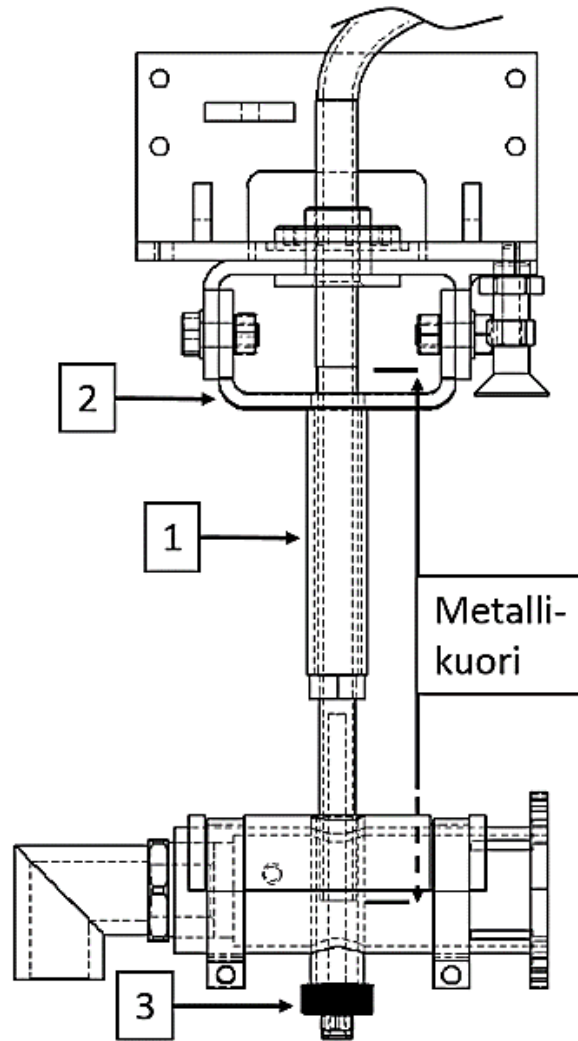
Erikoispulttia käytetään ylä- ja alaosan liittämiseen toisiinsa. Toinen vaihtoehto oli M24 mutteri. Se on 18–20 mm korkea ja sen avainväli on 36. Tilaa on kohdassa (1) niin vähän, että mutterin avaaminen kävisi mahdottomaksi, ja laitteen korkeus kasvaisi. Ontto pultti voidaan hitsata alaosaan kiinni ja mutteri avataan kulmahiomakoneen avaimella. Hiomakoneen avain ei vie tilaa sivusuunnassa ja yläpuolella sille on tilaa riittävästi. Mutterissa käytetään hienokierrettä ja jousilaattaa löystymisen estämiseksi.

7.4.2 Liukulaakeri

Pystysuunnassa runko liikkuu kuten teleskooppi. Ulompi putki pysyy paikalla ja sisempi putki liikkuu ylös ja alas ohjainkaapelin välityksellä. Liikkeestä aiheutuva kuluminen ja epätarkkuus poistetaan rasvaamalla putkien välissä olevaa pronssista liukulaakeria. Öljyä ei käytetä, sillä se kuljettaa epäpuhtauksia mukanaan. Rasva pitää epäpuhtaudet poissa. Jos tila olisi täysin tiivis, kosketuspinnat riittävän tarkasti koneistetut ja öljyn vaihtaminen huomioitu, voisi öljyä silloin käyttää. Kiinteitä voiteluaineita voidaan käyttää liukumisnopeuden ollessa alle 0,5 m/s (Oy Johnson Metall). Liukulaakeria käytettäessä on huomioitava laakerivälitys. Öljyvoideltuihin laakereihin suositellaan välykseksi 1,5–2,5 % laakerin sisähalkaisijasta. Rasvavoitelussa tulee välyksen olla kaksi kertaa suurempi. Edestakaisessa liikkeessä käytetään mahdollisimman pientä välystä (0,5–1 %) (Oy Johnson Metall).

7.4.3 Kaapelin läpivienti

Ohjainkaapeli kulkee erikoismutterin lävitse alempaan niveleen kiinnitettyyn kierteitettyyn holkkiin (kuvio 9), johon kaapelin metallinen suojakuori kierretään (1). Metallisessa suojakuoressa on noin puolet kierteitetty. Holkki on hitsattu kiinni toimintorungon liikumattomaan osaan, jolloin kaapelin suojakuorikaan ei pääse liikkumaan (2). Kaapelin sisäosa kulkee pystysuunnassa hiomakoneen kahvan läpi, ja kiinnittyy sille tehdyn tunnelin lopussa reiälliseen korkkiin (3). Kaapeli ei pääse kiertymään, sillä kaapeli pyörii korkin liukupinnoilla. Kaapelin pää täytyi tuoda pitkälle, johtuen suojakuoren pitkästä metalliosasta. Kaapelia muokkaamalla voidaan kuitenkin lyhentää kahvan läpi menevää tunnelia, mihin korkki kierretään. Metalliosa on taipumatonta, ja kaapelin täytyy taipua nivelen kohdassa.



KUVIO 9. Kaapelin läpivienti (teleskooppiputket piilotettu): 1=kierteitetty holkki, 2=niivel ja 3=korkki

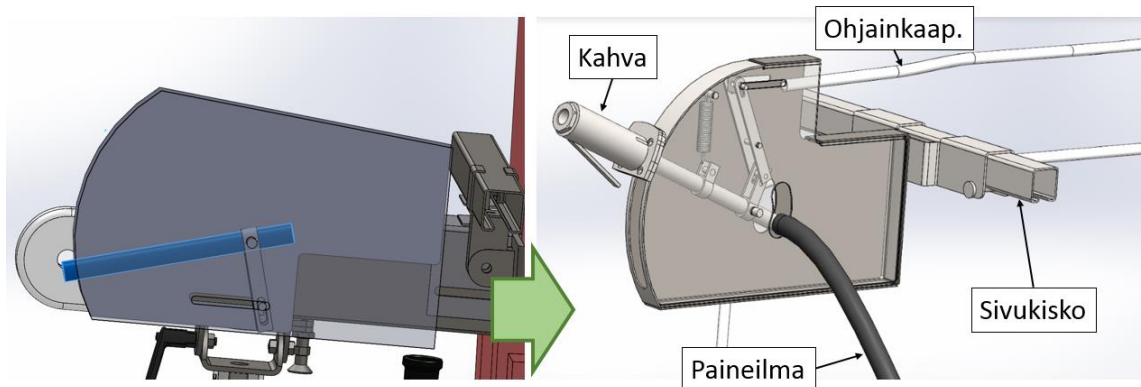
7.5 Teleskooppiputket

Teleskooppiputkien halkaisijat ja pituudet määrittyivät kaapelin, liukulaakerin, erikoispultin ja kulmahiomakoneen kahvan perusteella. Erikoispultin täytyy olla riittävän suuri kaapelin läpiviemiseksi. Tämä vaikuttaa toimintorungon ylemmän nivelen leveyteen. Sisemmän putken täytyy kiinnittyä hiomakoneen kahvaan. Tämä vaikuttaa kahvan halkaisijaan. Liukulaakerin välykset vaikuttavat ulomman putken sisähalkaisijaan ja sisemmän putken ulkohalkaisijaan. Liukulaakerin korkeus vaikuttaa putkien pituuksiin. Koska liukulaakerin korkeus on 55 mm ja teleskooppien tarvittava liike 60 mm, määritettiin putkien pituuksiksi +105 mm. Näin liukulaakeri tukee sisäputkea koko liikkeen ajan. Sisäputken pyöriminen estettiin kiilalla.

7.6 Hallintalaite

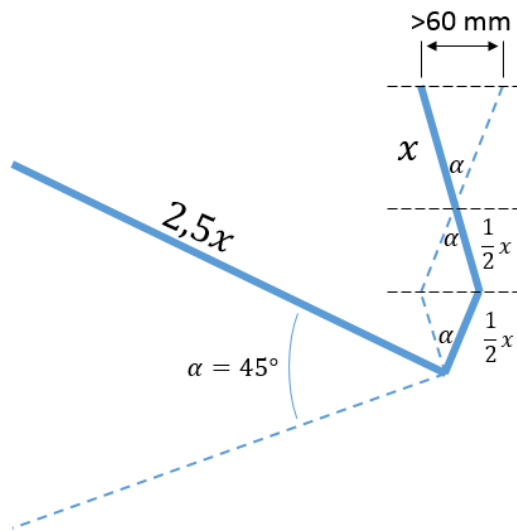
Hallintalaitteen suunnittelussa otettiin huomioon sen ergonomia ja tehtävät. Hallintalaite on oltava käyttäjän lähettyvillä, niin että käyttäjä näkee leikkaustapahtuman. Toimintorungon pystysuuntainen liike on tuotava hallintalaitteelle ohjainkaapelin avulla niin että liike on käyttäjäystävällinen. Liike tehdään hiomakoneen alkuperäisellä kahvalla, mistä puristamalla kone lähtee käyntiin. Suunnittelun kannalta on tärkeää miettiä ergonominen kädellä tehtävä liikerata.

Ahtaat tilat hankaloittivat suunnittelua, joten täytyi tehdä kompromisseja. Ohjainkaapelin reitti täytyi muuttaa tilanpuutteen vuoksi, jolloin hallintalaitteen ensimmäinen revisio hylättiin. Näin suunnittelussa päästiin eteenpäin ja lopulliseen versioon (kuva 11).



KUVA 11. Hallintalaitteen suunnittelun versiot

Kuvassa 11 nähdään vasemmalla puolella ensimmäinen versio ja lopullinen oikealla. Ensimmäisessä versiossa kaapeli ei mahtunut kulkemaan sivukiskon alapuolelta. Kaapeli tuotiin yläkautta, mutta tällöin liike olisi toiminut väärinpäin. Siksi hallintalaitteelle suunniteltiin yksinkertainen vivusto, joka kääntää liikkeen päinvastoin (kuvio 10). Paineilma tuodaan runkolinjasta hallintalaitteenlaitteen kahvaan. Kahvasta se jatkaa putkea pitkin paineilmaletkuun, josta edelleen hiomakoneeseen.



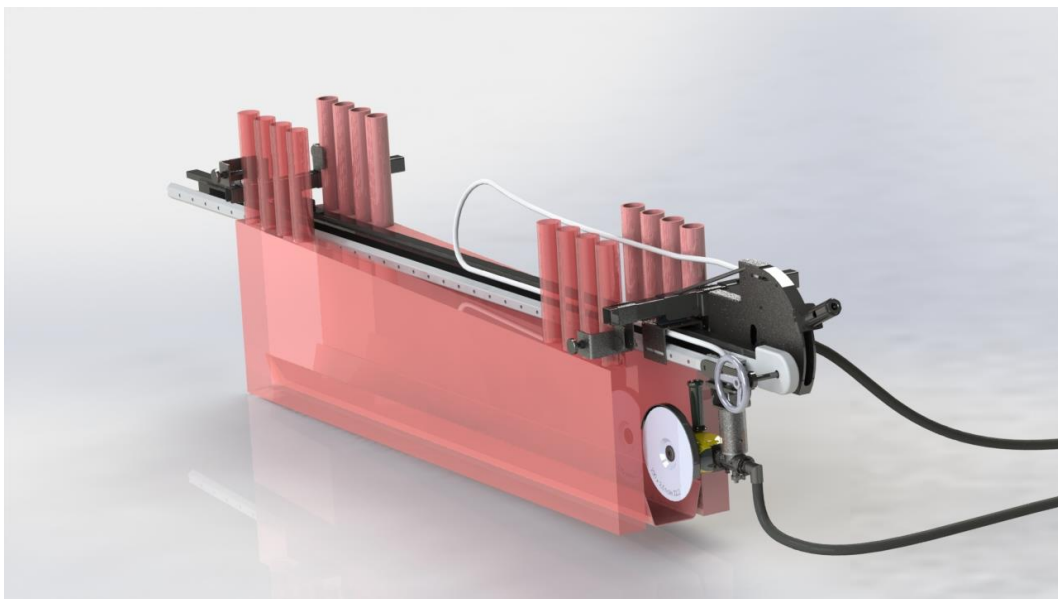
KUVIO 10. Hallintalaitteen geometria ohjainkaapelin liikkeelle

8 LEIKKURIN ASENNUS JA KÄYTTÖ

Tulistinleikkurin asennuksessa, siirtämisessä ja käyttämisessä on oltava koko ajan vähintään kaksi työntekijää. Ensin merkitään oikea kiinnityskohta tulistimiin. Kiinnityskohdan tarkkuus vaikuttaa leikkaavaan terän parhaaseen hyödyntämiseen. Koko terää ei pystytä hyödyntämään, jos laite on kiinnitetty liian ylös ja liian alhaalla terä voi vahingoittaa tulistinta.

Pituussuuntaisten kiskojen pituudet täytyy olla vähintään 620 mm pidemmät kuin leikatavan tulistimen pituus. Tällöin leikkuri mahtuu kääntymään 180° kiskojen päädyissä. Pituussuuntaisten kiskojen kyljissä on lisäksi vastimet joiden täytyy vastata tulistimen pintaan, kun terä on oikeassa kohdassa. Vastimien pituus voidaan määrittää portaattomasti ja se tarvitsee tehdä vain kerran koko tulistinryhmän leikkaamisen aikana. Vastimen pituus on silloin hyvä, kun terä leikkaa hitsisauman keskeltä auki eikä se vahingoita tulistinta.

Tulistinleikkurin leikkuunopeus määritetään hallintalaitteen vasemmalle puolelle sijoitusta käsipyörästä. Käsipyörän uritettu akseli asennetaan ovikiskon rataslaatikon hammaspyörään. Tällöin liike saadaan välitettyä pyörästä leikkaavaan hiomakoneeseen. Muut huomiot tulevat esille testauksessa. Tulistinleikkurin lopullinen 3D-malli on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Tulistinleikkurin lopullinen 3D-malli

9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin tulistinleikkurin suunnittelu vietyä yksityiskohdaisen suunnittelun loppuun. Tavoitteena oli suunnitella käyttäjäystävällinen, kompakti, helposti siirreltävä ja toimiva tulistinleikkuri, joka parantaisi kattokaapissa tehtävän työn laatua sekä lisäisi työturvallisuutta. Seuraavaksi suunnitelma esitellään muille.

Lähtökohdissa määriteltiin laitteen vaatimukset ja suunnittelu vietiin eteenpäin koko ajan käytettävyyden kannalta. Oli selvää, että konetta ei ikinä tulisi käyttämään, jos sen käyttäminen koettaisiin hankalaksi ja aikaa vieväksi. Nykyinen työskentelytapa sisältää ahtaissa tiloissa konttaamista sekä kipinöille altistumista ja nämä pyrittiin tulistinleikkurilla minimoimaan. Tässä onnistuttiin, sillä tulistimien väliin ei tarvitse mennä, koska leikkuri kulkee väliin kiskoja pitkin. Käyttäjät pystyvät tulistinleikkurilla toimimaan tulistimien päädyissä, missä tilaa on huomattavasti enemmän. Suunnitelma tarkastetaan vielä kohteessa mahdollisten fyysisten esteiden huomioimiseksi. Lisäksi laitteen siirtämisessä täytyy huomioida, että laitetta kannattelee koko ajan vähintään kaksi työntekijää, sillä laite ylittää yhdelle työntekijälle sallitun 25 kg kokonaispainon. Vaihtuvat työympäristöt kyettiin huomioimaan tulistinleikkurin suunnittelussa ja kiskot voidaan kiinnittää molempiin tulistinväleihin. Eripituisille tulistimille valitaan eripituiset kiskot ja kiskopituudet on päätettävä ennen työmaalle lähtemistä.

Tulosten perusteella täytyy keskittyä tulistinleikkurin keventämiseen. Tavoitepainoon voidaan päästä erilaisella kiskoratkaisulla, kiskojen ollessa painavimmat komponentit. Kulmahiomakoneesta on myös mahdollista saada painoa pois, jos se suunnitellaan itse. Ohjainkaapelin tilalle voi suunnitella hydraulisen version. Esimerkiksi hydrauliset jarruletkut ovat huomattavasti ohjainkaapelia ohuempia ja näin helpommin kuljetettavia. Myös työturvallisuuden kannalta on huomioitava toisen käyttäjän mahdollisuus sulkea paineilmalinja. Riskien arvioinnissa tähän ehdotettiin venttiiliä suoraan hiomakoneen perään, jolloin toisessa päässä oleva käyttäjä saa turvallisesti käännettyä laitteen.

LÄHTEET

Atlas Copco. 2016. Turbiinimoottorilla varustettu kulmahiomakone. Luettu 20.11.2016. <http://www.atlascopco.fi/fius/products/material-removal-tools/product/1468648/>

DIRECTIVE 2006/42/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Inspecta. 2013. Koneturvallisuus, nostolaitteet ja nosturit. Luettu 8.1.2017. <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Koulutus/Kurssit-ja-seminaarit/Kurssit/Suomi/Koneiden-riskien-arvioinnin-ja-hallinnan-/>

Oy Johnsonn Metall Ab. Yleistä liukulaakereista. Luettu 9.1.2017. <http://www.johnson-metall.fi/yleista-liukulaakereista/>

Konedirektiivin soveltamisopas 2006/42/EY

Rollco. 2017. C-johde. Luettu 7.1.2017. <http://www.rollco.fi/tuotteet/c-johde/>

Rollco. 2017. Lineaariyksikkö RHL. Luettu 7.1.2017. <http://www.rollco.fi/tuotteet/lineaariyksikko-rhl/>

Rollco. 2017. Osaamisemme. Luettu 7.1.2017. <http://www.rollco.fi/fi/tietoa-meista/osaamisemme/>

Routio, P. 2007. Synteetit tuotekehityksessä. Luettu 18.1.2017. <http://www2.uiah.fi/projects/metodi/03b.htm>

Sutela, H. & Lehto, A-M. 2014. Työolojen muutokset 1977-2013. Tilastokeskus, Helsinki.

Turner, J.R. 2009. The Handbook of project based management. 3. painos.

Työturvallisuuden opettaminen elintarvikealan perustutkinnossa. 2005. [Työpaikan ergonomian tarkastusohje. 2004. Työterveyslaitos]. Luettu 7.1.2017. <http://www.sedu.fi/tyoturvallisuus/pdf/elintarvike.pdf>

Ulrich, K. & Eppinger, S. 2008. Product design and development. 4. painos. New York: McGraw-Hill

BFB boiler. Valmet. 2014. MyAcademy. Luettu 12.12.2016

Energy production. Valmet. 2016. Luettu 20.11.2016. <http://www.valmet.com/products/energy-production/>.

Valmet in brief. Valmet. 2017. Luettu 25.1.2017. <http://www.valmet.com/about-us/valmet-in-brief/our-businesses/pulp-and-energy/>

Valmet. 2016. Valmet lyhyesti. Luettu 20.11.2016. <http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>.

Valmet lyhyesti. Valmet. 2016. Luettu 20.11.2016. <http://www.valmet.com/globalassets/investors/reports--presentations/other-presentations/2016/valmet-lyhyesti.pdf>.

Valmet lyhyesti. Liiketoiminnat. Valmet. 2016. Liiketoiminnat. Luettu 20.11.2016. <http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat/>.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403

Veto-/työntövaijeri. IKH. 2017. <http://www.ikh.fi/fi/veto--tyontovaijeri-3000mm-tt170010>.

Liite 1. Riskien arviointi

No.	Hazardous conditions Hazard / hazardous situation	Hazardous event	Risk estimation				Risk reduction				Comments	
			Severity (S1/S)	Exposure (F1/F2)	Probability (O1/O)	Avoidance (A1/A)	Severity (S1/S)	Exposure (F1/F2)	Probability (O1/O)	Avoidance (A1/A)		
	GENERAL HAZARDS											
1.1.3	Materials and products	Creating sharp edges and flying sparks during its use wrecking during cause trip over or mistakes for example during installation	2	2	3	1	5	5	2	1	2	Personal protective equipment
1.1.4	Lighting	Injuries when lifting components during installation, maintenance or teardown Monitoring requires lengthy concentration, exhaustion in a long-term use.	2	2	2	1	4	4	2	1	2	moving objects might be dangerous. Lifting must be done with minimum of three (3) workers to avoid heavy loads. Max load for a single worker is 25 kg. Is it
1.1.5	Design of machinery to facilitate its handling	Cramped working conditions causes accidents for eg. Slipping when walking	2	2	3	2	6	6	2	1	3	Asennustapa seinämän etäällä keuhkoihin ja vaarallista kipelöitä. Voidaanko asentaa ilman että keuhkolla tarvitsee olla?
1.1.6	Ergonomics	Cramped working conditions causes accidents for eg. Slipping when walking	1	2	2	1	1	1	1	1	1	Recycling the operator when tired. Asennustapa seinämän etäällä keuhkoihin ja vaarallista kipelöitä. Voidaanko asentaa ilman että keuhkolla tarvitsee olla?
1.1.7	Operating positions	Operating position might be on the way of flying sparks	2	2	3	1	5	5	2	1	2	

Machine:

Steel plate cutter (katroluistinkouri)

Team members:

Eetu Kananoja, Timo Lahtinen, advisory Jukka Laaksosen (INSPECTA) & Mika Paakkunainen, QA manager, Valmet

Scope of analysis:

Assembly of machineries as a whole, interfaces between units and hazards that are not covered by manufacturers of the single units / machines. Units / machines have been placed on the market as complete machineries and their risks are covered by their manufacturers EC Declaration of Conformity.

Date:

Internal meetings held 4.1.2017 Eetu Kananoja, Timo Lahtinen ja Jesse Mattila.

Method:

SFS-EN ISO 12100: 2010. Risk graph SFS-ISO/TR 14121-2: 2013 paragraph 6.3

Liite 2. Koneiden tekninen tiedosto, direktiivi 2006/42/EY

9.6.2006

FI

Euroopan unionin virallinen lehti

L 157/71

LIITE VII

A. KONEIDEN TEKNINEN TIEDOSTO

Tässä osassa kuvataan teknisen tiedoston laatimisessa käytettävä menettelytapa. Teknisen tiedoston on osoitettava, että kone on tämän direktiivin vaatimusten mukainen. Sen on, siinä määrin kuin on tarpeen tämän arvioinnin suorittamiseksi, käsitettävä koneen rakenne, valmistus ja toiminta. Tekninen tiedosto on laadittava yhdellä tai useammalla yhteisön virallisella kielellä, lukuun ottamatta koneen käyttöohjetta, jonka osalta sovelletaan liitteessä I olevassa 1.7.4.1 kohdassa esitettyjä erityissäännöksiä.

1. Teknisessä tiedostossa on seuraavat osat:

a) rakennetiedosto, jossa ovat

- koneen yleiskuvaus,
- koneen yleispiirustus ja siihen liittyvät ohjauspiirin piirustukset sekä asianmukaiset kuvaukset ja selitykset koneen toiminnan ymmärtämiseksi,
- täydelliset ja yksityiskohtaiset piirustukset laskelmiseen, testaustuloksineen, todistuksineen ja muine tietoineen, joita tarvitaan tarkastettaessa, onko kone olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukainen,
- riskin arviointia koskevat asiakirjat, joista ilmenee noudatettu menettely, mukaan lukien
 - i) luettelo olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista, jotka koskevat konetta,
 - ii) niiden suojaustoimenpiteiden kuvaus, jotka on toteutettu tunnistettujen vaarojen poistamiseksi tai riskien pienentämiseksi ja tarvittaessa maininta koneeseen liittyvistä jäännösriskeistä,
- käytetyt standardit ja muut tekniset eritelvät siten, että käy ilmi, mitkä olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset kyseiset standardit kattavat,
- tekniset selosteet, joista ilmenevät niiden testien tulokset, jotka on suorittanut joko valmistaja tai valmistajan taikka tämän valtuutetun edustajan valitsema laitos,
- jäljennös koneen ohjeista,
- puolivalmisteen osalta tarpeen mukaan liittämistä varten ja puolivalmisteen asianmukaiset kokoonpano-ohjeet,
- tarpeen mukaan jäljennökset koneen tai muiden siihen liitettyjen tuotteiden EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksista,
- jäljennös EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta;

b) sarjatuotteiden osalta ne sisäiset toimenpiteet, jotka pannaan täytäntöön sen varmistamiseksi, että kone pysyy tämän direktiivin säännösten mukaisena.

Valmistajan on suoritettava komponenteille, tarvikkeille tai valmiille koneille tarpeelliset tutkimukset ja testit määrittääkseen, soveltuuko kone suunnittelunsa tai rakenteensa puolesta turvallisesti asennettavaksi ja käyttöön otettavaksi. Asiaankuuluvat selosteet ja tulokset on sisällytettävä tekniseen tiedostoon.

2. Edellä 1 kohdassa tarkoitetun teknisen tiedoston on oltava jäsenvaltioiden toimivaltaisten viranomaisten käytettävissä vähintään kymmenen vuoden ajan koneen tai sarjatuotannossa viimeisen tuotetun erän valmistusajankohdasta.

Teknistä tiedostoa ei tarvitse säilyttää yhteisön alueella, eikä sen tarvitse olla jatkuvasti käytettävissä aineistomuodossa. EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa nimetyn henkilön on kuitenkin voitava koota tekninen tiedosto ja antaa se käyttöön määräajassa, joka on suhteessa sen monimutkaisuuteen.

Teknisen tiedoston ei tarvitse sisältää sellaisten osakokoonpanojen yksityiskohtaisia suunnitelmia tai muita erityistietoja, joita koneen valmistukseen on käytetty, elleivät ne ole erityisesti tarpeen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisuuden toteuttamiseksi.

3. Jos teknistä tiedostoa ei kyetä esittämään toimivaltaisten kansallisten viranomaisten pyydettyä sitä asianmukaisin perustein, tätä voidaan pitää riittävänä perusteena epäillä kyseisen koneen vaatimustenmukaisuutta olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia koskevilta osin.

Liite 4. Tulistinleikkurin osaluettelo