

TEHDASPÖLY JA SEN EHKÄISEMINEN

Peetu Huuhtanen
Opinnäytetyö AMK
Syksy 2024
Konetekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

Tekijä: Peetu Huuhtanen
Opinnäytetyön otsikko: Tehdaspöly ja sen ehkäiseminen
Työn ohjaaja: Jyrki Savela
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024
Sivumäärä: 33

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus kehittää ratkaisu moduulien napojen hiontavaiheeseen, jolla saataisiin vähennettyä hionnasta syntyvän alumiinipölyn joutumista hengitysteihin ja tehtaaseen. Tavoitteena oli saada hyvä ratkaisu matalalla käyttöönotto kynnyksellä.

Suunnittelu tapahtui kotona ja tuotteen kokoonpano ja testaus Cactoksen tiloissa. Ensin kartoitettiin pölyn aiheuttamia ongelmia, jonka jälkeen alettiin kehittämään siihen ratkaisuvaihtoehtoja. Analysoitaessa otettiin huomioon mm. käytäntö, materiaalikustannukset, tuotantomäärän kasvu, tarpeellisuus, huollettavuus, ergonomia, turvallisuus, modulaarisuus sekä tilavaatimukset.

Tuloksena tuotantolinjalle ei toteutettu suunniteltua ratkaisua, vaan hankittiin valmis huuva, jonka tarkoituksena oli ehkäistä alumiinipölyn leviäminen.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Mechanical engineering
Option of Machine automation

Author: Peetu Huuhtanen

Title of thesis: Factory dust and its prevention

Supervisor: Jyrki Savela

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2024

Number of pages: 33

In this thesis, the aim was to develop a solution for the grinding step of the modules' terminals, which would reduce the amount of aluminum dust generated from grinding entering the respiratory tract and the factory. The goal was to get a good solution with a low implementation threshold.

The design took place at home, and the assembly and testing of the product took place at Cactus' premises. First, the problems caused by the dust were mapped, and then solutions were developed. When analyzing, we took into account e.g. practice, material costs, increase in production volume, necessity, maintainability, ergonomics, safety, modularity and space requirements.

As a result, the planned solution was not implemented for the production line, but a ready-made hood was purchased, the purpose of which was to prevent the spread of aluminum dust.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	1
ABSTRACT.....	2
SISÄLLYS.....	3
1 JOHDANTO	4
2 TEHDASPÖLYN TUOMAT ONGELMAT JA RATKAISUT	5
1.1 Teollisuudessa käytössä olevat ratkaisut.....	6
1.2 Työympäristön pölyt.....	6
1.3 Kohdeilmanvaihto	7
1.4 Kotelot ja vetokaapit.....	8
1.5 Työterveys ja työturvallisuus	8
1.6 Ympäristöystävällisyys.....	9
1.7 Standardi ISO 14001:n hyödyt	9
1.8 Tuotteiden laatu ja laadunhallinta.....	10
1.9 Työergonomia	11
3 TERMINAALIEN HIONTA	11
1.1 Hiontavaiheen nykytila ja parannusideat	12
4 TURVALLISUUS	12
1.1 Konedirektiivi.....	13
1.2 Koneturvallisuuden yleisperiaatteet.....	13
5 SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	14
1.1 Riskienarviointi ja Vaatimuslista	15
1.2 Runko, taitto-ovet, sekä osaluettelo	16
6 MITOITUS JA KOMPONENTTIEN VALINTA.....	19
1.1 Puhaltimen mitoitus.....	20
1.2 Imupöytä.....	23
1.3 Ovisylinterien mitoitus ja valinta	24
7 TULOKSET JA YHTEENVETO.....	26
LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Cactos sai alkunsa 2018, mutta varsinainen yritys on perustettu vuonna 2021. Se on osakeyhtiö, jonka kotipaikkana toimi Muhos vuodesta 2021 vuoteen 2024. Josta se siirtyi Kempeleeseen. Pääasiallisena toimialana on sähkölaitteet ja sähkökoneet.

Yksi toimisto sijaitsee Helsingissä ja toinen Hollannissa. Tuotekehitys ja tuotanto ovat Kempeleessä. Tavoitteena on toimittaa puhtaita, vastuullisia ja joustavia energiaratkaisuja.

Nykyisessä kokoonpanossa Cactoksella työskentelee tuotannossa 22 työntekijää ja tavoitteet tähtäävät korkeammalle. Vuoteen 2027 mennessä laitetuotanto olisi arviolta 1000 kappaletta vuodessa sekä noin sata työntekijää.

Kuten aikaisemmin kerrottiin Cactoksen päätoimiala on sähkölaitteet. Cactoksella valmistetaan LFP-akuista ja Teslan akuista älykkäitä akkuvarastoja. Cactos tarjoaa asiakkailleen myös asennukset, ohjaussoftat, huollot, neuvontaa sekä sähkökäyttösuunnitelmat laitteita varten. Laitteita kehitetään ja päivitetään alikokoonpanossa jatkuvasti. (1.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää toimiva apuväline päivittäisiin työtehtäviin akkumoduulien kokoonpanossa. Työ tuli Cactos Oy:n tehtaan akkukokoonpanossa aiheelliseksi, koska hionnassa syntyvä tehdaspöly todettiin ongelmaksi. Toimivalla ratkaisulla voidaan ehkäistä tehdaspölyn kehittymistä ja leviämistä tehtaaseen kuin myös hengitysteihin. Tehdaspöly voi aiheuttaa terveysongelmia pitkällä aikavälillä.

Moduulin valmistukseen kuuluu kuusi päätyövaihetta: esivalmistelu, akkujen sijoitus runkoon, napojen hionta, piirilevyjen asennus, johtojen kytkentä, sekä lopputarkistus.

Napojen hionnassa syntyvä pöly pääsee kulkeutumaan seuraaviin työvaiheisiin. Tällä hetkellä moduulin työpinta puhdistetaan hionnan jälkeen huolellisesti teollisuusimuria käyttäen, työpisteet siivotaan viikoittain.

2 TEHDASPÖLYN TUOMAT ONGELMAT JA RATKAISUT

2.1 Teollisuudessa käytössä olevat ratkaisut

Ratkaisuja pölyn torjumiseen on jo olemassa, esimerkiksi erilaiset huuvat, vetokaapit ja hanskakaapit. Kuitenkaan juuri tähän opinnäytetyöaiheeseen ei löytynyt suoraan kelpaavaa ratkaisua, sillä vetokaappi tulisi tuotantolinjaan, jota ei ole vielä toteutettu loppuun asti.

Tehokkain ratkaisu leviämisen torjumiseen olisi suorittaa hionta kokonaan eri tilassa, joka on siihen suunniteltu. Nykyisissä tiloissa tämä ei ole mahdollista, koska siihen ei ole tilaa. Omalta osaltaan tämäkin olisi huono vaihtoehto, sillä se tekisi nopeasta yksinkertaisesta työvaiheesta monimutkaisen ja hitaan.

2.2 Työympäristön pölyt

Aerosoleja ovat Kaasun, ilman ja hiukkasten seokset, puhekielessä kaasut tai höyryt. Aerosoleja ovat ilmassa oleva pöly, sumu, savu ja sumu. Cactoksen tehtaalla suurin haaste on metallipöly. (2.)

Työympäristössä pölyn määritelmä on seuraava: Pölyt ovat hiukkasia, joiden koko vaihtelee 1 μm - 100 μm . Pölyjen alkuperä, fyysiset ominaisuudet ja muut ympäristöolosuhteet, kuten työmenetelmät, työkalut ja tilat, määräävät, jääkö sitä ilmaan. (2.)

Tyypillisiä pölyjä työympäristössä ovat esimerkiksi mineraalipöly, metallipöly, kemikaalipöly, orgaaninen pöly ja kasvipöly, sekä home ja siitepöly. (3.)

Työpaikkoja, joissa voi altistua ovat pääasiassa raskaan teollisuuden alat, mutta pölyä muodostuu myös tavallisiin toimistoihin ja muihin suhteellisen puhtaisiin ympäristöihin. Työntekijöiden turvallisuuden ja mukavuuden parantamiseksi menettelyt ja järjestelmät on suunniteltava estämään pölyn muodostuminen ja

kerääntyminen. Nämä käytännöt ja järjestelmät voivat yksinkertaisimmillaan olla yleisen puhtauden ylläpitoa tai kohdeilmanvaihdon asennus. (3.)

Altistuminen pölylle aiheuttaa terveysongelmia, etenkin pitkällä aikavälillä. Haitat voivat olla tilapäisiä, pysyviä tai ne voivat johtaa henkilön hengen vaarantumiseen välittömästi altistuessaan. Altistuksen voimakkuus riippuu pölypitoisuudesta, ominaisuuksista ja altistusajasta. (3.)

Pölyn aiheuttamia sairauksia ovat muun muassa:

- pölykeuhko
- syöpä
- myrkytys
- kovametallitauti (esim. kobolttialtistuminen)
- ärsytys ja tulehdukselliset keuhkovauriot
- allergiset vaikutukset, kuten ihottuma
- Infektiot
- yskä / hengenahdistus. (3.)

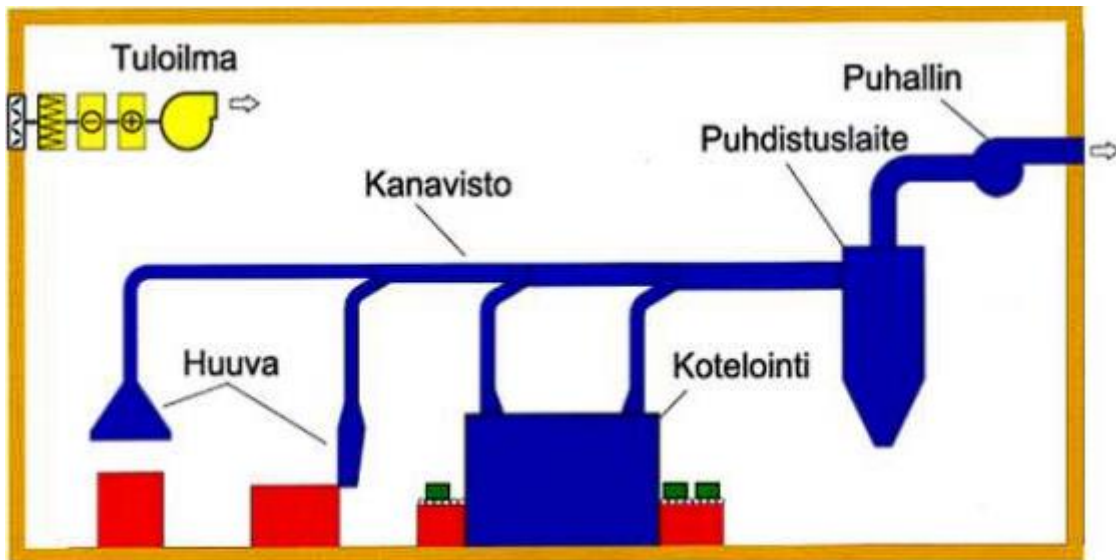
2.3 Kohdeilmanvaihto

Työpaikkojen ilmanvaihto koostuu lähes aina yleisestä ja kohdennetusta ilmanvaihdosta. Yleisilmanvaihto säätelee pääasiassa ilman kosteutta ja lämpötilaa samalla, kun se suodattaa epäpuhtauksia. Kohdennettu ilmanvaihto tarkoittaa yleensä kohdepoistoa yhdellä työpisteellä, jossa tarkoituksena on poistaa epäpuhtaudet työalueelta alipaineella. (4.)

Tyypillisesti kohdeilmanvaihtoon (kuva 1) sisältyvät seuraavat osat:

- imuhuuva tai kotelointi
- kanavisto
- puhdistuslaite
- puhallin. (4.)

Kuvassa 1 on yllä listatut kohdeilmanvaihdonosat listattuna.



KUVA 1. Kohdepoistojärjestelmän periaate (13.)

2.4 Kotelot ja vetokaapit

Teollisuudessa ja pölyisissä tehtävissä tarvitaan täysin suljettuja kohteita, erityisesti lääketeollisuudessa alipaineella varustettuja työkaappeja eli vetokaappeja. Kotelointia tarvitaan yleensä silloin, kun imeytettävä aine on vaarallista tai muuten työntekijälle haitallista eikä sen haluta leviävän. Vetokaapissa on yleensä veto-ovi tai vastaava ilmanottoaukko vaihtoilmaa varten, joka on työn aikana osittain auki. (13.)

Jos käsiteltävä aine on erittäin myrkyllistä tai olosuhteet muutoin vaativat, valmistetaan hanskakaappi. Kaappiin on kiinnitetty työkäsineet, joilla voi työskennellä turvallisesti kaapin sisällä. (13.)

2.5 Työterveys ja työturvallisuus

Työterveys- ja turvallisuusjohtamisstandardi (ISO 45001) asettaa vähimmäisvaatimukset työntekijöiden suojelulle maailmanlaajuisesti. Standardin mukainen toiminta edistää tavoitteita tasa-arvosta terveyteen ja hyvinvointiin. (8.)

Työterveys- ja turvallisuusjohtamisstandardi korostaa ennakoivaa ja systemaattista toiminnan suunnittelua, johtamista, mittaamista ja parantamista. Sen avulla yritys hyötyy myös, kun:

- työtapaturmat vähenevät
- vakuutusmaksut alenevat
- kehittyy työterveyttä ja -turvallisuutta parantava kulttuuri, jossa työntekijöitä kannustetaan toimimaan aktiivisesti oman terveytensä ja turvallisuutensa hyväksi
- johto sitoutuu työsuojelun parantamiseen
- lakisääteiset ja muut vaatimukset täyttyvät helpommin
- organisaation maine paranee. (8.)

Pitkäaikaisen työturvallisuuden kannalta moduulien hiomisvaihe on tällä hetkellä ongelmallisin. Vaikka alumiinipölyn määrä ei tällä hetkellä nykyisillä tuotantomäärillä olekaan aivan mahdoton, on sen terveysriskit silti otettava huomioon.

2.6 Ympäristöystävällisyys

ISO 14001 on tunnetuin ympäristöjärjestelmämalli, jonka avulla organisaatio voi kokonaisvaltaisesti ja tavoitteellisesti parantaa ympäristöasioidensa hallintaa ja edistää kestäväää kehitystä. Standardi soveltuu kaikenkokoisille organisaatioille kaikenlaisilla toimialoilla. (9.)

ISO 14001 -standardi määrittelee resurssit, prosessit ja menetelmät, joiden avulla organisaatio voi saavuttaa sille asetetut ympäristötavoitteet ja parantaa ympäristönsuojelun tasoa. (9.)

Ympäristöjärjestelmää rakennettaessa tulee ottaa huomioon lähes kaikki organisaatioon liittyvät ympäristöasiat. Näitä ovat esimerkiksi ilman saastuminen, vedenkäyttö, päästöt vesistöön, jätehuolto, maaperän saastuminen, ilmastonmuutoksen ehkäiseminen, raaka-aineiden ja energian käyttö sekä resurssitehokkuus. (9.)

2.7 Standardi ISO 14001:n hyödyt

ISO 14001 auttaa:

- yhdistämään ympäristöasiat osaksi organisaation strategiaa ja toimintaa
- sitovien velvoitteiden noudattamista
- lisäämään sitoutumista ja osallistumista
- parantaa ympäristöriskien hallintaa ja turvaamaan toiminnan jatkuvuus
- osoittamaan vastuullisuutta ympäristöasioiden hallinnassa sidosryhmille, kuten asiakkaille, yhteistyökumppaneille, viranomaisille ja rahoittajille
- parantaa kilpailukykyä kehittämällä resurssitehokkuutta ja leikkaamalla kustannuksia
- parantaa ympäristövaikutusten huomioon ottamista kaikissa vaiheissa
- kehittää ympäristöviestintää ja yrityskuvaa. (9.)

Tämä PDCA-malliin perustuva standardi, joka painottaa systemaattista toiminnan suunnittelua, johtamista, mittaamista ja parantamista. Ympäristöjärjestelmä muodostaa perustan muiden työkalujen käytölle. Näitä ovat muun muassa ympäristöauditoinnit, elinkaariarviointit ja ympäristömerkit. (9.)

ISO 14001 on samaa rakennetta ja käyttää samoja keskeisiä termejä ja määritelmiä kuin useat muut kansainväliset johtamisstandardit. Yhtenäinen rakenne mahdollistaa standardien rinnakkaiskäytön ja vaatimusten sisällyttämisen organisaation johtamiseen ja toimintaan. (9.)

2.8 Tuotteiden laatu ja laadunhallinta

ISO 9001 laadunhallintastandardin tavoitteena on jatkuvasti parantaa toimintaa ja asiakastyytyväisyyttä. Sen avulla yritykset voivat palvella asiakkaitaan

paremmin ja varmistaa, että tuotteet ja palvelut vastaavat aina sekä asiakkaiden että viranomaisten vaatimuksia. ISO 9001 -standardin perusrakenne sisältää johtamisvastuun, resurssien ja prosessien hallinnan sekä auditoinnit, prosessien ohjauksen ja jatkuvan parantamisen. (7.)

Standardi päivitettiin vuonna 2015. Päivityksen taustalla on yhteiskunnan kehitys. Se valmistettiin alun perin pääasiassa tuotannon ja teollisuuden tarpeisiin. Toimintaympäristö on nykyään täysin erilainen, samoin kuin organisaatioiden toimintatavat ja käytännöt. (7.)

2.9 Työergonomia

Ergonomia ja käytettävyys ovat olennainen kilpailutekijä kaikenlaisessa suunnittelussa. Ne liittyvät ihmisten ja teknologian, järjestelmien ja ympäristön vuorovaikutukseen. Niiden tavoitteena on edistää ihmisten hyvinvointia ja samalla optimoida järjestelmän suorituskykyä. Nämä perusteet esitetään standardeissa SFS-EN ISO 6385 ja EN ISO 26800. Käytettävyyden perusteet on esitetty standardeissa ISO 9241-11 (käytettävyyden määritelmä) ja ISO 9241-210 (käytettävyyden suunnittelu). (6.)

Yksinkertaisimmillaan ergonomian voi määritellä kitkan poistamiseksi työn ja työntekijän väliltä. Käytettävyys puolestaan on ergonomian alakäsite, jonka kohteena on järjestelmien ei-fyysinen vuorovaikutus. Käsite käytettävyys kuvaa muun muassa laitteiden helppokäyttöisyyttä. (6.)

- Ergonomian käytön etu perustuu kolmeen pilariin:
- käyttäjä on terveempi ja motivoituneempi, mikä vähentää sairauspoissaoloja ja niistä aiheutuvia lisäkustannuksia
- käyttäjä huomaa virheet, tekee vähemmän virheitä ja suorittaa tehtävänsä nopeammin, mikä lisää tuottavuutta.

- käyttäjien tyytyväisyys paranee, kun tehtävistä suoriutuu helpommin (6.)

3 TERMINAALIEN HIONTA

3.1 Hiontavaiheen nykytila ja parannusideat

Hiomavaiheessa lava siirretään pinoamisvaunulla hiomapisteelle, jossa moduulien terminaalien päältä hiotaan pieni kerros pois ja lopuksi hiotut terminaalit rasvataan, minkä jälkeen lava siirretään viimeistelyyn. Hionta suoritetaan epäkeskohiomakoneella ja hiomapöly imuroidaan hionnan yhteydessä teollisuusimurilla. Pölyn poisto on puutteellinen, joten pölyä kulkeutuu tehdasilmaan.

Moduulituotannossa on paljonkin parannettavaa tulevaisuutta ajatellen. Esimerkiksi jo käytössä oleva uusi epäkesko paksummalla hiomapaperilla on ergonomisempi käyttää. Lisäksi se poistaa enemmän pölyä kuin vanha malli. Mahdollisuutena on toteuttaa automatisoitu tasohiomakone tai laserpuhdistuslaite, mutta sellaisen toteutus ei ole tällä hetkellä mahdollista tai kannattavaa. Tässä opinnäytetyössä päädyttiin kehittämään hiomakoppi imuripöydällä. Se estäisi pölyn kulkeutumista työpisteen ulkopuolelle, sekä mahdollistaisi automatisoinnin jatkokehityksen.

Hiomakoppi tai jopa erillinen huone olisi erinomainen ratkaisu pölyongelmaan, koska näin pöly ei ideaalitalanteessa leviäisi muille työpisteille. Tämänkaltaisia ratkaisuja löytyy jo valmiina tuotteina, joten sitä ei välttämättä tarvitse suunnitella ja toteuttaa. Tämä mahdollistaisi sen, että hiontapiste voisi olla siirrettävissä.

4 TURVALLISUUS

4.1 Konedirektiivi

Suomen koneturvallisuuslainsäädäntö, perustuen EY:n koneturvallisuusdirektiiviin (Konedirektiivi 2006/42/EY), ohjaa järjestelmien suunnittelua sekä toteuttamista alusta loppuun. Tämä lainsäädäntö koskee seuraavan määritelmän mukaisia koneita ja koneyhdistelmiä. Koneella tarkoitetaan toisiinsa yhdistettyjen osien yhdistelmää:

- joista ainakin yksi osa liikkuu
- jossa on tarvittavat hallintalaitteet
- jotka on liitetty yhteen suorittamaan tiettyä toimintaa
- joka on koneyhdistelmää
- joka on toisen koneen toimintaa muuttava käyttäjän vaihdettavissa oleva laite. (5.)

Kun kaksi konetta yhdistetään samaan sähköverkkoon, siten että koneiden toiminnat kytkeytyvät toisiinsa ja niillä on yhteinen ohjausjärjestelmä, katsotaan niiden muodostavan koneyhdistelmän. (5.)

4.2 Koneturvallisuuden yleisperiaatteet

Valtioneuvoston asetus koneturvallisuuden yleisperiaatteista toteaa:

Koneen valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on varmistettava, että tehdään riskinarviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Kone on sen jälkeen suunniteltava ja rakennettava ottaen huomioon riskin arvioinnin tulokset. (6.)

Koneen valmistajan on määritettävä koneen raja-arvot, jotka arvioivat käyttötarkoituksen ja mahdollisen väärinkäytön. Valmistajan tulee tunnistaa vaarat, riskien suuruus ja poistaa tai vähentää tunnistettuja riskejä noudattamalla suojatoimenpiteitä koskevia määräyksiä. Koneen valmistajan tulee laatia käyttöohje ja tehdä tarvittavat merkinnät koneeseen. (6.)

5 SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Kokonaisuus täytyy toteuttaa niin, että se olisi mahdollisimman turvallinen, jotta mahdollisen tapaturman sattuessa henkilövahingoilta vältyttäisiin. Turvallisuus on tärkein prioriteetti.

Kokonaisuus täytyy suunnitella siten, että siitä ei ole mahdollista saada sähköiskua. Kopin massa olisi myös hyvä pitää mahdollisimman pienenä, jotta jos sen alle jää esimerkiksi sormet puristuksiin, ei kävisi mitään. Rullatason täytyy olla sellainen, että vaatteiden ei ole mahdollista joutua rullien väliin. Kaikki hiontatyötä tekevät työntekijät täytyy myös kouluttaa kyseiselle laitteelle.

5.1 Riskienarviointi ja Vaatimuslista

Riskienarviointi on tärkeä työkalu, jota hyödynnetään monessa asiassa. Se kannattaa tehdä jo ennen varsinaisen työn aloittamista, Kuvassa 2 on riskienarviointilomake jossa on kirjattu mahdollisia riskejä.

Riskienarvioinnin tekijä/ -t:		Peetu Huuhtanen						
Päivänmäärä Date		2.12.2024						
Machine:		hiontahuuva						
Konealue:		moduuli tuotantolinja						
Nr	No.	Vaaravyöhyke Hazardous area	Työvaihe Working phase	Vaara Hazard	Vaarallinen tilanne Hazardous situation	Vaarallinen tapahtuma Hazardous event	Riskiluokka; Risk Index	Riskin suuruus; Estimated risk
1		Kaikki konealueet	kaikki	kompastuminen	oleskelu koneen alueella	johtoon kompastuminen	4	Kohtalainen
2		ovet	ovien sulkeminen	sormien litistyminen	oleskelu koneen alueella	ovea sulkiessa käsi jää väliin	2	Vähäinen
3		rullarata	moduulin siirto	sormien litistyminen	moduulin siirto	sormet litistyy moduulin ja rullien väliin	3	Kohtalainen
4		kaapin sisusta	hionta	näkövaurio	hionta ilman suojalaseja	pölyn/hiomapaperin joutuminen silmiin	3	Kohtalainen
5		Kaikki konealueet	kaikki	loukkaantuminen	moduulin nosto lihasvoimin	moduulin nosto lihasvoimin	4	Kohtalainen

KUVA 2. Riskienarviointilomake

Vaatimuslistan tarkoituksena on kartoittaa tässä opinnäytetyössä vaadittuja tavoitteita onnistuneen ratkaisun edistämiseksi. Kuvassa 3 on vaatimuslista, jossa on listattu vaatimuksia.

Vaatimuslista	Tärkeys (1-3)	1	2	3
Tuotteen täytyy olla pienellä vaivalla käyttöönotettava				x
Siirrettävyys			x	
käytännöllisyys (helppo käyttää)				x
Huollettavuus (imurin tyhjennys)				x
Edullinen hinta		x		
Jatkokehitys mahdollisuudet				x
Turvallisuus				x
Ulkonäkö		x		
Pölytiiviyys			x	

KUVA 3. Vaatimuslista

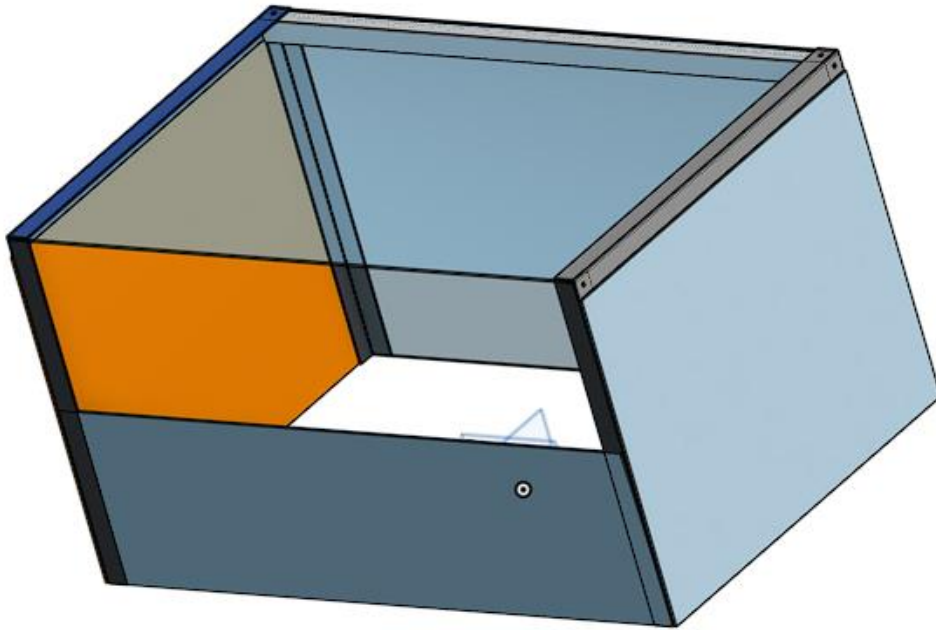
5.2 Runko, taitto-ovet, sekä osaluettelo

Runkoa alettiin suunnittelemaan valmistamalla pahvista mallikaappi, jotta saataisiin paremmin hahmotettua sen koko sekä paljonko ylimääräistä tilaa täytyy jättää moduulin työstöä varten.

Koneen rungon suunnittelussa otettiin huomioon myös koneturvallisuusstandardit ja ergonomiset näkökohdat. Yhtenä ideana esitettiin, että koko runko nousisi ylös, mutta lopulta päädyttiin käyttämään ovia päädyissä.

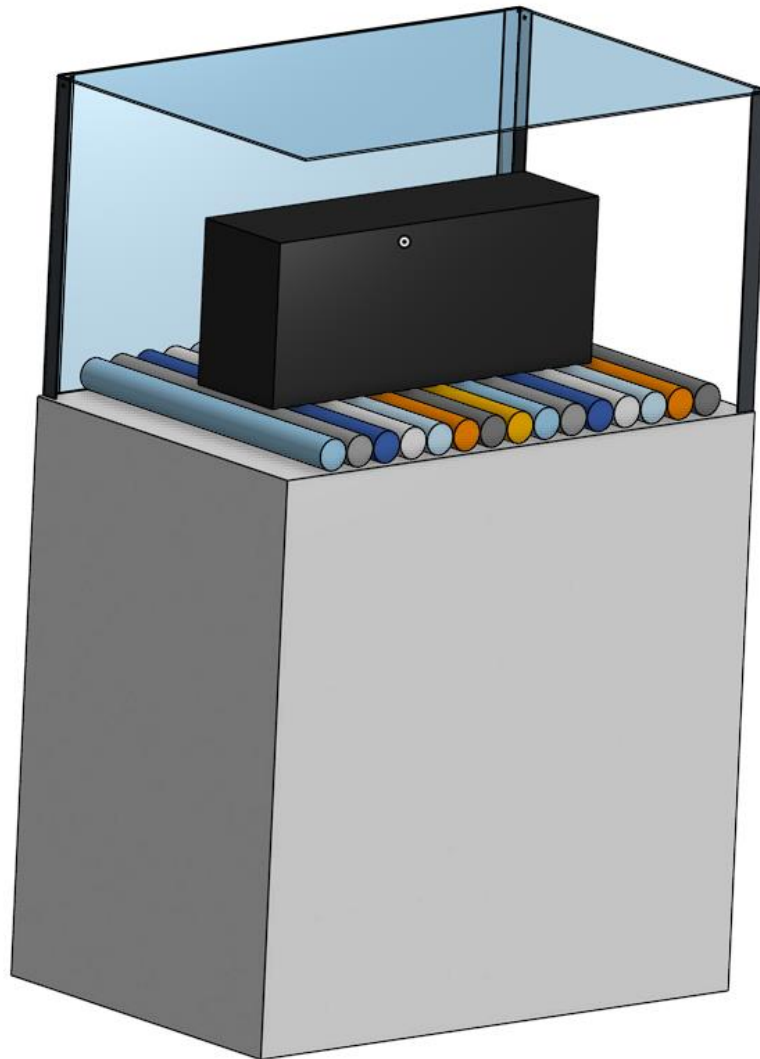
Muutaman eri version jälkeen päädyttiin tekemään rungon kehikko L-profiilin alumiinista ja seinät sekä ovet polykarbonaattilevystä, saumat tiivistetään silikonilla. Kaapista tuli suorakulmainen kuutio, jonka dimensiot vastaavat imupöytää, syvyys 604 mm, leveys 910 mm ja korkeus 500 mm. Imujärjestelmä toteutetaan jo aiemmin mainitulla imuripöydällä, joten sitä ei tarvitse erikseen suunnitella. Koska moduulit ovat painavia, tulee kopin sisälle rullarata liikuttelun sujuvoittamiseksi.

Idea taitto-ovesta tuli myöhemmässä vaiheessa, sillä se vaikutti yleisesti paremmalta vaihtoehdolta koko kaapin nostamiseen verrattuna. Kuten kuvissa 4 ja 5 näkyy, tehty 3D-mallinnus vetokaapista on yksinkertaistettu, mutta se auttaa hahmottamaan minkälaista ratkaisua ollaan toteuttamassa.



KUVA 4. Yksinkertaistettu malli vetokaapista

Kuvassa 5 on lisätty vetokaappiin rullarata, sekä imupöytä lisähavainnointia varten.



KUVA 5. Yksinkertaistettu malli, jossa vetokaapin lisäksi akkumoduuli, rullapöytä sekä imuripöytä

Lopuksi vielä listattuna kokoonpanoon vaadittavat osat.

- polykarbonaattilevy ovet 2kpl (470x600)
- polykarbonaattilevy katto (900x600)
- polykarbonaattilevy etuseinä (900x250)
- polykarbonaattilevy takaseinä (900x600)
- L-profiili alumiini 5 m
- M6 -ruuvi 6 kpl
- 2x sylinteri
- Imuripöytä
- rullarata (pienempi kuin 900x600)

- sarana 4 kpl
- saranan ruuvit m4x8 itseporautuvat 8 kpl.

6 MITOITUS JA KOMPONENTTIEN VALINTA

Tässä luvussa käydään läpi projektin tuotteiden mitoitus ja valintaa. Kaapin sisälle itsessään ei tule sähköjä, sillä imuripöydällä on oma sähkönsyöttö ja hiomakoneen kaapeli mahtuu olemaan kaapin ilmanottoaukossa.

Koska kyseessä on yksinkertainen ratkaisu, jossa ei ole monimutkaisia piirteitä. Lasketaan vain tarvittava mitoitus puhaltimelle, jotta se poistaa pölyn tehokkaasti.

6.1 Puhaltimen mitoitus

Mitoitus riippuu siitä, onko kyseessä koteloitu vai koteloimaton kohde. Tarvittavan ilmavirran nopeus, vaihtoilmän pinta-ala ja painehäviö määritetään, minkä perusteella valitaan sopiva puhallin.

Koteloidun kohdepoistolaitteen ilmavirran nopeus saadaan kaavalla 1.

$$q_v = vA$$

KAAVA 1

$$q_v = \text{ilmavirta (m}^3/\text{s)}$$

$$v = \text{otsapintanopeus (m/s)}$$

$$A = \text{korvausilma-aukkojen pinta-ala, 0,6 m}^2$$

Otsapintanopeus valitaan 0,4–1 m/s väliltä, joka riippuu poistettavan aineen myrkyllisyydestä. Tässä tapauksessa poistettava aine on alumiinipölyä, joten valitaan yleisin käytetty nopeus 0,5 m/s. Kaapissa oleva korvausilman arvioitu aukko toimii samalla tilana työskentelyyn kaapin sisällä.

Ilmavirran suuruudeksi saatiin noin 0,3 m³/s.

Poistokanavan halkaisijaan voidaan käyttää kaavaa 2.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q_v}{\pi \cdot v}}$$

KAAVA 2

d = kanavan halkaisija (m)

q_v = ilmavirta (m^3/s)

v = pölyn kuljetusnopeus (m/s)

Kuljetusnopeus v valitaan pölyn ominaisuuksien mukaan (taulukko 1). Tässä tilanteessa valittiin arvoksi 15 m/s, koska lähes poikkeuksetta hionnassa muodostuu vain alumiinipölyä. Kanavan halkaisijaksi saatiin näillä arvoilla 0,1 m. Kanavana toimii kuitenkin Eurovac-mini-imupöydän oma kanava.

TAULUKKO 1. Kuljetusnopeus pölytyypin mukaan

Pölytyyppi	Kuljetusnopeus (m/s)
Kevyeheköt pölyt (esim. kuiva puupöly, muovipöly)	15
Tavallinen teollisuuspöly (hiontapöly, karkea kumi- pöly)	20
Raskas pöly (lyijypöly, kostea pöly)	25

Viimeisenä lasketaan poistokanavan painehäviö, joka koostuu kanaviston kitkahäviöstä ja kertavastuksesta. Kitkahäviötä varten pitää määrittää ensin kitkakerroin, joka lasketaan kaavalla 3.

$$\lambda = \frac{1}{1,14 - 2 \log \frac{k}{d_{mm}}}$$

KAAVA 3

λ = kitkakerroin

k = kanavan pinnankarheus

D_{mm} = kanavan halkaisija (mm)

pinnankarheutena peltikanavaan on käytetty 0,15. Kitkakertoimeksi saatiin 0,15. Kitkahäviö Painehäviön laskentaan saadaan laskettua kaavalla 4.

$$\Delta p_{kit} = \frac{\lambda \rho_i v^2 L_{kok}}{2d}$$

KAAVA 4

Δp_{kit} = kitkapainehäviö (Pa)

λ kitkakerroin

ρ_i ilman tiheys (kg/m^3)

v = kuljetusnopeus (m/s)

L_{kok} = kanavan pituus (m)

d = kanavan halkaisija (m)

Ilman tiheytenä käytettiin arvoa $1,29 kg/m^3$ ja kanavan kokonaispituus oli 1 m. Muissa käytettiin aiemmin ilmoitettuja arvoja. Kitkapaine häviöksi saatiin 218 Pa. Kertavastuspainehäviön laskentaan käytettiin kaavaa 5.

$$\Delta p_{ker} = \frac{\Sigma f_t n \rho_i v^2}{2}$$

KAAVA 5

Δp_{ker} = kertavastuspainehäviö (Pa)

Σf_t = kertavastuskertoimien summa

n = kohdepoistolaitteiden lukumäärä (kpl)

ρ_j = ilman tiheys (kg/m^3)

v = kuljetusnopeus (m/s)

Kertavastuskertomena käytettiin putkiston osien määrää, joita oli kaksi. Kohdepoistolaitteita on 1 ja muut arvot laskettiin aiemmin. Kertavastuspainehäviöksi saatiin 290 Pa. Kokonaispainehäviö määritetään kaavalla 6.

$$\Delta p_{kok} = \Delta p_{kit} + \Delta p_{ker}$$

KAAVA 6

Δp_{kok} = kokonaispainehäviö (Pa)

Δp_{kit} = kitkapainehäviö (Pa)

Δp_{ker} = kertavastuspainehäviö (Pa)

Kokonaispainehäviöksi saatiin 508 Pa. Näillä tiedoilla saadaan puhaltimen sähkömoottorin teho, joka saadaan kaavalla 7.

$$P = \frac{Q\Delta p}{\eta}$$

KAAVA 7

P = puhaltimen teho (W)

Q = puhaltimen tuotto (m^3/s)

Δp = puhaltimen paine-ero (Pa)

η = puhaltimen hyötysuhde

Arvo $0,3 m^3/s$ on puhaltimien tuottama ilmavirta. Hyötysuhteeksi on arvioitu 0,8 ja painehäviö on tässä tapauksessa paine-ero. Puhaltimen sähkötehoksi saatiin 190,5 W.

6.2 Imupöytä

Tämän tuotteen ilmanpoistoksi valittiin Eurovac-mini-imupöytä Suomen Imurikeskus Oy:ltä jonka esite on kuvassa 6, sillä se sopii mitoiltaan ja ilmavirtaukseltaan hyvin kyseiseen projektiin, Lisäksi mini-imurin käyttö mahdollistaa sen, että puhallinta ei tarvitse erikseen suunnitella.



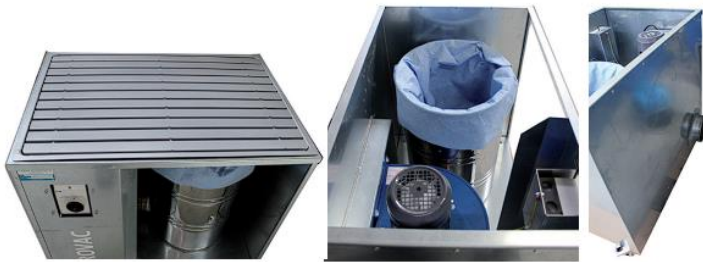
Eurovac mini-imupöytä on suunniteltu erityisesti pienten kappaleiden työstössä syntyvien pölyjen poistoon.

Pöydän päällä hiottavasta kappaleesta irtoava pöly imeytyy imuritilan kautta pöytäta-son alla olevaan roskasäiliöön. Pöly kerääntyy helposti vaihdettavaan kertakäyttöiseen pölypussiin.

Eurovac mini-imupöytä on suunniteltu helposti liikuteltavaksi työpisteeltä toiselle. Se voidaan myös liittää jo olemassa olevaan järjestelmään.

Lisävarusteena saatavilla myös

- HEPA13 suodatus
- Kumimatto, jonka avulla imupinta-alaa voidaan säätää

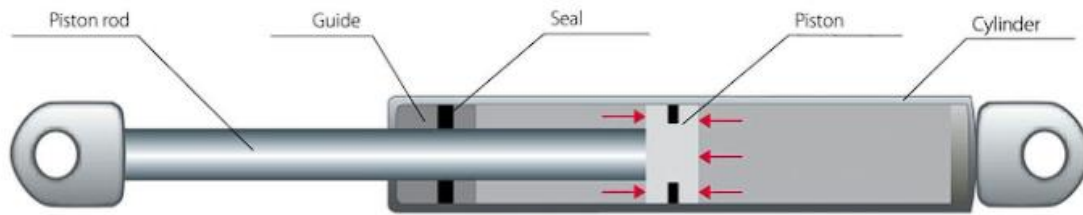


Tekniset tiedot			
Teho	1100W	Mitat (s x l x k)	604x910x905 mm
Ilmavirtaus	2240 m ³ /h	Virtajohto	8 m
Säiliön koko	82 l	Paino	105 kg
Äänitaso	68 dB	Jännite	230 V

KUVA 6. Eurovac-mini-imupöydän esite (14.)

6.3 Ovisylinterien mitoitus ja valinta

Kaasujousen pääkomponentteihin kuuluu: sylinteri, männänvarsi, tiiviste ja ohjain. Sylinteri sisältää puristettua typpikaasua, joka muodostaa saman paineen männän molemmille puolille. Pinta männän varren puolella on pienempi kuin päinvastaisella puolella, josta seuraa työntövoimaa. Yksinkertaisesti sen tuottaman käyttövoiman määrää männänvarren poikkileikkauspinta-ala ja sylinterin sisällä oleva paine. Kaasujousen osat on kuvattu kuvassa 7. (12.)



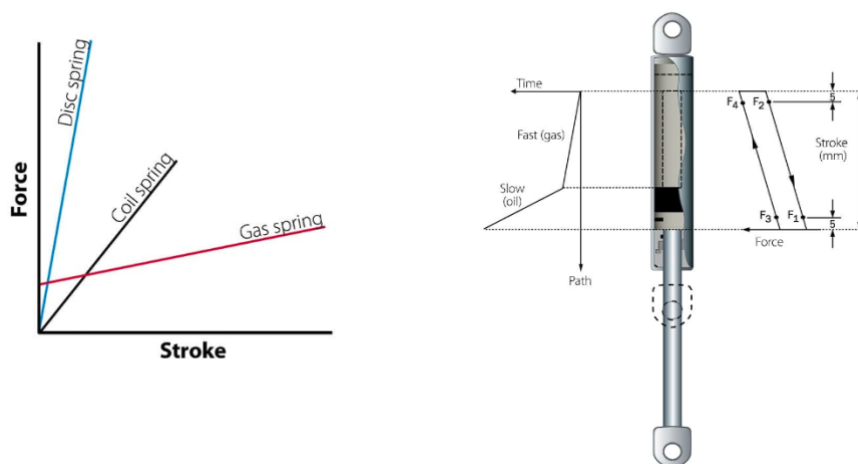
KUVA 7. kaasujousen toiminnan havainnollistaminen 1 (12.)

Toisin kuin useimmissa muissa jousissa, kaasujousissa on sisäänrakennettu esijännitys ja jousivoima on vakio, mikä tarkoittaa, että täyden venytyksen ja täyden puristuksen välinen ero on pieni. (12.)

Kun mäntä painuu sylinteriin, tilavuus pienenee ja paine kasvaa. Tämä lisää työntövoimaa. Normaalisissa tapauksissa lisäys on yleensä noin 30 % täydessä puristuksessa. (12.)

Työntöliike on hidasta ja hallittua. Se riippuu kaasuvirrasta, jonka sallitaan kulkea männän sisällä olevien kanavien läpi puristuksessa. (12.)

Perinteiset kaasujouset käyttävät hydraulista vaimennusta, joka on luotu pienellä määrällä öljyä. Tämä hidastaa välittömästi iskun nopeutta ennen kuin jousi laajenee täysin. Kuvassa 8 näitä kohtia havainnollistetaan tarkemmin. (12.)



KUVA 8. kaasujousen toiminnan havainnollistaminen 2 (12.)

Yksinkertaisemmissa tarvittava jousivoima voidaan laskea syöttämällä arvot kaavaan 8:

$$F1 = (GxL)/(Wxn) + 10 - 15\% \text{ virhemarginaali}$$

KAAVA 8

$F1$ = kaasuvoima (N)

G = liikkuvan osan painovoimaveto (N)

C = liitäntäkohta liikkuvassa osassa (m)

D = liitäntäkohta liikkuvassa osassa (m)

E = kääntopiste (m)

S = painopiste (m)

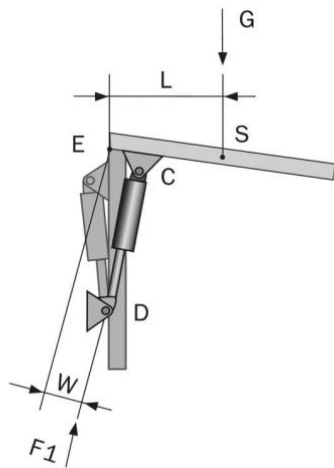
L = vaakaetäisyys E :stä S :ään avoimessa asennossa (m)

W = pienin etäisyys E :hen (m)

N = kaasujousien määrä

Tällä kaavalla saadaan kaasujousivoimaksi noin 34 N.

Kuvassa 9 on havainnollistettu vielä kaavaa 8.



KUVA 9. kaasujousen laskukaavan havainnollistaminen

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ratkaisu moduulituotannon hiontavaiheen pölyongelmaan. Tuloksena saatiin tietoa ja ymmärrystä tehdaspölyn aiheuttamista haitoista, sekä mahdollisista ratkaisuista. Vaikka opinnäytetyössä ei saatu ratkaisua ongelmaan, kuitenkin saatiin käsitys pölynpoiston tarpeellisuudesta ja ratkaisumahdollisuuksista.

Tarkoituksena oli siis löytää ratkaisu moduuliterminaalien hionnassa syntyvään pölyyn ja ennen kaikkea estää sen leviäminen tehtaassa. Toistaiseksi hiontatyövaiheeseen on otettu käyttöön hengityssuojaimet, mutta Vuoden 2025 alussa moduulien tuotantolinja päivitetään ja hiontapisteelle rakennetaan isomman mittakaavan pölynpoistoratkaisu.

Projekti oli ainakin aluksi yksinkertainen ja matalalla kynnyksellä toteutettava, mutta sen edetessä tuli huomattua, että työ meinasi alkaa paisumaan käsiin. Ongelmaksi muodostui tuotantomäärien nopea kasvu. Suurimmaksi haasteeksi koin kirjoittamisen ja lähteiden etsimisen. Mielestäni työ onnistui pääpiirteittäin hyvin, vaikka työ jäi suunnitteluasteelle.

LÄHTEET

1. Cactos Oy. Hakupäivä 2.12.2024. <https://www.cactos.fi/>.
2. VTT. Pöly: määritelmiä ja käsitteitä. Tietoverkko pölytorjunnan avuksi 2004. Hakupäivä 17.9.2024. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/kpl_1_1.html.
3. VTT. Pölyn aiheuttamat haitat. Tietoverkko pölytorjunnan avuksi 2004. Hakupäivä 17.9.2024. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/kpl_1_4.html.
4. VTT. Kohdeilmanvaihto. Tietoverkko pölytorjunnan avuksi 2004. Hakupäivä 17.9.2024. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/kpl_6_2.html.
5. Finlex 2008. Koneturvallisuusdirektiiviä vastaava valtioneuvoston asetus VNa 400/2008. Helsinki. Hakupäivä 17.9.2024. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>.
6. Metsta. Työergonomia. Ergonomian ja käytettävyyden standardit. Hakupäivä 17.9.2024. https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/05/Ergonomiaesite_versio2.pdf.
7. iso9001. Laatustandardi. ISO 9001 on kehys laadunhallinnan johtamiselle. Hakupäivä 17.9.2024. <https://www.iso9001.fi/>.
8. SFS. Työterveys ja työturvallisuus. ISO 45001 Työterveys- ja työturvallisuusjohtaminen. Hakupäivä 17.9.2024. <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/iso-45001-tyoterveys-ja-tyoturvallisuusjohtaminen/>.
9. SFS. Ympäristöystävällisyys. Standardi ISO 14001 on työkalu kokonaisvaltaiseen ja tavoitteelliseen ympäristöasioiden hallintaan. Hakupäivä 17.9.2024. <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/iso-14000-ymparistojohtamisen-standardisarja/#Standardi>.
10. VM 22/2017 Riskienarviointi. Ohje riskienhallintaan Riskiarviointityökalu - käyttö- ja täyttöohje. Hakupäivä 18.9.2024.

<https://vm.fi/documents/10623/1898625/Riskiarviointi+ohje/fe847307-0fc9-4389-bc0c-f003a98c150f>.

11. Machinery. Standardilista. Hakupäivä 19.9.2024. [2006 42 Machinery - Summary list of harmonised standards - Generated on 17.9.2024 \(1\).xlsx](#).

12. Lejofors. Kaasujouset. Hakupäivä 30.9.2024. <https://www.lesjoforsab.com/fi/tekniikka/kaasu-jouset/>.

13. VTT. Kohdeilmanvaihto. Tietoverkko pölytorjunnan avuksi 2004. Hakupäivä 30.9.2024. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/kpl_6_2.html.

14. Suomenimurikeskus. Eurovac-mini-imupöytä. Hakupäivä 18.12.2024 <https://suomenimurikeskus.fi/tuote/eurovac-mini-imupoyta/>