

Samu Rossi

KOMPOSTIMYLLY

KOMPOSTIMYLLY

Samu Rossi
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Samu Rossi
Opinnäytetyön nimi: Kompostimylly
Työn ohjaaja: Heikki Takalo-Kippola
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018
Sivumäärä: 24 + 4 liitettä

Työn aiheena oli käsikäyttöisen prototyypin jatkokehitys sähkökäyttöiseksi. Käsikäyttöinen kompostimylly suunniteltiin ja valmistettiin vuosina 2016 - 2017. Laitte on tarkoitettu jälkikompostin maa-aineksen hienonnukseseen. Suunnittelu ja valmistus prototyypille oli toteutettu ammatillisina projektiohjelmina. Valmistuspiirroset käsikäyttöisestä laitteesta oli tehty SolidWorks-3D-mallinnusohjelmalla. Käsikäyttöisen laitteen prototyyppi oli valmistettu Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratorion tiloissa. Laitteen testaus oli toteutettu omakotitalon pihalla oikeissa olosuhteissa kesän 2017 aikana.

Sähkökäyttöisen kompostimyllyn suunnittelu aloitettiin esisuunnittelusta. Esi-suunnittelussa selvitettiin ulkoilmaan tulevan laitteen turvallisuusmääräykset. Tämän lisäksi suunniteltiin älykkäät dokumentitunnisteet osille ja valittiin moottori. Moottorinvalinta pystyttiin toteuttamaan, kun moottorin tehontarve oli selvitetty. Moottorin tehontarve määritettiin pyörittämällä käsikäyttöisen prototyypin käyttökampea kalapuntarin avulla. Näillä mittauksilla ja moottorivaihtoehtoja tutkimalla todettiin, että 24 V:n jännitteellä toimiva moottori on riittävän tehokas kompostimyllyn käyttövoiman tarpeeseen.

Ulkoilmaan tulevan sähkölaitteen suunnittelua rajaavat standardin mukaiset luokitukset eli ip-luokitukset. Ulkoilmaan tuleva sähkölaite täytyy olla minimissään ip-luokitukseltaan luokkaa IPX3 tai IPX4. Suunnittelutyötä rajasi myös maadoituksen oikeanlainen suunnittelu. Maadoitus toteutettiin maadoitetulla virtajohdolla, joka maadoitettiin laitteen runkoon. Maadoituksen oikeanlaisen käytön vastuu siirtyy käyttäjällä. Käyttäjältä vaaditaan maadoitetun jatkojohdon käyttämistä.

Mekaniikkasuunnittelu toteutettiin SolidWorks-3D-mallinnusohjelmalla. Kompostimylly jaettiin neljään osaan: pöytään, myllykehikkoon, poraan ja suojakoteloon. Mallinnoista tehtiin aluksi osapiirroset ja näistä osapiirroksista tehtiin alikoonpanopiirroset. Lopulta tehtiin myös pääkoonpano. Työhön sisältyi myös riskianalyysin tekeminen Oulun ammattikorkeakoulun valmiiseen riskianalyysipohjaan.

Asiasanat: sähkökäyttö, 3D-mallinnus, testaus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
1.1 Valmistuspiirrokset	6
1.2 Sähköohjaus	6
1.3 Riskianalyysi	6
2 ONGELMANRATKAISUMENETELMÄT JA SÄHKÖTURVALLISUUS	7
2.1 Heuristinen menetelmä	7
2.1.1 Heuristiset pisteet	8
2.1.2 Heureka	8
2.2 Systemaattinen ongelmanratkaisu	9
2.3 Sähköturvallisuus, kotelointiluokat	10
3 ESISUUNNITTELU	11
3.1 Alustava kustannusarvio	12
3.2 Käyttövoiman välitys moottorilta hienonnusterälle	12
3.3 Moottorin ja hienonnusterän liittäminen	13
3.4 Tuotetiedon hallinta	13
4 3D-MALLINNUS JA VALMISTUPIIRROKSET	14
4.1 Pöytä	14
4.2 Myllykehikko	15
4.3 Pora	17
4.4 Suojakotelo	18
4.5 Kokonaisuuden tarkastelu	19
5 SÄHKÖOHJAUKSEN SUUNNITTELU	20
6 RISKIANALYYSI	21
7 YHTEENVETO	22
LÄHTEET	24
LIITTEET	
Liite 1 Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratorion hinnasto	
Liite 2 Alustava kustannusarvio	
Liite 3 Momentin tarpeen määrittäminen	

Liite 4 Myllykehikon kokoonpano

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on ammatillisina projektiohjelminä tehdyn prototyypin jatkokehitystyö. Jälkikompostoidun maa-aineksen hienonnuksilaitteen prototyyppi suunniteltiin ja valmistettiin vuosina 2016 - 2017. Valmis prototyyppi on testattu. Prototyyppi on muunneltu testaustulosten pohjalta toimivaksi. Prototyypin valmistuspiirrokset on piirretty SolidWorks-3D-mallinnusohjelmalla. Prototyyppi on valmistettu Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratorion tiloissa.

Opinnäytetyössä käsikäyttöisestä prototyyppiasteella olevasta laitteesta suunnitellaan sähkömoottorilla käytettävä versio. Käsikäyttöinen prototyyppi toimii suunnannäyttäjänä suunnittelutyössä. Työ jakautuu kolmeen pääpiirteeseen alaotsikoiden 1.1, 1.2 ja 1.3 mukaisesti.

1.1 Valmistuspiirrokset

Kolmesta opinnäytetyön pääpiirteestä ensimmäinen eli valmistuspiirrosten päivittäminen sisältää 3D-mallinnuksien tekemisen sähkökäyttöisestä laitteesta. Tämä suunnittelutyön osuus sisältää myös moottorin liittämiseen liittyvän mekanismin suunnittelun. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon käyttö- ja sähköturvallisuus. Suunnittelussa otetaan huomioon myös esteettisyys.

1.2 Sähköohjaus

Toinen pääpiirre on sähköohjauksen suunnittelu. Tämä sisältää moottorin käyttöön liittyvien komponenttien valinnan sekä niiden kytkennän ja liittämisen laitteeseen. Komponenttien valinta toteutetaan, kun koko sähköohjauksen toiminta on saatu kartoitettua.

1.3 Riskianalyysi

Kolmas pääpiirre eli riskianalyysi sisältää laitteen turvallisen käytön analysoimisen. Tämä sisältää turvallisuusriskien listaamisen ja pisteyttämisen valmiilla menetelmillä.

2 ONGELMANRATKAISUMENETELMÄT JA SÄHKÖTURVALLISUUS

Kaikilla uusia asioita luovilla aloilla on yksi yhteinen piirre. Toimimme ihmisinä ihmisen ominaisuuksien ehdoilla. Taiteilijat, matemaatikot, fyysikot, arkkitehdit, konesuunnittelijat ja koko lukematon kirjo erilaisia uutta luovien alojen toimijoita törmäävät samaan asiaan: Mistä saada oivallus?

Oivalluksen saamiseen on olemassa monia erilaisia menetelmiä. Tässä työssä käytetään enimmäkseen intuitiivista ongelmanratkaisua. Rajat on määritetty tarkasti prototyypin toimintaperiaatteen ja sähköturvallisuuden liittyvien määräysten mukaan.

2.1 Heuristinen menetelmä

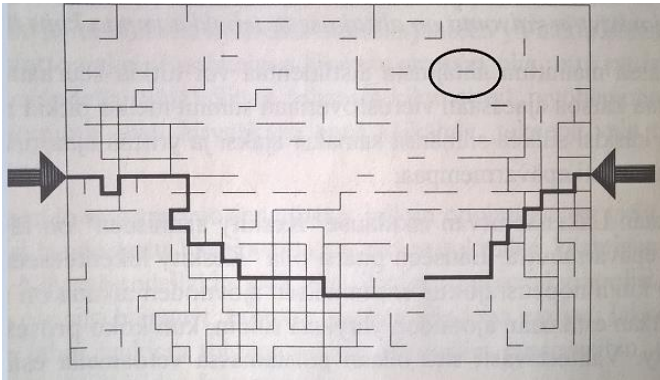
Todella yksinkertaiset keksinnöt voivat olla hyvin haastavan suunnittelutyön tuloksia, kun taas laajat monimutkaiset kokonaisuudet saattavat ratketa kuin itsestään. Tosin jälkimmäinen tuskin tapahtuu montaa kertaa suunnittelijan uran aikana.

Heureka-ilmiö on tapahtuma, missä oivallus syntyy yllättäen, kuin itsestään. Itsestään oivallus ei kuitenkaan synny. Aivojen tietoinen mieli ja alitajunta synnyttävät oivalluksen vielä tuntemattomien toimintaperiaatteiden tuloksena. Heuristinen ongelmanratkaisu on tietoista ohjautumista tilanteeseen, jossa oivallus syntyy. (Vrt. 1, s. 22.)

Opinnäytetyössä käytetty intuitiivinen ongelmanratkaisu ilmenee heuristisena menetelmänä. Tavoitteesta seuraa intuitiivinen tiedonhaku, joka johtaa ratkaisuun. Tässä menetelmässä valitaan yksi varmasti muuttumaton asia. Opinnäytetyössä se on moottori. Moottorissa olevaan mekaniikkaan ja komponentteihin palataan yhä uudestaan uusien oivalluksien syntyessä. Menetelmässä täytyy huomioida se, että ensimmäinen kiintopiste voi joskus olla väärä. Siksi on hyvä välillä irtautua työstä ja tarkastella muita mahdollisuuksia. (1, s. 14, 15.)

2.1.1 Heuristiset pisteet

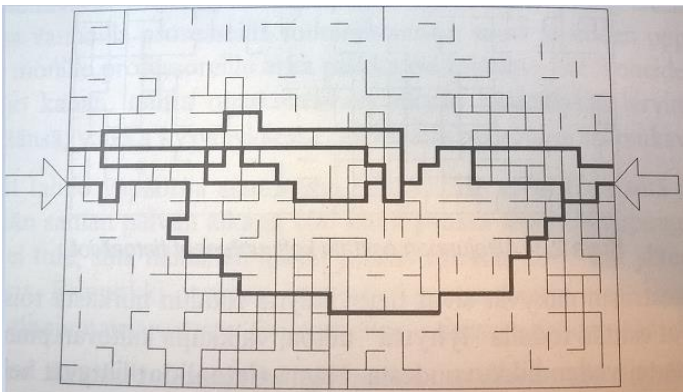
Voidaan kuvitella, että kuvassa 1 vasemmalla oleva nuoli on tavoite. Opinnäyte-työssä tavoite on toimiva laite. Oikealla oleva nuoli on tavoitteen ratkaisu. Ympyröity viiva laatikon sisällä tarkoittaa tiedon jyvää. Voidaan ajatella, että tiedonjyvä on sähkökäyttöisen laitteen moottori. Kun aletaan etsimään uutta tietoa, tiedonjyvä moottori muuttuu tiedonjyvien verkostoksi. Nämä verkostot ovat nimeltään heuristisia pisteitä. (1, s. 14.)



KUVA 1. Heurististen pisteiden synty tiedonhaun tuloksena (1, s. 14)

2.1.2 Heureka

Kun tiedonjyviä ja heuristisia pisteitä on kertynyt riittävästi, syntyy oivallus eli heureka-ilmio. Tiedonjyvät ovat luoneet ketjun tavoitteen ja ratkaisun välille. Tämä tapahtuma on miellyttävä hetki. Kuvasta 2 voidaan huomata, että suunnittelu-työssä on tapahtunut useampia oivalluksen hetkiä. (1, s. 14.)



KUVA 2. Heureka-ilmioiksi kutsuttu tapahtuma on tapahtunut (1, s. 14)

2.2 Systemaattinen ongelmanratkaisu

Systemaattinen ongelmanratkaisu sisältää valmiita menettelytapoja joiden mukaan toimitaan. Näistä voidaan listata vaatimuslista, kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin, ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen osatoiminnoille ja osatoimintojen ratkaisujen yhdistäminen. (1, s. 81 - 95.)

Systemaattinen ongelmanratkaisu vaati enemmän resursseja. Tämä ongelmanratkaisutyyli johtaa kuitenkin intuitiivista ongelmanratkaisua varmemmin riittävästi ongelman ratkeamiseen. Itsenäisessä suunnittelutyössä ei kuitenkaan yleensä ole riittävästi resursseja tämän menetelmän käyttöön sen täydessä olemuksessaan. Ongelmaksi saattaakin tulla markkinoille päädyttyäessä mm. se, että rikotaan toisen tahon oikeutta laitteeseen tai laitteen toimintaperiaatteeseen patentin myötä. (2).

Opinnäytetyön prototyypivaiheessa vuosina 2016 - 2017 käytettiin pääsääntöisesti systemaattista ongelmanratkaisua. Tässä vaiheessa suunnittelutyön tavoitteena ei ollut muuta kuin toimivan mekanismin keksiminen. Toimivan mekanismin oivaltaminen tapahtuu oletettavasti parhaiten siten, että eri ratkaisuvaihtoehtoja listataan kaavamaisilla menetelmillä. Laitteen muuttaminen sähkökäyttöiseksi ei vaadi uusien löydöksiä tekemistä. Toimintaperiaate on jo testauksessa todettu toimivaksi. Tämän johdosta voidaan siirtyä suunnittelemaan sähkökäyttöistä versiota suoraan prototyypin mukaisesti.

Systemaattinen ongelmanratkaisu tulee kuitenkin esille sähköturvallisuuden kautta. Sähköturvallisuusmääräykset antavat tietyt rajat, joiden mukaan suunnittelutyössä täytyy edetä. Määrätty sähköturvallisuus ja valmiiksi suunniteltu laitteen toimintaperiaate antavatkin siis systemaattiset rajat, joissa voidaan liikkua intuitiivisesti kokeillen eri ratkaisuvaihtoehtoja.

2.3 Sähköturvallisuus, kotelointiluokat

Sähkölaitteiden kotelointiluokista on olemassa standardi SFS-EN 60 529 + A1. Standardia sovelletaan mitoitusjännitteeltään enintään 72,5 kV:n sähkölaitteisiin. Kotelointiluokka kertoo sähkölaitteen suojauksesta. Kotelointiluokka kertoo, kuinka hyvin käyttäjä on suojattu koskettamasta laitteen sisällä olevia vaarallisia osia. Standardi kertoo myös sen, kuinka hyvin laite on suojattu haitallisten esineiden päätyemiseltä laitteeseen. Luokituksista selviää myös laitteen suojaus pölyltä, liialta ja vedeltä. (3.)

Kotelointiluokat merkitään IPXX-merkein. Esimerkiksi IP54 tarkoittaa pölyltä ja roiskavalta vedeltä suojattua sähkölaitetta. Ulkoasennuksessa on käytettävä yleensä IPX3- tai IPX4-suojauksia. (Kuva 3.) (3.)

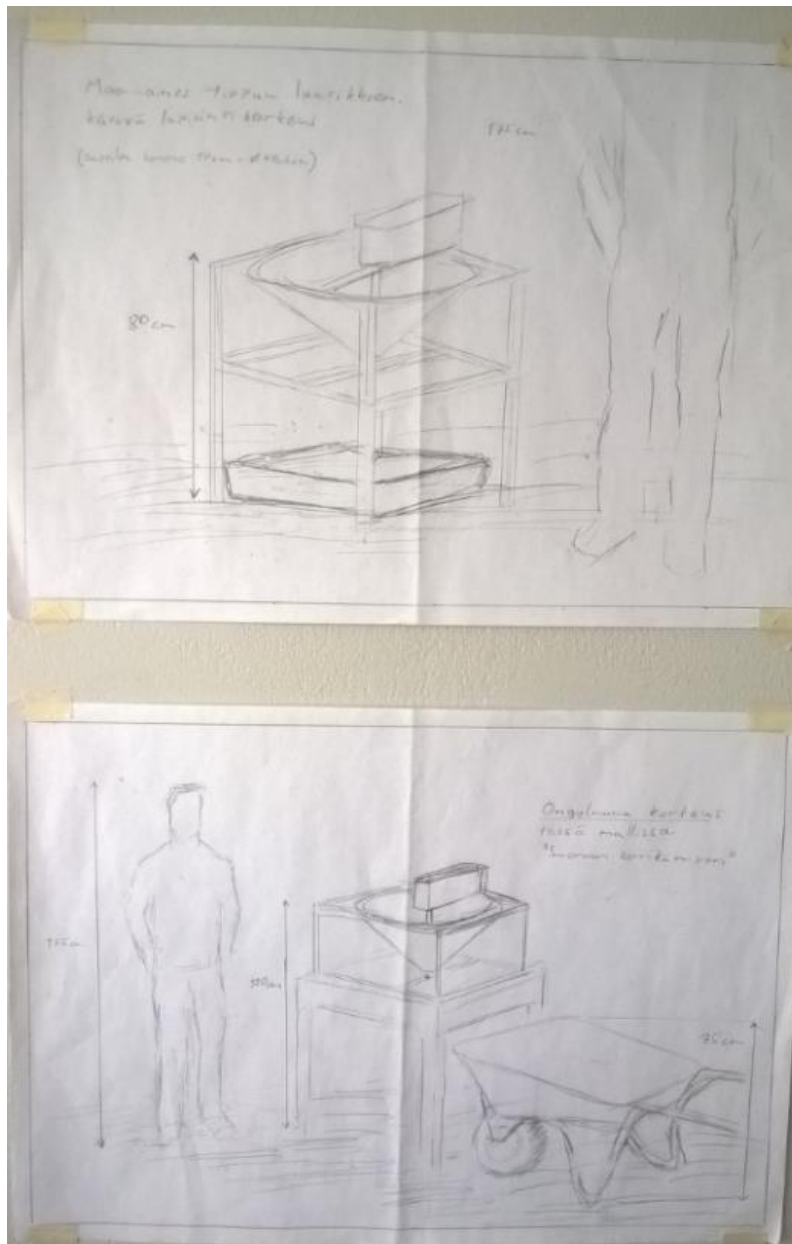
Tila	Kotelointiluokka	
Ulkotila *)	IP X3	Laite, joka altistuu sateelle, mutta joka on asennettu enemmän kuin 0,5 m vaakatason (maanpinta, lattia) tai kaltevan pinnan vesikatto yläpuolelle.
	IP X4	Laite, joka altistuu sateelle ja on asennettu korkeintaan 0,5 m etäisyydelle vaakatasosta tai kaltevasta pinnasta.
	IP X1	Laite on asennettu siten, että se on sadesuojassa.
Kuiva tila	IP X0	Vesisuojavaatimusta ei ole.
Kosteaa tila	IP X1	Vähintään tippuveden pitävä rakenne.
Märkä tila	IP X4	Vähintään roiskevesitiivis rakenne.

KUVA 3. Tyypilliset suojaluokitukset sähköasennuksiin (3)

Sähköturvallisuuteen liittyy ip-luokituksen lisäksi sähkölaitteen maadoittaminen oikealla tavalla. Vikavirta tilanteessa virta voi kulkeutua jostakin syystä laitteen runkoon. Tässä tilanteessa virta on johdettava turvallisesti maahan. Laitteen toiminta voidaan estää vikatilanteessa vikavirtasuojalla. Vikavirtasuojan katkaiseen virran kulun laitteeseen virran kulkiessa väärää reittiä pitkin. Oikein maadoitetun laitteen virransaanti estyy esimerkiksi sellaisessa tilanteessa, kun virta kulkee ihmisen kautta maahan. Vikavirtasuojan liittäminen laitteeseen toteutetaan maadoitetulla jatkojohdolla.

3 ESISUUNNITTELU

Mekaniikkasuunnittelun lähtökohtina toimivat prototyyppi ja prototyypin valmistuspiirrokset. Alkuun hahmotellaan sähkökäyttöisen laitteen kokonaisuus. Tähän piirretään käsin kaksi päävaihtoehtoa. Ensimmäisenä syntyy ajatus siitä, että kotikärryt työnnetään myllyn alle. Tämä vaihtoehto osoittautuu huonoksi, koska laipointi korkeus nousee liian korkealle. Tämän johdosta valitaan versio, missä mylälty aines tippuu laatikkoon. (Kuva 4.)



KUVA 4. Sähkökäyttöisen kompostimyllyn ensimmäiset hahmotelmat

3.1 Alustava kustannusarvio

Alustava kustannusarvio (5) toteutetaan karkeasti prototyypin valmistuspiirrosten ja Oulun ammattikorkeakoulun konepajahinnaston perusteella (liite 1). Alustava kustannusarvio tehdään Excel-laskentaohjelmalla. Vuosina 2016 - 2017 valmistetun prototyypin valmistuksessa käytettiin vesileikkausta, sorvausta ja hitsausta. Sähkökäyttöisen laitteen valmistus koneistamalla arvioidaan karkeasti maksamaan noin 190 €, kun tähän lisätään 30 %:n kate ja materiaalikustannukset nousee kustannusarvio 290 €:oon saakka (liite 2).

Alustava kustannusarvio toteutetaan siitä syystä, koska karkea arvio kustannuksista ohjaa suunnittelutyötä realistiseen suuntaan ja kustannuksien minimoimista voi ajatella alusta alkaen. Suunnittelutyön jälkeen toteutettua omakustannehinnan arviota ei paljasteta tässä raportissa.

3.2 Käyttövoiman välitys moottorilta hienonnusterälle

Moottorin käyttövoiman suuruus saadaan vuosina 2016 - 2017 valmistetun käsikäyttöisen prototyypin avulla. Käsikäyttöistä prototyyppiä käytetään siten, että sen käyttö kampeen asennetaan kalapuntari. Käyttökampea pyöritetään tämän jälkeen kalapuntarin avulla (liite 3). Näin saadaan vipuvarren ja voiman avulla laskettua moottorin momentin tarve kaavalla 1 (4, s. 93). Momentin tarve vaihtelee 0,9 - 1,8 Nm välillä.

$$M = Fr$$

KAAVA 1

M = voiman momentti (Nm)

F = voima (N)

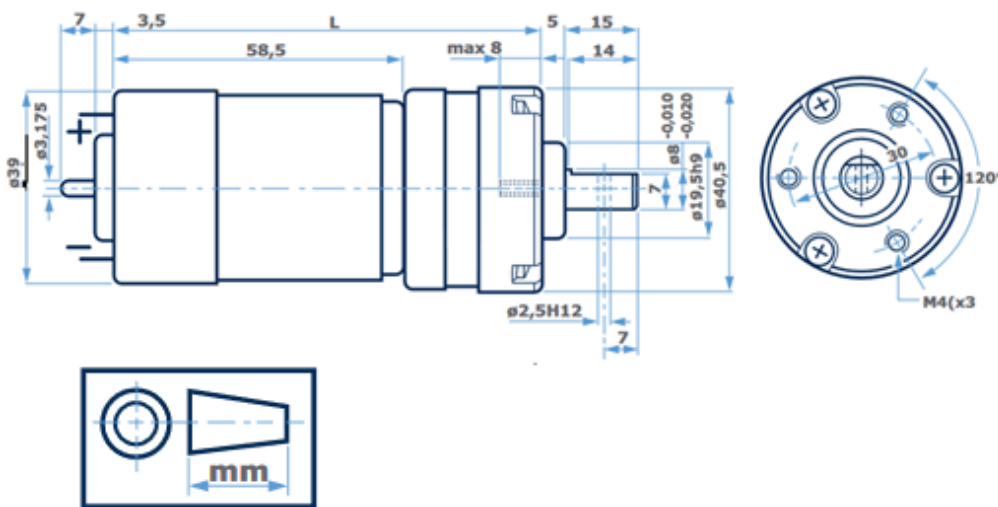
r = voiman vaikutussuoran etäisyys akselilta

Mittaustulosten pohjalta moottoriksi valitaan Micro Motors E192 -sarjan moottori. Tämän sarjan eräässä versiossa vääntömomenttia on 2,2 Nm. Tämä on riittävästi niinäkin hetkinä, kun terä katkoo kompostimylyyn päätyneitä osaksi maatuneita oksia. Moottorin kierrosnopeudet ovat 40–60 kierrosta minuutissa. Tämä on lähelle samaa, kuin käsikäyttöisen laitteen pyörintänopeus. Käsikäyttöisen laitteen nopeus tietenkin riippuu käyttäjän tahdista. (6).

Valittu moottori tarkasti ilmaistuna on Micro Motors E192.24.67. Tässä E192 on sarja, 24 on jännite ja 67 välityssuhde (6).

3.3 Moottorin ja hienonnusterän liittäminen

Moottorinvalinta antaa tiedon moottorin liittämisestä (kuva 5). Moottori voidaan liittää kolmella M4-kierteellä. Moottorin keskellä oleva olake siirtää käyttövoiman. Lisäksi olakkeeseen kuuluu reikä, joka soveltuu hienonnusterän liittämiseen. Hienonnusterän mekaniikka suunnitellaan tämän olakkeen ympärille.



KUVA 5. Moottorin tekniset piirrokset (5)

3.4 Tuotetiedon hallinta

Laitteen suunnittelutyö tuottaa dokumentteja, mitkä pidetään järjestyksessä älykkäillä dokumenttitunnuksilla. Tuotteen nimeksi valitaan C2. Nyt esimerkiksi pääkokoosan nimeksi tulee C2_000. Ensimmäisenä mallinnettu osa on nimeltään C2_001. Ensimmäiseksi mallinnettu alikokoosano on nimeltään C2_101. (Kuva 6.) (7.)

tuote_000 = pääkokoosano

tuote_101(102...103...) = juokseva alikokoosano

tuote_001(002...003...) = juokseva osanumero

KUVA 6. Älykkäät dokumenttitunnukset

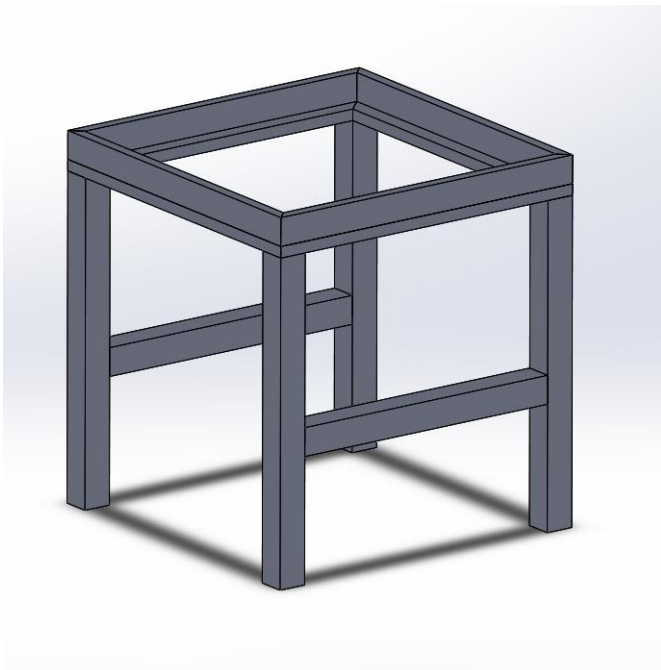
4 3D-MALLINNUS JA VALMISTUPIIRROKSET

Mallinnuksia aloitettaessa päädyttiin jakamaan kompostimyllyn kokonaisuus neljään osaan:

- pöytään
- myllykehikkoon
- poraan
- suojakoteloon.

4.1 Pöytä

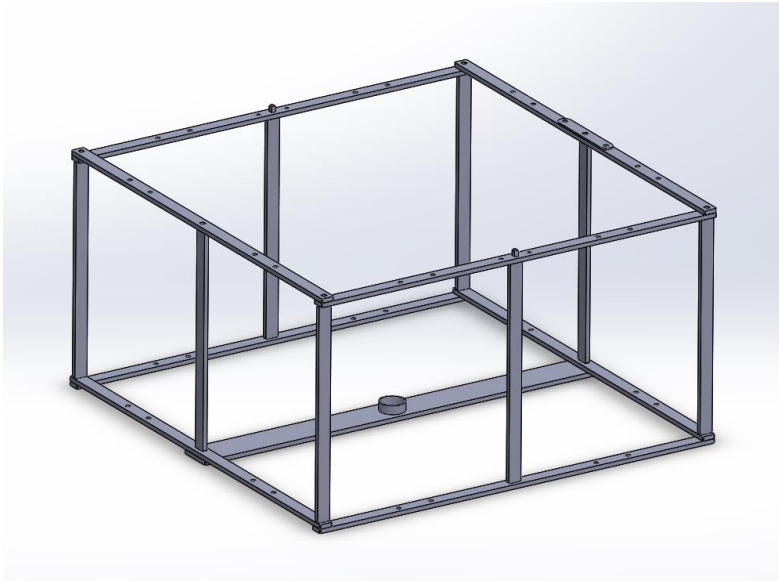
Pöytä suunnitellaan esteettisistä syistä puusta valmistettavaksi. Tumman sävyisellä puuöljyllä käsitelty alataso näyttää hyvältä ja kestää sadetta. Kompostimyllyn pöydän massatuotanto pystytään toteuttamaan yksinkertaisesti ja halvalla. Pöydän valmistukseen riittää valmiin hyllytavarahan osto K-Raudasta. Valmiista hyllytavarasta voidaan valmistaa pöytä käyttämällä kulmasahaa, porakonetta ja muutamia muita tarvikkeita. Kuvassa 7 näkyvän pöydän valmistukseen riittää neljä erilaista osaa, mitkä liitetään toisiinsa ruuveilla. Näitä erilaisia osia on yhteensä 14.



KUVA 7. Kompostimyllin pöydän kokoonpanokuva

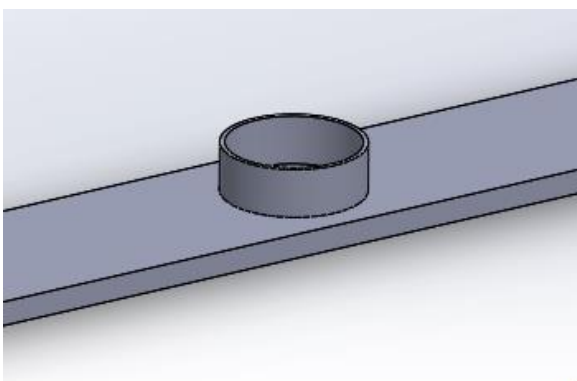
4.2 Myllykehikko

Myllykehikon rungon materiaalina on ruostumaton teräs. Myllykehikon rungon valmistus on suunniteltu toteutettavaksi vesileikkauksella. Kuvassa 8 näkyvä kokoonpano myllykehikon rungosta koostu 18 erillisestä osasta. Nämä osat kiinnitetään toisiinsa hitsaamalla. Myllykehikosta kuten kaikista muistakin alikokoonpanoista on olemassa kokoonpanopiirroksset (liite 4).



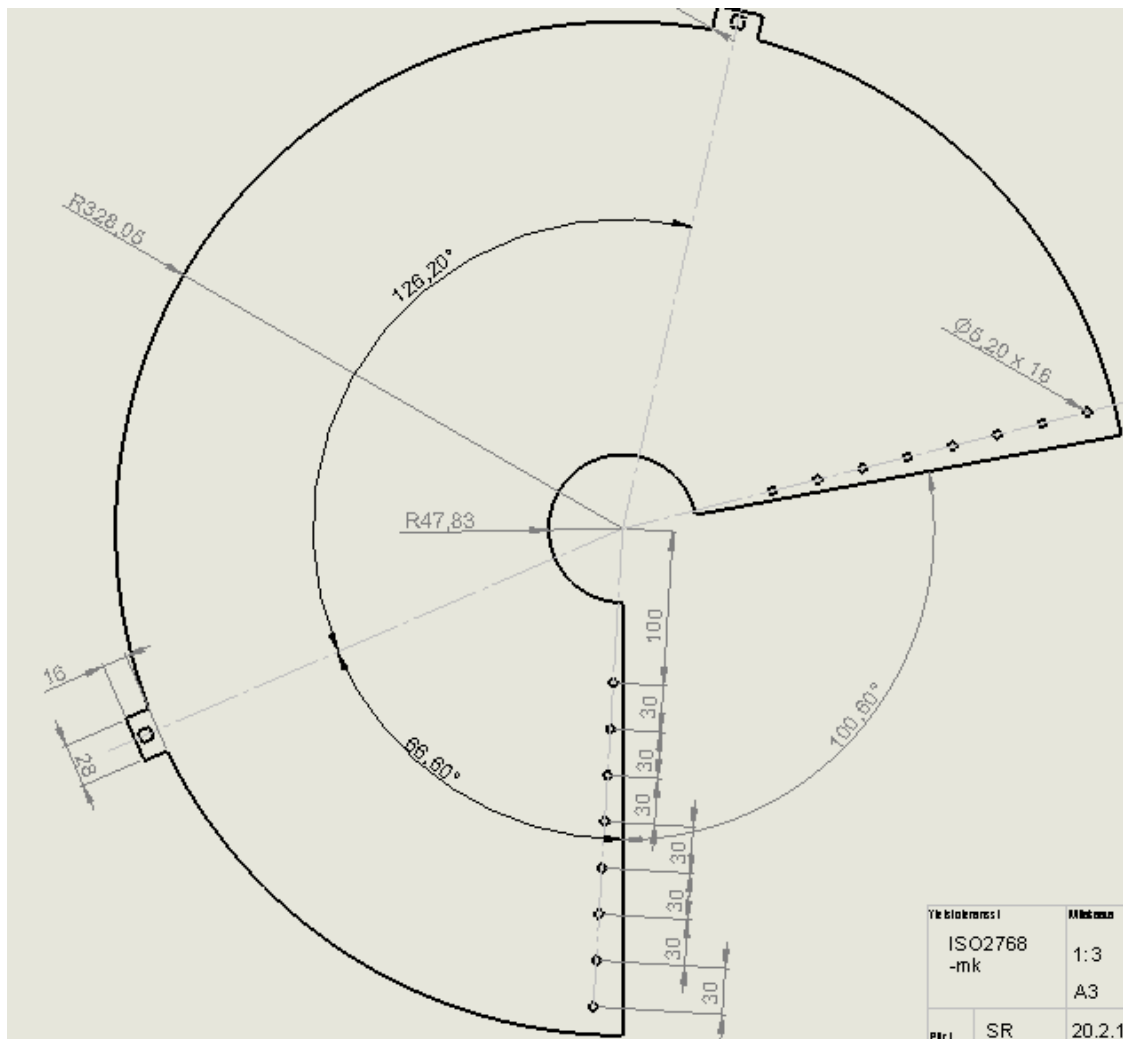
KUVA 8. Myllykehikon runko

Rungosta esille nostettava yksityiskohta on laakerinpidike, joka näkyy kuvassa 9. SFK:n painelaakeri 51102 asetetaan laakerinpidikkeeseen ja pora painetaan sitä vasten. Laakerinpidike pystytään valmistamaan sorvaamalla ja liittämään myllykehikon runkoon kiinni hitsaamalla.



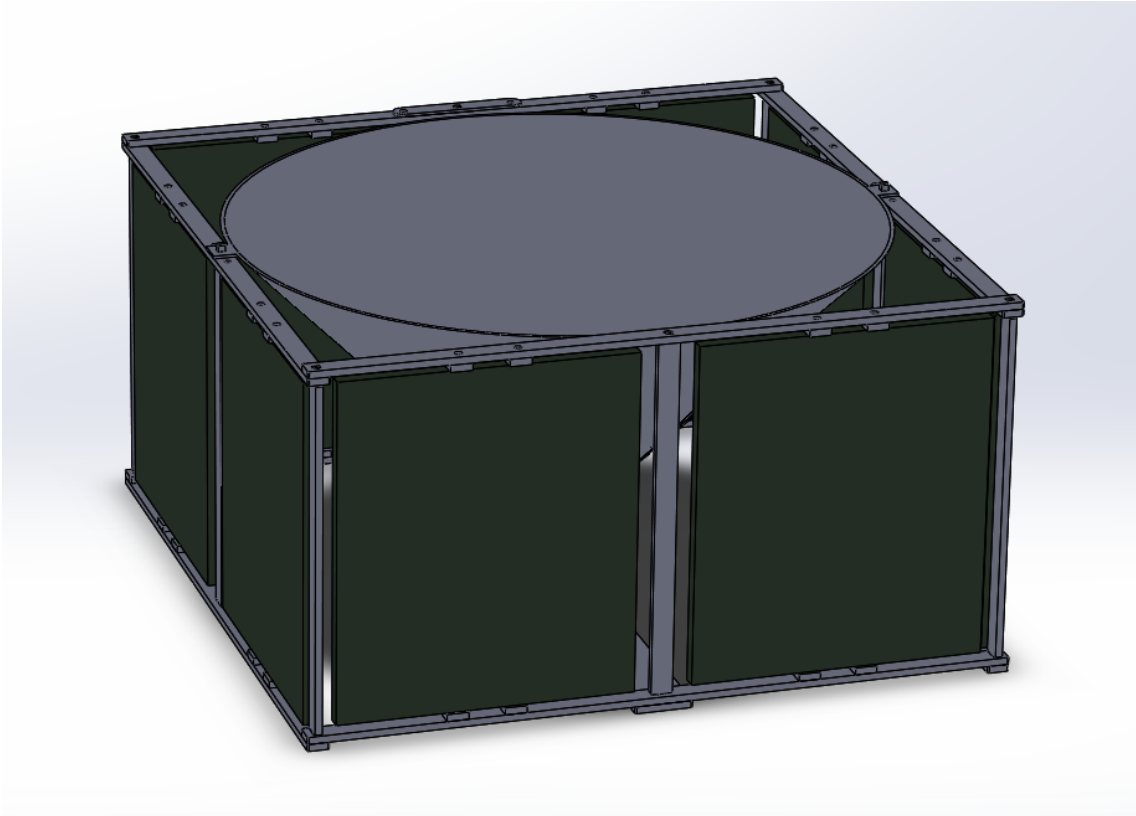
KUVA 9. Myllykehikon laakerinpidike

Suppilo voidaan pakottaa mankelin avulla ja lopulta käsivoimin muotoonsa pujotamalla ruuvimeisseli kuvassa 10 näkyvien 30 mm päässä toisistaan olevien reikien läpi. Levityskuvassa näkyvät olakkeet taivutetaan vaakasuorasti ulospäin ja tämän jälkeen suppilo on valmiina asetettavaksi myllykehikon runkoon kiinni. Myllykehikon rungossa on valmiina ulokkeet, mitkä pujotetaan suppilon olakkeiden läpi. Suppilo puristetaan rungon ja poraa kiinnittävän vaakapalkin väliin. Suppilo valmistetaan vesileikkaamalla se 2 mm paksuta levystä. Suppilomuodon kiinnittämiseen käytetään 16 kappaletta M5-kierteisiä pultteja ja muttereita.



KUVA 10. Suppilon levityskuva

Suppilo asettuu paikoilleen kuvan 11 mukaisella tavalla. Myllykehikon seinämät liitetään paikoilleen silmämääräisesti myllykehikon vaakapalkkien reikien läpi kulkevien ruuvien avulla. Seinämät erotetaan vaakapalkeista aluslevyjen avulla. Jokaiseen seinämään asennetaan neljä aluslevyä. Seinämät valmistetaan 10 mm paksusta vanerista vesileikkaamalla. Seinämät maalataan tummanvihreällä suojaavalla maalilla tai vaihtoehtoisesti käsitellään öljyllä.



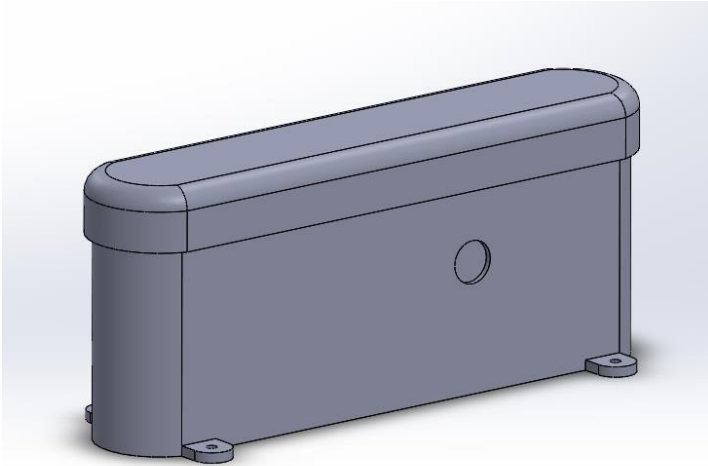
KUVA 11. Suppilon ja seinämien liittäminen myllykehikkoon

4.3 Pora

Poran mekaniikka on valmistettu testaustulosten pohjalta ja suunniteltu prototyyppivaiheessa toimivaksi. Tuotesuojauksen takia poran yksityiskohtainen tarkastelu jätetään tästä raportista pois. Poran valmistuksessa käytetään vesileikkausta, hitsausta ja sorvausta.

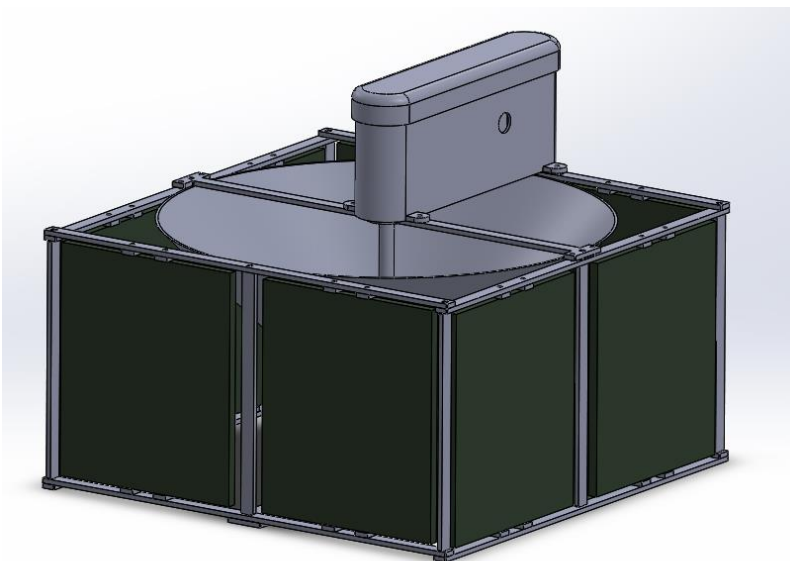
4.4 Suojakotelo

Komponenttien suojakotelo valmistetaan kahdesta erillisestä osasta 3D-tulostamalla. Suojakotelon kylkeen liitetään käynnistuspainike. Virtajohto tuodaan kotelolle kotelon perältä. (Kuva 12.)



KUVA 12. Komponenttien kotelon kokoonpanokuva

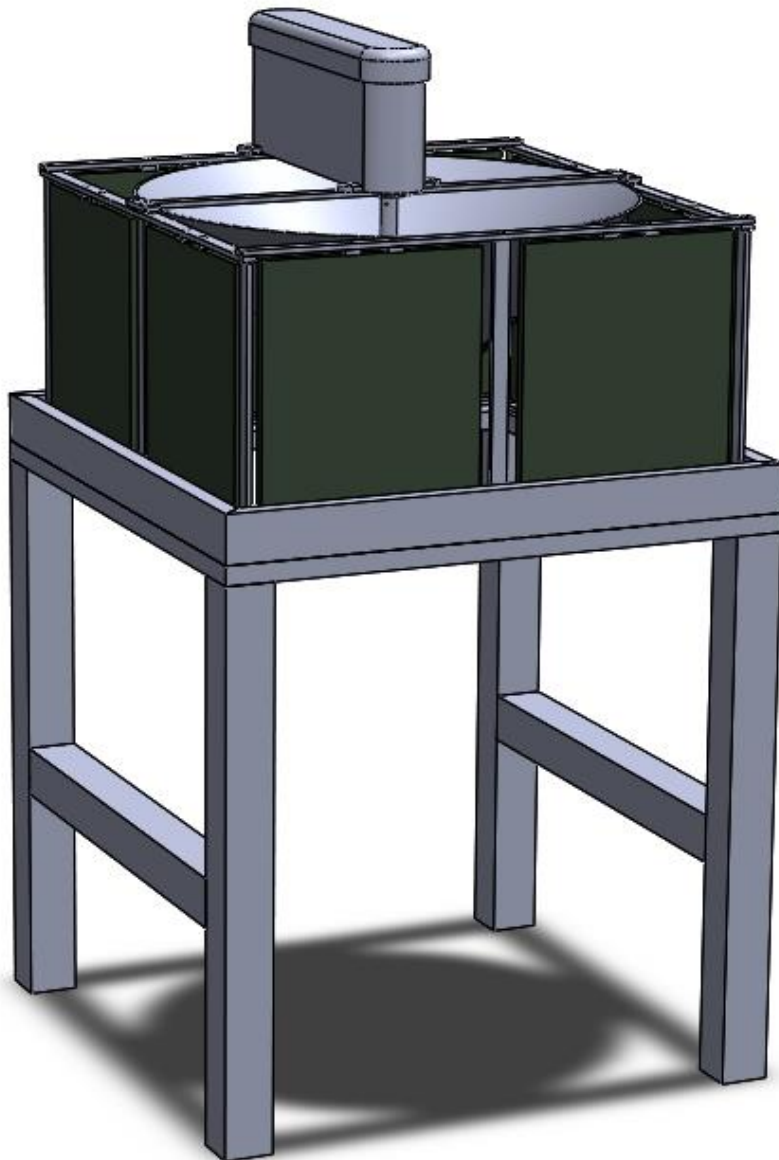
Kotelo liitetään myllykehikkoon myllykehikon vaakapalkeissa oleviin M5-kierteisiin niihin sopivilla pulteilla. Kuvan 13 myllykehikon keskeltä kulkeva vaakapalkki toimii lisäksi suppilon, poran ja moottorin kiinnityspalkkina.



KUVA 13. Kotelon liittäminen myllykehikkoon

4.5 Kokonaisuuden tarkastelu

Sähkökäyttöisen kompostimyllyn mekaanisten osien valmistukseen tarvitaan 3D-tulostusta, koneistusta ja puuntyöstöä. Kompostimyllyn massatuotanto pystytään aloittamaan lähettämällä koneistettavien osien piirustukset konepajalle, investoimalla 3D-tulostimeen ja hankkimalla puuntyöstöön tarvittavat työkalut. Kokoonpano vaatii hitsauslaitteen ja porakoneen. Kompostimyllyn sähkökäyttöinen laatikkoversio sopii sähkökäyttöisen laitteen toiminnantestaukseen. (Kuva 14.)

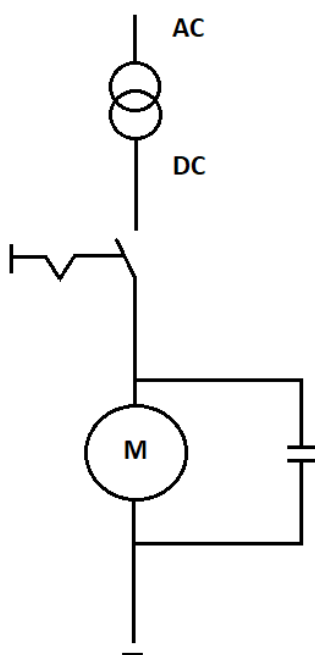


KUVA 14. Valmis kokonaisuus

5 SÄHKÖOHJAUKSEN SUUNNITTELU

Esisuunnitteluvaiheessa aliarvioitiin käyttäjän kykyä käyttää laitetta turvallisesti. Esisuunnittelussa kompostimylly suunniteltiin sammuvan silloin, kun käyttäjä avaa kompostimyllyn suojakannen. Tämä johti valmistuskustannuksien ylimääräiseen kasvuun komponenttien suuresta määrästä johtuen. Tehosekoittimen käyttöä seurattaessa tultiin siihen tulokseen, ettei käyttäjä työnnä käsiään suppilon sisälle myllyn ollessa käynnissä.

Sähköohjaukseen kuuluvia komponentteja ovat maadoitettu virtajohto, kytkin, muuntaja ja kondensaattori. Maadoitus toteutetaan myllykehikon päällä kulkevaan vaakapalkkiin maadoitetun virtajohdon avulla. Käyttäjän vastuulle jää virran johtaminen maadoitetulla jatkojohdolla kotitaloudesta kompostimyllyyn. Kuvassa 15 esiintyvä kytkentä on tehty Microsoft Paint -ohjelmalla ja on riittävä sellaisenaan kompostimyllyn elinkaaren alkuvaiheilla.



KUVA 15. Kompostimyllyn sähköohjauksen ja moottorin kytkentä

6 RISKIANALYYSI

Riskianalyysi toteutettiin Oulun ammattikorkeakoulun valmiin riskianalyysipohjan avulla. Riskianalyysissä kartoitettiin laitteen kokoonpanoon, käyttöön ja käytöstä poistoon liittyviä terveysriskejä. Nämä pisteytettiin vakavuuden ja todennäköisyyden perusteella. Vakavuuden ja todennäköisyyden yhteispistemäärän mukaan riskit jaetaan tämän riskiarvion mukaan neljään luokkaan mitkä ovat merkityksetön, pieni, keskimääräinen ja suuri. Merkityksetön ei edellytä toimenpiteitä ja pieni edellyttää seuranta. Keski-suuri ja suuri terveisriski edellyttää riskejä vähentäviä toimenpiteitä.

Kompostimyllyn vakavin terveisriski liittyy sähköön. Kompostimyllyn sähkövirta ylittää kuolettavan määrän ampeereita. Tämä on kuitenkin oikeanlaisella maadoituksella ja oikeanlaisella käytöllä estettävissä oleva tapahtuma. Kompostimyllyn muut pienemmät riskit liittyvät haavaumiin ja mustelmiin. Kompostimyllyn riskiarviossa löydettiin viisi ilmeistä riskiä. Riski no. 1.1 on haavaumia ja mustelmia kokoonpanovaiheessa. Riski no. 2.2 on kuolemaan johtava sähkötapaturma. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Riskien luokitusten ja tarvittavien toimenpiteiden yhteenveto (2)

Riski no.	Riskin luokitus	Tarvittavat toimenpiteet
1.1	Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä.
2.1	Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä.
2.2	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi.
3.1	Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä.
4.1	Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä.

7 YHTEENVETO

Sähkökäyttöisen kompostimyllyn esisuunnitteluvaiheessa tehtiin alkuun käsipiirroksia kokonaisuudesta. Ensimmäisenä syntynyt ajatus kottikärryjen työntämisestä kompostimyllyn alle osoittautui huonoksi lapointikorkeuden kohottua liian korkeaksi. Hienonnettu jälkikompostiaines lopullisissa suunnitelmissa tippuu käyttäjän valitsemaan astiaan.

Esisuunnittelussa aliarvioitiin käyttäjän turvallisuudentaju. Käyttäjän turvallisuudentajun aliarviointi aiheutti ylimääräisten komponenttien ja turvamekanismien suunnittelun. Lopulta päädyttiin jättämään kompostimylly avoimeksi ja luottamaan käyttäjien varovaisuuteen. Käden työntäminen kompostimyllyn sisälle sen käytön aikana on yhtä epätodennäköistä kuin käden työntäminen tehosekoittimeen.

Lisäksi esisuunnitteluvaiheessa suunniteltiin älykkäät dokumenttitunnukset valmistuspiirroksille ja etsittiin tietoa ulkokäyttöön tulevan laitteen sähköturvallisuusmääräyksistä. Ulkokäyttöön tulevan laitteen turvallisuusmääräykset ovat standardien määrittelemät ja suunnittelutyö toteutettiin näiden määräyksien mukaisesti.

Moottorinvalinta toteutettiin käsikäyttöisen prototyypin avulla. Jälkikompostiaimesta hienonnettiin pyörittäen käsikäyttöisen laitteen käyttökampea kalapuntarilla. Näiden testausten pohjalta laskettiin tarvittava vääntömomentti. Tarvittava vääntömomentti vaihteli 0,9 - 1,8 Nm välillä. Moottoriksi valikoitui 24 V:n jännitteellä toimiva tasavirtamoottori. Tämän moottorin maksimi vääntömomentti on 2,2 Nm.

Mekaniikkasuunnittelu tehtiin käyttäen SolidWorks-3D-mallinnusohjelmaa. Kompostimyllyn valmistukseen tarvitaan koneistusta, 3D-tulostusta ja puuntyöstöä. Erilaisia osia kompostimylly sisältää 24, kun koko laite sisältää 81 osaa ja komponentit. Alustava arvio osien ja komponenttien yhteismäärästä oli 82, mikä on hyvin lähelle lopullista määrää.

Laitteelle tehtiin vielä riskianalyysi käyttäen Oulun ammattikorkeakoulun valmista riskianalyysi pohjaa. Riskianalyysissa ei ilmennyt koneen käyttöön liittyviä suuria terveysriskejä.

LÄHTEET

1. Tuomaala, Jorma 1995. Luova koneensuunnittelu. Jyväskylä: Tammertekniikka ky.
2. Kontio, Esa 2015. T318208 Tuotekehitys 8 op. Opintojakson luennot syksyllä 2016 ja keväällä 2017. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma.
3. Mäkinen, Pertti 2015. Kotelointiluokka kertoo sähkölaitteesta kaiken oleellisen. Sähköala.fi. Saatavissa: www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/sahko-tekniikka/fi_FI/011015_kotelointiluokat/ Hakupäivä 23.11.2018
4. Mäkelä, Mikko – Soininen, Lauri – Tuomola, Seppo – Öistämö, Juhani 2014. Tekniikan kaavasto. Porvoo: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.
5. Broström, Timo 2017. T341103 Tarjouslaskenta 3 op. Opintojaksoluennot syksyllä 2017. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma.
6. Series E 192. Motoriduttore - Gear-motors. Verderio Italy: Micromotors. Saatavissa: <https://www.elfadistelec.fi/Web/Downloads/55/07/05445507.pdf>. Hakupäivä 22.2.2018.
7. Viitala, Jari 2017. T310603 Tuotetiedon hallinta 3 op. Opintojaksoluennot keväällä 2017. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma.

Hinnoittelu (alv 0%)

Konelaboratorion koneiden minimiveloitus 0,5 h

5-akselinen koneistus	50,00 €/h
4-akselinen sorvaus	35,00 €/h
Vesileikkaus, abrasiivilla	55,00 €/h (+ 30 €/työ asetus)
Vesileikkaus, puhdasvesi	40,00 €/h (+ 30 €/työ asetus)
3D mittaus	
• Mittausohjelmalla	30,00 €/h
• Käyttäjän tekemänä	80,00 €/h
Lasersintraus EOSINT P380	25,00 €/h + materiaalit
FDM Fortus 400	12,00 €/h + materiaalit
FDM Dimension Elite	7,00 €/h + materiaalit
Ohjelmointi, laboratoriohenkilöstö	60,00 €/h
Opetushenkilöstö	90,00 €/h
Oppilastyö	25,00 €/h

Komponentit	Kappaletta	Hinta	
Anturi	1	47,51 €	47,51 €
Rele	1	33,79 €	33,79 €
Kytkin	1	30,78 €	30,78 €
Resistori	1	4,89 €	4,89 €
Muuntaja	1	29,90 €	29,90 €
Johto	1	3,99 €	3,99 €
Vikavirtasuoja	1	57,50 €	57,50 €
Merkkivalo	2	4,90 €	9,80 €
Kondensaattori	2	5,66 €	11,32 €
		yhteensä: 229,48 €	
Koneistus	Hinta/Tunti	Tuntia	Hinta
Vesileikkaus	40,00 €	2	80,00 €
Sorvaus	35,00 €	1	35,00 €
Työntekijä	25,00 €	3	75,00 €
		yhteensä: 190,00 €	
Kate 30%	81,43 €		
Materiaalit	20,00 €		
Kaikki yhteensä:		520,91 €	

Momentin tarve

Tutkimus tehty kalapumppuilla,
mitä kiinnitetty kahvaan mullsää
pyörityksessä.

Tuloksina saatu 0,5 kg

kepin sattuessa kohdalle 1 kg

Kahvan pituus 200 mm, mittaus
180 mm.

$$5N \cdot 0,18m = 0,9Nm$$

$$10N \cdot 0,18m = 1,8Nm$$

Momentin tarve vaihtelee

$$\underline{\underline{0,9Nm - 1,8Nm}}$$

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	C2_008		1
2	C2_002		2
3	C2_003		5
4	C2_004		1
5	C2_005		2
6	C2_006		4
7	C2_007		1
8	C2_017		1
9	C2_024		1
10	C2_026		1

Yleistoleranssi		Maakaasi	Tuote	Lititty	Nimitys
		1:4	C2	C2_103	Kehikko
		A3			
Piirt	SR	1.3.18			Piiustusnumero
Suun	SR				
Tark			Massa		
Hyv			0.54		

R&OLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Pvm Suunnittelija