

Emma Tuomi

HYÖTYROMUN EROTTELU MAGNEETIN AVULLA

Konetekniikan koulutusohjelma

2019

HYÖTYROMUN EROTTELU MAGNEETIN AVULLA

Tuomi, Emma
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2019
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 37
Liitteitä: 2

Asiasanat: Valimot, Romu, Lajittelu, Magneetit, Suunnittelu

Opinnäytetyö toteutettiin Componentan Porin toimipisteeseen. Työn aiheena oli suunnitella jo valmiille linjastolle kesto- tai sähkömagneettijärjestelmä, joka kerää romusta magnetisoivat materiaalit ja siirtää ne laatikkoon, joka matkaa uudelleen sulatukseen. Työn tavoitteena oli saada yrityksen tuotannossa syntyvä hyötyromu uusiokäyttöön yrityksen oman jälleenkäsittelyprosessin toimesta. Kehittämällä oma hyötyromun erottelumenetelmä saadaan materiaali- ja jälleenkäsittelykustannuksia pienennettyä sekä materiaali nopeammin uudelleenkiertoon.

Suunnittelutyö toteutettiin SolidWorks-suunnitteluohjelmistolla. Työssä esitettiin kolme eri toteutusvaihtoehtoa hyötyromun erottelulle. Jokaisen vaihtoehdon kategorioille laadittiin 1-5 pisteytys huonommasta parempaan.

SEPARATION AVAILABLESCRAP WITH MAGNET

Tuomi, Emma

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical Engineering

June 2019

Supervisor: Teinilä, Teuvo

Number of pages: 37

Appendices: 2

Keywords: Foundries, Scrap, Separation, Magnets, Planning

This thesis was commissioned by Componenta's Pori's branch. The subject was to design a permanent- or electrical magnet system for an already existing production line, that would gather magnetic materials from scrap metal and move them into a box that then would move the materials to foundry. The goal of the thesis was to reuse the scrap produced during production for the company's own reprocessing process. By developing their own scrap sorting process, they would achieve lower material- and reprocessing costs and could get their materials recycled faster.

The designing work was done by using SolidWorks- program. There were three different options introduced in the thesis for implementations off sorting the scrap. Every implementation was categorized by a scale of one to five from worst to best.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn taustaa.....	6
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus.....	7
1.3	Työn rakenne.....	8
2	COMPONENTA OYJ.....	9
2.1	Yleisesti.....	9
2.2	Tuotteet.....	9
2.3	Tuotantoprosessi.....	10
2.4	Porin valimo.....	11
3	HYÖTYROMUN EROTTELU MAGNEETIN AVULLA.....	12
3.1	Hyötyromu ja eksotermiset aineet.....	12
3.2	Magneetit yleisesti.....	13
3.3	Magneetit.....	18
3.4	Erottelu kestmagneetin avulla.....	19
3.5	Erottelu sähkömagneetin avulla.....	20
3.6	Erottelu Ixtur MAP-40 -magneetin avulla.....	21
4	SUUNNITTELUPROSESSI.....	22
4.1	Alkutilanteen kartoitus.....	22
4.2	Magneettijärjestelmän ja -laitteen suunnittelu ja sen toimintaperiaate.....	25
4.3	Vaatimusmäärittely.....	26
4.4	Toimintaperiaate ja hallinta.....	27
5	INVESTOINTILASKELMAT.....	34
6	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET 1. Componentan alakerran pohjapiirustus linjaston paikka ja keräyspiste	
	2. Linjaston solidworks kokoonpanopiirustus ja osaluettelo	

KÄSITTEITÄ

<i>Permeabiliteetti</i>	Aineen magneettista käyttäytymistä kuvaava suure. Toisin sanoen, miten aine vaikuttaa magneettikenttään.
<i>Remanenssi</i>	Kuvaa magneettivuon tiheyttä.
<i>Koersitiivivoima</i>	Suure, joka mittaa ferromagneettisen aineen kykyä säilyttää magneettisuutensa sen jälkeen, kun se ei ole enää ulkoisen magneettikentän vaikutuksessa.
<i>Magneettivuon tiheys</i>	Magneettivuon voimakkuus ilmoitetaan Tesloina (T), 1T=10000 Gaussia (Gs)
<i>Sintraus</i>	Lämmitysprosessi, missä puristettu jauhemainen metalli muuttuu kiinteäksi metallikappaleeksi. Yleisesti sintrauksella tarkoitetaan materiaalin muuttamista kiinteäksi kappaleeksi kuumentamalla, puristamalla tai sulattamalla materiaalia.
<i>SSF-rauta</i>	Korkea piiseosteinen pallografiittivalurauta.
<i>ADI-rauta</i>	Austemeroitu/ausferriittinen pallografiittivalurauta. Austempered Ductile Iron.
<i>GJL-rauta</i>	Suomugrafiittivalurauta. Käytetään myös nimitystä harmaa rauta.
<i>GJS-rauta</i>	Pallografiittivalurauta (GJS, ductile iron tai spheroidal graphite cast iron).

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Kestävä kehitys, materiaalitehokkuus ja ympäristötietoisuus ovat tämän päivän keskeisiä teemoja taistelussa ilmastomuutosta ja luonnonvarojen ehtymistä vastaan. Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan luonnonvarojen säästeliästä käyttöä, tehokasta sivumateriaalien hallintaa, jätemäärän vähentämistä ja materiaalin kierrätystä tuotantoketjun eri vaiheissa. [Teknologiateollisuus 2013]. Materiaalitehokkuudella on myös keskeinen merkitys tuotantoyritysten kustannusten hallinnassa. Kun samasta materiaalmäärästä valmistetaan enemmän tuotteita, saadaan yrityksen materiaalikustannukset pienemmiksi.

Yrityksen on usein helpompaa lähteä parantamaan materiaalitehokkuuttaan käyttämällä jo olemassa olevaa tuotantoketjua, kuin investoida täysin uuteen tuotantoketjuun. Vähentämällä tuotannossa syntyvien hylkytuotteiden määrää ja hyödyntämällä tuotannossa syntyvät sivumateriaalit mahdollisimman tehokkaasti saadaan yrityksen kannattavuus kasvuun ja luonnonvarojen käyttöä hillittyä.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli hyötyromun erottelu magneetin avulla. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli valimoyhtiö Componenta Oyj. Työ toteutettiin Componentan Porin valimoon. Componenta on vahvasti sitoutunut ympäristövastuuseen, joten tämänhetkisiin ongelmakohtiin hyötyjätteen käsittelyssä haluttiin löytää kehitysratkaisuja. Uuden kierrätysratkaisun kehittäminen edistäisi Componentan sisäistä kierrätystä ja minimoisi tämänhetkiset kustannukset liittyen romun lajittelun ulkoistamiseen. Tällä hetkellä iso osa hyödyntämiskelpoisesta romumetallista päätyy toistaiseksi ulkoisen jätteenkäsittelylaitoksen käsiteltäväksi. Olennaista oli siis löytää erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja ylimääräisten materiaalihukkiin minimoimiseksi talon sisäisesti.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Componentan rautavalimoon Poriin vaihtoehtoisia layout-ratkaisuja viimeistelyjätteen lajittelulle ja hyötykäytölle. Yrityksessä oli selkeä tilaus tällaiselle päättötyölle, koska tämänhetkinen tilanne yrityksessä on lajittelun, ympäristön ja talouden kannalta haasteellinen. Työn tavoitteena oli kartoittaa erilaisia toteutusvaihtoehtoja, joista yritys voi valita toteutettavaksi itselleen sopivimman vaihtoehdon. Eri vaihtoehdoille laaditaan myös kustannusarviot. Tavoitteiksi asetettiin myös jo olemassa olevien laitteiden hyödyntäminen ja varaston toimivuuden tehostaminen.

Lähtökohtana suunnittelulle oli hyödyntää magneetilla toimivaa järjestelmää valuroiskeiden keräämiseen. Vastaavanlaisia järjestelmiä käytetään jo jossain määrin kyseiseen tarkoitukseen. Componentalla on jo käytössään Hannu Peltomäen suunnittelema magneettijärjestelmä, joka kerää valuroiskeet jäähdytinlinjastolla. Valimoiden suurin materiaalivirta on rauta sekä massaltaan että kustannukseltaan. Parantamalla raudan materiaalitehokkuutta voidaan saada huomattaviakin kustannussäästöjä.

Layout-vaihtoehtojen suunnittelussa olisi ollut vaihtoehtoina suunnitella kokonaan uusi linjasto tai muokata jo olemassa olevaa linjastoa komponentteineen ja laitteineen. Yrityksen yhteyshenkilön kanssa käytyjen keskustelujen perusteella päädyttiin jälkimmäiseen vaihtoehtoon. Tavoitteena oli kartoittaa erilaisia ratkaisumalleja, joista varteenotettavin vaihtoehto mallinnetaan SolidWorks-suunnitteluohjelmistolla. Suunnittelun tavoitteena oli löytää kolme eri vaihtoehtoa, joista yritys voi valita toteutettavaksi itselleen parhaiten soveltuvan ratkaisumallin.

Alun perin ideana oli toteuttaa magneettilinjasto, joka olisi liikuteltavissa, mutta siitä ideasta luovuttiin tilanpuutteen vuoksi. Suunnittelutyö kohdistettiin valmiiseen linjastoon, johon tullaan tekemään muutosehdotuksia.

1.3 Työn rakenne

Työn teoriaosuudessa käsitellään ensin magnetismin perusteet ja magneetin valmistusprosesseja. Teoriaosuudessa tarkastellaan myös erilaisia varteenotettavia magneettivaihtoehtoja järjestelmän toteuttamiseksi sekä esitetään niiden ominaispiirteitä ja toimintaperiaatteita. Työn toteutusosuudessa käydään läpi magneettijärjestelmän suunnittelussa huomioon otettavia asioita sekä laaditaan vaatimusmäärittely toiminnallisille ja ei-toiminnallisille vaatimuksille.

2 COMPONENTA OYJ

2.1 Yleisesti

Componenta Oyj on rautavalimokonserni, jonka historia alkoi yli 200 vuotta sitten. Componentan ydinliiketoimintaa on rautakomponenttien suunnittelu ja tuotanto. Componenta toimittaa valettuja, hammastettuja ja koneistettuja komponentteja globaaleille ajoneuvo-, kone- ja laitevalmistajille. Erityisesti ajoneuvoteollisuus on suomalaisen valimoteollisuuden tärkeä asiakas. Componentan valimot toimittavat rautavaluja pääasiassa raskaalle ajoneuvoteollisuudelle. Painopiste tuotteissa keskittyy lyhyihin ja keskipitkiin tuotantosarjoihin. Asiakas on mukana koko prosessin ajan aina suunnittelusta tuotantoon ja toimituksiin. Componentalla on rautavalimot Karkkilassa ja Porissa sekä Ruotsissa toimiva konepaja/maalaamo. Karkkilan valimon toiminta käynnistyi vuonna 1823. Porin valimo valmistui vuonna 1858 ja siirtyi Componentan omistukseen 1985. [Componenta:n www-sivut 2019].

Componentan laatu- ja ympäristönäkökohtiin liittyviä toimenpiteitä ohjaavat yrityksen ympäristö-, työterveys- ja turvallisuuspolitiikat. Yrityksen kaikissa toimipisteissä käytetään kolmansien osapuolien sertifioimia laatu- ja ympäristöjärjestelmiä. Energiatohokkuus, energiankäytön sekä jätteiden väheneminen ja jätteiden hyötykäyttö ovat Componentan tärkeimmät tavoitteet ympäristövastuussa. Jokainen investointi arvioidaan ympäristövaikutuksen osalta. Kierrätysmateriaalien käyttö on yhtiölle itsestäänselvyys. [Componenta:n www-sivut 2019].

2.2 Tuotteet

Componentan pääasiallisina asiakkaina ovat raskaiden ajoneuvojen ja koneiden valmistajia eri teollisuudenaloilta, kuten ajoneuvo-, rakennus-, kaivos-, koneenrakennus- ja maatalouskoneteollisuus. Teollisuudenaloilta mainittakoon muun muassa laivateollisuus, johon toimitetaan diesel- moottoreiden osia sekä maatalous- ja metsäkoneteollisuus, joihin toimitetaan metsäkoneiden ja traktorien osia. Componenta toimittaa asiakkailleen rautavalukomponentteja ja niistä koostuvia ratkaisuja joko valupintaisina

tai koneistettuina. Tarvittaessa valukomponentit myös pintakäsitellään. Komponenttien koot vaihtelevat 1-350 Kg. Sarjan koko vaihtelee 100 kappaleesta kymmeneen tuhansiin yksiköihin. [Componenta:n www-sivut 2019].

Valukomponenttien raaka-aineena käytetään pallografiittivalurautaa (GJS, ductile iron tai spheroidal graphite cast iron), korkea piiseosta pallografiittirautaa (SSF), suomugrafiittirautaa (GJL, harmaa valurauta) ja ausferiittistä pallografiittivalurautaa (ADI, austempered ductile iron). [Componenta:n www-sivut 2019].

2.3 Tuotantoprosessi

Valimon tuotantoprosessi voidaan jakaa seuraaviin päävaiheisiin:

- Sulatto: metallin sulatus ja käsittely
- Kaavaus: muottien ja keernojen valmistus
- Valmistus: sulatetun metallin valaminen muottiin, jäähdytys ja valukappaleen irrotus muotista
- Viimeistely: raakavalukappaleen viimeistely
- Mallin valmistus
- Logistiikka: raaka-aineiden varastointi ja käsittely

Sulatto-osasto

Tuotantoprosessin ensimmäinen vaihe on rautametallien sulatus, jonka jälkeen sula metalli kaadetaan valusenkasta muottiin. Sulatus tapahtuu uuneissa, joihin lisätään raaka-aineen lisäksi muita aineita halutun koostumuksen mukaan. Esimerkiksi, jos raaka-aineena käytetään paljon romumetallia, hiilen lisääminen tasapainottaa valua.

Kaavaus

Kertamuottivalun vaiheita ovat keernan valmistus, kaavaus, valaminen, jäähdytys ja tyhjennys. Muottien kaavauksessa käytetään valettavien valujen malleja. Valettava malli valmistetaan kaavauksessa hiekasta, vedestä ja tarvittavista lisäaineista. Hiekkamuotti saa muotonsa joko asiakkaan toimittamista valmiista malleista tai tehtaan itse tekemien mallien avulla. Käytetty muottihiekka kierrätetään uudelleenkäytettäväksi.

Valuosasto

Valu-uuneissa sulatetaan rautaa lähinnä kiertoromusta. Valmiiseen valuun lisätään tarvittavia lisäaineita sen mukaan mihin valua tullaan käyttämään, muun muassa kuparia ja magnaania oikeassa suhteessa.

2.4 Porin valimo

Opinnäytetyö toteutettiin Porissa sijaitsevaan Componentan valimoon. Paikka, johon linjasto toteutetaan, löytyy Componentan valimon kunnossapito-osastolta.

Taulukossa 1 on esitetty Porin valimon tuotantoa numeroin. Kuvassa 1 Porin valimo.

Taulukko 1. Componenta Porin tunnuslukuja 10.2.2019 [Componenta:n www-sivut 2019].

Tuotantolinjat	HWS: 750 x 650 x 250; Disa*: 2014 480 x 600 x 150/250
Kapasiteetti	17 600 tonnia / vuosi
Materiaalit	90 % pallografiittivalurauta (sis. SSF); 10 % harmaa rauta (suomugrafiittivalurauta)
Valukoko	0,5 – 100 kg
Sarjan koko	100 – 50 000 kpl /vuosi
*	Disa-tuotantolinja siirrettiin vuonna 2014 Pietarsaaren valimosta Poriin.



Kuva 1. [Componenta:n www-sivut 2019].

3 HYÖTYROMUN EROTTELU MAGNEETIN AVULLA

Tässä luvussa esitellään erilaisia magneettivaihtoehtoja ja niiden toimintaperiaatteita hyötyromun erotteluun.

Kuvassa 2 on kuvattuna yrityksen pihalle kerättyä hyötyromua. Hyötyromua säilytetään yrityksen tontilla olevissa suurissa lavoissa, kunnes se kuljetetaan jatkokäsittelyyn Porin Ulasoorissa sijaitsevaan Elon jätteenkäsittelyasemalle.



Kuva 2. Hyötyromua Componentan Porin valimon isossa lavassa pihamaalla 2019

3.1 Hyötyromu ja eksotermiset aineet

Hiekkavalua käytetään suurien kappaleiden valamiseen. Sula metalli kaadetaan hiekkään tehtyyn onkaloon, jossa se jähmettyy. Sulan raudan kiteytymistä voidaan ohjailta esimerkiksi erilaisilla seosaineilla tai säätelämällä valun jäähtymisnopeutta. Kun hiekkamuotin lämmönjohtavuutta halutaan muokata, voidaan ottaa käyttöön lämpöä tuottavia eli eksotermisiä ainesosia. Eksotermiset aineet pitävät syöttömetallivarastoa sulana pidempään, kuin pelkän muottihiekan avulla olisi mahdollista. [Meskanen & Höök 2016]

Kuvassa 2 olevasta hyötyromusta erottuu eksotermisen aine, joka on pinnaltaan karhea ja väriltään harmaata ainesta. Näiden ainesosien koostuvuus on hiekkasta ja eksotermisistä ainesosista koostuvia ja ovat näin ollen ei-magneettisia ainesosia. Hyötyromun joukossa suurin osa magnetisoivasta materiaalista tulee viimeistelystä.

3.2 Magneetit yleisesti

Voimakkaasti magneettisia kappaleita kutsutaan magneeteiksi. Magneetti on kappale, joka luo ympärilleen magneettikentän. Magneeteissa on kaksi napaa, S-napa ja N-napa. Magneetin samannimiset navat/kohtiot hylkivät toisiaan ja erinimiset vetävät toisiaan puoleensa.

Magneettikenttä vaikuttaa kaikkiin kappaleisiin, mutta vaikutuksen suuruus vaihtelee suuresti eriaineisilla kappaleilla. Aineen magneettisuus määräytyy aineen atomirakenteesta ja elektronien liikkeestä ytimen ympärillä. Atomien voidaan kuvitella olevan pieniä kestopagneetteja, alkeismagneetteja. Kappale voidaan magnetisoida esimerkiksi tuomalla ulkoinen magneettikenttä kappaleen lähelle, jolloin alkeismagneetit asettuvat samansuuntaisesti. Kun aineen alkeismagneetit ovat sekaisin on kappale ulospäin magneetitön. Aineen ollessa ulkoisen magneettikentän vaikutusalueella kenttä joko vahvistuu tai heikkenee. Ilmiön voimakkuutta kuvataan aineen permeabiliteetillä. [Nieminen M. 2015; Paturi P. 2007]

Aineet voidaan jaotella magneettisuutensa perusteella kolmeen pääryhmään riippuen siitä, miten ne käyttäytyvät ulkoisen magneettikentän vaikuttaessa niihin:

- diamagneettiset aineet
- paramagneettiset aineet
- ferromagneettiset aineet

Kaikilla aineilla on jonkinlainen magneettisuus, mutta useimmilla aineilla se on niin pieni (permeabiliteetti noin 1), että niiden vaikutus magneettikenttään on heikko. Diamagneettinen aine heikentää/hylkii heikosti ulkoista kenttää. Esimerkkinä diamagneettisista aineista ovat sinkki, kvartsi, lyijy, hiili, kupari, grafiitti, elohopea,

hopea ja kulta. Diamagneettisilla aineilla suhteellinen permeabiliteetti on hieman alle yhden. Paramagneettiset aineet päinvastoin vahvistavat kenttää, mutta vain hieman. Kun paramagneettisen aineen ulottuville tuodaan ulkoinen magneettikenttä, pieni osa alkeismagneeteista kääntyy ulkoisen magneettikentän suuntaiseksi vahvistaen sitä. Ilmiö on hieman voimakkaampi, kuin diamagneeteilla. Vahvistus on kuitenkin niin heikko, että sillä ei ole käytännön merkitystä. Kun ulkoinen magneettikenttä poistetaan, paramagneettisten aineiden magnetoituma häviää. Paramagneettisia aineita ovat muun muassa kromi, magnesium, platina, uraani ja alumiini. Paramagneettisten aineiden suhteellinen permeabiliteetti on hieman yhtä suurempi. Ferromagneettinen aine vahvistaa ulkoista magneettikenttää voimakkaasti. Magneettisuus säilyy, vaikka ulkoinen magneettikenttä poistettaisiin. Yleisimpiä ferro- tai ferrimagneettisia aineita ovat rauta, nikkeli ja koboltti. Myös eräät maametallien yhdisteet käyttäytyvät ferromagneettisesti huoneenlämmössä. Luonnossa esiintyy myös eräitä rautapitoisia malmeja, kuten magnetiittiä. Ferromagneettisten aineiden suhteellinen permeabiliteetti liikkuu 1000 – 100 000 välillä. [Burdick R. 2017; Mansfield & O’Sullivan 1998].

Magneettisuus voidaan poistaa esimerkiksi kuumentamalla tai lämmittämällä ferromagneettista kappaletta. Lämpötilan kohotessa yli tietyn pisteen, niin sanotun Curie-pisteen lämpöliike rikkoo atomien välisen vuorovaikutuksen, jolloin alkeismagneettien suuntaus katoaa ja ferromagneettisesta kappaleesta tulee paramagneettinen. Pienessä magneetissa lämpöliike voi estää kokonaan magnetoitumisen [Knuuti-Lehinen 2009]. Lämpötilan kohotessa remanenssi ja koersitiivivoima yleensä heikkenevät. Eri magneettimateriaaleilla on oma Curie-lämpötilansa, mutta keskimäärin se on välillä 600-800 °C. Puhtaalle raudalle Curie-piste on noin 770 °C. [Nieminen 2015; Space.fmi.fi 2019; Haarto & Karhunen 2019; Mansfield & O’Sullivan 1998; Kankaanpää 2017; I-magnets:in www-sivut 2019].

Aineet voidaan jakaa myös magneettisesti koviin ja pehmeisiin aineisiin. Kun ferromagneettinen aine ei ole enää ulkoisen magneettikentän vaikutuksen alaisena, sen alkeismagneetit eivät välttämättä sekoitu tai muuta suuntaa. Tällöin aine jää magneettiseksi ja puhutaan magneettisesti kovista aineista. Aineeseen jäävää

magnetismia sanotaan jäännösmagnetismiksi. Magneettisesti kovilla aineilla on suuri jäännösmagnetismi (remanenssi). Magneettisesti pehmeä aine saattaa magnetoitua helposti, mutta menettää magneettisuutensa, kun ulkoinen magneettikenttä poistuu. [Lehto, Havukainen, Maalampi & Leskinen 2011].

Magneetteja on monenlaisia, mutta ne voidaan jakaa karkeasti kesto- ja sähkömagneetteihin. Kestomagneetti on magneettinen kappale, joka jää magneettiseksi jouduttuaan voimakkaaseen magneettikenttään, kun taas sähkömagneetin magneettisuus on saatu aikaan sähkövirralla.

Sähkömagneetti voidaan muodostaa ferro- tai ferrimagneettisesta tangosta ja sen ympärille käämiksi kierretystä sähköjohtimesta. Rautatanko tulee magneettiseksi, kun sähköjohtimessa kulkee virta. Kun virta katkaistaan, magneettisuus häviää suurimmaksi osaksi. Kappaleeseen voi jäädä heikkoa jäännösmagnetismia. Tällöin puhutaan magneettisesti pehmeistä aineista. Maailman voimakkaimmat magneetit ovat kuitenkin sähkömagneetteja. Magneetin voimakkuus on suoraan verrannollinen sähköjohtimessa kulkevaan virran voimakkuuteen ja käämin kierrosten määrään. [Lehto, Havukainen, Maalampi & Leskinen 2011]

Magneetin suorituskykyä voidaan arvioida sen perusteella, miten se käyttäytyy demagnetoivassa kentässä. Remanenssi kuvaa magneettivuon tiheyttä, kun ulkoista magneettikenttää ei ole. Koersitiivivoima kuvaa magneetin kykyä vastustaa demagnetointia. Magneetin voimakkuutta kuvataan usein maksimienergiatulolla, joka kuvaa magneettiin varastoituneen magneettisen energian maksimimäärää. Yksikkönä käytetään yleensä kJ/m^3 . Magneetin voimakkuuden määrää pitkälti sen remanenssi. Lämmitettäessä magneettia tai kohdistettaessa siihen suuri sähkövirta sen magneettikenttä tuhoutuu, kun se joutuu vastustamaan koersitiivivoimaa. Magneetin sivuttaisvoima on vain noin 25 % sen suorasta vetovoimasta. Normaalisti magneetti käyttää vain noin 50 % magneettivoimastaan, eli toisen navan voima ”leijuu ilmassa”. Raudan avulla magneetti saadaan käyttöön 100 %: sesti. [Halonen 2016; Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019].

Magneettien ominaisuuksia räätälöidään kulloisenkin käyttökohteen mukaan. Eri materiaaleista ja eri tavoin valmistetut magneetit eroavat toisistaan sekä

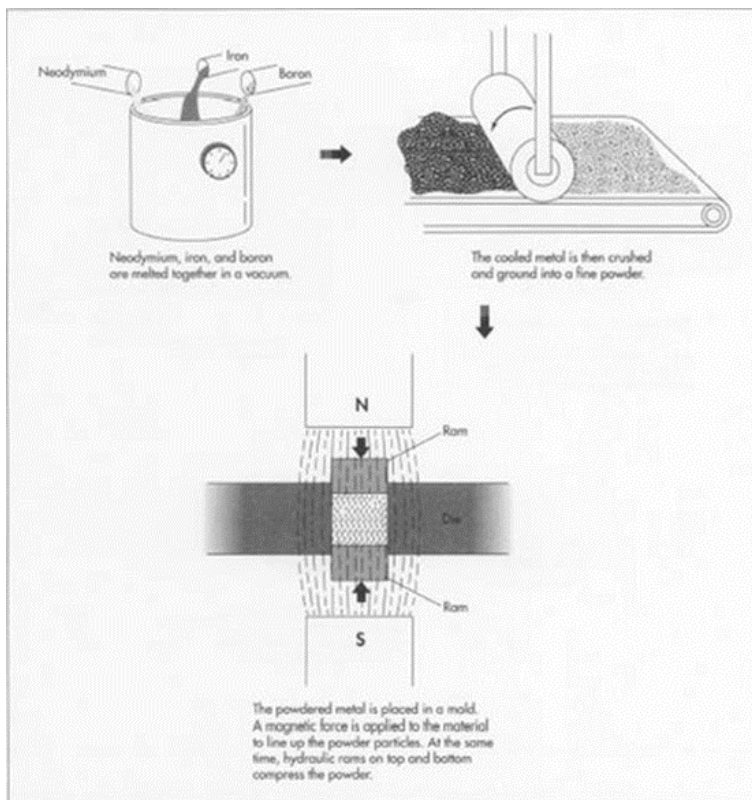
ominaisuuksiltaan, että hinnaltaan. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa: [I-magnets:in www-sivut 2019].

- Mekaaniset (lujuus, kovuus, hauraus, muotoiltavuus)
- Magneettiset (magneettikentän voimakkuus ja pysyvyys)
- Lämpötilakestävyys (lämpötilan vaikutus magneettisiin ominaisuuksiin)
- Korroosiokestävyys

Kestomagneetteja voidaan valmistaa monista eri aineista, kuten raudasta, nikkelistä ja koboltista. Kestomagneettien valmistuksessa edellä mainittuihin aineisiin yhdistetään yleisesti myös muita aineita, kuten neodyymiä. Yleisimmin kestopagneetit valmistetaan raudasta. Voimakkaimmat kestopagneetit on valmistettu nykyisin raudan, boorin ja neodyymin seoksesta, sillä kyseinen seos pystyy säilyttämään magneettisen voimakkuuden muita aineita/aineseoksia paremmin. Neodyymiä sisältävät kestopagneetit ovat yleisemmin käytettyjä niiden alhaisen hinnan ja korkean jäännösmagnetismin (remanenssi) ansiosta [Burdick 2017].

Valmistettaessa kestopagneetteja ferromagneettista ainetta voidaan sulattaa kuumentamalla ja antamalla niiden jäähtyä voimakkaassa magneettikentässä. Magneetista saadaan sitä voimakkaampi, mitä voimakkaammassa magneettikentässä sitä valmistetaan. Magneettien valmistamiseen voidaan käyttää useita erilaisia prosesseja, mutta yleisimmin käytetään hyväksi pulveri- tai jauhemetallurgiaan perustuvaa menetelmää. Jauhemetallurgia on valmistustekniikka, joka perustuu sintrattujen jauheiden tiivistämiseen kiinteän tuotteen muodostamiseksi. Kyseistä tekniikkaa käytetään yleisesti kestopagneettien valmistuksessa. [Herraiz Lalanaa 2018; Burdick 2017; I-magnets:in www-sivut 2019].

Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen jauhemetallurginen prosessi neodyymiä sisältävän kestopagneetin valmistamiseksi. Ensimmäinen vaihe on jauhaa metalliseosaines hienoksi jauheeksi. Jauhettu magneettiaines laitetaan tämän jälkeen muottiin. Muotissa olevaan materiaaliin kohdistetaan magneettinen voima, joka asettaa metallihiukkaset samansuuntaisiksi. Samanaikaisesti jauhetta puristetaan tiiviiksi kovalla voimalla, jonka jälkeen siihen kohdistetaan ulkoinen magneettikenttä.



Kuva 3. Kestomagneetin valmistus pulverimetallurgian avulla [madehow:in www-sivut 2019].

Metallijauheen tiivistämiseksi/puristamiseksi ja kohdistamiseksi käytetään erilaisia tekniikoita, kuten [ArnoldMagnetics:in www-sivut 2019].

1. aksiaalinen (rinnakkainen) puristus, jossa aines painetaan magneettikenttään, joka on yhdensuuntainen puristusakselin kanssa.
2. poikittainen (kohtisuora) puristus, jossa aines painetaan magneettikentän ollessa kohtisuorassa puristusakseliin nähden.

Koska pienet jauhehiukkaset ovat pitkänomaisia magneettisen suuntauksen suuntaan, poikittaispuristus tuottaa voimakkaamman energiatuotteen/magneetin. [ArnoldMagneticsin www-sivut 2019].

Hapell Oy:ssä Harri Peltomäen mukaan aihiossa oleva aines puristetaan tiiviiksi noin 100 000 bar:n voimalla. Puristuksen jälkeen magneettiaihio laitetaan uuniin

sintrattavaksi. Vaikka jauhehiukkasten puristuksen yhteydessä käytettiin magneetikenttää, ei materiaali ole vielä magnetoitunut. Jotta magneettiaihio saadaan magnetoitua, laitetaan se voimakkaan sähkömagneetin napojen väliin jonka jälkeen kytketään virta. Hapell Oy:ssä magnetointi tehdään laittamalla aihio vähintään noin 2,5 Teslan kuparikelan sisään ja syöttämällä siihen 600 voltin tasavirtaa [Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019].

Magneetin viimeistelyssä ja muotoon hionnassa käytetään timanttityökaluja, kuten timanttilaikkaa/-pyörää, sillä magneettimateriaali on haurasta ja erittäin kovaa. Valmista magneettia ei pysty leikkaamaan, eikä poraamaan. Mahdolliset reiät tehdään puristusvaiheessa. [Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019]

3.3 Magneetit

Magneetin voimakkuus saadaan laskemalla sen vetovoima eli remanenssi. Magneetikenttä tuhoutuu, kun se joutuu vastustamaan koersitiivivoimaa, joka voi olla liiallista lämpöä tai sähköä. Magneetin sivuttaisvoima on vain noin 25 % sen suorasta vetovoimasta. Normaalisti magneetti käyttää vain 50 % sen magneettivoimastaan, eli toisen navan voima leijuu ilmassa. Raudan avulla saadaan magneetti käyttöön 100 prosenttisesti.

Magneetti valmistetaan sen mukaan, millainen laite valmistetaan. Magneetin valmistukseen ei ole saatu suunniteltua kunnollista laskentaohjelmaa, yrityksistä huolimatta. Magneetin valmistus ei ole niin yksinkertaista. Esimerkiksi tietyn magneetin suunnittelussa pitää arvot tietää paljon tarkemmin. 100 kilon magneetin valmistusarvot ja materiaalit eivät tuplaamalla valmista 200 kilon magneettia.

Magneetin valmistukseen tarvitaan pulveria, jonka kidekoko on noin 5 mikrometriä, ja joka puristetaan muotoonsa siihen soveltuvan työkalun avulla. Orientointipulssilla käännetään kaikki hiukkaset samaan suuntaan. Sen jälkeen magneettiaihio puristetaan piukkaan noin 100 tonnilla ja laitetaan uuniin sintrattavaksi. Magneettiaihio laitetaan viimeiseksi vähintään 2,5 teslan kuparikelan sisälle ja ammutaan noin 600 woltia tasavirtaa, jotta aihio magnetisoituu täyteen.

Magneetin viimeistelyssä ja muotoon hionnassa käytetään timanttia, koska se on ainoa, joka pureutuu magneettiin. Valmistusta magneettia ei pysty leikkaamaan eikä poraamaan. Mahdolliset reiät tehdään puristusvaiheessa.

[Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019].

3.4 Erottelu kestopagneetin avulla

Kestomagneeteissa voidaan käyttää erilaisia materiaaleja, mutta yleisimmin käytettyjä kestopagneetteja ovat ferriittimagneetti ja neodyymimagneetti. Ferriittimagneetti on vanhin ja tunnetuin kestopagneetti. Ferriittisillä magneeteilla tarkoitetaan yleensä ke-raamisesti valmistettuja magneetteja, jotka on valmistettu magneettikentässä puristamalla [Imagnets.fi 2019]. Ferriittimagneetti on yleisimmin käytetty kestopagneettityyppi johtuen pitkälti sen edullisuudesta. Hyvien magneettisten ominaisuuksiensa johdosta ferriittimagneeteilla on myös hyvä lämmönkesto ja korroosionsietokyky. Ferriittimagneetti kestää enintään $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta sillä on erittäin hyvä lämmönkesto, jopa $550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Joissakin sovelluksissa, missä koko-tehosuhde on ratkaiseva tekijä, soveltuu neodyymimagneetti ferriittimagneettia paremmin kyseiseen käyttötarkoitukseen. Ferriittimagneetin hyvä korroosionsieto mahdollistaa sen käytön ilman pintakäsittelytarvetta ja se soveltuu ulkokäyttöön. Sen hankintahinta on edullista, kilohinta on noin 10-15 €. [Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019]. [Imagnets:in 2019].

Neodyymimagneetit ovat tehokkaimpia tunnettuja magneetteja ja ne soveltuvat moniin eri käyttökohteisiin. Niiden pitovoima on moninkertainen verrattuna muihin magneettimateriaaleihin. Neodyymimagneeteilla on myös hyvä korroosionsietokyky. Lämpötilasiedoltaan neodyymimagneetit ovat heikompia ferriittimagneetteihin verrattuna. Neodyymimagneetti kestää yleensä maksimissaan noin $150\text{-}280\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloja. Neodyymimagneetit ovat huomattavasti kalliimpia kuin ferriittimagneetit. Tämänhetkisten tietojen mukaan Kiina on ainoa maa, jolla on kaivausluvat neodmiumille, joten se nostaa magneettimateriaalin hintaa huomattavasti. Tyypillinen kilohinta on noin 120 €. [Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019].

Seuraavassa kappaleessa käydään teoreettisesti läpi, miten linjasto toimisi kestopagneetilla.

Käytettäessä kestopagneettipohjaista järjestelmää hyötyromun erotteluun on toimintaperiaate pääpiirteissään seuraavanlainen. Kestopagneetti ja sen runko kiinnitetään johteisiin. Johteiden yläpäässä on runko, joka liikkuu pystysuunnassa sekä ylös että alas, näin ollen liikuttaen myös magneettia. Rungon yläpäähän kiinnittyy sähkövinssi, jonka toimesta liike tapahtuu. Kestopagneetin ympäri pyörii kumimatto, johon magnetisoivat kappaleet kiinnittyvät noin 20 cm etäisyydeltä. Kumimatto kuljettaa kappaleet eteenpäin, kunnes magneetin voiman teho loppuu irrottaen kappaleet lopuksi laatikkoon. Kappaleet liikkuvat tärinän avulla linjastolla. [Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019].

3.5 Erottelu sähkömagneetin avulla

Sähkömagneetin rakenne on erilainen verrattuna kestopagneettiin. Magneettivuo on eri muotoinen, mutta ei niin oleellisesti, että sillä olisi niin suurta merkitystä käytännön kannalta. Sähkömagneetti on paljon painavampi kuin samankokoinen kestopagneetti sen rakenteellisten osien takia.

Yrityksen tilaamaan työhön sähkömagneetti ei ole soveltuva, sillä työssä on hakkaavaa työstöä. Kuparikäämit voivat vaurioitua niin paljon, että kumimatto sen ympärillä suuraa. Sähkömagneetin käyttö on myös kallista. Se kuluttaa paljon sähköä, noin 6 kilowatin sähkömagneetti kuluttaa vuorokaudessa 144 kilowattia. Sähkömagneetin valmistus on myös kalliimpaa ja se kuluttaa saman verran vuodessa sähköä, kuin mitä tulisi kestopagneetille hintaa. Kestopagneetin valmistuksen maksaessa noin 15 000 euroa, kuluttaa sähkömagneetti sähköä jo pelkästään vuodessa noin 25 000 euroa.

Sähkömagneetin hyvä puoli on, että se saadaan huollon ajaksi kytkettyä pois päältä. Romumagneettina sähkömagneetti on erinomainen, koska kuljetus tapahtuu yksinkertaisesti. Seuraavassa kappaleessa käydään teoreettisesti läpi, miten sähkömagneetti toimisi linjastolla.

Hyötyromun erottelu sähkömagneetin avulla tapahtuisi samalla periaatteella kuin kestomagneetin tapauksessa, mutta eroaisi käynnistystekniikaltaan. Kestomagneetin ollessa koko ajan käynnissä voidaan sähkömagneetin teho lähes sammuttaa esimerkiksi huoltojen ajaksi. Hakkaavan työstön takia se ei kuitenkaan sovellu tehtävään.

[Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019].

3.6 Erottelu Ixtur MAP-40 -magneetin avulla

Ixtur MAP-40 on hydraulikalla toimiva neodyyminen kestomagneetti. Magneetti aktivoituu, kun paine kytketään päälle. Magneetin käyttö edellyttää paineilman käyttöä. Magneettia voidaan myös kauko-ohjata. MAP-40 -magneetilla on erinomainen kokotartuntavoimasuhde ja alhainen permeabiliteetti. Hyvän tartuntavoimansa vuoksi MAP-40 magneetti soveltuu hyvin erilaisiin sovelluskohteisiin, kuten robotiikkatartutujiin, nostimiin, yksittäisten kappaleiden siirtelyyn ja tuotantotekniikan eri sovelluskohteisiin. Magneetin muita ominaispiirteitä ovat muun muassa:

- ON/OFF jakso alle sekunti
- pitokyky 120 kg
- nostokyky 40 kg
- soveltuu erinomaisesti automatisointiin tai robotiikkaan

[Ixtur:in www-sivut 2019].

Ixtur MAP magneeteissa magneettinen tila ei muutu, vaikka paineilma jostain syystä häviäisi, esimerkiksi kompressorin vikaantumisen seurauksena. Tämä ominaisuus tekee niistä turvallisia ja luotettavia. Paineilmallalla toimiva magneettiratkaisu on myös energiapihi, sillä paineilmaa käytetään ainoastaan silloin, kun magneetti kytketään päälle tai pois. [Ixtur:in www-sivut 2019].

Tämän magneetin käynnistys ei kuitenkaan sovellu tähän työhön. Paineilman käytön rajallisuus kohteessa toisi lisäsuunnittelua sen saamiseksi. Sekä mahdollisesti paineilmamagneetin nostokyvyn kilomäärät ylittyvät tässä työssä, jolloin paineilmamagneetin teho pieneneisi.

4 SUUNNITTELUPROSESSI

Suunnittelun tavoitteena oli löytää ratkaisuja, joilla saadaan toimiva linjasto, johon on integroitu hyötyromua erotteleva magneettijärjestelmä. Alkukartoituksen yhteydessä käytiin läpi jo valmis tärinällä toimiva linjasto, joka on toiminut hiekan erottelussa romusta.

Seuraava vaihe suunnittelussa oli lähteä ideoimaan nykyiseen linjastoon tehtäviä muutoksia ja toimintaperiaatetta. Suunnittelun tuloksena syntyi erilaisia ratkaisumalleja, joista varteenotettavimmat otettiin jatkojalostukseen. Lopulliset ratkaisumallit on kuvattu luvussa 5.

4.1 Alkutilanteen kartoitus

Suunnittelutyö aloitettiin perehtymällä yrityksen koko tuotantoprosessiin Porin valimolla. Paikan päällä suoritettiin mittauksia olemassa olevasta linjastosta ja otettiin havainnekuvia linjastosta. Alkutilanteen kartoituksessa apuna toimivat yrityksen työntekijät ja työnjohto. Jo työn alkuvaiheessa päädyttiin rajaamaan suunnittelu jo olemassa olevaan linjastoon. Koska suunnitteluratkaisu keskitettiin jo olemassa olevaan lajittelulinjastoon, tuli suunnittelussa ottaa huomioon kyseisen linjaston aiheuttamat rajoitteet. Linjaston nykyinen toiminta ei saa häiriintyä uuden ratkaisun käyttöönoton myötä. Kuvassa 4 näkyy tämänhetkinen linjasto.



Kuva 4. Tämänhetkinen tärinälinjasto

Koska yrityksessä ei ollut ennestään magnetisoivaa romua lajittelevaa linjastoa, jouduttiin rauta- ja muu romu säilömään yrityksen pihassa olevaan isoon kuormalavaan. Kuvissa 5 ja 6 on esitetty rautaromun sisältöä. Pihalle säilötty rauta- ja muu romu viedään käsittelyyn Porin Ulasoorissa toimivaan Elo Oy:n jätteenkäsittelylaitokseen. Jälleenkäsittelyn hyödyllisyyttä ja tehokkuutta kuvaa seuraava suuntaa antava esimerkki. Ulasooriin toimitettiin noin 49 000 tonnia rautaromua, josta esikäsittelyn jälkeen jätettä poistui noin 10 000 kg ja edelleen käsiteltäväksi jäi noin 39 000 kg. Jatkokäsittelyn jälkeen jätettä poistettiin vielä noin 9 400 kg ja käyttökelpoiseksi hyötyromuksi palautui noin 29 000 kg rautaromua.



Kuva 5. Jatkokäsittelyä odottava hyötyromu [Componenta, Ketonen 2019]

Kuvassa 6 on kuvattu jätteenkäsittelylaitos Elon esikäsittelyssä erotettu 10 000 kg:n jätekasa. Kuvassa 7 on esitetty jatkokäsittelyn jälkeen poistettu jätemäärä. Jätettä syntyi noin 9 400 kg tässä kyseisessä tapauksessa. Kuvassa 8 näkyvä romu on, tarkoitus palauttaa valimoon uusiokäyttöön.



Kuva 6. Jätteenkäsittelylaitos Elon poistamaa jätettä [Componenta, Ketonen 2019]



Kuva 7. Jatkokäsittelyn jälkeen poistettu jätemäärä [Componenta, Ketonen 2019]



Kuva 8. Käyttökelpoinen paluuroomu [Componenta, Ketonen 2019]

4.2 Magneettijärjestelmän ja -laitteen suunnittelu ja sen toimintaperiaate

Seuraava vaihe suunnittelussa oli lähteä ideoimaan nykyiseen linjastoon tehtäviä muutoksia ja perehtyä järjestelmän toimintaperiaatteeseen. Yhteistyö, tapaaminen ja

suunnittelu tapahtui Hapell Oy:n yrittäjän Hannu Peltomäen kanssa. Yritys valmistaa erilaisia magneettilaitteita. Hapell Oy on Componentalle jo entuudestaan tuttu yhteistyökumppani, sillä Hapell Oy on jo valmistanut yhden tähän työhön soveltuvan magneettilaitteen.

4.3 Vaatimusmäärittely

Vaatimusmäärittelyyn on sisällytetty toiminnallisten vaatimusten lisäksi myös ei-toiminnallisia vaatimuksia. Vaatimusmäärittely sisältää suunniteltavan järjestelmän toiminnalliset ominaisuudet ja rajaukset. Näiden lisäksi on tärkeää ottaa huomioon myös ei-toiminnalliset vaatimukset, kuten esimerkiksi turvallisuus ja huollettavuus. Alla on listattu suunniteltavalle järjestelmälle asetetut toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset.

Magneettijärjestelmälle asetetut toiminnalliset tavoitteet:

- käytetään olemassa olevaa linjastoa järjestelmän toteuttamiseen
- linjastolla tehty muu työ ei saa häiriintyä
- etäohjausmahdollisuus
- varokytin
- työympäristöön kohdistuu mahdollisimman vähän rasitteita

Magneettijärjestelmälle asetetut ei-toiminnalliset tavoitteet:

- turvallisuus
- edullisuus
- käyttöikä
- huollettavuus

Kaikkien suunniteltavien järjestelmien tulee täyttää kaikki toiminnalliset vaatimukset. Esitettävien kolmen järjestelmävaihtoehdon soveltuvuutta ja tarkoituksenmukaisuutta verrataan toisiinsa pisteyttämällä kukin ominaisuus asteikolla 1-5. Pisteytyksen pohjalta tehdään yhteenveto näiden järjestelmien kesken. Taulukossa 2 on yhteenvetotaulukko.

Alkukartoituksen ja työn yhteyshenkilön kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen päädyttiin ratkaisuun, jossa uusi magneetilla toimiva järjestelmä tullaan suunnittelemaan yhteen olemassa olevaan tärinälinjastoon ja paikalla olevia rakenteita hyödyntäen.

Linjastoa, mihin magneettilaite tullaan toteuttamaan, käytetään myös muuhun työhön. Linjaston alkuperäinen käyttötarkoitus ja käyttötapa ei saa häiriintyä uuden magneettijärjestelmän käyttöönoton myötä.

Etäohjaus

Magneetin käyttöä varten täytyy tehdä kytkimet, jotka saadaan käynnistettyä ilman, että trukkipuskuri täytyisi paljon liikkua tai edes nousta trukista.

Varokytin

Koska tärinälinjastolla erotellaan hiekasta myös suurikokoista romua, on linjastolle asetettava magneettityön ajaksi varokytin. Varokytin aktivoituu, kun sen laukaisee liian iso kappale. Näin ollen linjaston sammua ja magneetin vetäytyessä kotipisteelle, ei magneetin runko vaurioidu liian suuresta kappaleesta.

4.4 Toimintaperiaate ja hallinta

Linjaston toiminnan vaiheet ovat pääpiirteissään seuraavanlaiset:

- Trukki kuljettaa linjastolle hakeihin varastoitua romua
- Tärinä kuljettaa romun linjastoa pitkin
- Linjaston ensimmäisessä vaiheessa hiekka siivilöityy reikälaatan läpi
- Linjaston toisessa vaiheessa erotellaan eksotermiset/romut ja magnetisoivat aineosat
- Eksotermiset ja muu romu jatkaa matkaa romulaatikkoon, kun taas magnetisoivat aineet kuljetetaan magneetin avulla kierrätyslaatikkoon, joka toimitetaan sulattoon uusiokäytettäväksi.

Magneettia liikuttaa pystysuunnassa sähkövinssi, joka kiinnitetään linjastolla jo olemassa oleviin I-palkkeihin. Magneetti tulee kiinnittää niin, että se on tasapainossa sitä

liikuttavan vinssin ja magneetin rungossa kiinni olevien johteiden kanssa. Magneetilla on kaksi pistettä/asentoa, joissa se liikkuu pystysuunnassa. Magneettijärjestelmän ollessa toiminnassa magneetti on noin 20 cm etäisyydellä linjastosta. Tällöin magneetin sanotaan olevan ala-asennossa. Ala-asennossa ollessaan magneetti pystyy tarttumaan linjastolla liikkuvaan magnetisoivaan hyötyromuun.

Magneetti erottelee linjastolla kulkevan hyötyromun seasta eksotermiset ja magnetisoivat aineosat. Magneetti siirtää magnetisoivat aineet erilliseen keräyspisteeseen/kierrätyslaatikkoon, joka toimitetaan sulattoon uudelleenkäytettäväksi. Eksotermiset ja muu romu jatkavat matkaa linjastolla romulaatikkoon.

Suunnitteluun lisättiin myös paikka, jossa vajaat laatikot ja häkit tyhjennettäisiin tiettyyn laatikkoon, jota käytetään magneettilinjastolla. Paikka täytyy olla tarpeeksi korkea ja pölylle täytyy tehdä poistoputki, jotta leijaileva pöly tehtaassa saataisiin minimoitua. Jotta isot häkit ja laatikot olisi helpompi tyhjentää uudelle laatikolle, pitää sen yläpuolelle suunnitella suppilomainen kerääjä, jottei kappaleet lentele pitkin lattiaa.

Tyhjennyspisteelle suunnitellaan torvimainen suuri suppilo, johon vajaat laatikot tyhjennetään, jotta kappaleet eivät päätyisi lattialle. Suppilon lisäksi paikassa jo olemassa olevaan poistoilmaputkeen tehdään suppilo, joka kerää ilmasta laatikoiden kaadoista aiheutuneet haitalliset pölyt. Kuvassa 9 on esitetty paikka, mihin keräyspiste tullaan toteuttamaan. Liitteestä 1 löytyy pohjapiirros Componentan alakerrasta, missä näkyy kyseinen keräyspiste. Pohjapiirroskuvaan on piirretty punaisella trukin kulkureitti linjaston ja keräyspisteen välillä.



Kuva 9. Hyötyromun keräyspisteen paikka

Koska tärinälinjastolla erotellaan hiekasta myös suurikokoista romua, on linjastolle asetettava magneettityön ajaksi varokytin kuten kuvassa 11 törmäysvaaran ja magneetin rikkoutumisen estämiseksi. Varokytin tulee sijoittaa reikälevyn jälkeen. Jos kytkimen alta on tulossa halkaisijaltaan yli 20 senttimetrin kokoisia kappaleita, sammutetaan linjasto törmäysvaaran ja magneetin rikkoutumisen välttämiseksi. Kytkimen laukeamisen jälkeen magneetti nostetaan kotipisteelle.

Kun linjastolla tehdään muuta työtä, tulee magneettijärjestelmän olla pois kytketty. Tällöin magneetti asetetaan niin sanottuun kotipesään eli yläsentoon. Kotipesä on sijoitettu pystysuunnassa noin 100 cm päähän linjastosta.

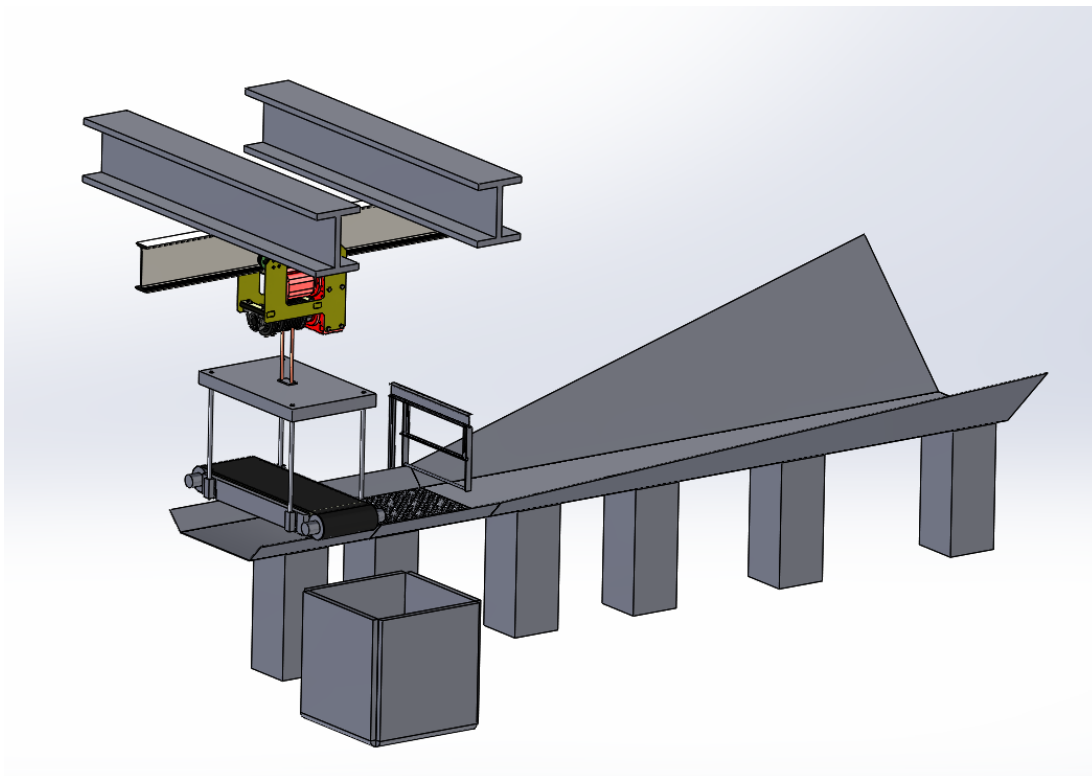
- Toimilaitteet:
- Sähkövinssi (x2)
- Magneettilaite
- Kytkin magneetille

- Toimilaitteet magneettilaitteelle:
- magneettilevy
- haponkestävä runko

- haponkestävät telat ja päätytelat raudasta
- sähkömoottori
- pyörintävahti, pysäyttää hihnan, jos romua kertyy yli 100 kiloa
- polyeteenilevyä kitkan poistoon. Täytyy vaihtaa vuoden välein, jos käyttö on ympärivuorokautista.
- kumihihna

kehitysvaihtoehdot

Kolme potentiaalisinta ratkaisumallia otettiin jatkokehittelyyn ja niistä laaditut layout-malli toteutettiin SolidWorks-suunnitteluohjelmistolla. Ohjelmistoa käytettäessä mallinnus voitiin toteuttaa erillään linjastosta. Suunnittelutyö toteutettiin läheisessä yhteistyössä toimeksiantajayrityksen henkilöstön kanssa sekä magneettilaitteen suunnittelusta käytiin keskustelusta Hapell Oy yrittäjän Hannu Peltomäen kanssa. Tällä tavoin saadaan huomioitua kaikki suunnitteluun vaikuttavat oleelliset seikat. Kuvassa 10 on tämänhetkinen layout mahdollisesta linjastosta. Kuvan vinssi on kopioitu grabcad sivustosta (Grabcadin www-sivut 2019 Copy of VGTU15010109^vinssi). Tämänhetkistä linjastoa täytyy muokata niin, että kumihihna pääsee vapaasti pyörimään reunojen lähellä ja magnetisoivat kappaleet voivat tippua laatikkoon. Laatikon ja magneetin välisen seinämän linjastosta on joko poistettava tai muokattava korkeutta. Liitteenä 2 on kokoonpanopiirustus osaluetteloinen ja suurennos selkeyttä tuomaan.



Kuva 10. Solidworksillä tehty layout linjastosta

Vaihtoehto 1

Valmis linjasto on kokonaan linjaston loppuun asti pienessä kulmassa. Tärinän avulla kappaleet liikkuvat eteenpäin. Linjaston alkuun ei tarvitse tehdä muutoksia, sen ollessa jo valmiiksi suppilomainen. Linjastoa täytyy muokata sen verran, että magneetin kumihihna pystyy pyörimään moitteettomasti ja kappaleet mahtuvat liikkumaan reunan yli laatikkoon. Linjastolle on asennettava varokytin, joka sammuttaa linjaston, kun sen aktivoi liian isot kappaleet liikkeessaan sen alitse. Kytin mahdollistaa, ettei magneettilaite vaurioidu ja tule törmäyksiä. Kuvassa 11 on esitetty mahdollisesta varokytin vaihtoehdosta. Varokytin koostuu anturista ja liikkuvasta metalliosasta. Liian suuren kappaleen törmätessä liikkuvaan metalliosaan, aktivoituu varokytimen anturi, jolloin linjasto sammuu.



Kuva 11. Varokytin liian suurien kappaleiden varalle

Työhön nähden edullisin vaihtoehto on asentaa kestopagneetti linjastolle. Kestomagneettilaite sisältää magneettilevyn, jonka ympärille rakentuu haponkestävä runko. Runkoon kiinnitetään haponkestävät telat ja päätyihin raudasta valmistettavat telat. Runkoon tulee myös johteet, joiden avulla magneettilaite pysyy tasapainossa. Jotta liikutus onnistuu moitteettomasti, asennetaan magneetin yläpuolelle johteiden kanssa

pinta, johon sähkövinssin päät kiinnitetään. Magneettilaitteen liikutukseen käytetään sähkövinssiä, joka liikuttaa magneettilaitetta kahdelle eri pisteelle. Pisteet ovat työstöpiste ja kotipesäpiste.

Kestomagneettilaitte toimii sähkömoottorilla ja sen yhteyteen asennetaan pyörintävahti, joka pysäyttää laitteiston, jos hihnalle kertyy romua yli 100 kilon verran. Mahdollinen polyeteenilevy asennetaan maton ja laitteiston väliin kitkan poistamiseen. Polyeteenilevy voidaan asentaa tähän työhön, koska tässä työssä työstö ei olisi ympäri vuorokautista ja mahdolliset vaihdot vähäisiä. Lopuksi magneettilaitteeseen tulee kumihihna, joka toimii magneetin ja romun välissä olevana suojana ja liikuttajana. Mahdollisen kestomagneettilaitteen valmistaja tulee olemaan Hapell Oy.

Vaihtoehto 2

Sähkömagneetti vaihtoehtona on samanlainen kuin vaihtoehto 1, mutta toiminta eroaa siinä, että magneettilaitteen magneetti on sähköinen ja sen voi sammuttaa esimerkiksi huoltojen ajaksi. Vaihtoehdossa 2 johteita ei tarvita, vaan magneettilaitte roikkuisi esimerkiksi ketjujen varassa. Jos liian iso kappale tulee magneetin lähelle, se päästää sen läpi liikkumalla itse sivuun ja näin ollen magneettilaitte ei vaurioitu törmäyksestä. Näin ollen varokytintä ei tarvittaisi.

Sähköinen magneetti ei sovellu vaihtoehdoksi, koska työstö linjalla on hakkaavaa ja sähköinen magneetti voi vaurioitua esimerkiksi kuparikäämien ylikuumentuessa. Kuparikäämien ylikuumeneminen taas saattaisi polttaa kumimaton. Tämä paloturvallisuusriski poissulkee tämän vaihtoehdon käytön hyötyromun erotteluun suunniteltavalla linjastolla. [Peltomäki henkilökohtainen tiedonanto 29.4.2019].

Vaihtoehto 3

Tässä vaihtoehdossa panostettaisiin enemmän toimilaitteisiin ja magneetti olisi kesto-magneetti. Magneetin käynnistysperiaate voisi olla joko hydraulinen tai sähköinen. Tässä yhteydessä kyseeseen voisi tulla paineilmalla toimiva magneetti. Magneetin toimiessa hydraulikalla käytettäisiin Ixtur MAP-40 -magneettia. Magneetti aktivoituu, kun hydraulikka kytetään päälle. Tämä magneetti on myös kauko-ohjattavissa. Kyseisen magneetin ongelmana on sen vaatimaton nostokyky eli noin 40 kg asti. Tässä

vaihtoehdossa olisi mukana robotiikkaa. Liikuteltava magneettikäsi poistaisi linjalta magnetisoivat kappaleet ja kuljettaisi ne laatikkoon. Hydrauliikkakäynnistykseen voisi lisätä aktivoinnin. Magneetti aktivoituisi, kun se havaitsee magnetisoitavaa ainesta linjalla. Edellä kuvatut toiminnallisuudet vaatisivat huomattavasti enemmän suunnittelua. Tässä työssä suunniteltavan magneettierottelijan yhtenä toiminta-ajatuksena oli se, että hyötyromua tullaan lajittelemaan korkeintaan kerran päivässä. Tästä syystä robotiikan monimutkaisuus ja käynnistykseen aktivointimahdollisuus tekevät tästä ratkaisuvaihtoehdosta huonon vaihtoehdon.

5 INVESTOINTILASKELMAT

Investointilaskelmat on tehty Componentan yhteyshenkilöltä Mikko Ketoselta ja Hapell Oy:ltä saatujen tausta- ja hintatietojen pohjalta.

Hyötyromua kertyi tarkastelujaksolla 12.3.-17.4.2019 Componentan romulavoihin noin 21 000 kg. Ketosen mukaan kustannussäästöä syntyy romukäsittelyn ja romun kuljetuskustannusten jälkeen noin 200 € tarkastelujaksolta. Vuositasolla laskettuna kustannussäästöä syntyy noin 45 000 €. 21 tonnin arvon laskelmat on saatu seuraavasti hieman yli kuukauden ajalta: $21 \text{ t} \cdot 200 \text{ € per tonni} = 4\,200 \text{ €}$. Kustannussäästö tulisi olemaan siis huomattava nykyiseen, yrityksen ulkopuolelta ostettavaan hyötyromujätteen käsittelyyn verrattuna.

Hapell Oy firman suunnittelema magneettierotin materiaaleineen tulee maksamaan 11 800 € ALV 0%. Magneettilaitteen teho on noin 1,1 kW tunnissa. Kulutuslaskelma on saatu Componentalla olevan vastaavanlaisen järjestelmän pohjalta, Hapell yrityksen laskemana. Seuraavassa on listattu suunniteltavan magneettijärjestelmän kokonaiskustannuksia vuositasolla:

- Sisäinen hyötyromun kierrätys 45 000 €
- Magneettierotin materiaaleineen 11 800 €
- Sähkövinssit noin 400 €

- Magneettilaitteen käyttökulutus noin 53 200 € (Sähkön teoreettinen hinta noin 6 €/kWh. Oletus, että käytössä ympärivuotisesti)

Magneettilaite ei tule olemaan päällä kuin muutaman kerran viikossa, joten sähkönkulutus ei ole edellä olevan laskelman mukainen, vaan pelkästään suuntaa antava. Hinta on teoreettisesti sovittu ja kulutus tulee teoreettisesti olemaan paljon pienempi. Magneettilaitteen kuluttamaa energiamäärää on käytännössä mahdoton laskea ennen käyttökokeilun aloittamista. Laitehankinnat ja asennustyö aiheuttavat aluksi kustannuserän, mutta tämä kuluerä tulee kuoleentumaan nopeastikin, sillä kustannussäästö on suhteellisen huomattava vuositasolla tarkasteltuna. Alla luvut. Kustannuksiin sisältyvät magneettilaite, laitehankinnat, työ sekä sähkön ympärivuotinen kulutus. Säästöihin on laskettu säästyneet kuljetus- ja käsittelykulut.

- Aloituskustannukset: 65 400 €
- Säästöt vuositasolla: 45 000 €
- Säästöt kuukausitasolla: 3 360 €
- Säästöt tonnista romua: 200 €

Teoreettisesti laskettuna magneettilaitteisto tulee maksamaan itsensä takaisin puolesatoista vuodessa. Alla laskelmat.

- $65\,400\text{ €} - 45\,000\text{ €} = 20\,400\text{ €}$
- $20\,400\text{ €} / 3\,360\text{ €/kk} = 6\text{ kk}$

Aloituskustannuksista vähennetään säästöt vuositasolla, jolloin saadaan kustannusten loppukustannukset. Loppukustannukset jakamalla kuukausitason säästöillä, saadaan lopullinen takaisinmaksuaika magneettilaitteelle. Joka on yhteensä 18 kuukautta.

6 YHTEENVETO

Nykytilanne Componentan Porin toimipisteessä hyötyromun uusiokäytön suhteen ei ole kustannustehokas. Hyötyromun kierrätys on ulkoistettu erilliselle jätteenkäsityslaitokselle. Hyötyromu varastoidaan pihalla oleviin suuriin lavoihin, kunnes se kuljetetaan jatkokäsittelyyn ulkopuoliselle jätteenkäsityslaitokselle. Yrityksessä oli selkeä tilaus yrityksen sisäiselle kierrätykselle hyötyromun suhteen.

Työn tavoitteena oli kartoittaa erilaisia toteutusvaihtoehtoja, joista yritys voi valita toteutettavaksi itselleen sopivimman vaihtoehdon. Työn suunnitteluosuudessa esiin tulleet seikat puoltavat hyötyromun erotteluun kestomagneettipohjaista järjestelmää. Sähkömagneettiratkaisu poissuljettiin ratkaisuvaihtoehdoista tämän paloturvallisuusriskin takia. Koska työsto linjastolla mihin magneettijärjestelmä tullaan toteuttamaan on niin sanotusti hakkaavaa, voi sähkömagneetti vaurioitua esimerkiksi kuparikäämin ylikuumentuessa. Tämä taas saattaa vaurioittaa linjastolla olevaa kumimattoa.

Paineilmalla toimivan Ixtur MAP-40 -magneetin soveltuvuus hyötyromun erotteluun on myös huono lähinnä toteutuksen monimutkaisuuden ja epäkäytännöllisyyden vuoksi.

Taulukkoon 2 on koottu yhteenveto eri magneettijärjestelmien soveltuvuudesta hyötyromun erotteluun ei-toiminnallisten ominaisuuksien perusteella. Ei-toiminnallisiksi ominaisuuksi valittiin turvallisuus, huollettavuus, käyttöikä ja edullisuus. Kolmen magneettivaihtoehdon hyvyttä on verrattu toisiinsa pisteyttämällä nämä neljä eri ominaisuutta asteikolla 1-5. Pisteytyksen pohjalta tehtiin yhteenveto näiden vaihtoehtojen kesken.

Taulukko 2 : Magneettijärjestelmien ominaisuuksien yhteenveto

	Turvallisuus	Huollettavuus	Käyttöikä	Edullisuus	Yhteensä
Kestomagneetti	3	3	5	5	16
Sähkömagneetti	4	5	4	3	16
Ixtur MAP-40 -magneetti	4	4	3	2	13

Taulukosta 2 ilmenee, että kesto- ja sähkömagneetti ovat pisteytykseltään samanarvoiset. Kestomagneetin etuina ovat sen korkea käyttöikä ja edullisuus, kun taas sähkömagneetin osalta huollettavuus ja turvallisuus nostavat pisteytystä.

Paineilmamagneetti Ixtur MAP-40 ei ole ominaisuuksiltaan yhtä hyvä kuin kaksi muuta vaihtoehtoa. Kestomagneetilla toimiva hyötyromun erotteluratkaisu on varteenotettavin vaihtoehto sekä toiminnallisuudeltaan että ei-toiminnallisilta ominaisuuksiltaan.

Koska työn lähtökohtana oli hyödyntää olemassa olevaa laitteistoa suunniteltavan magneettijärjestelmän toteutuksessa, piti löytää optimaalisin paikka hyötyromun erotteluun. Hyötyromun keräys- tai erottelupaikaksi valikoitui valukappaleiden viimeistelypisteen lähialue. Perusteluina paikan valinnalle ensisijaisesti oli helppo kulku trukille. Trukilla on tarkoitus siirtää vajaiden romulaatikoiden sisältö linjastolle kuuluvaan laatikostoon. Kun linjastolle kuuluva laatikko täyttyy, sen sisältö kuljetetaan ja tyhjennetään linjastolle.

LÄHTEET

Arnoldmagnetics:in www-sivut 2019. Viitattu 13.5.2019. <https://www.arnoldmagnetics.com/resources/magnet-manufacturing-process/>

Burdick, R. 2017. What causes different strengths in magnets. Viitattu 13.5.2019. Saatavilla <https://sciencing.com/causes-different-strengths-magnets-5981925.html>

Componenta:n www-sivut 2019. Viitattu 10.2.2019. <http://www.componenta.fi>

Grabcad:in www-sivut 2019. Viitattu 11.3.2019 <https://grabcad.com/>

Haarto & Karhunen 2019. Viitattu 13.5.2019 Magneettikentät. Saatavilla http://fyysiikka.turkuamk.fi/fysiikka/Infya/6_magneettikentat.pdf

Halonen, K. 2016. Magneettisten vetovoimien yhteisvaikutuksen laskentataulukko. Viitattu 13.5.2019. Saatavilla <https://core.ac.uk/download/pdf/45601495.pdf>

Hapell Oy:n www-sivut 2019. Viitattu 30.4.2019. <https://www.hannupeltomaki.fi/>

Herraiz Lalanaa, E. 2018. Permanent magnets and its production by powder metallurgy. Revista de Metalurgia. Viitattu 13.5.2019. Saatavilla <https://doi.org/10.3989/revmetalm.121>

Ixtur:in www-sivut 2019. Viitattu 16.3.2019. <http://www.ixtur.com/>

Kankaanpää, H. 2007. Ferromagneettiset materiaalit. Magneettiteknologiakeskus Prizztech. Viitattu 13.5.2019. <http://www.prizz.fi/sites/default/files/tiedostot/linkki2ID184.pdf>

Ketonen, M. Componenta. Pori. Vastaanottaja: Emma Tuomi Lähetetty 14.3.2019 klo 15.31 ja 20.5.2019 klo 16.16. Viitattu 20.5.2019.

Kouvo:n www-sivut 2019. Viitattu 13.5.2019. <https://www.kouvo.fi/tuotteet/metallinerottimet/hihnamagneetit>

Knuuti-Lehtinen, J. 2009. Aineen magneettinen luonne ja lämpötilan vaikutus magnetoitumaan. Viitattu 13.5.2019. Saatavilla <https://docplayer.fi/12347880-Aineen-magneettinen-luonne-mpotilan-vaikutus-magnetoitumaan.html>

Lehto, H., Havukainen, R., Maalampi, J. Leskinen, J. 2011. Fysiikka 7. Sähkömagnetismi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi. Viitattu 13.5.2019.

Mansfield, M., O'Sullivan, C.1998. Understanding Psysics. Chichester: Praxis Publishing Ltd.

Meskanen, S. 2016. Hiekkamuottimenetelmät. Viitattu 7.5.2019.

<http://www.valuatlas.fi/?q=node/303>

Nieminen, M. 2015. Aine magneettikentässä. Otavan opisto. Viitattu 13.5.2019. Saatavilla

http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/fy/fy7/2_magnetismi/03?C:D=iGv4.iFoW&m:selres=iGv4.iFoW

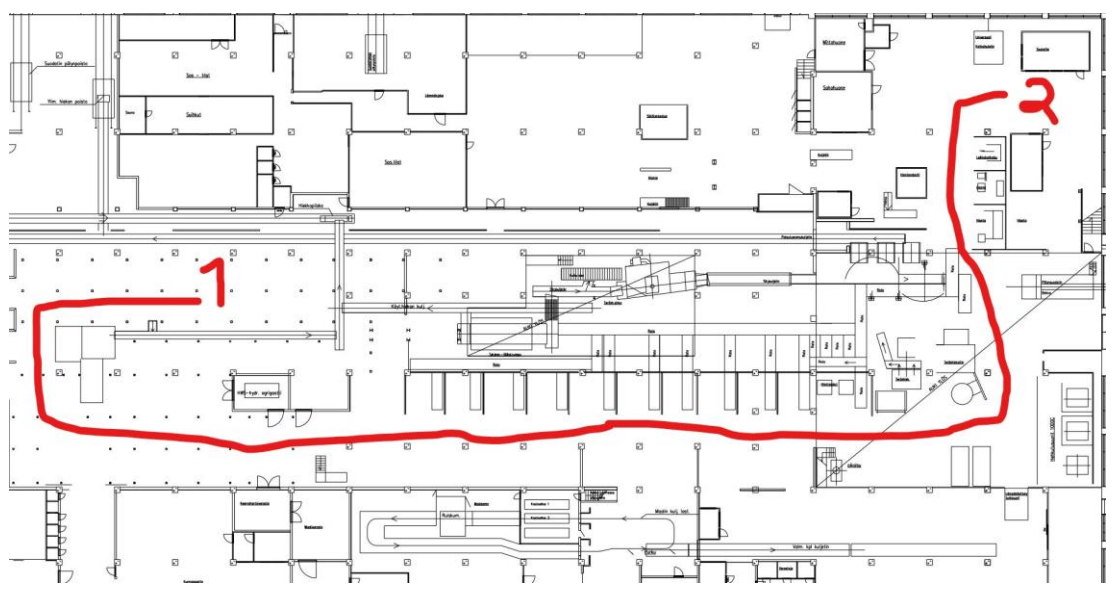
Paturi, P. 2007. Magnetismin fysikaaliset perusteet. Fysikaalinen laitos, Turun Yliopisto & Prizztech. Viitattu 13.5.2019. Saatavilla <http://www.prizz.fi/sites/default/files/tiedostot/linkki2ID179.pdf>

Peltomäki, H. 2019, Hapell OY. Merikarvia. Haastattelu 29.4.2019. Haastattelijana Emma Tuomi. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Space.fmi:n www-sivut 2019. Viitattu 13.5.2019. Saatavilla

http://space.fmi.fi/MAGN/HN/gmg08_02.pdf

Teknologiateollisuus 2013. Kilpailukykyä ja uutta liiketoimintaa materiaalitehokkuudesta, Teknologiateollisuuden materiaalitehokkuusjulkaisu, Teknologiateollisuus ry 2013. Viitattu 6.5.2019. www.teknologiateollisuus.fi/materiaalitehokkuus



LIITE 2

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Linjaston loppu	1
2	Reikälevy	1
3	Linjaston alku	1
4	Linjaston tolpat	6
5	kummitto	1
6	kula	2
7	magneettile	1
8	yläpalkki	2
9	ohjainvinski	1
10	magneettin lelat	4
11	magneetikannatin	1
12	laatikko pyölytyromulle	1
13	Varokytin	1
14	Keiju	2

Linjasto A2

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Linjaston loppu	1
2	Reikälevy	1
3	Linjaston alku	1
4	Linjaston tolpat	6
5	kummitto	1
6	kula	2
7	magneettile	1
8	yläpalkki	2
9	ohjainvinski	1
10	magneettin lelat	4
11	magneetikannatin	1
12	laatikko pyölytyromulle	1
13	Varokytin	1
14	Keiju	2