



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHE40LT

Martin Tammvee

Metallpuru eemaldav konveiersüsteem

Metal scrap removal conveyor system

Bakalaureusetöö

Autor taotleb

tehnikateaduste bakalaureuse

akadeemilist kraadi

Tallinn

2016

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõikide teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis juhendamisel

„...“20...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureustööle esitatavatele nõuetele.

„...“20...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

„...“20...a.

..... allkiri

TTÜ mehhatroonikainstituut
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2016. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Martin Tammvee, 134792MAHB

Õppekava: MAHB02/13

Juhendaja: dotsent Igor Penkov

Konsultandid:

LÕPUTÖÖ TEEMA (eesti ja inglise keeles):

Metallpuru eemaldav konveierisüsteem

Metal scrap removal conveyor system

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Üldist materjali kogunemine. Ülesanne püstitus.	22.02.2016
2.	Konveieri asetus ruumis ja algdisain	07.03.2016
3.	Mootori ja keti valik	21.03.2016
4.	Konveiri lõplik disain	04.04.2016
5.	Lõputöö esimene mustand	18.04.2016
6.	Lõputöö vormistamine	16.05.2016

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Projekteerida konveier, mis transpordiks stantsi jäänuseid, nii et nad ei pudeneks konveiri pealt maha. Metallpuru tuleb konveirile stantsi mõlemalt poolt ning ka stantsi alt. Tuleb vältida stantsijäänuste konveierilt maha põrkumist. Metallpuru tuleb lõpuks transpordida konteinerisse, mis asub stantsi kõrval. Seega tuleb sooritada konveieriga täisnurkne pööre.

Esitatav graafiline materjal:

Kaitsmistaotlus esitada dekanaati hiljemalt 16.05.2016
20.05.2016

Lõputöö esitamise tähtaeg

Üliõpilane Martin Tammvee /allkiri/ kuupäev 3.03.2016

Kontakttelefon 56562771 E-mail: martintammvee@gmail.com

Juhendaja Igor Penkov /allkiri/ kuupäev 3.03.2016

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE	5
EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
PÕHIOSA.....	10
1. Konveieri esialgne disain	10
2. Turu-uuring	13
3. Mootori valik.....	15
3.1 Mootori veojõud.....	16
3.2 Mootori kinnitused.....	18
3.3 Mootori toide	18
3.4 Veomootorite juhtimine	20
3.5 Mikrokontrolleri programm	20
4. Ketid valik / kettülekanne arvutus.....	21
4.1 Ketipinguti	23
5. Liistu arvutus.....	24
6. Konveiersüsteemi komplekteerimine	25
6.1 Renn	25
6.2 Konveieri raam.....	25
6.3 Renni kinnitus	27
7. Disain	28
7.1 Esimene konveier.....	28
7.2 Teine konveier	30
8. Ohutus	31
9. Kokkuvõte	32
10. Summary.....	34
11. Jooniste nimekiri.....	36
Kasutatud kirjandus.....	37
Lisad	39
Lisa 1.	39
Lisa 2.	39

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

Bakalaurusetöö ülesanne näitab töö autori võimet analüüsida ja lahendada mehhatroonika erialaseid tehnilisi probleeme ning võimet vormistada ja esitada lahendusi käsitlevaid projekti dokumente.

Bakalaurusetöö ülesande valikul on arvesse võetud etteseatud tingimusi ja samuti valmiva toote vajalikkust tänases ühiskonnas. Töö raames konstrueeritakse seade, mis aitab vähendada tööstusvaldkonnas esinevale probleemile kuluvat aega ning mille kasutamine lihtsustab töö tegemise protsessi.

Seadme projekteerimise faasis tutvustatakse käsitletava tööstusvaldkonna nõudeid ja parameetreid, tehakse selgeks põhimõisted ja pannakse paika soovitud lõpptulemus. Samuti võetakse arvesse seda, et seade oleks konkureeriv turul olevate samaväärsete seadmetega ning omaks kaasaegseid lahendusi.

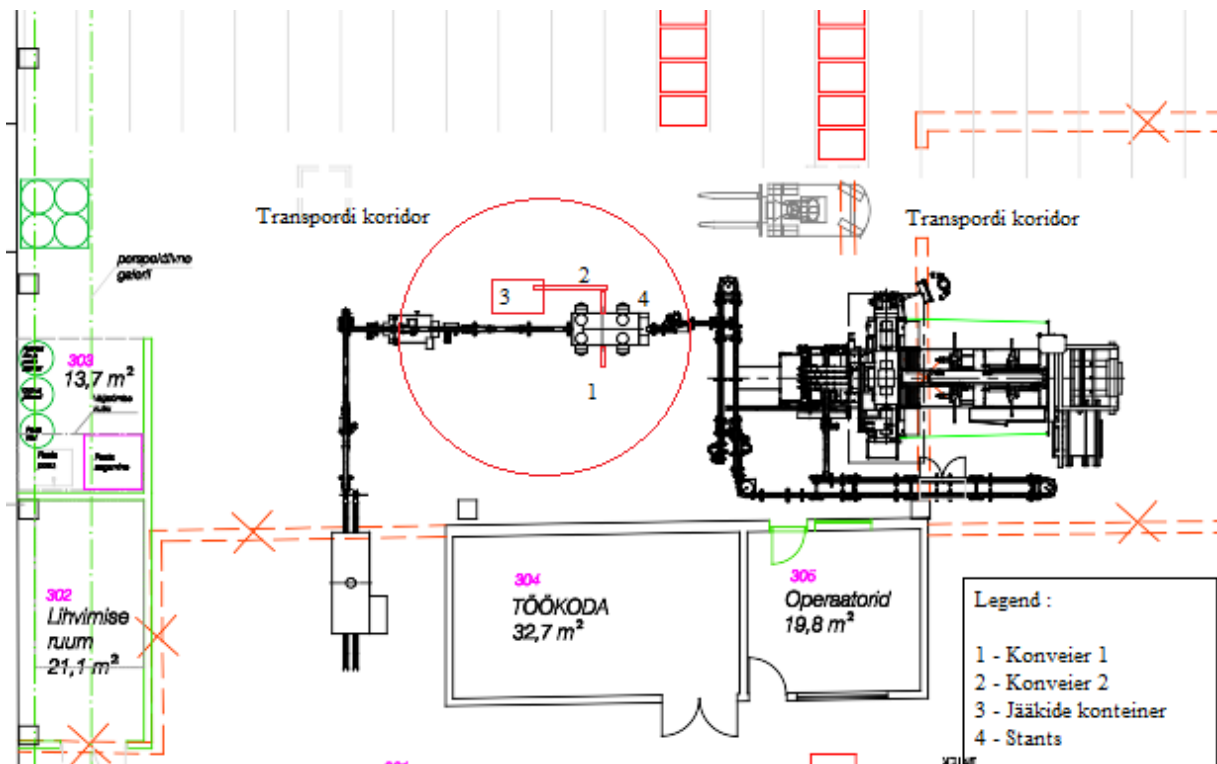
EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema valikul oli abiks ettevõtte AS Metaprint. Ettevõtte tegutseb aastast 1995. ning hetkel töötab selles firmas 200 töötajat. AS Metaprint tegeleb aerosooli pudelite valmistamisega ning metall-plaatidele trükkimisega. Tehased paiknevad neil Eestis – Tallinnas ja Pärnus ning Venemaal Peterburis.

Terve töö tegemise käigus oli juhendajaks Tallinna Tehnikaülikooli mehhatroonikainstituudi mehhanosüsteemide komponentide dotsent Igor Penkov.

SISSEJUHATUS

Bakalaureusetöö ülesandeks ja eesmärgiks oli projekteerida konveiersüsteem, mis transpordiks stantsimisjääke stantsi juurest eemale konveieri kõrval asuvasse kogumiskonteineritesse. Stantsimisääkideks on väikesed teraslehetükid. Tükid suunatakse stantsilt konveierile kolmest kohast. Stantsi alt väljutatavad teraslehetükid omavad suhteliselt suurt kineetilist energiat ning kokkupuutes konveieri pinnaga, põrkuvad nad eri suundades konveierile ja ka maha. Lisaks tuleks vältida stantsimisjääkide kuhjumist konveierlindi servadesse ja nende sattumist konveierlindi kõrval olevatesse pragudesse. Tükid omavad geomeetrilist kuju, mille tulemusena takerduvad nad kergesti ja jäävad kinni konveierlindi servapragudesse. Ruumi kokkuhoiu tõttu ei saa jääkide konteinerit paigaldada stantsi ette, vaid tuleb sobitada stantsi kõrvale (Joonis 1). Punase kontuuriga on märgitud joonisel 1 piirkond, kuhu tuleb konveiersüsteem ning sealt on näha, et stantsi ette jääb transpordi koridor. Seetõttu peaks projekteeritav konveier olema täisnurksepoordega, et oleks võimalik transportida stantsimisjäägid stantsi kõrval paiknevasse konteinerisse.



Joonis 1. Liini asendiplaan

Kui konveieri paigutus ruumis oli välja selgitatud, võis alustada konveiersüsteemi disainiga. Esimesed eskiisid valmisid paberil selleks, et saada parem ülevaade, milline võiks olla süsteemi disain. Järgmises etapis kasutati projekteerimistarkvara „Solid Edge“, mis võimaldas eskiisid kanda arvutisse. Esialgu pandi paika konveieri tööpõhimõtte ning põhiõsa kujutised. Seoses jääkide jaoks mõeldud konteineri paigutuskohaga stantsi suhtes, tuli konveieriga sooritada täisnurkne pööre. Pöörangu lahenduseks, otsustati projekteerida kaks eraldiseisvat konveierit, mis mõlemad töötaksid samasuguse põhimõttega.

Peale esialgset disainimist tuli leida konveierile sobivad mootorid. Mõlema konveieri jaoks oli tarvis eraldi samasugust mootorit. Teades mootori parameetreid, sai teha vajalikud arvutused, et valida konveieritele kett ja vajaminevad liistud. Vastavalt eelnevatele arvutustele sai välja selgitada sobivad hammasrattad ning teised pisemad detailid. Lisaks võimaldasid arvutused määrata, milliseid hammasrattaid ja pisemaid detaile on vaja.

PÕHIOOSA

1. Konveieri esialgne disain

Võttes arvesse konveierile etteantud tehnilisi nõudeid moodustati esialgne nimistu, millised konveieri tüübid sobiksid etteantud tingimustega :

- 1) Conti – Sicon konveier
- 2) Magnet konveier
- 3) Lint konveier
- 4) Magnet – lint konveier

Conti – Sicon konveier :

Conti – Sicon konveieritüüp on mõeldud nii tööstuslike jääkide kui ka valmistoodete transportimiseks. Eelkõige on Conti – Sicon konveier mõeldud esemete, detailide transportimiseks pikemate distantside vahel, kuid väiksema lindi laiuse korral saab seda kasutada ka väikeste vahemaade jaoks. Sellel konveieril on tööpinnaks elastne lint, mis on avatud vaid transportitava materjali peale- ja maha- laadimise punktides, ülejäänud töötsükli pikkuses on lint kinnises olekus (Joonis 3). Lindi ülaosas on rullikud, mis pressivad linti kokku või lahti [1].



Joonis 3. Conti - Sicon konveieri tööpõhimõte

Miinusteks antud konveiertüübi tehnoloogia puhul on tema suhteliselt suured gabariidid, mis ülesmonteeritud stantsi puhul olemasolevas ruumis ei mahu stantsi alla ära.

Magnetkonveier :

Magnetkonveieri süsteemi puhul on püsिमagnetid enamasti kinnitatud konveieri keti külge, mis on pandud liikuma mitte magnetiseeruva katte alla. Tänu magnetjõule saab sel moel transportida terasest detaile [2]. Valmis disainiga magnetkonveieri pakkujaid on mitmeid, kuid nad on suhteliselt kallid. Lisaks on nende puudusteks konstruktsiooni suured garbiidid, mis ei mahuks stantsi alla ära.

Lint-konveier:

Lintkonveieri süsteem koosneb kahest või enamast trumlist. Trumlite peal on lint, mis pöörleb ümber nende. Sõltuvalt süsteemist on üks või enam trumlitest vedvad, mis panevad lindi ning lindi peal oleva materjali liikuma [3]. Lintkonveier on üks lihtsamaid lahendusi esemete transportimiseks, kuid see ei sobinud antud projekti seepärast, et tekkivad stantsimisjätmed on sellise kujuga, mis kipuvad seda tüüpi konveieri äärtes olevatesse pragudesse kinni jääma. Lisaks moodustavad nad omavahel puntraid, mis hakkaksid segama konveieri normaalset tööd.

Magnet lintkonveier:

Magnet lintkonveier on konveiersüsteem, kus tavalise lintkonveieri alla paigaldatakse püsिमagnetid [4]. Magnet lintkonveier oleks hea lahendus juhul kui stantsijätmed oleksid suuremate gabariitidega võrreldes olemasolevast konkreetsest stantsist tulevad terastükid. Magnetid konveierlindi alla hoiaksid küll ära terastükikeste eemale põrkumise, kuid kirjeldatud lahenduse korral kipuvad terastükid siiski lindi ja konveieri konstruktsioonipiludesse kinni jääma, tekitades puntraid ning häirides konveieri tööd.

Töö käigus sai projekteeritud magnetkonveieri laadse transpordisüsteemi, kuid omade eripärasustega. Konveiersüsteem koosneks kahest ketist, mille vahele kinnituksid püsimagnetid, need koostisosad moodustaksid konveieri liikuva osa. Liikuva osa peale pandaks roostevabast terasest renn, mille peale kukutatakse transporditavad stantsimisjätmed. Renn ise oleks liikumatu ning keti küljes paiknevad magnetid veaksid stantsimisel tekkivad terasjätmeid mööda renni edasi kogumiskonteinerisse.

2. Turu-uuring

Paljud ettevõtted maailmas pakuvad mitmes variandis valmis konveiersüsteeme. Lindita konveiereid, mis töötavad püsिमagnetite omadusi ära kasutades müüakse ka valmis toodetena. Ameerikas on püsivmagnetitega konveiersüsteemid üsna populaarsed ning seetõttu on seal ka selliseid süsteeme pakuvaid ettevõtteid palju. Loomulikult on ka Euroopast võimalik magnetkonveiersüsteeme tellida. Uuringut tehes ilmnes, et magnetkonveierit on võimalik tellida isegi Eestist [5].

Algne plaan oli osta valmis disainitud toode, kuid saades aru, et ükski pakutavatest toodetest ei sobi kokku antud tööle esitatud konkreetsete nõuetega, otsustati projekteerida tellija vajadustele vastav konveiersüsteem. Projekteeritud konveieri puhul oli oluline, et renn kuhu hakkavad ladustuma ja liikuma stantsimisjäägid saaks stantsi alt läbi minna. Stants, mille juurde tuleb teha täiustatud konveiersüsteem on „Bruderer BSTA 60 SL,, . Selle stantsi konstruktsioon on küllaltki detaili mahukas ning ükski ostutoodete nimekirjades pakutavatest konveieritüüpideist ei mahuks olemasoleva stantsi alla.

Lisaks gabariitidele oli ostu-toodete miinuseks kõrge hind. Küsides mitmetelt ettevõtetelt hinnapakumisi, selgus, et pakutavad süsteemid on kallid ja ei ole sobilikud vahetult ettevõtte Metaprint juurutamiseks. Kopsakale hinnale lisanduksid veel küllalt suured transpordikulud. Asjaolusid arvestades oli kokkuvõttes mõistlikum ise projekteerida ja disainida kohalikke tingimusi arvestav tehnoloogiliselt sobilik konveiersüsteem.

Hinnavõrdlus :

Ettevõtte nimetus	Hind
Prab	8089 \$
Magnetic Products	6276 \$
Goessling	8461 \$

Tabel 1. Magnet konveierite hinnad

Disainitud ja projekteeritud konveiersüsteemi hind on 4000 euro piires. Süsteemi kuulub kaks konveierit, seega ühe konveieri hinnaks kujuneks ligikaudselt 2000 eurot. Hind sisaldab ainult süsteemi komponentide väärtust ning sinna ei ole sisse arvestatud töötunde. Sellest olenemata on hinnavahe märgatav võrreldes ostutoodetega.

3. Mootori valik

Antud peatükis valitakse välja mõlema konveieri jaoks sobilikud ajamid. Kuna esimese konveieri puhul on ajami jaoks raskemad tingimused, siis vajaminevead arvutused tehakse esimese konveieri andmetega. Esimese konveieri kogu pikkus on $l_1 = 2 * 3320 = 6640$ mm. Magnetite roostevabast terasest alused, on paigaldatud iga 200 mm tagant, kuhu peale kinnitub üks magnet suurusega 20 x 20 x 120, ning mille mass on 50 grammi. Seega kui mainitud vahemaaga paigaldada magnetid, tuleb neid kokku :

$$x = \frac{6640}{200} = 33,2$$

ehk vaja läheb 34 magnetit ja nende mass koos magnetite alusega (üks alus kaalub 200 grammi):

$$m_L = 34 * (m_m + m_{ma}) = 34 * (0,05 + 0,2) = 8,5 \text{ kg}, \text{ kus}$$

m_m – ühe magneti mass (kg)

m_{ma} – ühe magneti aluse mass (kg)

Lisaks magnetitele peab arvestama keti enda massi. Massi arvutamiseks kasutatakse varustaja kodulehelt [6] saadud andmeid : $m_{K^*} = 0,41$ kg / m. Silmas peab pidama pidama, et ühel konveieril on kaks ketti, seega :

$$m_K = m_{K^*} * l_1 = 0,41 * 6,64 = 2,72 \text{ kg}$$

$$m_K = 2,72 * 2 = 5,44 \text{ kg}$$

Kettkonveieri puhul on soovitatav hammasrataste telgede vaheks jätta $l_t = (30 \dots 50) * p$, kus p on keti samm [7]. Antud probleemile lahenduse leidmiseks, konstrueeriti keti alla siin, mille peal hakkab kett jooksuma. Keti 06 – B1 mudeli puhul on $p = 9,58$ mm ning seega tuleb pukside arv kokku :

$$n = 6640 / 9,58 = 694 \text{ tk}$$

Kuna tegemist ei ole inimesele ohtliku seadmega, võetakse ajami projekteerimisel varuteguriks 1,25. Arvestades eelnevalt välja arvutatud masse, tuleb kogu massiks, mida mootor peab vedama :

$$M = (m_K + m_L) * 1,25 = (8 + 5,44) * 1,25 = 16,6 \text{ kg}$$

3.1 Mootori veojõud

Mootori veojõudu arvutakse valemiga [8]

$$W_0 = [\omega * L_a * g \pm g * H] * m , \text{ kus}$$

ω – vastumõju koefitsient

L_a – horisontaal pinnale projekteeruva konveieri kogu pikkus (m)

g – keskmine konveieri mass 1 meetri lõikes (kg / m)

H – konveieri tõus (m)

m – koefitsient

Kogu konveieri mass, mida mootor vedama peab on 16,6 kg ja konveieri kogupikkus projektsioonina horisontaal pinnale L_a 3,4 meetrit (mõõdetud projekteerimise tulemusena „SolidEdge“ tarkvaras). Seega keskmine konveieri mass 1 meetri ulatuses tuleb:

$$g = 16,6 / 3,4 = 4,9 \text{ kg / m}$$

Koefitsienti m arvutakse valemi järgi [8]

$$m = m_1 * m_2 * m_3 * m_4 * m_5 , \text{ kus}$$

m_1 – konveieri pikkuse koefitsient (1, 5)

m_2 – konveieri trajektoori koefitsient, minu konveier liigub sirgjooneliselt (1)

m_3 – konveieri vedavaks hammasrattaks on eesmine- või tagumine hammasratas. Antud projektis esimene eesmine (1)

m_4 – ketipinguti asukoht, antud juhul ketipinguti mootori suhtes konveieri tagumises osas(1)

m_5 – mahalaadimine läbi pea trumli (1)

Seega konveieri pikkuse koefitsiendiks m :

$$m = 1,5 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1,5$$

Viimaks, et arvutada konveierile vaja minevat veojõudu tuleb arvestada, et konveieri lõpus on tõus. $H = 0,5$ m ja tabelist saame [8], et $\omega = 0,22$

$$W_0 = [0,22 * 3,4 * 4,9 \pm 4,9 * 0,5] * 1,5 = 9,2 \text{ kg}$$

Mootori vajaliku võimsuse arvutamisel on aluseks konveieri tööks vajalik veojõud. Esialgu arvutatakse võimsuse ajami võllil valemiga[8]

$$P_0 = W_0 * v / \eta = 92 * 0,22 / 0,7 = 29 \text{ kW}$$

kus v – kiirus (0,22 m/s)

η – kasutegur, oletades, et meil ei ole täiesti ideaalne süsteem (0,7)

Teades võimsust ajami võllil, on võimalik arvutada elektrimootori võimsust valemiga[8]

$$P = K * P_0 / \eta, \text{ kus}$$

K – tingimusi arvestav koefitsient. Projekteeritav konveier asub kinnises ja talvel soojustatud ruumis, kuid kus esineb tolmu (1,4)

η - ajami kasutegur (0,6)

$$P = 1,4 * 29 / 0,6 = 0,68 \text{ kW.}$$

Eelnevate arvutuste järgi saab valida SEW Eurodrive [9] kataloogist sobiva reduktormootori. Kuna mootor kinnitatakse raamile, on sobilik valida gabariitidelt võimalikult väike ning kaalult kerge mootor. Valiti järgmine mootoritüüp :

Mudel	KA 19 DR 64S4
Võimsus	0,12 kW
Ülekande arv	29,88
Maskimaalne pöördemoment	0,83 Nm
Pöörlemissagedus	64 p / min

Tabel 2. Valitud ajami mudel

3.2 Mootori kinnitused

Mugavam oleks paigaldada mootorid nii, et nad kinnituksid põrandakonstruktsiooni külge konveieri algusesse. See eeldaks, et kogu konveiersüsteemil (mõlema konveiri puhul) oleks tööd tegev keti piirkond veetavas osas ning keti tagasitulek tõmmatud olekus. Selline variant aga tekitaks mõningaid probleeme. Nimelt võib veetavas olekus kett suure koormuse puhul oma ülesannet mitte täita, kuhugi kinni takerduda ja hammasratastelt maha joosta.

Seega tuli otsus paigutada mootorid mõlema konveieri lõppu. Samas, kuna antud koht on maapinnast kõrgemal ja mootoreid ei saa põrandale toetada, pidi neile valmistama eraldi kinnitused. Alumiiniumprofiili külge kinnituvad teras plaadid, kuhu omakorda kinnituvad mootorid. Mootorite võllid on teisest otsast toetatud ja kinnitatud pukklaagriga. Pukklaager kinnitatakse omakorda terasplaadi külge, mis on seotud poltliitega alumiiniumprofiili külge.

3.3 Mootori toide

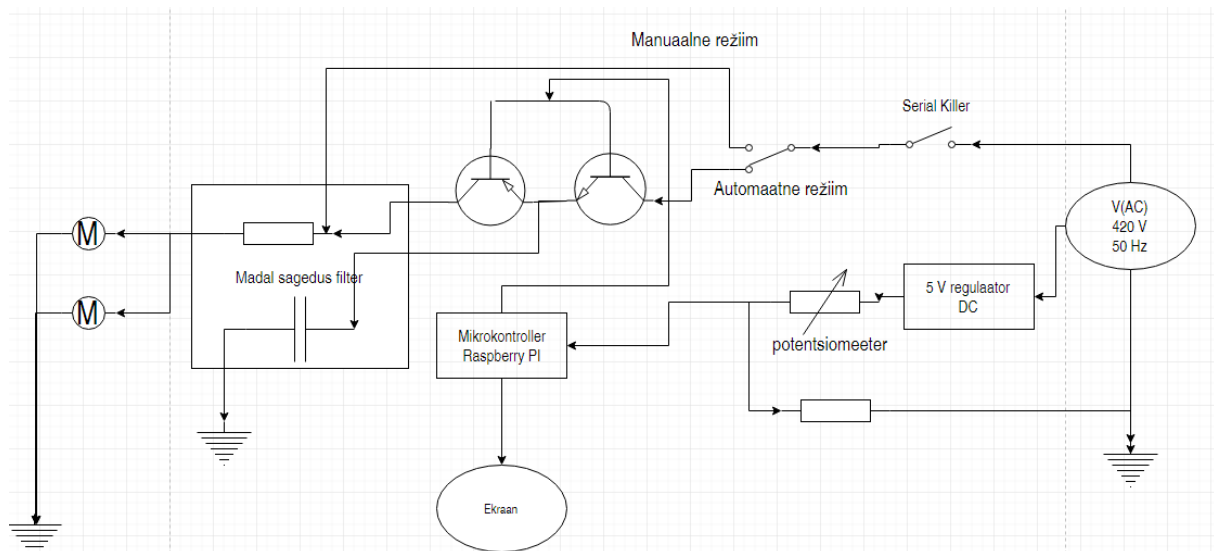
Mõlemad mootorid saavad oma elektritoite stantsi Bruderer BTLA 60 SL pealt. Mootor, mis sai välja valitud on 3 faasiline 4 poolusega ja töötab pingevahemikus 380 – 420 V. Esialgu saab mootoril olema kaks töörežiimi, mida saab muuta ümberlülitite abil :

1) Automaatne režiim

Automaatse režiimi puhul töötab konveier siis kui töötab stants. Stantsi seiskudes katkeb toitevoolu ahel ning konveier jääb seisma.

2) Manuaalne režiim

Manuaal režiimis on operaatoril võimalik ise vastavalt vajadusele konveier sisse või välja lülitada, kuid samas konveier saab töötada ainult siis kui stants töötab.



Joonis 4. Elektriskeem

Elektriskeemil (Joonis 4) on näha täpsemalt, kuidas konveieri mootorid elektritoite saavad. Skeemil on näha, et hädaolukorra tekkides, on võimalik konveier koheselt peatada vajutades „Stop“ nuppu (skeemil „Serial Killer,“). „Stop“ nuppu vajutades katkeb kogu elektritoiteahel ning toite puudumisel mootorid seiskuvad.

Ümberlülitiga on võimalik valida manuaalne ja automaatne töörežiim. Mõlemal juhul läbib vool madalsagedusfiltrit. Madalsagedusfiltrit kasutakse selleks, et ära hoida kõrvalisest müra tekitatud suuremad voolu kõikumisi. Suurt müra tekitab stants ise, kuid segavaks müra võib osutuda ka töötavatest mootoritest tulevad helilained. Müra ise on kõrge sagedusega ning seetõttu antud filter ei lase neid läbi, samas laseb läbi ainult madala sagedusega võnkumisi. Sagedus, mida filter läbi laseb saab vastavalt vajdustele ise reguleerida ja see on arvutatav valemiga [10] :

$$f_c = 1 / 2 * \pi * R * C , \text{ kus}$$

f_c – filtrist läbiv sagedus (Hz)

R – takistus (Ω)

C – kondensaatori mahtuvus (μF)

3.4 Veomootorite juhtimine

Esiialgu ei ole plaanis mootorite pöörete ja üheaegselt konveierlindi liikumiskiiruse reguleerimiseks võtta kasutusele sagedusmuundurit. Sagedusmuunduri abil saaks sujuvalt reguleerida konveieri mootorite pöörlemiskiirust. Antud projektis valitud mootorite elektritoite skeemi puhul (juhul kui selgub, et on vaja mootorite pöörded ja sellega seoses konveierlindi liikumiskiirust muuta) on võimalik mootoreid juhtida ja nende pöörlemiskiirust muuta kasutades mikrokontrollerit ja potentsiomeetrit. Skeemi alumises osas (Joonis 4) on kujutatud mootori pöörlemiskiirust reguleeriv elektriskeem.

Potentsiomeetri abil on võimalik muuta mootori pöörlemiskiirust. Operaatori poolt määratud potentsiomeetri signaal suunatakse mikrokontrollerisse, mille tüübiks valiti Raspberry Pi [11]. Valiku põhjuseks oli kontrolleri väikesed mõõtmed ja kasutuse universaalsus. Kontrolleri juhib transistoride tööd, mis omakorda reguleerivad mootorite ergutusvoolu tugevust ning sellega seoses mootorite pöörlemiskiirust.

3.5 Mikrokontrolleri programm

Mootorite töö juhtimisskeemi mikrokontrolleriks valiti Raspberry Pi. Selle kontrolleri kood kirjutati C++ keeles kasutades vabatarkvara „DEV-C++“.

Mikrokontrolleri koodi seletus : Potentsiomeetri abil muudetakse juhtimissignaali parameetreid ja suunatakse edasi mikrokontrollerisse. Seda signaali analüüsib programm (Lisa2). Kontrolleri väljuva signaali abil juhitakse omakorda transistoride tööd ja samas kuvatakse signaali näit eraldiasuvale ekraanile. Ekraani näit on kalibreeritud kiirusnäiduks. Antud programmi lõik on pideva tsükli sees ja edastab signaali senikaua kuni saab voolu töötavalt stantsilt.

4. Ketid valik / kettülekanne arvutus

Konveieritel kasutatakse kettülekanneid, tagamaks, et süsteem töötaks tõrgeteta, kasutatakse vastavat kirjandust keti tugevusarvutuste teostamiseks [12].

Trumli pöörlemiseks vajalik moment $M = T = 0,83 \text{ Nm}$

Mootorredukti pöörlemissagedus $n_M = 46,18 \text{ min}^{-1}$

Trumli pöörlemissagedus $n_T = 46,18 \text{ min}^{-1}$

Ülekandearv

$$u = \frac{n_M}{n_T} = \frac{46,18}{46,18} = 1$$

Vedava kettiratta maksimaalne pöördemoment

$$T_K = \frac{T}{u * \eta_1 * \eta_2} = \frac{0,83}{1 * 0,9 * 0,9} = 1,03 \text{ Nm}$$

Hammaste arv $z_1 = 30$

Veetava kettiratta hammaste arv

$$z_2 = z_1 * u = 30 * 1 = 30$$

Koormustegur

$$K = k_d k_a k_n k_r k_m,$$

kus k_d – dünaamikategur ($k_d = 1$ – rahulik koormus, $k_d = 1,25 \dots 1,5$ – vahelduv või tõukeline),
 k_a – telgede vahe mõju arvestav tegur ($k_a = 1$ kui telgede vahe $a = 30t \dots 50t$, $k_a = 1,25$ kui $a \leq 25t$, t – keti samm; suurendades telgede vahe $20t$ võrra vähendatakse tegurit k_a 0,1 võrra), k_n – keti kaldenurka arvestav tegur ($k_n = 1$ kui ülekanne kaldenurk horisontaalpinna suhtes $\gamma \leq 60^\circ$; $k_n = 1,25$ kui $\gamma > 60^\circ$), k_r – keti pingutusreguleerimist arvestav tegur ($k_r = 1$ – automaatsel reguleerimisel, $k_r = 1,25$ – perioodilisel reguleerimisel), k_m – määrimist arvestav tegur ($k_m = 0,8$ – pidev määrimine õlivannis või pumba abil, $k_m = 1$ – regulaarne tilkmäärimine või määrimine konsistentse määrdeainega, $k_m = 1,3 \dots 1,5$ – ebaregulaarne määrimine).

$$K = 1,25 * 1 * 1,25 * 1,25 * 1,3 = 2,539$$

Ühearealise rullketi samm

$$t \geq 2,8 * \sqrt[3]{\frac{K * T_K}{z_1 * p}}$$

Kus p – keskmine erisurve

Esimeses lähtudes valime p = 16 Mpa

Kuna z ≠ 17 ,siis

$$p = 16 * k_z = 16 * [1 + 0,01 * (23 - 17)] = 16,1 \text{ MPa}$$

Siis

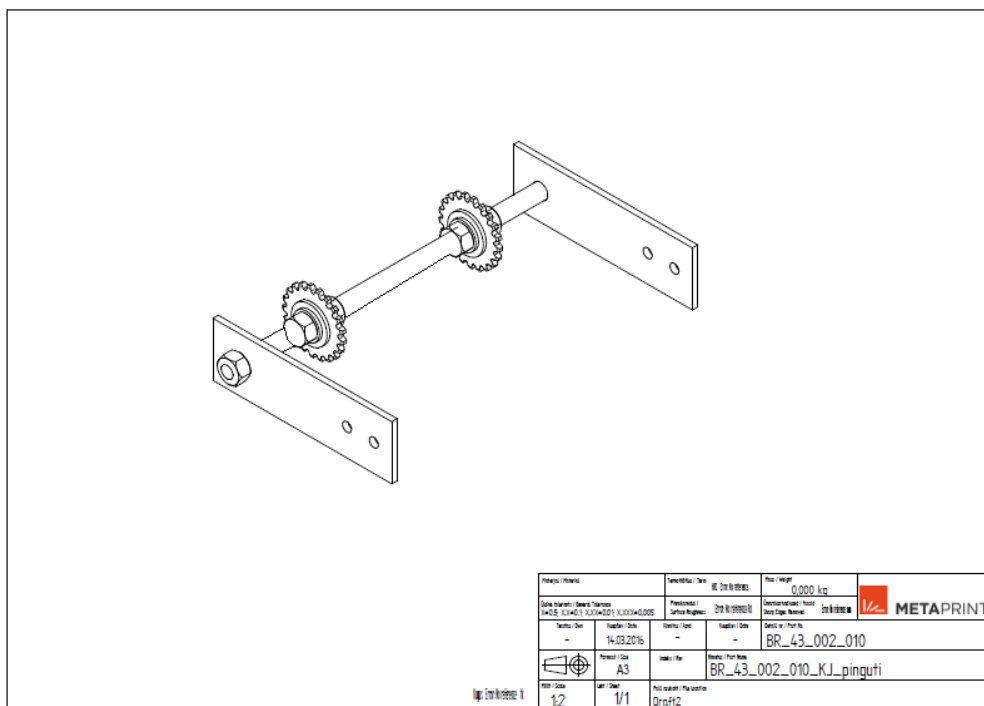
$$t \geq 2,8 * \sqrt[3]{\frac{2,5 * 1,03}{30 * 16,1 * 10^6}} = 0,00489 \text{ m} = 4,89 \text{ mm}$$

Arvutuste järgi saaks valida väiksemate mõõtmetega keti kui 06-B1, kuid arvesse võttes, et magnetid peavad olema kinnitatud keti külge, taandub valik 06-B1 keti peale. Antud keti tüüp on väikseima gabariitidega ostutoode, mis on varustatud nagadega, kuhu peale saab kinnitada magneti alused.

4.1 Ketipinguti

Kettkonveiri puhul on oluline osa ketipingutil, siis tähtis oli ka sellele rõhku pöörata projekteerimisel. Loomulikult on võimalik osta spetsiaalseid ketipinguteid, kuid antud lahendus ei ole kõige ratsionaalsem. Ketipinguti kui ostutoote jaoks oleks olnud vaja projekteerida juurde eraldi konstruktsioon, kuhu kinnitada pinguti. Seepärast leiti keti pingutuseks lihtsam lahendus.

Kuna projekteeritud ajami alusraam on alumiiniumprofiilist, saab sinna suurepäraselt kinnitada mitmeid detaile ja esemeid. Projekteeritud ketipinguti koosneb kahest plaadist, millele kinnitub M16 keermelatt. Lati külge on M16 mutritega fikseeritud laagriga hammasrattad (Joonis 5). Plaadid on kinnitatud alumiiniumprofiili külge nii, et neid saab vastavalt vajadusele reguleerida, lastes ketti lõdvemaks või vastupidi, ketti pingutada.



Joonis 5. Pinguti tööjoonis

5. Liistu arvutus

SEW Eurodrive [9] toodetest välja valitud mootori admetest saab teada, et reduktorisse sobib 20 mm võll. Võllile tuleb teha liistude jaoks sisselõiked, mille abil kinnitatakse võll reduktori külge ning vedavad hammasrattad omakorda võlli külge. Valimaks sobivas suuruses liistud ning liistu sisselõiked, kasutakse aines „Masinaelemendid I“ materjale [13].

Vastavalt DIN 6885 standardile kui võlli läbimõõt $d_1 = 20$ mm siis,

$$w = 6 \text{ mm}$$

$$h = 6 \text{ mm}$$

$$t_1 = 3,5 \text{ mm}$$

$$t_2 = 2,8 \text{ mm}$$

$$l = 14 - 70 \text{ mm}$$

Võllile mõjuv pöördemoment $M = 19$ Nm. Võlli ja rummu ühenduspikkus on $l_v = 32$ mm. Liistliite arvutamisel kasutan varutegurit $[s] = 3$.

Liistu pikkus $l \approx l_v - (5 \dots 8) = 32 - (5 \dots 8) = 27 \dots 24$ mm. Valiti 25 mm eelisarvude tabelist [Lisa 1].

Liistu tööpikkus $l_t = l - w = 25 - 6 = 19$ mm, see on ümarate otstega liistu pikkus, mida kasutatakse tugevusarvutuses muljumisele.

Muljumispinge arvutamisel arvestakse, et rummu materjal on teras C45 ($\sigma_y = R_{eH} = 305$ MPa). Lubatav muljumispinge terasrummu ja rahuliku koormuse juures $[\sigma]_c = \frac{\sigma_y}{3} = 102$ MPa.

$$\begin{aligned} [\sigma]_c &= \frac{2 * M}{d_1 * (h - t_1) * (1 - w)} = \frac{2 * 19}{0,02 * (0,006 - 0,0035) * (0,0025 - 0,006)} = \\ &= \frac{38}{0,02 * 0,0025 * 0,019} = 40 \text{ MPa} < 102 \text{ MPa} . \end{aligned}$$

6. Konveiersüsteemi komplekteerimine

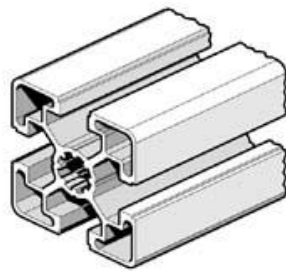
6.1 Renn

Konveieri üks peamisi osi on renn, mis valmistatakse roostevaba terasest. Renn peab olema kindlasti antimagnetilisest materjalist, kuna muud moodi ei oleks võimalik püsimagneteid terasjäätmete transportimiseks kasutada. Valides roostevaba terase asemel renni materjaliks mõne muu mittemagnetiseeruva materjali näiteks plasti, tekiks renni kiire kulumise probleemid. Nimelt, kuna transportitavaks materjaliks on terasest teravad stantsimisjäänused, kulutaksid nad renni pinna küllaltki kiiresti ära, mistõttu renni kasutusiga jääb lühiajaliseks.

Tagamaks olukorra, kus terasest detailid saaksid liikuda rennil võimalikult vabalt ilma takistusteta, peab rennil olema võimalikult vähe ühenduskohti. Sellest tulenevalt tuleb renni koostisosad pikisuunas teha võimalikult pikad. Renni tahuline kuju saavutatakse materjali painutamise teel. Painutamisega antakse rennile sobiv kuju ilma, et peaks renni detaile täiendavalt omavahel siduma. Renni pikidetailid seotakse omavahel TIG – keevitusega.

6.2 Konveieri raam

Konveieri raam valmistatakse 45 x 45 alumiinium profiilist (Joonis 6) [14].



Joonis 6. Alumiiniumprofiil

Valitud profiili eelisteks on :

- 1) Materjali kergus
- 2) Suurepärased võimlused kinnitada selle külge erinevaid detaile

3) Lihtne omavaheline sidusus

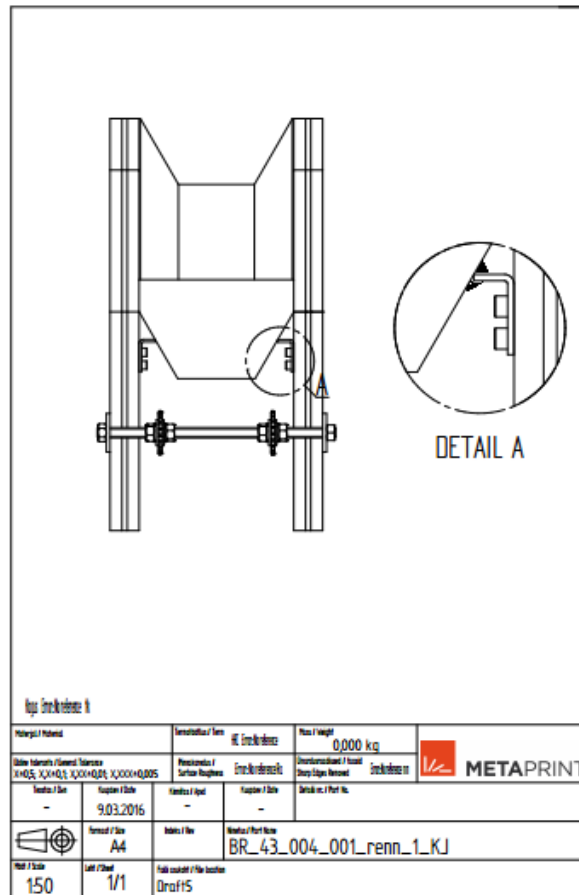
Raami külge kinnituvad kõik konveieri detailid. Terasplaadi abil kinnituvad raami külge mootor, pukklaagerid ning hammasrattad. Keti pingutusüsteem ning keti siinid kinnituvad otse raamile poltliitega. Samuti kinnituvad otse raami külge konveieri kaitsekatted.

Esimese konveieri raam kinnitub põrandapinnale. Profiili otsa kinnitatakse reguleeritavad jalad selleks, et stabiliseerida konveierit ja vältida põrandapinna ebatasasusest tulenevaid probleeme.

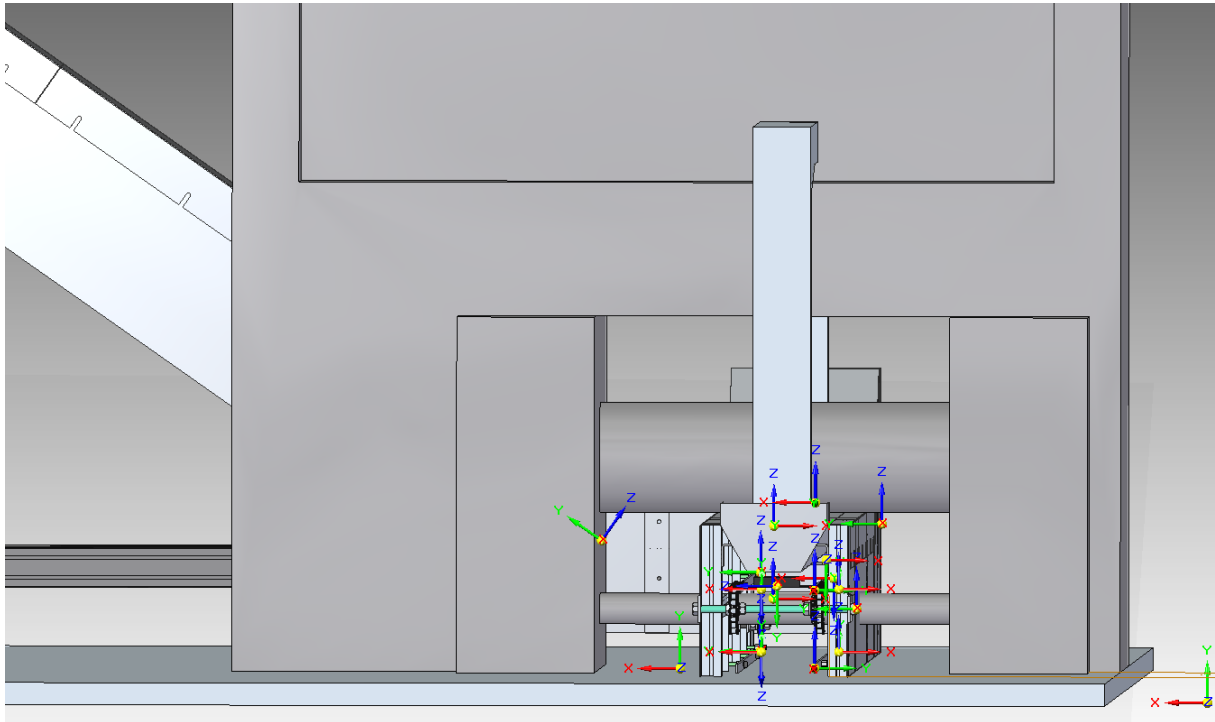
Teise konveieri puhul on nõutav, et seda saaks võimalikult lihtsalt paigalt nihutada. Stantsijäänused kogutakse kõik ühte kogumiskonteinerisse, mida on vaja aeg-ajalt tühjendada. Tühjendamiseks kasutakse tõstukit ning, et tõstuk pääseks ilma probleemideta konteinerile ligi ning tõstmisel ei jääks konveier tühjendamisprotsessile ette, paigaldatakse teise konveieri raami alla rattad. Nii saab vajadusel konveierit nihutada, et lihtsustada tõstukijuhi tööd.

6.3 Renni kinnitus

Renn, mille sees hakkavad liikuma stantsi jäänused kinnitakse alumiinium-profiilist raami külge. Vältimaks olukorda, kus saab kahjustada renni sisepind, tuleb kõik kinnitused teha renni välisküljele. Igasugused avad kinnituste jaoks suurendaksid terastükkide puntrumise tõenäosust. Renni saab fikseerida vinklite abil. Vinkli ühele tahule löigatakse avad ning poltliite abil kinnitub vinkel raami külge. Teine vinkli ots keevitatakse renni külge, kasutades TIG – keevitust (Joonis 7). Nii jääb renni sisepind tasaseks ning välditakse metalljäänuste liikumist takistavaid osi.



Joonis 7. Renni kinnitus



Joonis 9. Konveieri paigutus stantsi all

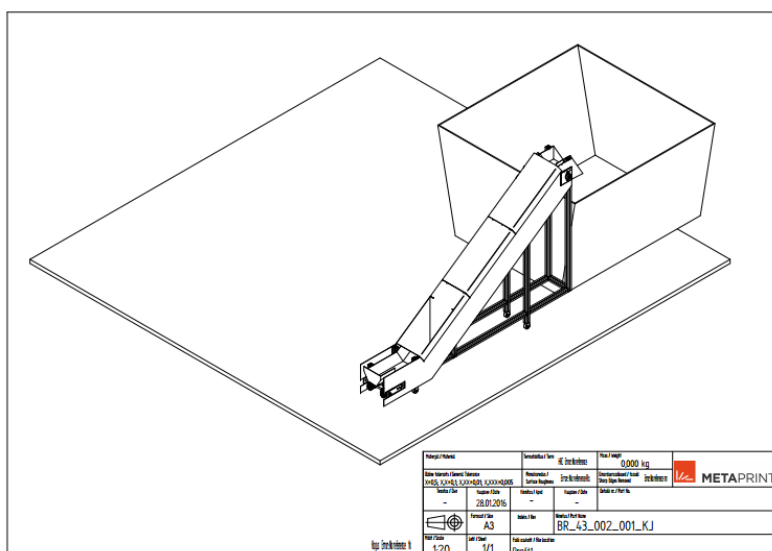
Stantsi kõrvalt tulevad välja kaks eraldi nelikanttoru, mille kaudu suunatakse konveierile metallijäätmed. Kolmas jäätmete väljatulek konveierile asub stantsi ava all.

Peale stantsi alt läbimist säilitab konveier oma madalat olekut veel ca 1m. Nii on tagatud olukord, kus konveieri kõrval saavad liini operaatorid ja mehhaanikud vastavalt vajadusele teha remonditöid või seadistada stantsi.

Esimese konveieri sirge osa lõpeb konveieri tõusu osaga. Tõus on projekteeritud selleks, et oleks võimalik puistata esimese konveieri renni peal olevad metalljäänused teise renni peale nii, et teise renni alla mahuks ära ka kett koos hammasratastega.

7.2 Teine konveier

Teise konveieri ülesandeks on esimeselt konveierilt puistatud metallijätmete transportimine kontainerisse. Kontaineri enda kõrguseks on 1,3 m. Teise konveieri algosa on projekteeritud samuti alul väikeses pikkuses maaga paralleelselt ning seejärel hakkab tõusma. Horisontaal osa on mõeldud selleks, et esimese renni pealt kukuvad metallijätmed, kukkudes teise renni peale, ei moodustaks suuri puntraid ning magnetid saavad neid hakata korralikult edasi vedada. Peale vertikaalset renni osa hakkab profiil omama 35 kraadist tõusu. Renni kalle ei tohi olla liiga suur, sest renni suure kalde korral võib raskusjõud koos hõõrdejõuga ületada magnetjõu ja metalltükid hakkavad mööda renni alla libisema. Samas, mida suurem on kalle seda lühemaks läheb teise konveieri kogupikkus. Seega lugedes mitmeid artikleid ja arvestades valitud magnetite parameetritega, otsustati, et renni profiili kaldeks tuleb 35 kraadi (Joonis 10).



Joonis 10. Konveier 2

8. Ohutus

Tegemist on tavalise tehases töötava konveiersüsteemiga ja kuna selle vahetus läheduses töötavad igapäevaselt nii liinioperaatorid kui koristajad, siis peab olema tagatud konveieri juures töötava personali tööohutus. Konveieri vahetus läheduses töötavad igapäevaselt nii liinioperaatorid kui ka koristajad.

Kogu konveiersüsteem on konstrueeritud 45x45 alumiiniumprofiilist. Katmaks kinni kõik konveiersüsteemiga seonduvad liikuvad osad, on konveieri terves pikkuses alumiiniumprofiili väliskülgedele kinnitatud plekist valmistatud kaitsekilbid.

Konveieri renn on kaetud pealt terasestplekiga, et vältida metalljäätmete väljapõrkumist rennist ning töökeskkonna reostumist.

Elektrilise poole pealt on ohutus tagatud kahte moodi. Esiteks on konveiril „Stop“ nupp. Nupp on mõeldud hädaolukorra juhtudeks. Vajutades „Stop“ nuppu katkeb konveieri mootorite elektritoide ning mõlemad konveierid jäävad seisma. Teiseks, kuna konveieri mootorite elektritoide on seotud ka stantsi enda tööga siis stantsi seiskumise korral peatuvad ka konveierid.

9. Kokkuvõte

Minu lõputöö teema oli saadud ettevõttes AS Metaprint ja suunatud stantsimisjäätmete transportimise tehnoloogilise protsessi täiustamisele. Ettevõttes on käsil uue liini ehitus ning seoses uue stantsi soetamisega oli vaja uut konveierit, mis transpordiks stantsijäänuseid kogumiskonteinerisse.

Olemasoleval stantsimisliinil paiknev konveiersüsteem ei rahuldanud tööandjat. Olemasoleva süsteemi puhul on konveieri ümbrus pidevalt täis stantsimisjäänuseid, mida koristatakse käsitsi. Konveierlindi enda peale tekkisid terastükkide puntrad ja väikesed metalliosakesed jäid pidevalt konveierkonstruktsiooni taha kinni.

Nende probleemide vältimiseks sai projekteeritud konveiersüsteem, mis rahuldaks nii tööandjat kui lihtsustaks ka tehase töötajate igapäevast tööd.

Oma töö esimesel etapil uurisin pakutavate konveiersüsteemide põhimõttelisi lahendusi. Neid analüüsid jõudsin järelduseni, et kõige optimaalsem oleks luua kettkonveier, mille vahele on kinnitatud püsिमagnetid. Seejärel tuli hakata mõtlema konveieri paigutuse, konstruktsioonelementide gabariitide ja teiste tehniliste lahenduste peale.

Teise etapina, kui olin endale selgeks teinud, kus hakkab paiknema konveier ning kus ta lõppeb, tuli välja valida sobilikud seadmed ning varuosad. Alustasin mootori valikuga, mille valisin välja SEW Eurodrive-si toodete hulgast. Sellest lähtuvalt sai teha järgnevad keti ning hammasratase valikud. Antud varuosad sai valitud Mädleri toodete hulgast.

Kolmandan etapina tuli mõelda sellele kuidas ühildada omavahel konveieri komponendid. Selleks valisin välja põhimõtte, et raam kuhu kinnituvad kõik ülejäänud elemendid valmistatakse alumiiniumprofiilist. Kuna tulevikus võib tehase liinile juurde lisanduda veel üks stants, kuhu on samuti vaja terasejääkide transportimiseks vajaminevat konveierit siis väljavalitud profiiliga saab edukalt süsteemi pikendada.

Neljanda etapina tuli väljamõeldud disain üles joonistada kasutades projekteerimise tarkvara Solid Edge ST6 versiooni. Antud programmiga sai valmis joonistatud tellitavad detailid. Ostutooteid sai üksikute koostiselementide projekteerimiseks enamjaolt alla tõmmata tootetarnijate kodulehekülgedelt. CAD modelleerimise viimaseks etapiks sai koostusjooniste ning tööjooniste loomine.

Tulevikus, kui tekib vajadus projekteeritud konveiersüsteemi täiendavalt automatiseerida, võib transportööride veomootorite kiiruse reguleerimiseks sagedusmuundurit. Selleks sai välja aretatud ka vastav programm, millega antud süsteemi juhtida. Programm on kirjutatud C++ keeles.

Pakutud konveiersüsteemi lahendus peaks töösse juurutatama 2016 aasta juunis, kusjuures enamuse detaile on juba tellitud. Detailide saabumisel tuleb need tööjooniste põhjal kokku panna.

Tulevikus planeeritakse uuendada tehases kõik vanad teras detaile transportivad konveiersüsteemid, kohtades kus esineb töökeskkonna reostust tänu mittetäiuslikele konveiersüsteemidele ja asendada need magnetkonveieritega.

10. Summary

This topic was given by a problem occurrence in a company named AS Metaprint. At the moment there is a new industry line in development and in the near future there will be an additional stamping press. Therefore a new conveyor for stamping scrap had to be delivered.

The present conveyor line for the stamping press is not satisfying the employer because it causes a lot of pollution in the working environment. The metal scrap is all over the ground, which must be cleaned up by operators every day. The second problem is that the metal scrap details are forming bundles, which as a result are getting stuck between the lines.

According to these problems, a new conveyor system was developed, which would satisfy the employer and make workers' life easier.

To begin with, it all started with a research of the existing conveyor systems. After analysing possible solutions the most preferable choice was to make the chain conveyor. Permanent magnets will be attached between the chains. The magnetic field that the permanent magnets produce is used to move the metal scrap. After that the planning of positioning and conveyor parameters began.

Next step was to make clear where the conveyor will be placed in the room and how much space it needs. After that it was time to select the suitable equipment and spare parts. The first touchpoint was to make sure which is the most suitable motor for the conveyor. The motor was chosen from the SEW Eurodrive catalogue. From that point it was possible to choose suitable chain and ratchets. The previous spare parts were chosen from Mädler catalogue.

Third phase of the conveyor planning was to make clear how to link the components of the conveyor system. The problem was solved by selecting the aluminium profile for the system frame. It may happen, that in the future there will be an extra stamping press, where there is also a conveyor needed and with that profile the system can be easily extended.

Further on the whole idea must be drawn up using the Solid Edge designing software. Using that program the details, that must have been manufactured, were drawn. The details which could be bought had already an option to download their CAD model which I could use in the project. The final stage of designing was to make an assembly drawing and manufacturing drawings.

In the future, where the automatisisation of the conveyor is needed the converters may be installed additionally. It all will be controlled with a microcontroller, which will be programmed using C++.

This conveyor system should be installed and ready for work by the June 2016. The majority of parts are already ordered. As soon as the components arrive, they must be put together using the manufacturing drawings.

For future perspectives, company has already made agreements to replace all the conveyors which transport the metal details for the magnetic conveyors.

11. Jooniste nimekiri

Joonis 1. Liini asendiplaan	7
Joonis 2. Konveieri paigutus ruumis	8
Joonis 3. Conti - Sicon konveieri tööpõhimõte	10
Joonis 4. Elektriskeem.....	19
Joonis 5. Pinguti tööjoonis	23
Joonis 6. Alumiiniumprofiil	25
Joonis 7. Renni kinnitus	27
Joonis 8. Konveier 1	28
Joonis 9. Konveieri paigutus stantsi all	29
Joonis 10. Konveier 2.....	30

Kasutatud kirjandus

- [1] „Conti - Sicon konveier,“ [WWW]. Aadress: http://www.contitech.de/pages/produkte/transportbaender/cbgindustry/img/sicon_sys_01_beladung.png. [9 mai 2016].
- [2] „Magnetkonveier,“ [WWW]. Aadress: <http://www.jorgensenconveyors.com/products/materialhandling/default.aspx?id=1196>. [30 aprill 2016].
- [3] „Lint-konveier,“ [WWW]. Aadress: <https://digiscend.com/en/services/conveyor-belt/results> [23 aprill 2016].
- [4] „Magnet lintkonveier,“ [WWW]. Aadress: <http://www.misbelt.com/images/pro/Conveyor/VariousConveyors/Conveyor%20Types%20and%20Conveyor%20System.pdf>. [7 mai 2016].
- [5] „Magnet konvierid Eesits,“ [WWW]. Aadress: <http://www.paivet.ee/>. [14 mai 2016].
- [6] „Keti andmed,“ [WWW]. Aadress: <http://info.maedler.de/product/1643/1615/640/669/rollenkettens-mit-winkellaschen-k2-breite-form-6-x-p-einseitig>. [14 mai 2016].
- [7] „Konveieri telgede vahe,“ [WWW]. Aadress: http://www.mh.ttu.ee/priitp/Masinaelemendid/Loeng/13_Rihm-ja_kettulekanded_2011.pdf. [19 märts 2016].
- [8] I. Penkov, „Lintkonveieri arvutus,“ *TTÜ*, Tallinn, 2016.
- [9] „SewEurodrive,“ 2013. [WWW]. Aadress: <http://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/20152558.pdf>. [27 veebruar 2016].
- [10] „Madal sagedusfilter,“ [WWW]. Aadress: <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Low-pass-filter-calculator.php>. [14 mai 2016].
- [11] „Raspberry Pi,“ [WWW]. Aadress: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [14 mai 2016].
- [12] I. Penkov, „Kettülekanne,“ *TTÜ*, Tallinn, 2016.
- [13] A.Sivitski, „Liistliide ja hammasliide,“ *TTÜ*, Tallinn, 2016.

[14] „Alumiinium profiil,“ [WWW]. Available:
<http://www.valinonline.com/products/8981004773>. [15 mai 2016].

Lisad

Lisa 1.

Eelis arvude tabel													
3	8	10	12	14	16	20	22	25	28	32	36	40	45
50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220
250	280	320											

Tabel 3. Eelisarvude tabel

Lisa 2.

Mikrokontrolleri Raspberry Pi kood kirjutatud C++ keeles :

```
#include "mbed.h" //koodi alustamine
```

```
AnalogIn potentsiomeeter(PTB0);
```

```
AnalogOut signaal(PTE30);
```

```
//binaarsed väärtused ekraani jaoks
```

```
DigitalOut bit1(PTC4); //kõige olulisem
```

```
DigitalOut bit2(PTE31);
```

```
DigitalOut bit3(PTD6); //kõige vähem olulisem
```

```
int arv=0;
```

```
void display(int arv){ // ekraanil kuvavad väärtused
```

```
    if (arv == 1) {
```

```
        bit1 = 0;
```

```

    bit2 = 0;
    bit3 = 1;
}else if(arv == 2) {
    bit1 = 0;
    bit2 = 1;
    bit3 = 0;
}else if(arv == 3) {
    bit1 = 0;
    bit2 = 1;
    bit3 = 1;
}else if(arv == 4) {
    bit1 = 1;
    bit2 = 0;
    bit3 = 0;
}else {
    bit1 = 1;
    bit2 = 0;
    bit3 = 1;
}
}
int main(){
    signaal=1;
    while(1) {
        if(potentsiomeeter<=0.2){
            signaal=0.6;
            arv=1;
        }else if(potentsiomeeter<=0.4 and potentsiomeeter>0.2){

```



```
    signaal=0.7;
    arv=2;
}else if(potensiometer<=0.6 and potensiometer>0.4){
    signaal=0.8;
    arv=3;
}else if(potensiometer<=0.8 and potensiometer>0.6){
    signaal=0.9;
    arv=4;
}else{
    signaal=1;
    arv=5;
}
display(arv);
wait(0.1);
}
}
```