

Iiro Palin

KULJETINJÄRJESTELMÄN TUOTEKEHITYSPROSESSI

KULJETINJÄRJESTELMÄN TUOTEKEHITYSPROSESSI

liro Palin
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Iiro Palin

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kuljetinjärjestelmän tuotekehitysprosessi

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Product Development Of Conveyor System

Työn ohjaaja: Jari Viitala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 39 + 2 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin oululaiselle Head Recycle Systemsille. Työssä vertailtiin erilaisia kuljetinvaihtoehtoja murskatulle muoveille ja toteutettiin niistä parhain proof-of-concept-tasolle. Tavoitteena oli luoda kuljetinjärjestelmä, joka lajittelee muovilaadut erilleen ja kuljettaa ne omiin säilöntäpaikkoihinsa.

Suunnittelutyön rajaus tehtiin aloituspalaverissa, jossa määritettiin suunnittelutyön tavoitteet. Tavoitteeksi asetettiin kuljetinjärjestelmän kehittäminen konseptitasolle. Konseptivaiheeseen kuuluivat lajitteluasema, poistoyksikkö ja itse kuljetin. Aloituspalaverissa työ rajattiin konseptitasolle, johon kuuluivat kuljetinjärjestelmän 3D-mallit ja toimintaperiaate. Esisuunnitteluvaiheessa arvioitiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja kuljettimelle ja lajittelulle sekä niiden toteuttamista käytännössä. Tässä vaiheessa päätoiminto jaettiin eri osatoimintoihin, joista valittiin parhaat vaihtoehdot. Osatoimintoja olivat lajittelu ja kuljettimen tyyppi.

Konseptisuunnittelun aikana kuljettimesta luotiin ensimmäinen vedos, joka sisälsi kuljettimen lisäksi lajitteluaseman ja poistoyksiköt. Näiden pohjalta aloitettiin luomaan yksityiskohtaista mallia kuljettimesta ja sen osista. Suunnittelutyökaluna käytettiin SolidWorksia. Työssä laskettiin ja mitoitettiin kuljettimen sähkömoottori. Työn konseptivaiheen jälkeen kuljetinjärjestelmän poistoyksikkö suunniteltiin uudelleen yksityiskohtaisemmin, jolloin sen rakennetta ja nivelmekanismia suunniteltiin kestävämmäksi ja toimivammaksi kuin konseptitason poistoyksikkö.

Työn tuloksena saatiin konseptitason suunnitelma kuljetinjärjestelmästä sekä sen toimintaperiaatteesta. Poistoyksiköstä toteutettiin yksityiskohtaiset suunnitelmat, jotka sisälsivät 3D-mallit sekä työpiirustukset.

Asiasanat: tuotekehitys, kuljetin, mekaniikkasuunnittelu, nivelmekanismi

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical engineering, mechatronics

Author: Iiro Palin

Title of thesis: Product Development Of Conveyor System

Supervisor: Jari Viitala

Term and year when the thesis was submitted: spring 2019

Pages: 39 + 2 appendices

The thesis was made for Head Recycle Systems in Oulu. In this thesis different conveyor alternatives were compared for crushed plastics and implemented the best proof-of-concept level. The aim was to create a conveyor system that sorts the plastic qualities apart and transports them to their own storage units.

The delineation of the design work was done at the start meeting where the goals of the design work were determined. The aim was to develop the conveyor system to the concept level. The concept stage included a sorting station, an exit unit and the conveyor itself. Work was delimited at the start-up meeting, after which the pre-planning phase was started. At the pre-planning stage, various solutions for the conveyor and the sorting and its implementation were evaluated. At this point the main function was divided into different sub-functions from which the best options were selected. The sub-functions were sorting and conveyor type.

During the conceptual design the first draft was created from the conveyor, which contained, in addition to the conveyor, a sorting station and removal units. Based on these, a detailed model of the conveyor and its components was started. SolidWorks was used as a design tool. The necessary forces and moments were calculated for the conveyor on the basis of which the initial component selections were made. After the concept phase of the work, the conveyor system removal unit was re-designed in more detail where its structure and joint mechanism were designed to be more durable and functional.

The work resulted in a conceptual plan for the conveyor system and its operating principle. Detailed plans were implemented from a depletion unit containing 3D models and work drawings.

Keywords: product development, conveyor, mechanical design, mechanical linkage

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajaa mahdollisuudesta opinnäytetyön tekoon sekä Head Recycle Systemsin toimitusjohtaja Johnny Pehkosta avusta työn teossa. Lisäksi haluan kiittää ohjaavaa opettajaa Jari Viitalaa avustamisesta ja ohjaamisesta työn aikana. Myös ystäväni ja etenkin avopuolisoni ansaitsevat kiitoksen tuesta opintojen ja tämän työn tekemisen aikana.

Oulussa 24.5.2019

Iiro Palin

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Head Recycle Systems	9
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus	9
2 TUOTEKEHITYSPROSESSI	10
2.1 Tuoteohjelman suunnittelu	10
2.2 Esisuunnittelu	11
2.2.1 Konseptisuunnittelu	11
2.2.2 Systeemis suunnittelu	13
2.3 Detaljisuunnittelu	13
2.4 Prototyyppi	15
3 KULJETINTEKNIikka	16
3.1 Kuljettimen historia	16
3.2 Kuljetintyyppit	16
3.2.1 Hihnaku ljetin	16
3.2.2 Elevaattori	17
3.2.3 Ruuviku ljetin	19
3.2.4 Kolaku ljetin	20
4 ESISUUNNITTELU	22
4.1 Osatoimintoihin jako	22
4.2 Ideointi	23
4.3 Kuljettimen valinta	24
4.4 Voimansiirto ja ohjaus	25
5 KONSEPTISUUNNITTELU	27
5.1 Lajitteluasema	27
5.2 Syöttökouru	28
5.3 Poistoyksiköt	29

5.4 Kuljetin	29
5.5 Sähkömoottorin mitoituslaskenta	30
6 KULJETINJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE	32
7 POISTOYKSIKÖN YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU	34
7.1 Nivelmekanismi	35
7.2 Kokoonpano ja komponenttivalinnat	36
8 POHDINTA	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	
Liite 1 Mitoituslaskut	
Liite 2 Toiminnan prosessikaavio	

SANASTO

CAD = computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu

FEM = finite element method, elementtimenetelmä

kN = kilonewton

kW = kilowatti

mm = millimetri

Nm = newtonmetri

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty tilauksena Oulussa toimivalle Head Recycle Systems Oy:lle. Opinnäytetyössä suunnitellaan toimiva kuljetinjärjestelmä konseptitasolle eri materiaaleille, pääasiassa muoville ja sen eri lajeille. Kuljetinjärjestelmä toimii ulkotiloissa, missä se kuljettaa ja lajittelee muovit eri poistoyksiköihin. Kuljetinjärjestelmä lajittelee myös eri muovilaadut.

1.1 Head Recycle Systems

Head Recycle Systems on Johnny Pehkosen sekä Veikko Lesosen vuonna 2018 perustama oululainen muovin kierrätykseen erikoistunut yritys. Yrityksen tavoitteena on rakentaa ja kehittää laitteistoja, jotka tunnistavat ja lajittelevat eri muovilaadut. Laitteet sijoitetaan jäteastioiden suille. Aluksi yrityksen tavoitteena on kehittää laitteistoja ja sen jälkeen kokonaisia muovin kierrätystehtaita. Yrityksellä on tavoitteena kehittää myös ratkaisuja taloyhtiöiden muovin kierrätykseen. (1.)

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Päätavoitteena suunnittelutyölle on luoda ja kehittää kuljetinjärjestelmän konseptisuunnitelma, jolla muovijätteen kuljettaminen eri poistoyksiköille sujuisi vaivattomasti ja mahdollisimman taloudellisesti. Kuljetinjärjestelmän toiminnot jaetaan osatoimintoihin, joihin etsitään sopivimmat ratkaisut. Osatoiminnoista valitaan parhaat ja toteutettavimmat ideat, joista rakennetaan päätoiminto. Kokonaisuudessaan tähän työhön kuuluvat kuljetinjärjestelmän konseptisuunnitelma ja sen toimintaperiaate.

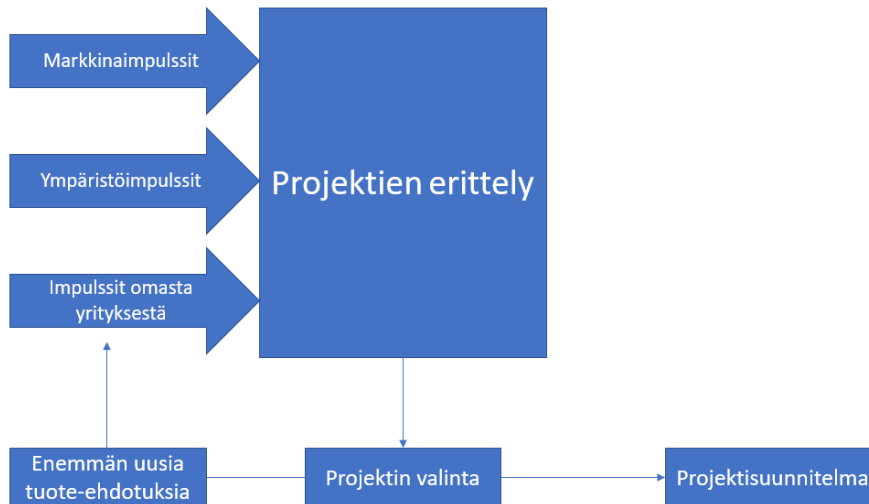
2 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitysprosessilla tarkoitetaan pääasiallisesti tapahtumien ketjua, jonka tarkoituksena on luoda uusi tuote markkinoille (2, s. 7). Tuotekehitys on lähes aina asiakaslähteistä. Onnistuneen tuotekehitysprosessin avaintekijöinä voidaan pitää laatua, tuotantokustannuksia, tuotekehitysaikaa, tuotekehityskustannukset ja tuotekehityksen kyvykkyyttä. Tuotekehitysprosessi voidaan karkeasti jakaa viiteen eri vaiheeseen: tuoteohjelman suunnitteluun, esisuunnitteluun, detaljisuunnitteluun ja prototyypin valmistukseen ja sen testaukseen. (3.) Tässä opinnäytetyössä tuotekehitysprosessin eri vaiheissa on käytetty apuna tuotekehityksen erilaisia työkaluja, kuten taulukoita ja arviointimalleja.

2.1 Tuoteohjelman suunnittelu

Tuotekehitysprosessin ensimmäinen vaihe on tuoteohjelman suunnittelu, jolloin kehityksen tarve tunnistetaan ja aloitetaan kehitystyö. Kehitystyön tarve syntyy yleensä jonkinlaisesta impulssista. Tuotekehityksen tarve voi aiheutua joko markkina- tai ympäristöimpulsseista. Markkinaimpulsseja syntyy, kun huomataan oman tuotteen vanheneminen tai sen jälkeen jääminen kilpailevista tuotteista. Ympäristöimpulssit voivat aiheutua poliittisista päätöksistä tai korvaavien tuotteiden tulosta markkinoille. Impulssi voi tulla omasta organisaatiosta, jossa tarve kehitykseen on tunnistettu. (3.)

Tuoteohjelman suunnittelussa projektille määrätään reunaehdot ja tavoitteet, jotka määrittävä ja rajaavat projektin. Reunaehdot ja tavoitteet kirjataan projektisuunnitelmaan. Selkeät reunaehdot ja tavoitteet helpottavat projektin suunnittelua ja sen toteutusta. (4, s. 47.) Kuvassa 1 on esitetty tuotekehitysprojektin syntymiseen vaikuttavat tekijät.



KUVA 1. Tuoteohjelman suunnittelun vaiheet (3)

2.2 Esisuunnittelu

Esisuunnitteluvaihe voidaan jakaa kahteen osaan: konseptisuunnitteluun ja systeemisuunnitteluun, joissa tutkitaan mahdollisten asiakkaiden tarpeita. Asiakkaiden tarpeita tutkitaan haastatteluilla, joiden perusteella tuoteideointi voidaan aloittaa. Markkinoiden ja kilpailijoiden arviointi tehdään esisuunnittelun aikana. (4, s. 47.)

2.2.1 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelussa aloitetaan selvittämään asiakkaan tarpeita. Konseptisuunnittelun aikana on tavoitteena saada aikaan tarvelauseita. Tarvelauseet saadaan yleensä haastatteleamalla asiakasta. (4, s. 47.) Konseptisuunnittelun aikana arvioidaan kilpailijoiden kyvyt. Tarvelauseiden ja kilpailijoiden kykyjen arvioimisen jälkeen voidaan aloittaa vaatimuslistan ja tuotespesifikaation työstäminen. (4, s. 65.)

2.2.1.1 Vaatimuslista

Kun tiedetään asiakkaan tarpeet, voidaan aloittaa vaatimuslistan määrittelemineen. Vaatimuslista sisältää nimensä mukaan toiminnan vaatimukset tuotteelle. Vaatimukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kiinteät vaatimukset, vähimmäisvaatimukset ja toiveet. (3.) Taulukossa 1 on esitetty esimerkki vaatimuslistasta.

TAULUKKO 1. Projektin vaatimuslista

Tuotteen vaatimuslista		Versio	0.01	
KV, VV, T	Vaatusimus	Pvm.	Huom.	
	1. Geometria			<ul style="list-style-type: none"> • Kiinteät vaatimukset (KV) • Eivät muutu • Tuotteen on toteutettava kiinteät vaatimukset
KV	Iigin ja kappaleiden yhteensopivuus	29.11.2017		
KV	Neljä erimuotoista kappaletta	29.11.2017		<ul style="list-style-type: none"> • Vähimmäisvaatimukset (VV) • Tuote voi olla parempi kuin vaaditaan, mutta täyttää vähimmäisvaatimukset
	2. Voimat			<ul style="list-style-type: none"> • Toivomukset (T) • Ominaisuudet, joita toivotaan olevan tuotteessa, mutta jotka eivät välttämättä toteudu
KV	Iigin pitää olla tukevo, jotta mittaus on tarkka	29.11.2017		
KV	Pystyttävä nostamaan kappaleet ilman putoamisvaaraa	29.11.2017		
	3. Energia			
KV	Paineilma ja sähkö	29.11.2017		
	4. Aine/Materiaalit			
KV	Alumiini	29.11.2017		
KV	Teräs	29.11.2017		
	5. Turvallisuus			
VV	Työskentely mittakoneella turvallista	29.11.2017		
KV	Koneidrektiivin vaatimukset	29.11.2017		
	6. Ergonomia			
VV	Paletit ja jigit helppokäyttöisiä	29.11.2017		
	7. Valmistus			
VV	Mahdollisimman paljon standardiosia	29.11.2017		
	8. Asennus			
VV	Robotin oltava siirrettävä	29.11.2017		
	9. Käyttö			
KV	Mitattavien kappaleiden automaattinen siirto	29.11.2017		
T	Sarjanumeron lukeminen	29.11.2017		
	10. Kunnossapito			
VV	Mahdollisimman vähäinen huollon tarve	29.11.2017		
	11. Kustannukset			
VV	Mahdollisimman alhaiset	29.11.2017		
	12. Määräajat			
KV	Valmis 13.4.2018	29.11.2017		

2.2.1.2 Tekninen spesifikaatio

Vaatimuslistan pohjalta aloitetaan teknisen spesifikaation laatiminen. Tekninen spesifikaatio sisältää vaatimuslistan vaatimukset teknisinä, esimerkiksi voimia, momentteja ja mittoja. Teknisen spesifikaation tehtävänä on esittää vaatimuslistan asettamat vaatimukset numeerisina arvoina. (3.) Taulukossa 2 on esitetty esimerkki tuotespesifikaatiosta.

TAULUKKO 2. Tekninen spesifikaatio

Ominaisuus	Yksikkö	Arvo	Huom.
Robotin kyettävä nostamaan max 3,2kg	kg	3,2	
Paletit kohdistettava y-suunnassa aina samaan kohtaan	mm	815	
Paletit kohdistettava x-suunnassa aina samaan kohtaan	mm	1290	
Paletteline kohdistettava robottilineeseen			
Palettilineen kestävä kappaleiden painot	kg	115,2	
Kappaleita ei saa naarmuttaa prosessin aikana			
Mittausjigien kiinnittäminen samalla jaolla mittapöytään	mm	200	Reikäväli 200mm
Robotin linkittäminen mittakoneeseen mahdollistettava			Selvitetty
Kappaleiden pysyvä paikallaan mittauksessa ilman kiinnitystä	mN	10	Pl. Levykappale
Paletit oltava vaihdettavissa käsin			
Palettilineen maksimikorkeus	mm	645	

2.2.2 Systemisuunnittelu

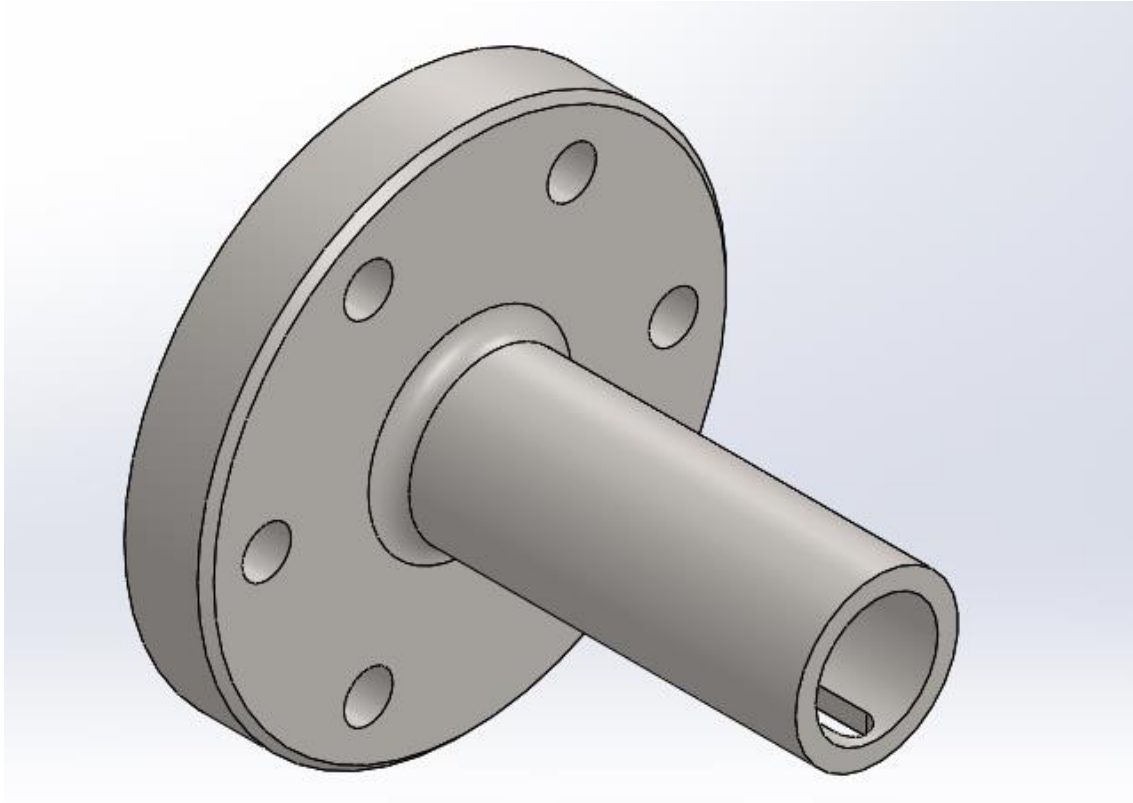
Vaatimuslistan ja tuotespesifikaation pohjalta voidaan aloittaa systemisuunnittelu. Systemisuunnittelussa mietitään, millaisista kokonaisuuksista tuote muodostuu, kuten kokoonpanot, osat ja osakokonaisuudet. Alustavasti voidaan miettiä, mitkä osat valmistetaan itse, mitkä puolestaan tilataan sopimuskumppaneilta ja mitkä ostetaan.

Systemisuunnittelun tavoitteena on saada moduloitua tuoterakenne niin, että siitä on helppo siirtyä detaljisuunnitteluun. Selkeät rajapinnat helpottavat moduulien suunnittelua. Rajapintojen avulla moduulit liittyvät toisiinsa. (4, s. 121.)

2.3 Detaljisuunnittelu

Detaljisuunnittelussa eli yksityiskohtaisessa suunnittelussa tuotteen yksityiskohtaiset muodot ja toiminnot muovautuvat. Detaljisuunnittelun aikana tuotteesta luodaan useita 3D-malleja, joiden pohjalta voidaan luoda erinäisiä ohjelmia käyttäen numeeriselle työs-

tökoneelle työstöradat. 2D-piirustuksia luodaan perinteiseen tapaan, jotta valmistusprosessi olisi mahdollisimman helppoa ja vaivatonta. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki 3D-mallista.



KUVA 2. 3D-malli

Detaljsuunnittelussa piirustukset ovat merkittävässä osassa, vaikka suunnitteluprosessi itsessään ei ole pelkkää piirustusten tekemistä. Tärkeämpää on ongelmien ratkaisu tavoitteellisen pohdinnan pohjalta. Tavoitteellisen pohdinnan aikana analysoidaan olemassa olevia ongelmia ja punnitaan eri ratkaisuvaihtoehtoja sekä arvioidaan ratkaisuvaihtoehtojen laatua.

Analyysien ja testien tekemiseen yksityiskohtaisessa suunnittelussa CAD-ohjelmat ovat keskeisessä asemassa. Kappaleiden ja kokoonpanojen staattiset, dynaamiset ja termodynaamiset analyysit ovat helpointa toteuttaa CAD-ohjelmien avulla. (4, s. 133.)

2.4 Prototyyppi

Prototyyppi rakennetaan detaljisuunnitelmien pohjalta, jotta voitaisiin testata erilaisia ra-
situstiloja. Testit tehdään yleensä mallin rakenteelle. Nykyään lähes kaikki testit voidaan
tehdä jo konseptisuunnittelun aikana, mutta järkevintä niitä on tehdä vasta detaljisuunnit-
telussa, koska silloin on tiedossa yksityiskohtaisempi malli rakenteesta. (4, s. 195.)
Vaikka testejä voidaankin ajaa virtuaalisesti ilman fyysistä mallia, on testaaminen silti fyy-
sisellä mallilla tärkeää. Esimerkiksi FEM-ohjelmistoa käyttäessä voi tapahtua virhe ele-
menttiverkkoa mallinnettaessa.

3 KULJETINTEKNIikka

Kuljetin on laite, jolla massaa tai kappaletavaraa siirretään paikasta toiseen. Yleisesti tämä tarkoittaa, että massaa tai kappaletavaraa lastataan kuljetinlinjan alussa ja puretaan kuljetinlinjalta jossakin myöhemmässä kohdassa. Kuljetin voi toimia vaaka- tai pystysuunnassa. Kuljetintyyppien valitsemiseen vaikuttaa kuljetettava materiaalin tyyppi. (5, s. 168.) Tässä opinnäytetyössä erilaisia kuljettimia vertaillaan ominaisuuksien perusteella ja valitaan käyttöön sopivin.

3.1 Kuljettimen historia

Ensimmäiset hihnakuljettimet kehitettiin 1700-luvun lopulla. Monien lähteiden mukaan ensimmäinen vedos kuljettimesta on vuodelta 1795. Ensimmäiset kuljettimet olivat käsikäyttöisiä ja niiden hihnat olivat tehty nahasta ja liukurullat puusta. Pääasiallinen tarkoitus kuljettimilla oli tuohon aikaan viljan kuljettaminen laivoihin satamissa. Höyrymoottoreilla kuljettimet motorisoitiin ensimmäistä kertaa Iso-Britannian merivoimissa vuonna 1804. Kuljetinta käytettiin keksien tekemiseen merimiehille. (6.)

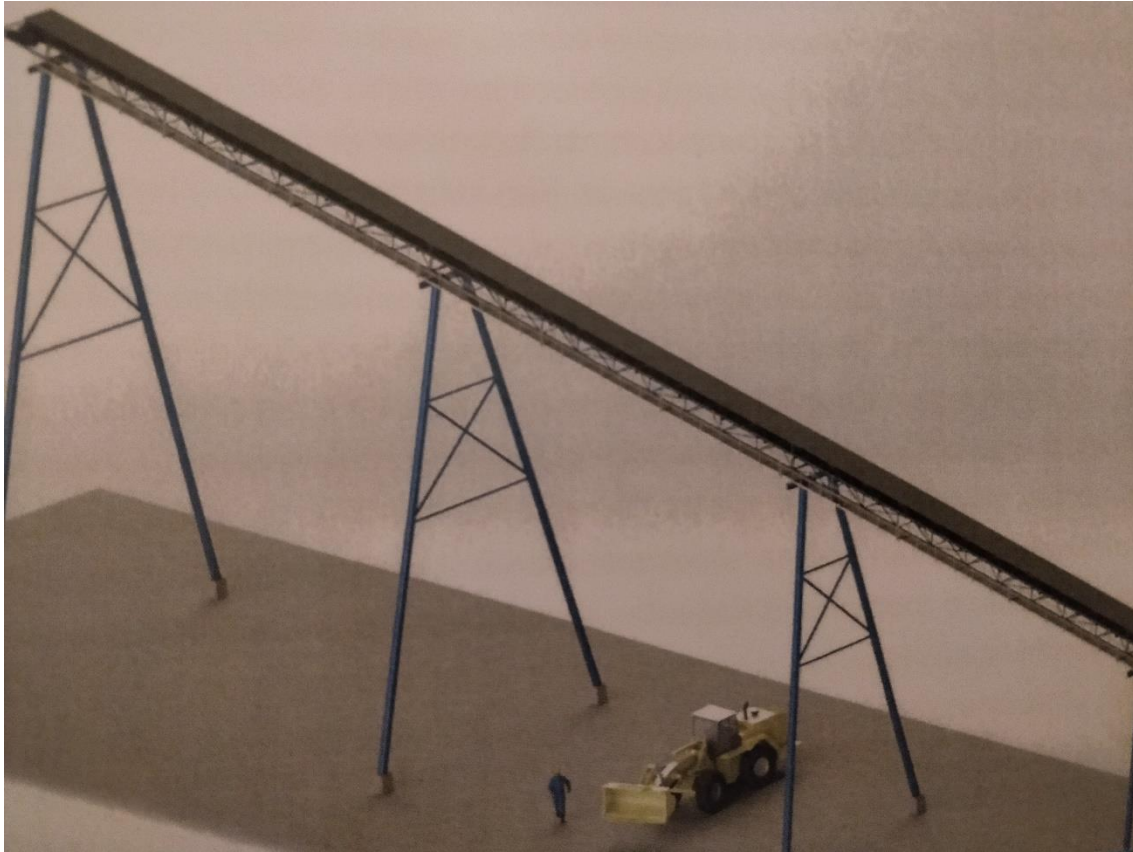
3.2 Kuljetintyyppit

Kuljettimista on nykyään monia erilaisia variaatioita ja seuraavassa läpi käydään vain yleisimmät kuljetintyyppit. Kuljetintyyppi valitaan yleensä kuljetettavan materiaalin, kuljetettavan matkan tai sen käyttöympäristöön soveltuvuuden perusteella.

3.2.1 Hihnakuljetin

Kaikista kuljettimista yleisin on hihnakuljetin. Hihnakuljettimilla yleisesti kuljetetaan bulk-materiaaleja, esimerkiksi murskettua tai jauhetta. Nykyään sen käyttö on yleistynyt myös monilla muilla teollisuuden aloilla, esimerkiksi lajittelukeskuksissa ja varastoissa. Lähtökohtaisesti hihnakuljettimissa on pienimmät vierintäkierrokertoimet, joiden vuoksi niiden tehontarve on huomattavasti pienempi muihin kuljettimiin verrattuna. Pienen vierintäkierrokertoimen takia hihnakuljetin voi olla kilometrejä pitkä. Heikkoutena hihnakuljettimelle voidaan pitää sen avonaisuutta, jonka takia se ei ole steriili tai kovin hygieeninen. Avonaisuus aiheuttaa varsinkin pölyttävien materiaalien siirrossa komponenttien likaantumista, mikä puolestaan aiheuttaa rullien ja laakereiden tukkiutumista. Hihnakuljettimen osat ovat yleensä vakiokomponentteja eikä niiden hankinta ole kovin vaikeaa. (7, s. 156.)

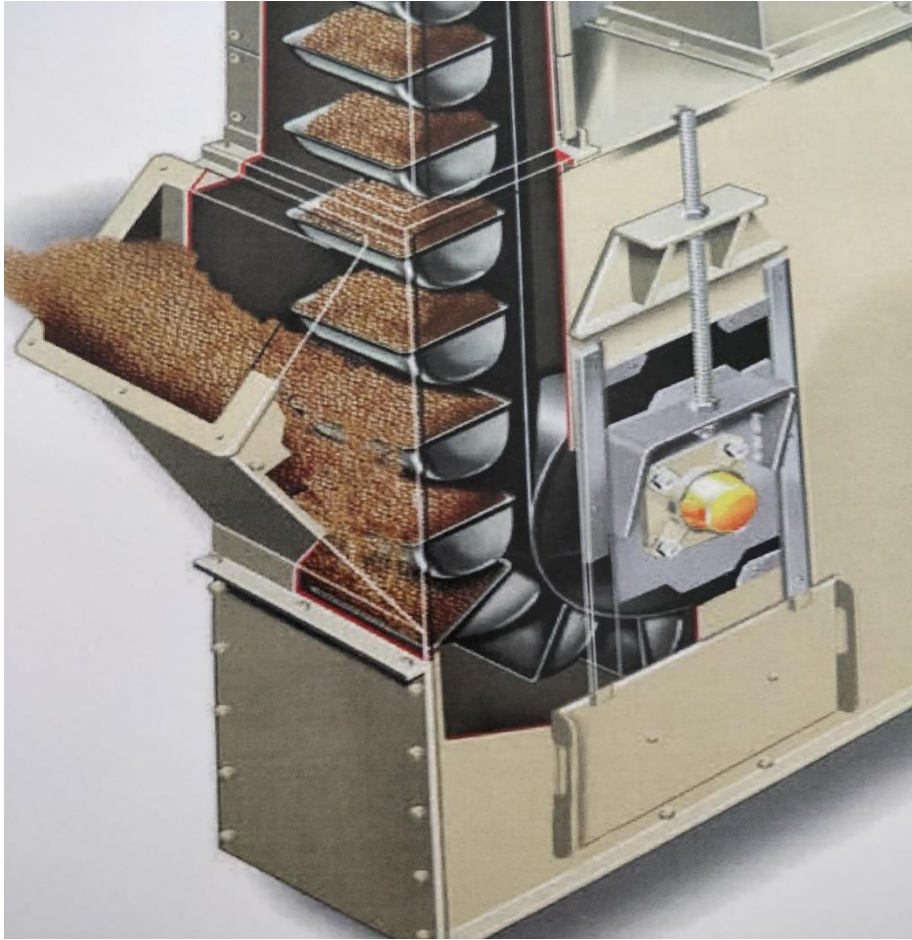
Hihnakuuljetimen pääosien voidaan katsoa olevan hihna, runko, käyttökoneisto, veto- ja taittorummut ja rullat. Käyttökoneistona käytetään yleensä vaihdemoottoria. Kuvassa 3 on esitetty nouseva hihnakuuljetin. (7, s. 158–159.)



KUVA 3. Hihnakuuljetin (7, s. 157)

3.2.2 Elevaattori

Elevaattoreita käytetään pystysuoriin siirtomatkoihin teollisuudessa. Materiaalin purkamisen elevaattorissa perustuu keskipakovoimaan. Elevaattoreilla materiaali kulkee kauhoissa, jotka on kiinnitetty vetohihnaan tai -ketjuun. Siirrettävän materiaalin ominaisuuksien mukaan valitaan, käytetäänkö hihna- vai ketjuelevaattoria. Elevaattorin käyttötarkoitus on siirtää materiaalia pystysuorassa, eikä se sovellu oikeastaan muihin käyttöihin. Parhaiten elevaattorit sopeutuvat jauhe- ja raemaisille materiaaleille. Yleensä elevaattorit ovat koteloituja ja suojattuja, joten niillä voidaan kuljettaa pölyäviä materiaaleja. Kuvassa 4 on esitetty elevaattori hihnakäytöllä.



KUVA 4. Elevaattori (7, s. 111)

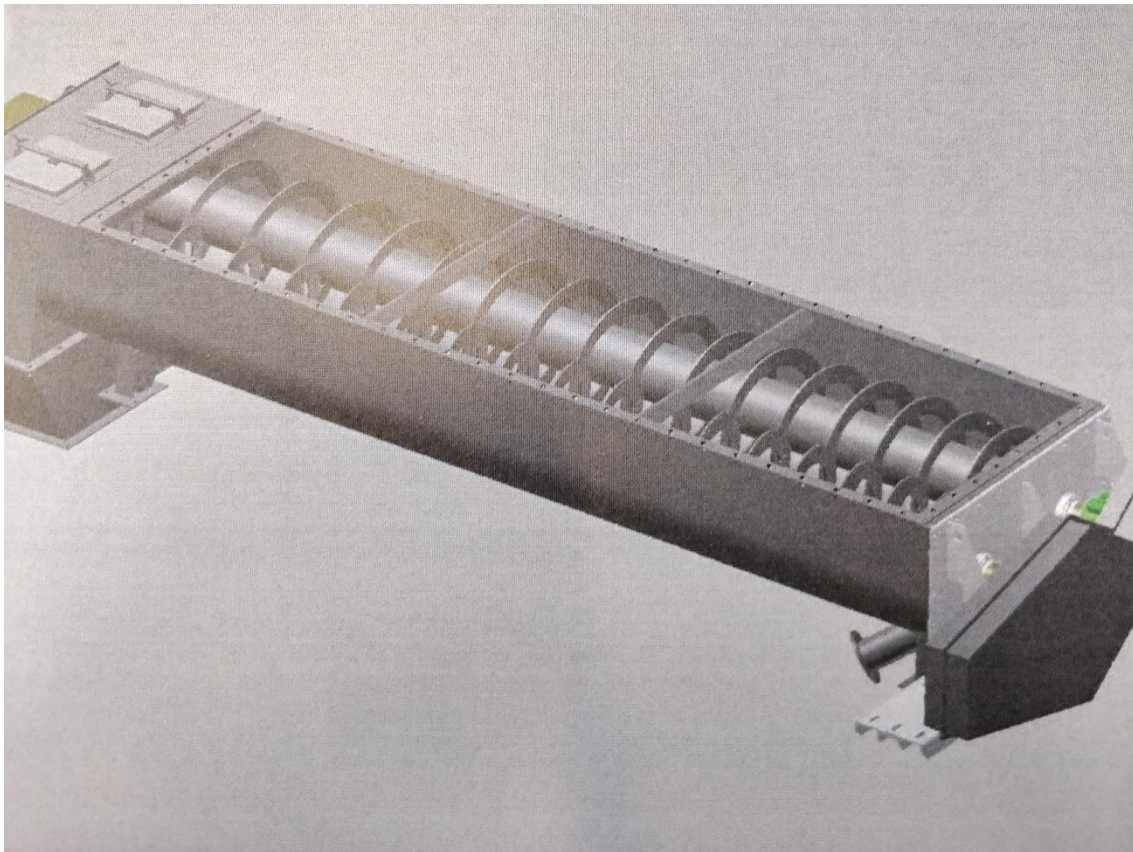
Elevaattorit voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan: hihnaelevaattoreihin ja ketjuelevaattoreihin. Hihnaelevaattorit ovat soveliaampia kevyemmälle materiaalille, kuten yllämainituille jauhoille ja viljoille. Hihnan nopeus käytössä voi olla 1–3 m/s sen kevyen rakenteen ansiosta.

Isomman ja raskaamman materiaalin siirtoon ketjuelevaattori sopeutuu hihnaelevaattoria paremmin sen jykevemmän rakenteen vuoksi. Siirrettävän materiaalin massan kasvaessa kauhan lujuudelliset ominaisuudet tulee miettiä tarkemmin. Raskaimmilla materiaaleilla ei päästä myöskään yhtä suuriin liikenopeuksiin kuin kevyillä, joissa se on alle 1 m/s. Tällöin elevaattorin komponentit eivät kulu niin nopeasti. (7, s. 110.)

Pääasiallisesti elevaattori koostuu veto- ja taittopäästä, hihnasta tai ketjusta, kauhoista ja välirungosta. Käyttökoneistona käytetään yleensä vaihdemoottoria, joka asennetaan elevaattorin vetopäähän. (7, s. 111–117.)

3.2.3 Ruuvikuljetin

Ruuvikuljetin on yksi yleisistä lyhyen matkan kuljetinmuodoista, jossa materiaalia siirretään pyörivän ruuvin avulla. Ruuvikuljetinta käytetään yleensä teollisuudessa sillojen hallittuun purkamiseen ja sitä voidaan käyttää materiaalien sekoitukseen. (7, s. 64–65.) Ruuvikuljettimet eivät yleensä ole kovin pitkiä, yleisesti alle 10 metriä. Pituutta kuljettimella voi olla yli 10 metriä, mutta silloin ruuvi joudutaan kokoamaan pätkittäin ja liittämään toisiinsa välilaakereihin. Välilaakerointien kohdilla tukokset ovat yleisempiä, joten ruuvikuljetin ei ole kovin suotuista vaihtoehto pitkille matkoille. Tämän vuoksi pidemmille matkoille valitaan yleensä jokin muu kuljetintyyppi, esimerkiksi hihnakuljetin, joka voi olla satoja metrejä pitkä. (7, s. 67.) Kuvassa 5 on esitettyä kaksiruuvinen ruuvikuljetin.



KUVA 5. Kaksiruuvinen ruuvikuljetin (7, s. 66)

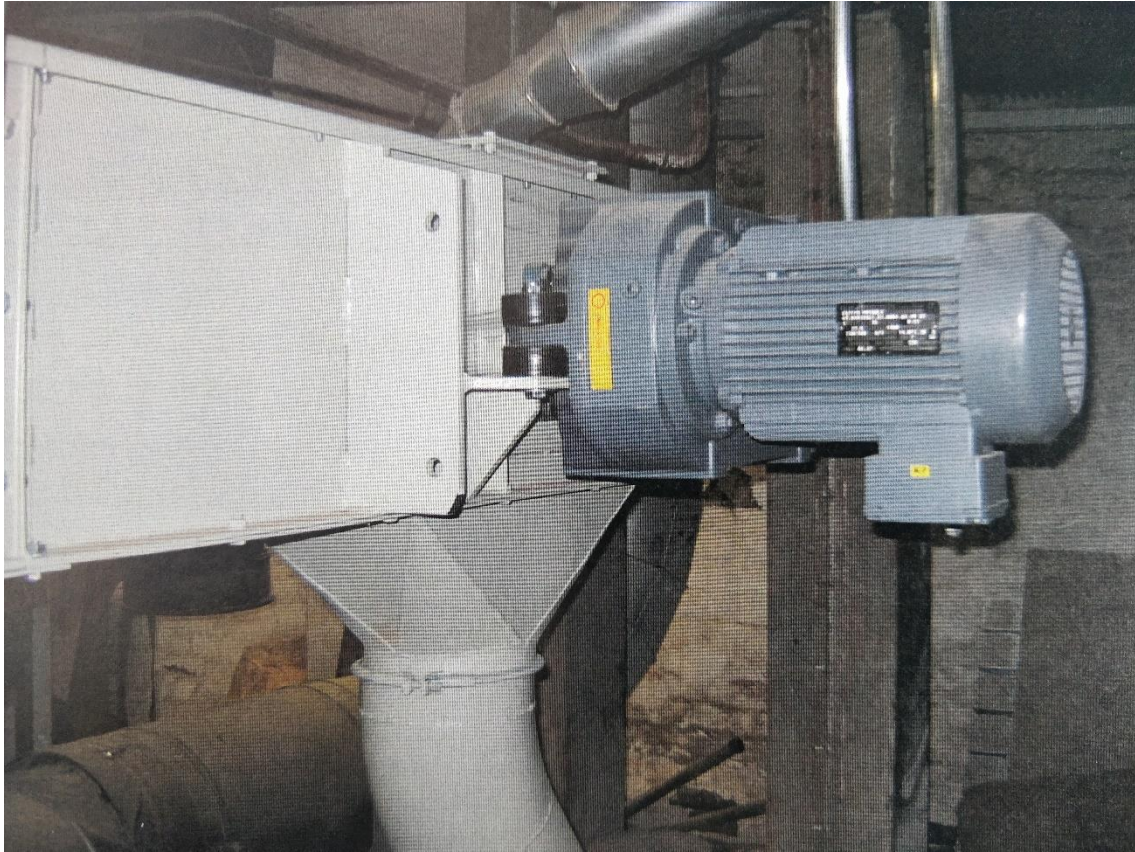
Ruuvikuljettimella voidaan käyttää useamman asteen nousukulmaa, suurimmillaan 90 astetta riippuen materiaalin valuvuudesta. Nousukulman suurentuessa käyttökoneiston kierrosnopeus kasvaa huomattavasti, koska suuremmassa kulmassa materiaali valuu huomattavasti enemmän. Tämä johtaa siihen, että tehon tarve nousee huomattavasti,

jotta haluttu kapasiteetti saadaan ylläpidettyä. Yleisesti ottaen pystysuorissa siirroissa käytetään kuitenkin elevaattoria. Yleisesti ruuvikuljettimet ovat suljettuja ja siksi ne ovat turvallisia. Lisäksi suljettu rakennelma estää materiaalin leviämisen sen ulkopuolelle. (7, s. 64.)

Ruuvikuljettimen pääosiin voidaan lukea ruuvikierukka, runko, päädyt ja laakerit. Käyttökoneistona käytetään yleisesti vaihdemoottoria sen helppokäyttöisyyden vuoksi. Rungon ja ruuvikierukan materiaalit ovat riippuvaisia kuljetettavasta materiaalista ja sen ominaisuuksista. (7, s. 67–70.)

3.2.4 Kolakuljetin

Kolakuljetin on eräänlainen kuljetintyyppi, jossa materiaalin siirto tapahtuu ketjuun kiinnitettyjen kolien avulla, jotka laahaavat kuljettimen runkoa pitkin. Kolakuljetinta käytetään yleisesti bulk-materiaalien siirtoon ja sen käyttö on hyvin suosittua rehu- ja elintarviketeollisuudessa. Kolakuljetinta käytetään yleensä keskipitkillä matkoilla, jotka vaihtelevat muutamista metreistä kymmeneen metriin. Suljetun rakenteen ansiosta kolakuljetin on turvallinen ja sillä on mahdollista kuljettaa pölyäviä materiaaleja. Nousukulmaa kolakuljettimella voi olla 40 astetta materiaalin valuvuuden mukaan. Tehon tarve kolakuljettimella on huomattavasti suurempi kolien aiheuttaman liukukitkan takia, joka on moninkertainen verrattuna esimerkiksi hihnakuljettimen rullalaakereihin. Kolakuljettimen pääosat ovat runko, ketju, kolat ja poistoaukot. Käyttökoneistona käytetään yleisesti vaihdemoottoria, joka asennetaan vetopäähän. (7, s. 9–15.) Kuvassa 6 on esitetty kolakuljettimen vetopäätä, johon on kiinnitetty vaihdemoottori.



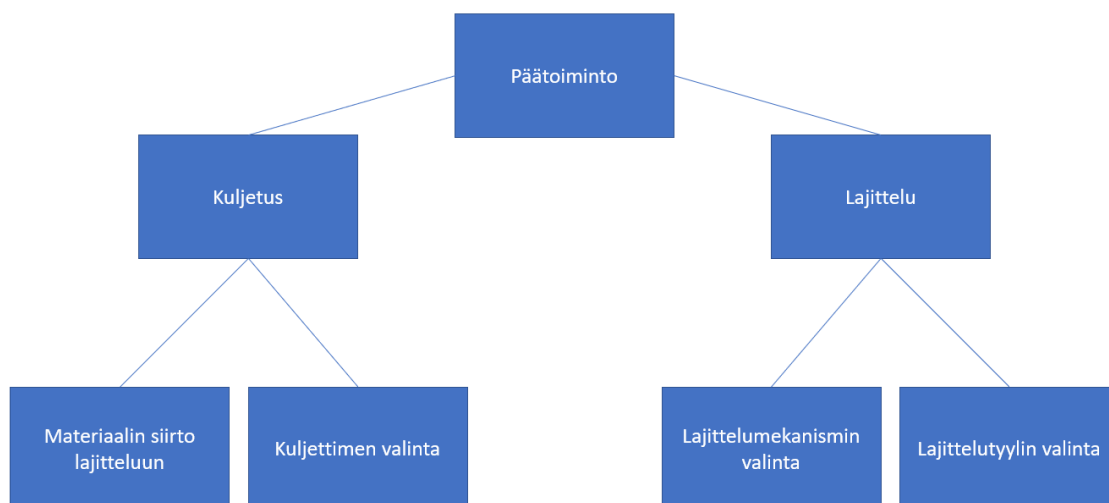
KUVA 6. Kolakuljettimen vetopää ja vaihdemoottori (7, s. 13)

4 ESISUUNNITTELU

Työ aloitettiin rajaamalla se ja asettamalla sen toiminnalle vaatimukset. Vaatimuksena kuljetinjärjestelmälle oli, että sen täytyi soveltua mahdollisimman monipuolisiin sääolosuhteisiin ulkokäytössä ja sen suojaaminen ilkivallalta olisi mahdollista. Kuljetinjärjestelmän tulisi lajitella muovilaadut eri pisteisiin ja olla mahdollisimman energiatehokas. Suunnittelutyön teki haastavaksi se, ettei vastaavan tyyppistä järjestelmää ole missään käytössä.

4.1 Osatoimintoihin jako

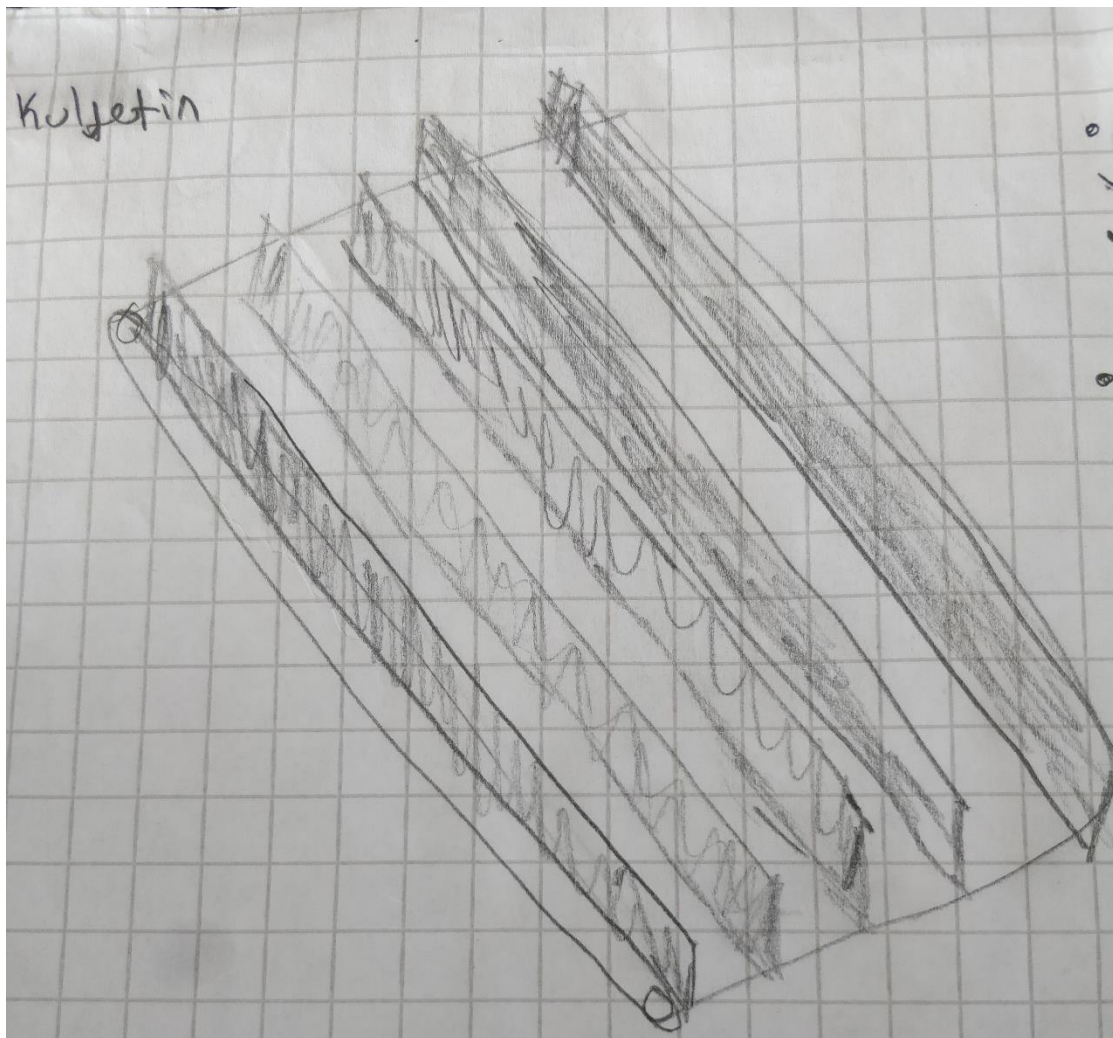
Päätoiminto on lajitteleva kuljetin, joka lajittelee ja siirtää eri muovilaadut sen omille poistoyksiköilleen. Projektin päätoiminto jaettiin kahteen osatoimintoon, jotka olivat lajittelu- ja kuljetintyyppin valinta. Alustavasti kuljetinjärjestelmää aloitettiin suunnittelemaan siinä järjestyksessä, että kuljetus tulisi ennen lajittelua. Näiden pohjalta aloitettiin ideointi siitä, miten jokainen osatoiminto voitaisiin ratkaista. Osatoimintojen pohjalta luotiin päätoiminnon ratkaisu. Kuvassa 7 on esitetty työn jako osatoimintoihin.



KUVA 7. Osatoimintoihin jako

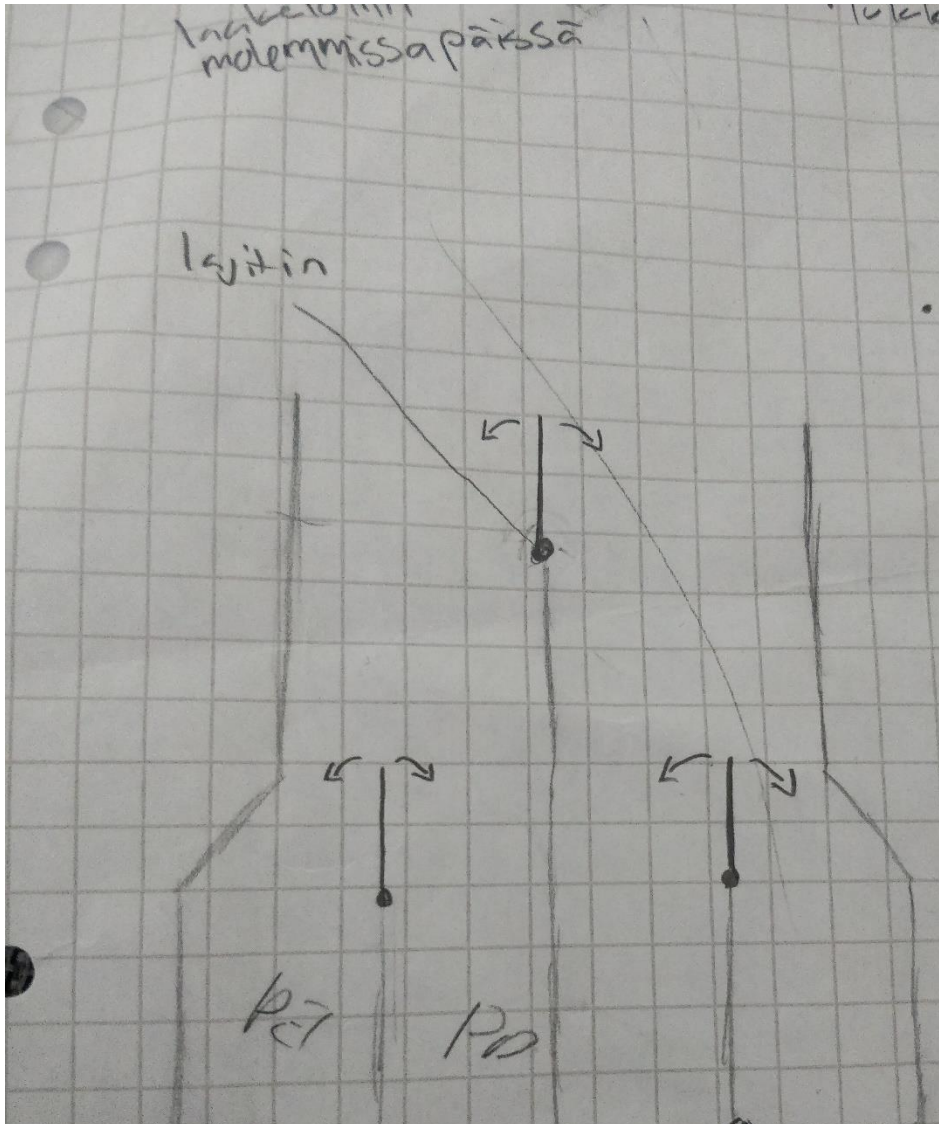
4.2 Ideointi

Vastaavan tapaista kuljettimen sovellutusta ei ollut missään käytössä, joten hahmottelu paperille aluksi oli järkevää. Kuljettimen ja lajittelun yhdistettyä toimintaa ideoitiin paperille aluksi. Paperille hahmoteltujen ideoiden perusteella niiden sopivuutta arvoitiin alustavasti. Kaikkia ideoita ei luonnosteltu paperille. Kuljettimen ratkaisuksi kuvailtiin jaoteltua hihnakuljetinta, jossa jokaiselle eri muovilaadulle olisi oma paikkansa kuljettimella. Tämä todettiin kuitenkin huonoksi vaihtoehdoksi, koska kuljetinta jouduttaisiin muokkaamaan paljon. Lisäksi sen suojaaminen ja soveltaminen ulkokäyttöön olisi hyvin vaikeaa. Kuvassa 8 on esitetty paperille hahmoteltu jaoteltu hihnakuljetin.



KUVA 8. Jaoteltu hihnakuljetin

Lajittelun ratkaisuksi hahmoteltiin kääntyvien läppien avulla toteutettavaa lajittelua, jossa eri materiaalit putoavat ylhäältä ja ne ohjataan läppiä kääntämällä omaan osansa. Läppien kääntöä mietittiin aluksi askelmootoreilla. Kuvassa 9 on esitetty paperille hahmoteltu lajitteluratkaisu.



KUVA 9. Lajittelun hahmotelma

4.3 Kuljettimen valinta

Suurena osana koko järjestelmässä on kuljetin, koska koko järjestelmä rakentuu sen ympärille. Kuljettimella kuljetettaisiin murskattu muovi sen omille poistopisteilleen. Vaihtoehtoja kuljettimelle on useita, mutta niistä kaikki eivät sovellu tähän käyttöön tarkoitukseen.

Vaatimuksena kuljettimelle ovat

- soveltuvuus ulkokäyttöön
- kuljettaminen eri kulmissa
- jaettavissa osiin
- alhaiset valmistuskustannukset.

Vaatimusten perusteella voitiin tehdä pistearviointi eri kuljetinvaihtoehtoista ja valita niistä paras vaihtoehto. Valinnassa käytettiin pistearviointia, jossa eri vaihtoehtoilta annetaan painokertoimet. Painokertoimien avulla lasketaan jokaisen vaihtoehdon pisteet ja valitaan eniten pisteitä saanut vaihtoehto. Taulukossa 3 on esitetty pistearviointi kuljettimelle.

TAULUKKO 3. Kuljetinvaihtoehtojen pistearviointitaulukko

Kuljetinvaihtoehtojen pistearviointi										versio	1.0
		Ratkaisuvaihtoehdot									
Arviointikriteeri	Painokerroin (1...5)	Hihnakuljetin		Kolakuljetin		Putkikolakuljetin		Ruuvikuljetin			
		Arvosana (1...5)	Painotettu arvosana	Arvosana (1...5)	Painotettu arvosana	Arvosana (1...5)	Painotettu arvosana	Arvosana (1...5)	Painotettu arvosana		
Alhaiset valmistuskustannukset	2	5	10	3	6	3	6	2	4		
Kuljettaminen mahdollista eri kulmissa	4	2	8	2	8	5	20	1	4		
Kuljetin jaettavissa helposti eri osiin	5	2	10	5	25	5	25	2	10		
Soveltuvuus ulkokäyttöön	4	1	4	3	12	5	20	4	16		
Yhteensä			32		51		71		34		

Pistearvioinnin perusteella parhaaksi kuljetinvaihtoehdoksi osoittautui putkikolakuljetin, koska se täytti parhaiten asetetut vaatimukset. Suurimpana painokertoimena pidettiin kuljettimen jaettavuutta, koska eri muovilaadut eivät saisi sekoittua kuljetuksen aikana. Tämän jälkeen tehtiin kokonaistoiminnon morfologisen laatikon avulla valinta eri vaihtoehtoista. Morfologisessa laatikossa kokonaistoiminto on jaettuna sen osatoimintoihin, joista valitaan yhdistelemällä eri ratkaisuvaihtoehtoja. Morfologisessa laatikossa ei suljettu pois muita vaihtoehtoja kuljettimelle vielä tässä vaiheessa.

4.4 Voimansiirto ja ohjaus

Kuljetinjärjestelmä tulisi vaatimaan toimilaitteilleen voimansiirtoa. Voimansiirtoa toimilaitteille voidaan tehdä yleisesti joko sähköisesti, hydraulisesti tai pneumaattisesti. Hydrauliset- ja pneumaattiset toimilaitteet vaativat aina erillisen mekaanisen laitteen voimansiirron

toteuttamiseen. Hydrauliset toimilaitteet tarvitsevat koneikon, joka pumpkaa nestettä toimilaitteiden käyttöön. Pneumaattiset toimilaitteet tarvitsevat puolestaan kompressorin, joka tuottaa paineilmaa toimilaitteille. Vastaavasti sähköinen voimansiirto ei tarvitse erillistä koneikkoa tai kompressoria toimilaitteille. Lisäksi koneikko ja kompressori vievät tilaa huomattavan paljon.

Kuljetinjärjestelmän ohjaaminen arvioitiin toteutettavan logiikkaohjauksella, koska toimilaitteita järjestelmässä ei ollut niin monta, että se olisi vaatinut logiikkaa edistyneempää ohjausta. Lisäksi logiikkaohjaus on huomattavan halpa toteutettavana. Taulukossa 4 on esitetty osatoimintojen ratkaisuvaihtoehtojen valinta morfologisen laatikon avulla.

TAULUKKO 4. Morfologinen laatikko

Jäsentelykaavio (Morfologinen laatikko)		Versio 1.0				
Ratkaisuvaihtoehdot		1	2	3	4	5
Osatoiminnot						
1	Siirto lajitteluun	Hihnakuuljetin	Ruuvikuuljetin	Paineilmakuuljetin	Putkikuljetin	Kolakuuljetin
2	Lajittelu	Hihnakuuljetin avulla lajittelu	Rumpulajittelu	Läppälajittelu	Paineilmalajittelu	
3	Voimansiirto	Sähköinen	Hydraulikoneikko	Kompressori		
4	Ohjaus	Logiikka				
	Ve 1					
	Ve 2					

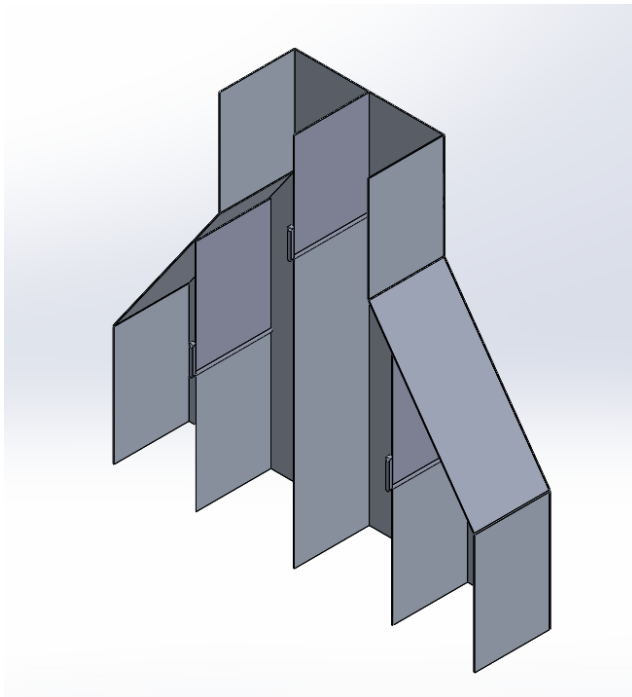
Toteutettavaksi vaihtoehdoksi valittiin versio 1, joka toteutettiin konseptitasolle. Versiossa 2 olleet hihnakuuljetin ja sen avulla tapahtuva lajittelu todettiin epäkäytännölliseksi ratkaisuksi.

5 KONSEPTISUUNNITTELU

Esisuunnittelun jälkeen aloitettiin konseptisuunnittelu, joka toteutettiin SolidWorks-suunnitteluohjelmistoa käyttäen. Kuljetinjärjestelmään kuului neljä pääosaa, jotka olivat lajitteluasema, kuljetin, poistoyksiköt ja syöttökouru. Järjestelmän osat mallinnettiin tässä vaiheessa vielä ilman vakiokomponentteja moottoria lukuun ottamatta.

5.1 Lajitteluasema

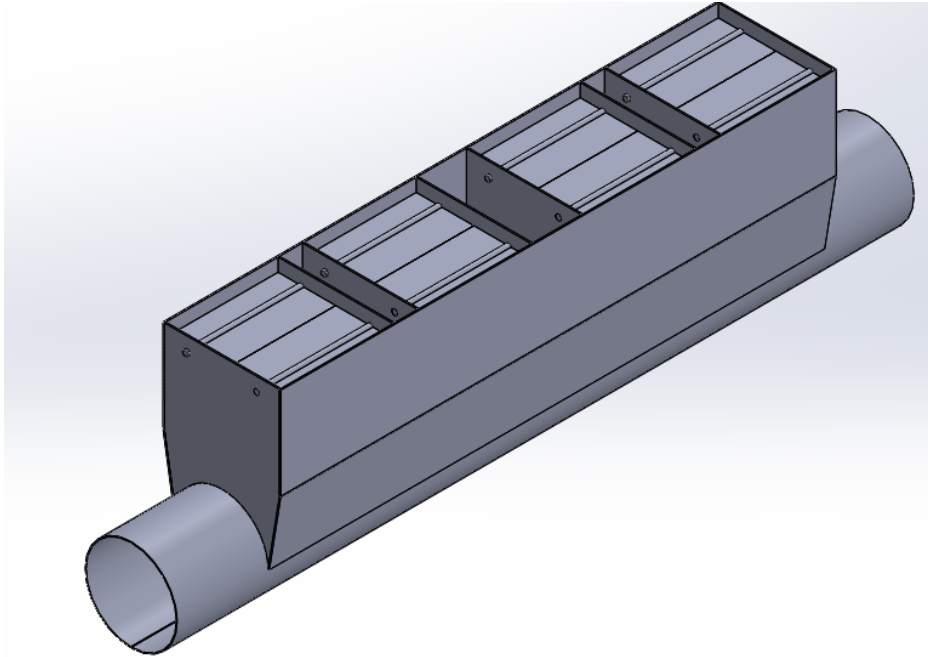
Lajitteluasema koostuu kahdesta 5 mm paksuisesta takalevystä ja kahdesta 5 mm paksuisesta sivulevystä, jotka hitsattaisiin kiinni toisiinsa. Sen sisällä ovat kääntyvät läpät, joiden kääntö tehdään sylinterin liikkeellä. Muovia ohjattaisiin tämän avulla neljään eri kohtaan. Kääntöön mietittiin aluksi peltimoottoria ja askelmoottoria. Peltimoottorin käyttö ei tässä tapauksessa toiminut sen hitaan kääntöaikansa vuoksi, joka oli suurimmalla osalla 30–45 s. Askelmoottorien vääntömomentit osoittautuivat olemattoman pieniksi mitoiltaan sopivien moottoreiden kohdalla. Kuvassa 10 on esitetty lajitteluaseman konseptimalli.



KUVA 10. Lajitteluaseman 3D-malli

5.2 Syöttökouru

Syöttökouru suunniteltiin liitettäväksi lajitteluaseman alapäähän, johon lajitellut muovilaa-
dut pudotettaisiin. Syöttökourussa on neljä erillistä paikkaa, johon muovit voivat pudota
ja jäädä säilöntään odottaen pudotustaan kuljettimelle. Syöttökouru koostuu 200 mm put-
kesta ja siihen hitsattavista 5 mm pelleistä. Kuvassa 11 syöttökouru on esitetty 3D-mal-
lina.

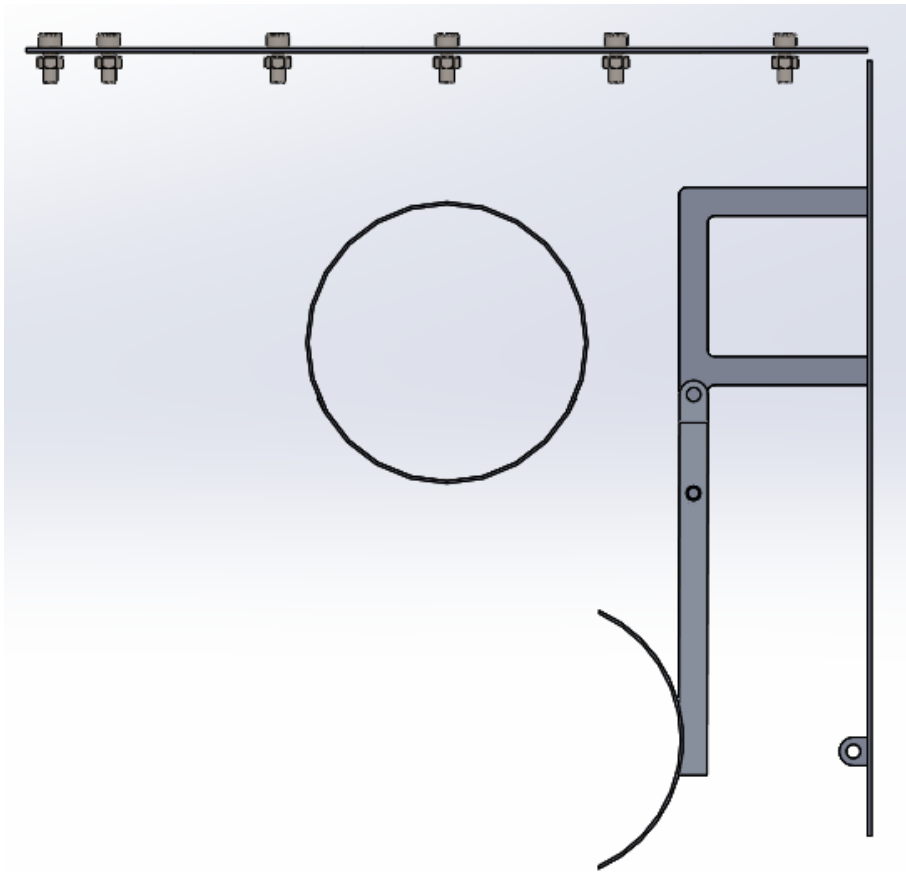


KUVA 11. Syöttökouru

Syöttökourun luukut suunniteltiin avattavaksi sylintereillä, jotka avautuisivat silloin kun vä-
litila tulee täyteen. Tämän jälkeen muovi pudotettaisiin kuljettimelle omaan kolaväliinsä.
Syöttökouruun on liitettynä putket, joiden läpi kuljetin kulkee.

5.3 Poistoyksiköt

Kuljettimella materiaalit kuljetetaan niiden poistoyksiköille, missä tapahtuu pudotus säilöntään. Jokaiselle muovilaadulle on oma poistoyksikkönsä. Poistoyksikön avaaminen tapahtuu sylinterin avulla, joka on kiinnitetty rungon seinämään. Sylinterin toinen pää on kiinnitetty vipuun, joka avaa luukun. Kuvassa 12 on esitetty poistoyksikkö, josta sivuseinä on piilotettu havainnollistamisen vuoksi.

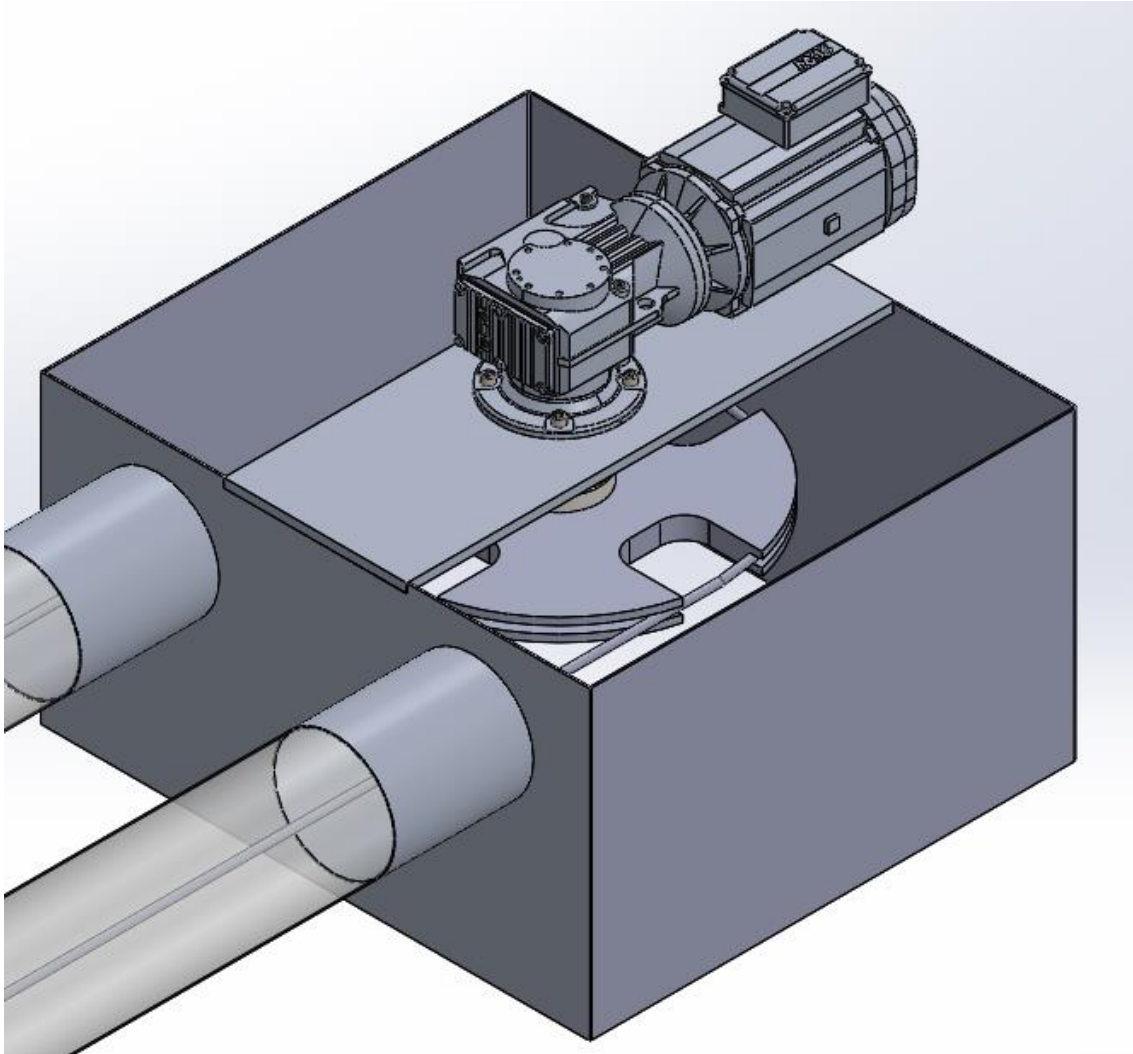


KUVA 12. Poistoyksikön putki auki -asennossa

5.4 Kuljetin

Kuljettimeksi valittiin pistevalinnan mukaan putkikolakuljetin, jonka avulla murskattu muovi kuljetetaan poistoyksiköille. Putkikolakuljettimessa jokaisella lajitellulla muovilla on oma paikkansa kolien välissä. Kuljetin suunniteltiin 200 mm:n putkelle, jossa päästiin parhaimpaan tilavuuteen yhdessä kolavälissä. Kolat on kiinnitetty putken sisällä kulkevaan

vaijeriin. Vaijeri kulkee kolia vetäen putkiston sisällä. Kuljetinta pyöritetään sähkömoottorin ja vetokiekon avulla. Kuvassa 13 kuljettimen vetopää esitettynä SolidWorksilla mallinnettuna.



KUVA 13. Kuljettimen vetopää

5.5 Sähkömoottorin mitoituslaskenta

Moottorin mitoituksessa suurin vaikutus on massalla, joka luo vastusvoimaa eniten. Massan arvioiminen oli haastavaa, koska murskatun muovin määrää putkessa ei tarkkaan voitu arvioida. Tämän vuoksi laskuissa on käytetty korjauskerrointa vastusvoiman laske-
misessa. Laskennassa on käytetty PET-muovin tiheyden arvoa, joka on $1\,340\text{ kg/m}^3$ (8, s. 2). Mitoituslaskut toteutettiin Mathcad-ohjelmistolla. Kuvassa 14 on esitetty mitoituslas-
kennan lähtötiedot.

Liikenopeus	$v_1 := 0.5 \frac{m}{s}$	Putken säde	$r := 100 \text{ mm}$
Kiihtyvyys	$a_1 := 0.2 \frac{m}{s^2}$	Putken pituus	$l := 20 \text{ m}$
Vetokiekon säde	$r_1 := 0.25 \text{ m}$	Muovin tiheys	$\rho := 1340 \frac{kg}{m^3}$
		Korjauskerroin	$k := 0.06$
		Kitkakerroin	$\mu := 0.25$
Kiihdytysaika	$t_1 := 2 \text{ s}$		

KUVA 14. Laskennan lähtötiedot

Kiihtyvyyden ja liikenopeuden arvoihin sovellettiin kolakuljettimen vastaavia arvoja. Näistä pystyttiin määrittämään tilavuus ja pinta-ala 20 metrin matkalla, mistä pystyttiin laskemaan tilanne, missä kuljetin olisi täynnä. Kuvassa 15 on esitettyinä putken pinta-alan ja tilavuuden arvot, sekä niiden perusteella lasketut massat.

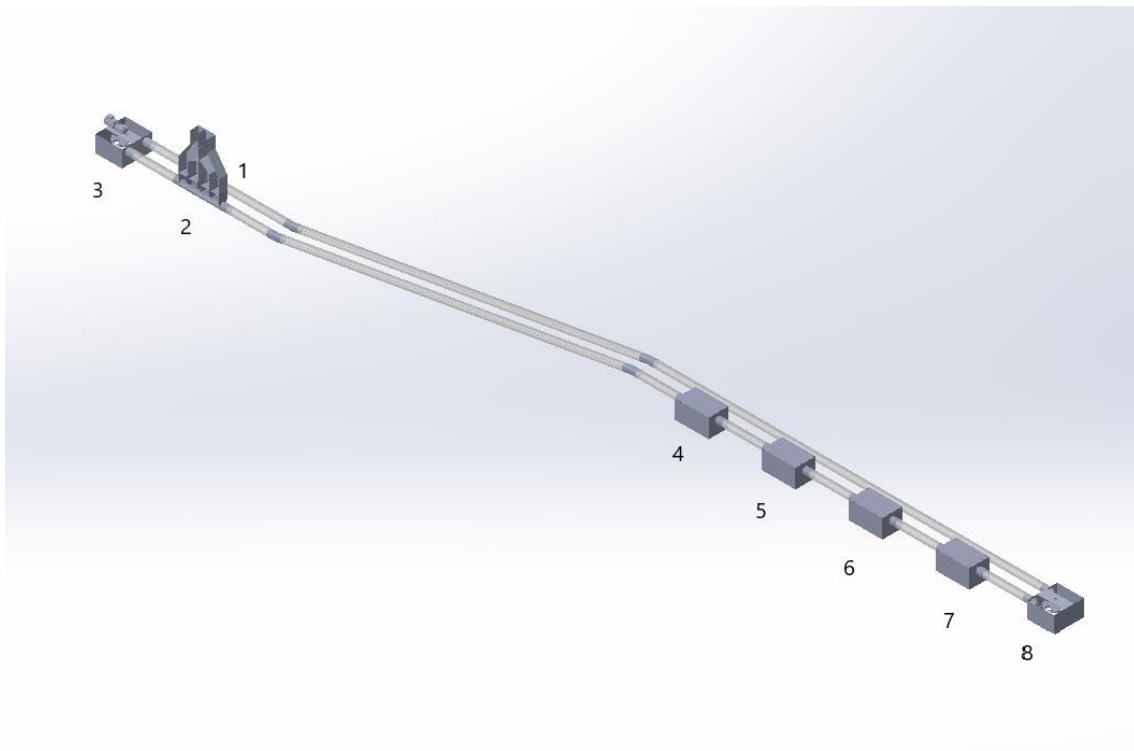
Pinta-ala	$A := \pi \cdot r^2 = 0.031 \text{ m}^2$
Tilavuus	$V := A \cdot l = 0.628 \text{ m}^3$
Massa	$m := \rho \cdot V = 841.947 \text{ kg}$
Korjattu massa	$m_1 := m \cdot k = 50.517 \text{ kg}$

KUVA 15. Massan laskettu arvo ja sen korjattu arvo (9, s. 18–21)

Massan avulla pystyttiin määrittämään vastusvoima F , jonka arvoksi saatiin 1,98 kN. Tämän avulla pystyttiin laskemaan momentti, joka on 495 Nm. Tarvittava teho moottorille laskettiin momentin avulla, ja tehoksi saatiin 1,8 kW. Mitoituslaskut on esitetty tarkemmin liitteissä 1/1 - 1/2.

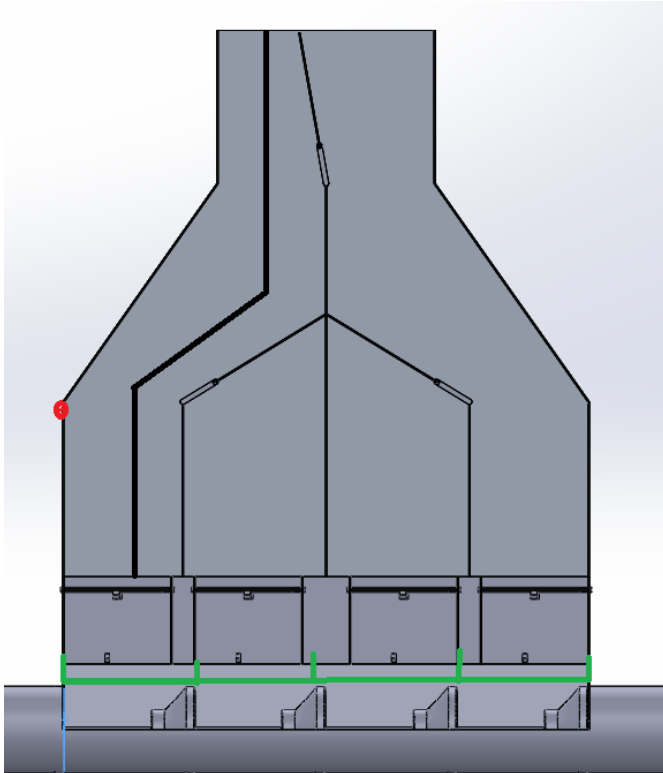
6 KULJETINJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE

Tässä luvussa esitetään kuljetinjärjestelmän ja sen osien toimintaperiaate konseptitasolla. Kuljetinjärjestelmän tavoite on siirtää jokainen eri muovilaatu omalle poistoyksikölle. Kuvassa 14 on kuljetinjärjestelmän pääosat numeroituna.



KUVA 14. Kuljetinjärjestelmän pääosat numeroituna

Muovin siirtyminen alkaa lajitteluasemasta (kuva 14, kohta 1), josta se lajitellaan omalle paikalleen. Muovi jää odottamaan välitilaan, kunnes välitila täyttyy ylärajalle. Välitilan täyttyminen havaitaan optisella anturilla, joka on kiinnitetty jokaisen välitilan yläosaan. Välitilan täyttyessä syöttökourun (kuva 14, kohta 2) luukut aukeavat ja muovi putoaa siten omaan kolaväliinsä, joka on havainnollistettu kuvassa 15.

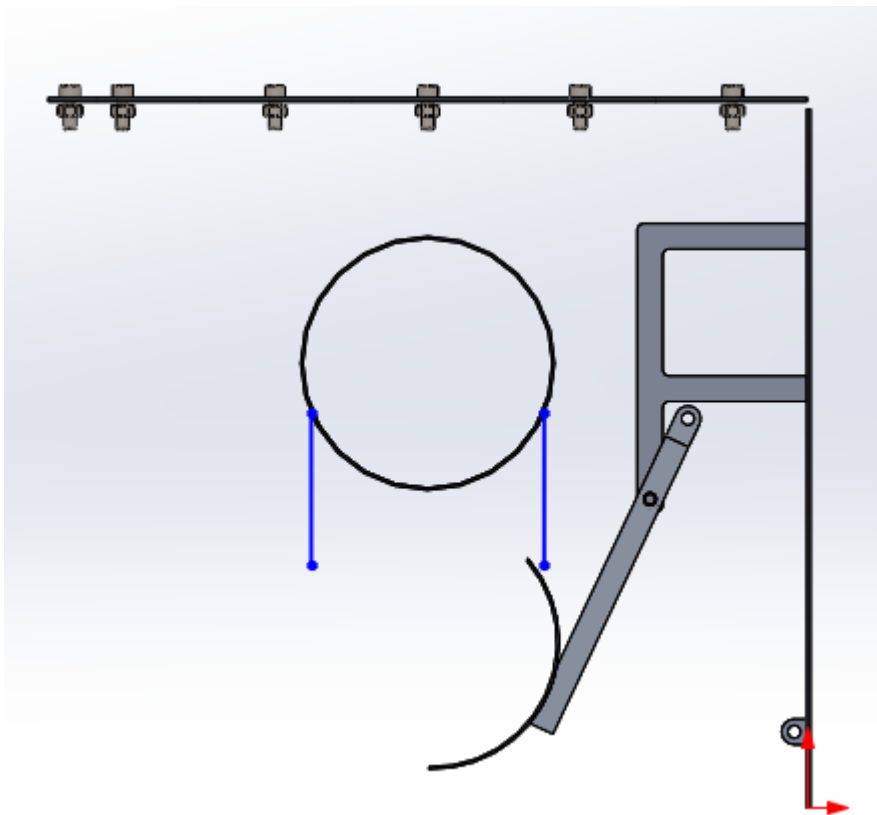


KUVA 15. Lajitteluasema ja syöttökouru yhdistettynä

Kuvassa 15 vihreä viiva kuvastaa kolaväliä, musta viiva muovin putoamisen reittiä ja punainen piste optisen anturin paikkaa. Muovin pudotessa omalle kolavälilleen kuljettimen vetopää (kuva 14, kohta 3) pyöriähtää ja siirtää muovia kolavälin verran eteenpäin. Suurimman osan ajasta kuljetin on paikoillaan odottaen muovin pudottamista kolaväleihin. Tyhjiä kolavälejä täytetään eri muovilaaduilla ja kuljetetaan eteenpäin kolaväli kerrallaan kohti poistoyksiköitä (kuva 14, kohdat 4–7). Jokaiselle muovilaadulle on oma poistoyksikkönsä. Tässä konseptisuunnitelmassa niitä on neljä. Kolavälin saavuttaessa oman poistoyksikkönsä poistoyksikön luukku aukeaa ja muovi putoaa sille osoitettuun paikkaan. Kuljetinjärjestelmän toimintaperiaate on kuvailtu prosessikaaviona liitteessä 2.

7 POISTOYKSIKÖN YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU

Konseptisuunnittelun jälkeisessä palaverissa päätettiin, että kuljetinjärjestelmästä toteutetaan yksityiskohtaiset suunnitelmat ainoastaan poistoyksiköstä. Konzeptitasolle jätettiin lajitteluasema, syöttökouru sekä kuljetin. Poistoyksikön yksityiskohtainen suunnittelu aloitettiin suunnittelemalla nivelmekanismi uudestaan, koska konseptisuunnitelmassa mekanismin aukeaminen todettiin riittämättömäksi. Kuvassa 16 havainnollistetaan poistoyksikön aukeamisen ongelmaa.

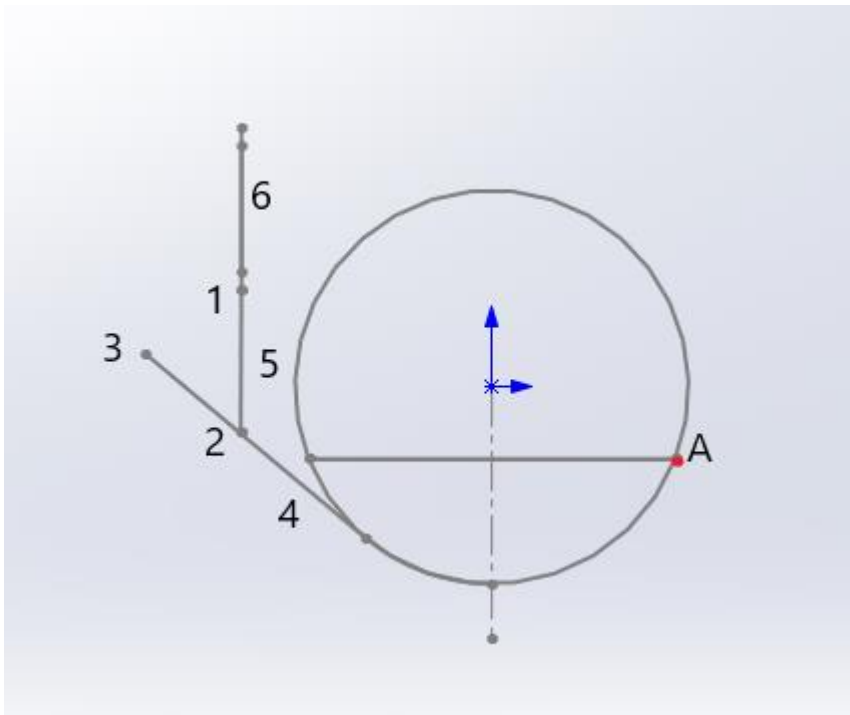


KUVA 16. Poistoyksikön konseptimallin luukku maksimiasennossa

Siniset viivat kuvastavat putken aukkoa, josta muovi putoaa sen sijoituspaikkaan. Kuvasta huomataan, että luukku aukeaa riittämättömästi eikä sen avaaminen onnistu yhden kiertyvän ja liikkeen sallivan nivelpisteen avulla. Mekanismin tuet seinämällä todettiin huonoiksi, koska luukun kohdistaminen putken aukolle olisi todella haastavaa. Putken koko muutettiin 10-tuumaiseksi (273,5 mm), koska sen käyttö on putkikolakuljettimissa yleisempää kuin 200 mm:n putki.

7.1 Nivelmekanismi

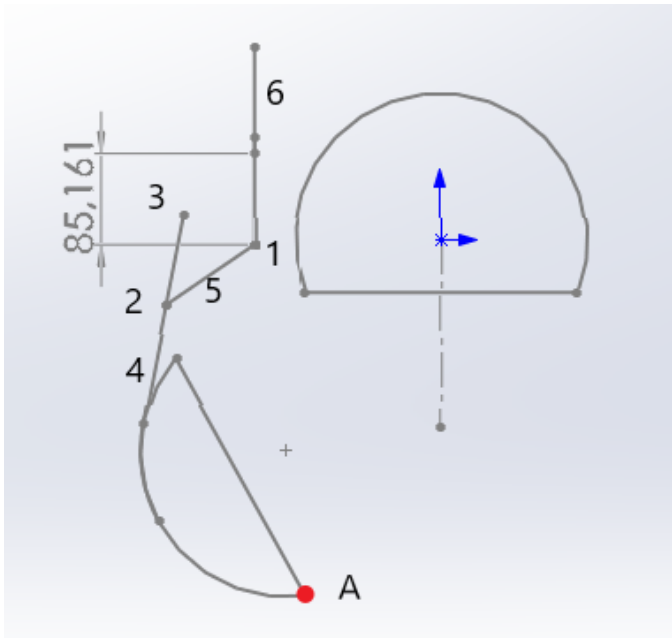
Poistoyksikön nivelmekanismia aloitettiin suunnittelemaan uudestaan, koska se todettiin toimimattomaksi aiemmin. Yhden kiertyvän ja liikkeen salliva nivelpisteen sijasta kääntömekanismi yritettiin saada toimivaksi kahdella kiertyvillä ja liikkeen sallivilla nivelpisteillä. Sylinterin liike tapahtuisi nyt lineaarisesti epälineaarisen sijasta. Lisäksi komponenttien paikkoja vaihdettiin siten, että sylinteri olisi kiinni putkessa eikä seinämässä. Kuvassa 17 on havainnollistettu nivelmekanismia SolidWorksin avulla.



KUVA 17. Viivoilla mallinnettu nivelmekanismi putken aukaisuun

Kuvassa 17 on numeroitu nivelpisteet ja vivut, joilla mekanismi suoritetaan. Nivelpisteet 1 ja 2 sallivat liikkeen ja kiertymän. Nivelpiste 3 sallii kiertymän, mutta ei liikettä. Numerot 5 ja 4 kuvastavat vipuja, jotka ovat kiinnitetty nivelpisteisiin. Nivelpiste 1 on kiinnitetty sylinterin männän päähän ja nivelpiste 2 vivun 4 keskiosaan. Numero 6 kuvastaa sylinteriä, jolla liike suoritetaan. Sylinterin iskunpituus on 100 mm, jolla liikettä aloitettiin arvioimaan. Sylinteriliikkeen tarkoituksena on saada piste A pyörähtämään 90 astetta putken aukaisemiseksi, mikä mahdollistaa murskatun muovin putoamisen putkesta.

Sylinterin tehdessä lineaariliikkeen alaspäin nivelpisteet 1 ja 2 sallivat kiertymän sekä liikkeen. Nivelpisteiden 1 ja 2 välissä oleva vipu 5 työntyy eteenpäin nyt. Tämän seurauksena vipu 4 pyörähtää nivelpisteen 3 ympäri, mikä saa pisteen A pyörähtämään 90 astetta. Kuvassa 18 nivelmekanismi havainnollistettu auki-asennossa.

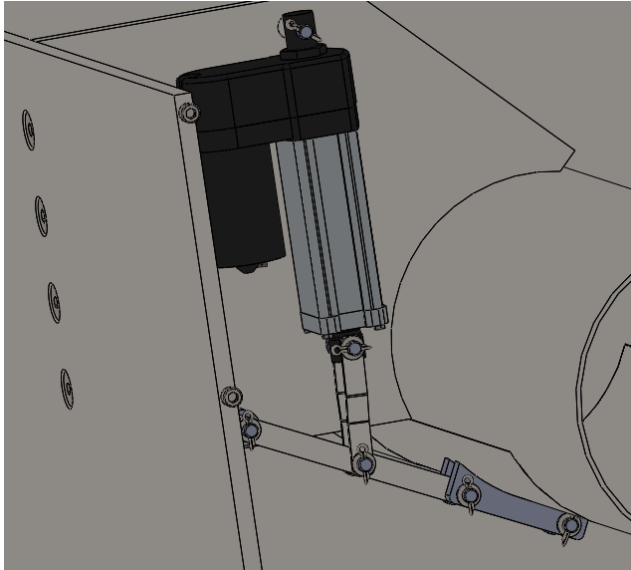


KUVA 18. Nivelmekanismi auki-asennossa

Kuvassa 18 mitta 85,161 mm on alle iskunpituuden, joten iskunpituus arvioitiin oikein. Tästä voitiin jatkaa kokoonpanon mallintamiseen sekä komponenttien valitsemiseen.

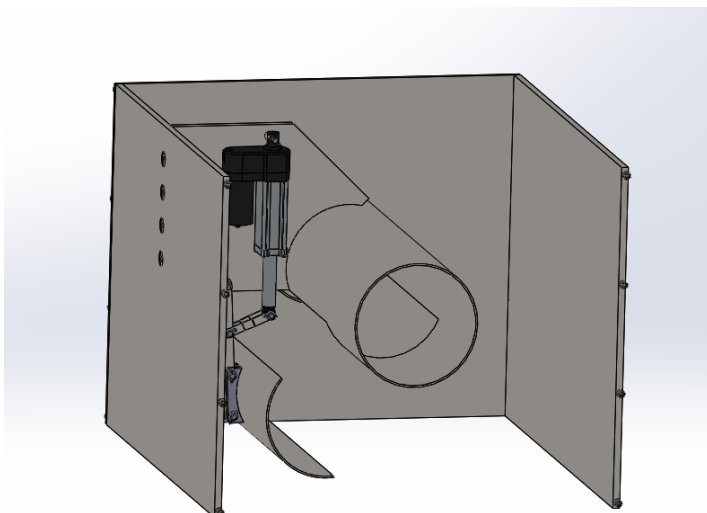
7.2 Kokoonpano ja komponenttivalinnat

Poistoyksikön yksityiskohtaisessa suunnittelussa kokoonpanon toteutusta mietittiin uudelleen, koska konseptivaiheessa sen todettiin olevan epävarma ja vaikeasti toteutettava. Uudessa kokoonpanossa sylinterin paikkaa muutettiin siten, että se kiinnitettiin erilliseen putkeen hitsattavaan laippaan kiinni. Sylinterin kiinnitys laippaan toteutettiin t-urapaloilla, jotka mahdollistivat suoran kiinnityksen sekä lineaarisen liikkeen. Laipan kiinnitys seinämään tehdään neljällä pultilla. Sylinteriksi valittiin Thomsonin Electrak LA14 -sähkösylinteri, koska sen kiinnittäminen oli mahdollista sivuista. Kuvassa 19 on esitetty putken laippaliitos sekä sähkösylinteri.



KUVA 19. Kokoonpano SolidWorksissa

Kokoonpanossa nivelet kiinnitetään toisiinsa läpimenevillä tapeilla, jotka lukitaan saksisokilla. Poistoyksikön seinämävahvuus on 15 mm. Seinämät liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla, jotka mahdollistavat liikkumavaran. Ääriviivoilla mallinnetussa mekanismissa luukku saatiin auki kokonaan, mutta mallinnetussa versiossa luukku ei auennut täysin auki. Luukun liike jäi 20 mm vajaaksi, mutta arvioitiin, ettei se haittaa mekanismin toimintaa eikä muovin putoamista. Kuvassa 20 on esitetty poistoyksikön kokoonpano luukun ollessa auki. Toinen päätyseinä on piilotettu kuvasta havainnollistamisen vuoksi.



KUVA 20. Poistoyksikön kokoonpano ilman päätyseinämää

8 POHDINTA

Työssä tavoitteena oli luoda tilaajalle kuljetinjärjestelmä, jolla murskatun muovin kuljetaminen ja lajittelu paikasta toiseen sujuisi mahdollisimman vaivattomasti ja taloudellisesti. Kuljettimessa on sisällytettyä lajittelu, jotta muovilaadut saadaan lajiteltua eri poistoyksiköihin. Työ aloitettiin määrittämällä sen reunaehdot ja tavoitteet. Työ määrättiin tehtäväksi proof-of-concept-tasolle.

Työ jaettiin alussa osatoimintoihin, joista valittiin parhaimmat ideat jatkokehitykseen. Pelkästään sopivan kuljettimen valinta oli todella haastavaa, sillä yleisimmät kuljetintyypit soveltuivat huonosti tässä työssä vaadittaviin käyttötarkoituksiin. Tämä oli osatoiminoista ainoa, jonka valinnassa oli ongelmia aluksi.

Konseptisuunnittelussa kuljetinjärjestelmästä tehtiin 3D-mallit, joiden pohjalta laadittiin työpiirustukset. Mallintamiseen kului aikaa huomattavasti enemmän kuin oli ajateltu, mikä hieman rasitti aikataulua ja loi kiirettä. Työhön kuului laskuja, jotka liittyivät suurimmaksi osaksi sähkömoottorin mitoituksen. Mitoituslaskut oli helppo toteuttaa, koska sähkömoottorin laskennassa käytettävät kaavat olivat yksinkertaisia. Lisäksi konseptivaiheessa kehitettiin kuljetinjärjestelmän toimintaperiaate.

Työn tuloksena saatiin poistoyksiköstä yksityiskohtaiset mallit, joiden pohjalta voidaan valmistaa prototyyppi. Lisäksi tuloksena saatiin kuljetinjärjestelmän toimintaperiaate. Prototyypin valmistus kuului alun perin työhön, mutta se karsittiin pois, mikä jäi hieman harmittamaan. Työssä tuli opittua paljon asioita suunnittelutyöstä ja sen tuomista haasteista, esimerkiksi mitoitukset ja toimilaitteiden valinnat. Kokonaisuutena työ sujui hyvin, vaikka aikataulussa pysymisessä olikin ongelmia.

LÄHTEET

1. Rintala, Mirja 2018. Oululaismiljonääri kehittää muovista miljardibisnestä: Ensin laitteistoja, sitten kokonaisia tehtaita. Oulu: Ilta-Sanomat 31.8.2018. Saatavissa: <https://www.is.fi/oulun-seutu/art-2000005811009.html> Hakupäivä 15.3.2019.
2. Tuomela, Markus 2010. Teleskoopikatsomon tuotekehitys. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16796/Tuomela_Markus.pdf?sequence=4&isAllowed=y Hakupäivä 6.11.2018.
3. Kontio, Esa 2017. Tuotekehitys T318208 8 op. Opintojakson luennot syksyllä 2017. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma.
4. Hietikko, Esa 2015. Tuotekehitystoiminta. Helsinki: Books On Demand.
5. Keinänen, Toimi – Kärkkäinen, Pentti – Lähetkangas, Markku – Sumujärvi, Matti 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.
6. The History Of Conveyors. 2014. United States: Product Handling Concepts. Saatavissa: <https://www.phcfirst.com/words-in-motion/2014/6/30/the-history-of-conveyors> Hakupäivä 16.2.2019.
7. Koivisto, Kosti 2017. Kuljetintekniikka. Helsinki: Books On Demand.
8. Nykänen, Sanna 2009. Termoplastiset polyesterit: Polyeteenitereftelaatti (PET) ja polybuteenitereftelaatti (PBT). Saatavissa: http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PET_PBT_FI.pdf Hakupäivä 31.3.2019.
9. Tekniikan kaavasto. 2015. Porvoo: Amk-Kustannus Oy.

(9, s. 18-21, 91-93, 99)

Sähkömoottorin mitoitus:

Lähtötiedot:

$$v_1 := 0.5 \frac{m}{s} \quad r := 100 \text{ mm} \quad k := 0.06 \quad S := 1500 \text{ rpm}$$

$$a_1 := 0.2 \frac{m}{s^2} \quad \rho := 1340 \frac{kg}{m^3} \quad t_1 := 2 \text{ s}$$

$$r_1 := 0.25 \text{ m} \quad l := 20 \text{ m} \quad \mu := 0.25$$

w = sähkömoottorin pyörimisnopeus

 v_1 = kuljettimen liikenopeus a_1 = sallittu kiihtyvyys r_1 = vetokiekon säde r = putken säde ρ = PET-muovin tiheys k = korjauskerroin massalle l = kuljettimen pituus t_1 = kiihdytysaika μ = kitkakerroin muoville

Putken pinta-ala ja tilavuus 20 m matkalla

$$A := \pi \cdot r^2 = 0.031 \text{ m}^2 \quad V := A \cdot l = 0.628 \text{ m}^3$$

 A = putken pinta-ala V = kuljettimen tilavuus

Kuljettimen korjattu massa

$$m := \rho \cdot V \cdot k = 50.517 \text{ kg}$$

Vastusvoima sekä voiman aiheuttama momentti

$$F := \frac{g \cdot m}{\mu} = 1.982 \text{ kN} \quad M := F \cdot r_1 = 495.401 \text{ N} \cdot \text{m}$$

 F = vastusvoima M = momentti

(9, s. 92-93)

Toision kulmanopeus, hetkellinen kulmanopeus välityssuhde sekä kulmakiihtyvyys

$$\alpha_1 := \frac{a_1}{r_1} = 0.8 \frac{1}{s^2} \quad \omega := \frac{v_1}{r_1} = 19.099 \text{ rpm} \quad R := \frac{S}{\omega} = 78.54 \quad \omega_1 := \alpha_1 \cdot t_1 = 1.6 \frac{1}{s}$$

 α_1 = kulmakiihtyvyys ω = toisio kulmanopeus R = välityssuhde ω_1 = hetkellinen kulmanopeus

Kiihdytykseen tarvittava teho, momentin aiheuttama teho sekä kokonaisteho

$$P_a := M \cdot \omega = 0.991 \text{ kW} \quad P_b := M \cdot \omega_1 = 792.641 \text{ W} \quad P := P_a + P_b = 1.783 \text{ kW}$$

 P = kokonaisteho P_a = momentin aiheuttama teho P_b = kiihdytykseen tarvittava teho

