

WOORD VOORAF

Graag richten we een woord van dank aan het bedrijf Jaga Diepenbeek voor de mogelijkheid om onze masterproef bij hun af te leggen. We denken vooral aan alle bedrijfsmedewerkers waar we mee in contact zijn gekomen doorheen het academiejaar. Zij waren altijd bereid onze vragen te beantwoorden.

In het bijzonder bedanken we de interne promotor drs. ing. Glen Vandevenne en bedrijfspromotor ing. Danny Indestege voor hun begeleiding en technische inzichten. Daarnaast willen we een speciaal woord van dank richten aan ing. John Bijmens en ing. Raf Meermans voor de hulp en advies betreffende hun onderwijsvakken.

Voorts willen we alle personeelsleden bedanken die betrokken zijn bij de masteropleiding in de industriële ingenieurswetenschappen elektromechanica van de Universiteit Hasselt/KU Leuven voor de kans om onze masterproef uit te voeren. Dit was een interessant leerproces waarbij we onze vaardigheden konden verscherpen en op professioneel vlak konden groeien, vooraleer we ons wenden tot de arbeidsmarkt.

Tot slot bedanken we onze ouders voor de mogelijkheid die ze ons hebben gegeven om de bachelor en masteropleiding te volgen. Daar hebben we immers de basis gelegd van onze kennis die we in onze masteropleiding hebben uitgebreid. Verder was het goed afronden van onze thesis niet mogelijk zonder de steun en advies van vrienden en familie.

Ben Evens en Michele Liobardi

Diepenbeek, juni 2015

INHOUDSOPGAVE

Woord vooraf	1
Lijst van figuren	7
Lijst van tabellen	9
Abstract	11
Abstract in English.....	13
1 Jaga.....	15
1.1 Geschiedenis Jaga	15
1.1.1 Oprichting Jaga	15
1.1.2 Evolutie doorheen de jaren.....	15
1.1.3 Heden.....	16
1.2 De 5 kernwaarden binnen het bedrijf.....	17
1.2.1 Respect nature	17
1.2.2 Awake the artist.....	17
1.2.3 Dream a future	17
1.2.4 Create emotion	18
1.2.5 Building bridges.....	18
1.3 Producten Jaga	19
1.3.1 De Energy savers	19
1.3.2 De Eyecatchers	21
1.3.3 De Top Performers.....	22
1.3.4 De Smart Home Systems.....	22
1.4 Greenforce	23
2 Inleiding.....	25
2.1 Situering.....	25
2.2 Probleemstelling	26
2.3 Doelstellingen	27
2.4 Methode.....	28
3 Initiatie	29
3.1 Huidige Situatie	29
3.1.1 Assemblagemethode warmtewisselaar messing collector.....	29
3.1.2 Messing collector	32
3.2 Opbouw kunststof collector	32

4	Literatuurstudie	35
4.1	Studie van bestaande projecten	35
4.1.1	Bachelorproef 2012-2013	35
4.1.2	Bachelorproef 2013-2014	36
4.1.2.1	Oplossingen.....	36
4.2	Studie op bestaande machines	40
4.2.1	Plaatsen ringen.....	40
4.2.2	Verbreden diameter.....	43
4.2.3	Overzicht.....	47
5	Ontwerp assemblagelijng kunststof collector	49
5.1	Uitwerking module 1: Assembleren kunststofringen	49
5.1.1	Concept	49
5.1.2	Testen	49
5.1.3	Resultaat.....	50
5.2	Uitwerking module 2: Assembleren o-ringen.....	56
5.2.1	Concept	56
5.2.2	Testen	56
5.2.2.1	Testopstelling opnemen o-ringen	56
5.2.2.2	Testopstelling magazijn o-ringen.....	57
5.2.3	Resultaat.....	58
5.3	Uitwerking module 3: Verbreden buisdiameters	62
5.3.1	Concept	62
5.3.2	Testen	63
5.3.3	Resultaat.....	64
5.4	Uitwerking module 4: Assembleren Inserts	67
5.4.1	Concept	67
5.4.2	Resultaat.....	67
5.5	Uitwerking module 5: Transportsysteem	70
5.5.1	Concept.....	70
5.5.1.1	Versie 1.....	71
5.5.1.2	Versie 2.....	73
5.5.2	Berekeningen.....	75
5.5.2.1	Bepalen servomotor.....	75

5.5.3	Resultaat.....	76
5.6	Assemblagelijns kunststof collector	77
6	Elektrisch en pneumatisch ontwerp.....	79
7	Kostenanalyse (<i>Return Of Investment</i>)	81
7.1	Kosten messing collector	81
7.2	Kosten kunststof collector met handmatige assemblage	83
7.3	Kosten kunststof collector met automatische assemblage.....	84
8	Conclusie.....	93
8.1	Evaluatie doelstellingen.....	93
8.2	Suggesties voor verder onderzoek	94
	Bibliografie.....	95
	Bijlagenlijst	97

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Jaga nv.....	15
Figuur 2: Locatie Jaga nv Limburg.....	15
Figuur 3: Respect Nature.....	17
Figuur 4: Awake the artist.....	17
Figuur 5: Dream a Feature.....	17
Figuur 6: Create Emotion	18
Figuur 7: Building bridges	18
Figuur 8: Energy savers	19
Figuur 9: Evolutie van de radiatoren.....	19
Figuur 10: Warmtewisselaar	20
Figuur 11: Opwarm snelheid installatie	20
Figuur 12: Reactietijd van een Low-H ₂ O radiator bij temperatuurwisselingen.....	21
Figuur 13: Eyecatchers	21
Figuur 14: Voorbeelden radiatoren (Heatwave, Iguana en Crossroads).....	21
Figuur 15: Top performers	22
Figuur 16: DBE-unit en inbouw in radiator	22
Figuur 17: oXygen logo.....	22
Figuur 18: oXygen-unit in radiator	23
Figuur 19: Greenforce	23
Figuur 20: Energiezuinige klasse.....	24
Figuur 21: Zonnepanelen Jaga	24
Figuur 22: Geassembleerde warmtewisselaar	25
Figuur 23: Koperprijzen.....	26
Figuur 24: Flowchart productie warmtewisselaar	29
Figuur 25: Aluminium warmtegeleidingsplaatje	30
Figuur 26: Soldeerlijn collector op warmtewisselaar	31
Figuur 27: Warmtewisselaar met messing collector afgewerkt.....	31
Figuur 28: Messing collector	32
Figuur 29: Onderdelen kunststof collector.....	32
Figuur 30: Kliksysteem collector	33
Figuur 31: Nieuwe flowchart productie warmtewisselaar.....	34
Figuur 32: Transportband bachelorproef 2013-2014	37
Figuur 33: Deel kunststofring bachelorproef 2013-2014	37
Figuur 34: Deel o-ring bachelorproef 2013-2014.....	39
Figuur 35: O-ring gripper	40
Figuur 36: O-ring montage machine AIS.....	41
Figuur 37: Conische as.....	42
Figuur 38: O-ring montage machine AGI.....	42
Figuur 39: Hydroforming van een buis	44
Figuur 40: Expanders	44

Figuur 41: Rubberpersen bij een buiseinde	45
Figuur 42: Praktisch voorbeeld werking tube end forming	46
Figuur 43: Segmented die [8]	46
Figuur 44: Kunststofring met groef	50
Figuur 45: Magazijn met trilbaan module 1	50
Figuur 46: a) opvangbak en b) positie opvangbak op module 1	51
Figuur 47: Doorduwsysteem kunststofring	52
Figuur 48: Opneemsysteem kunststofring	52
Figuur 49: Roteren opneemsysteem over 90°	53
Figuur 50: Positioneren opnemers.....	53
Figuur 51: Afduwsysteem en geassembleerde kunststofring	54
Figuur 52: Resultaat module 1	55
Figuur 53: O-ring, cilindrische bus en conische as	56
Figuur 54: Assemblage o-ring op koperen buis warmtewisselaar	57
Figuur 55: Test magazijn	58
Figuur 56: Doorduwsysteem o-ringen.....	59
Figuur 57: Magazijn o-ringen.....	59
Figuur 58: Opneemsysteem o-ringen.....	60
Figuur 59: Resultaat module 2	61
Figuur 60: Module verbreden	63
Figuur 61: Verbreden buisdiameter	63
Figuur 62: Persluchtcilinder verbreden	65
Figuur 63: Lineaire geleiding en rechte groef	65
Figuur 64: Resultaat module 3	66
Figuur 65: Voorgevormde doorduwstuk inserts	68
Figuur 66: Magazijn inserts met aangepaste schuine groeven	68
Figuur 67: Resultaat module 4	69
Figuur 68: Transportmogelijkheden.....	70
Figuur 69: Transportmodule versie 1	71
Figuur 70: Slede transportmodule versie 1	72
Figuur 71: Aangrijpen transportmodule versie 1	72
Figuur 72: Werking slede	73
Figuur 73: Transportsysteem	74
Figuur 74: Snelheidskarakteristiek transportketting.....	75
Figuur 75: Voorstelling koppel	76
Figuur 76: Assemblagelijijn kunststof collector	77
Figuur 77: Zijaanzicht assemblagelijijn kunststof collector	78
Figuur 78: Mechanism in PTC Creo	78
Figuur 79: Grafiek terugverdiëntijd in aantal warmtewisselaars.....	92
Figuur 80: Grafiek terugverdiëntijd in werkdagen	92

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Overzicht technieken literatuurstudie.....	47
Tabel 2: Kosten messing collector type 10.....	81
Tabel 3: Variabele kosten messing collector.....	82
Tabel 4: Materiaalkost kunststof collector type 10.....	83
Tabel 5: Variabele kosten handmatige assemblage kunststof collector.....	84
Tabel 6: Kostenoverzicht.....	85
Tabel 7: Vaste kosten module 1.....	86
Tabel 8: Vaste kosten module 2.....	87
Tabel 9: Vaste kosten module 3.....	88
Tabel 10: Vaste kosten module 4.....	89
Tabel 11: Vaste kosten module 5.....	90
Tabel 12: Vaste kosten geheel.....	90
Tabel 13: Variabele kosten automatische assemblage kunststof collector.....	91

ABSTRACT

Jaga nv in Diepenbeek heeft een nieuw collectorontwerp voor de warmtewisselaars van hun Low-H2O radiatoren. Deze collector is vervaardigd uit polyphthalamide (een high performance kunststof) en vervangt de duurdere messing variant. Om de nieuwe collector te assembleren heeft Jaga een assemblagelijijn nodig.

Het doel van deze masterproef is het ontwerpen van deze geautomatiseerde assemblagelijijn die uit vijf modules bestaat. Een eerste module voor het assembleren van kunststofringen op de koperen buis van de warmtewisselaar, een tweede module voor het assembleren van de afdichtende o-ringen op de koperen buis, een derde module voor het verbreden van de buisdiameter, een vierde module voor het assembleren van de inserts aan de binnenkant van de buis en tot slot een transportsysteem die de warmtewisselaars transporteert langsheen de voorgaande vier modules.

De modules zijn ontworpen met het ontwerppakket *PTC Creo*. Vervolgens wordt de werking aangetoond via een simulatie in *Creo Mechanism*. EPLAN is gebruikt voor het ontwerp van de elektrische en pneumatische schema's. Tot slot is er een kosten-batenanalyse uitgevoerd om een beeld te vormen van de kostenbesparing die de nieuwe assemblagelijijn met zich meebrengt.

ABSTRACT IN ENGLISH

Jaga nv located in Diepenbeek is looking to implement a new collector for the heat exchanger of their Low-H₂O radiator. This collector will be made out of polyphthalamide (a high performance plastic) and replaces the current brass one. To implement this new collector, Jaga needs a new assembly line.

The goal of this master's thesis is designing this new automated assembly line, which consists of five separate modules. A first module assembles plastic rings on the copper pipes of the heat exchanger, a second module assembles the o-rings, a third module expands the pipe diameter of the heat exchanger, a fourth module positions the inserts into the copper pipes and a final module ensures the transport between the four previous ones.

Engineering software *PTC Creo* is used to design the assembly line mechanically. Subsequently, the line is visualized with *Creo Mechanism*. The electric and pneumatic circuits are made in EPLAN. To conclude, a cost-benefit analysis is performed to show the yearly cost reduction of the assembly line.

1 JAGA

1.1 GESCHIEDENIS JAGA

1.1.1 Oprichting Jaga

Jaga nv. werd in 1962 opgericht door de broers Jan en Gaston Kriekels, twee installateurs van centrale verwarmingen. Doordat er in de jaren 60 een grote opmars was in centrale verwarmingen kregen de broers te kampen met lange levertijden. Bijgevolg besloten de broers om zelf radiatoren te produceren. Het resultaat was de oprichting van een bedrijf. Ze besloten om hun bedrijf de naam Jaga te geven wat staat voor de twee eerste letters in hun namen. Het familiebedrijf bleek al snel een groot succes te zijn. Ze werden zo groot dat zelf andere installateurs hun radiatoren gingen gebruiken. [1]



Figuur 1: Jaga nv [1]

1.1.2 Evolutie doorheen de jaren

In 1966 namen ze hun eerste werknemers aan, waardoor ze nog twee jaar productie en installatie konden combineren. Hierna besloten ze om enkel nog radiatoren te produceren, en de installatie ervan aan andere over te laten. Om aan de toenemende vraag te kunnen voldoen hebben ze besloten een nieuwe fabriekshal te bouwen van circa 320 m². Ze produceerde toen slechts één product, namelijk de convector. Dit was een groot succes doordat ze deze convectoren zo snel en goedkoop konden leveren. Dit resulteerde in een nieuwe uitbreiding van hun bedrijfshal naar circa 4090 m². Door hun constante groei en goede naam in België verworven ze ook bekendheid in het buitenland en trokken ze met hun producten de grens over.

In 1973 is Jaga overgeschakeld naar een naamloze vennootschap. De zaken gingen nog steeds goed wat ertoe leidde dat ze opnieuw moesten uitbreiden. Door al deze uitbreidingen kregen ze te kampen met een plaats tekort en zijn in 1972 ze opzoek gegaan naar een nieuwe locatie waar ze wel de mogelijk hadden om verder uit te breiden. Zo zijn ze terecht gekomen bij de Verbindingslaan te Diepenbeek, waar hun bedrijf op dit moment gevestigd is. [4]



Figuur 2: Locatie Jaga nv Limburg [9]

1.1.3 Heden

Jan Kriekels Jr, zoon van de medeoprichters van Jaga Jan Kriekels, nam het bedrijf in de jaren '90 over en gooide daar compleet het roer om. Zo kochten ze in november 1991 het bedrijf "Heating Design Industries" over. HDI was een bedrijf dat zich bezighield met de productie van sierradiatoren. Door deze overname hadden ze de productie van sierradiatoren zelf in handen. Jan Kriekels Jr introduceerde de visie op duurzame en milieuvriendelijke radiatoren met een oog voor creativiteit en constante innovatie. Hierdoor legde hij de lat hoog voor de andere radiatorproducenten. De totale oppervlakte van het bedrijf is geschat op 45.000 m² en wereldwijd zijn 650 werknemers tewerkgesteld. Jaga heeft ook 85 volwaardige productgroepen waarmee een omzet van 80 miljoen euro behaald wordt. Alleen al in Europa telt Jaga vijf vestigingen: Frankrijk, Tsjechië, Nederland, Engeland en Duitsland. Daarbuiten zijn er in Amerika, Canada, China, Japan en Australië ook vestigingen. Ondertussen hebben ze hun gamma producten fors uitgebreid en zijn ze nog steeds op zoek naar nieuwe technologieën. Greenforce is een nieuwe uitdaging onder de vorm van een firma die de gestelde standaarden tegen het jaar 2020 moet helpen behalen. Volgens deze standaarden moet elk huis (bijna)energie neutraal zijn, wat betekent dat de woningen energiezuiniger moeten worden. Dit doen ze door de energie uit natuurlijke bronnen te halen. [4]

1.2 DE 5 KERNWAARDEN BINNEN HET BEDRIJF

Bij Jaga verwacht men dat werknemers geleid worden door 5 kernwaarden: Respect nature; Awake the artist; Dream a future; Create emotion; Building bridges. Hiermee willen ze het bedrijf een uniek spoor laten belopen en de maatschappij de zogenaamde “Mentality Change” doen verkrijgen.

1.2.1 Respect nature

De nieuwe assemblagelijijn voor de kunststof collectoren is een gevolg van het milieubewust en groen handelen van het bedrijf. Jaga wil bijdragen tot een betere, groene en meer ecologische manier van denken en produceren. Ze willen hun verbruik van natuurlijke grondstoffen verminderen en trachten een duurzaam evenwicht te vinden. Ze beginnen alvast bij het respecteren van de natuur en van de toekomst van de mensen die het van ons zullen erven. Een mooi voorbeeld is de cradle-to-cradle *Jaga Rubbish exhibition* van 2010 waarbij de stand bestond uit productieafval. Gedurende een aantal jaar werd de stand steeds weer opnieuw gebruikt.

**RESPECT
NATURE**



Figuur 3: Respect Nature [2]

1.2.2 Awake the artist

**AWAKE
THE ARTIST**



Figuur 4: Awake the artist [2]

Kunst confronteert iedere persoon met zichzelf. Het geeft de mogelijkheid om ons bewustzijn te vergroten zodat er op een hoger inzichtsniveau kan worden gefunctioneerd. In het dagelijks leven kan kunst een groot verschil maken. Het kan namelijk onze acties, gemoedsstemming en de ervaring van ons leven op aarde verbeteren. Met deze waarde streeft Jaga ernaar om de artiest diep in ons te ontwakken zodat creativiteit kan worden geuit in het dagelijks leven en bij het ontwerpen van nieuwe producten. Jaga probeert het gebruik van innovatieve materialen en productietechnieken aan te sporen om een beter rendement te verkrijgen alsook de producten te in kunstobjecten te veranderen.

1.2.3 Dream a future

In deze kernwaarde legt men de nadruk op het durven dromen en het vooruit kijken in de toekomst. De maatschappij moet zich een leven kunnen voorstellen zonder de huidige energiebronnen. Binnen Jaga ontwerpen ze graag innovatieve producten met futuristische eigenschappen om het leven op aarde een nieuwe kans te geven op een duurzaam bestaan. Zo werd Jaga uitverkozen als partner van het huis van de toekomst *Living Tomorrow* dat zowel in Vilvoorde als in Amsterdam terug te vinden is.



Figuur 5: Dream a Future [2]

1.2.4 Create emotion

CREATE
EMOTION

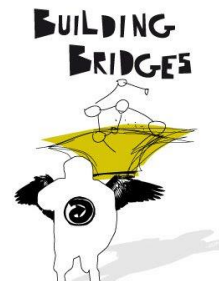


Figuur 6: Create Emotion [2]

Volgens Jaga is passie en emotie een perfecte manier om hun producten te delen met iedereen. Unieke ervaringen hebben immers een grotere impact op de mensen en blijven dus langer in het geheugen zitten. De *Jaga World Tour Experience Truck* is hier een mooi voorbeeld van. De truck is al in talloze dorpen, steden, landen en continenten geweest waarbij mensen instappen en kunnen dan volledig nieuwe emoties opwekken. Het is ook belangrijk dat er links worden gelegd met activiteiten en events die dezelfde passie vertonen als Jaga. Op deze manier kan er vanuit andere aspecten nieuwe gevoelens creëren waaruit nieuwe product gebonden ideeën voortvloeien.

1.2.5 Building bridges

Als vijfde kernwaarde streeft Jaga naar de opbouw van een netwerk waarin men kennis met elkaar deelt over hun producten. Via het *Uchronia Community* platform kunnen mensen wereldwijd communiceren, ideeën uitwisselen en vooral hun creatief inzicht delen. Nog een voorbeeld van het opbouwen van netwerken zijn de *Jaga Product Days* waarbij partners uit 24 landen samenkomen en brainstormen over de Jaga producten van de toekomst.



Figuur 7: Building bridges [2]

1.3 PRODUCTEN JAGA

Reeds meer dan 40 jaar leidt Jaga de verwarmings- en koelingsindustrie door hun innovatieve concepten en producten. Ze hebben doorheen de afgelopen decennia dan ook een uitgebreide hoeveelheid producten op de markt gebracht. Deze producten kan men onderverdelen in de volgende groepen.

1.3.1 De Energy savers

Vaak gaat comfort ten koste van de natuur.

Door de investering in ontwikkeling van producten die minder energie en minder brandstoffen verbruiken, wil Jaga deze traditionele manier van denken doorbreken.

Maar natuurlijk gebeurt dit allemaal zodanig dat er niet wordt ingeboet op comfort. Bij Jaga zijn ze continu op zoek naar verantwoorde en vernieuwende technieken om onze ecologische voetafdruk tot een minimum te beperken.

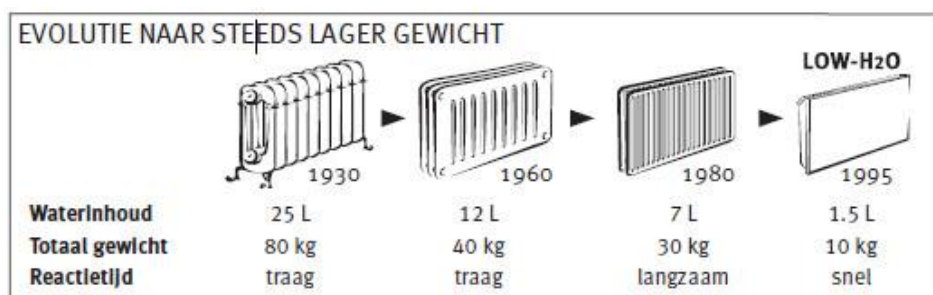
Een resultaat hiervan is de *Low-H2O Technologie* die wordt toegepast in de radiatoren en deze biedt meteen een hoop voordelen. Ze genereren onder andere meer warmte en verbruiken minder energie. Het hart van iedere *Energy saver* is de snelle warmtewisselaar bestaande uit hoog thermisch geleidende materialen voor een betere warmteoverdracht. Ook is de levensduur van een radiator langer en kunnen ze hierna volledig worden gerecycleerd.



Figuur 8: Energy savers [2]

Low-H2O technologie in detail

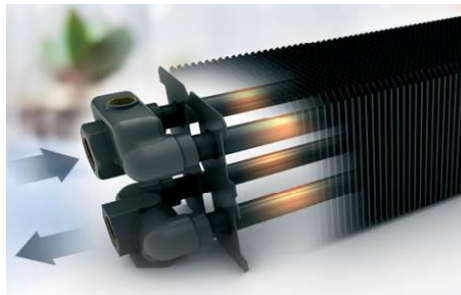
De doorslaggevende factor voor de *Low-H2O Technologie* is de afname van de waterinhoud en het gewicht van een radiator. Er wordt 90 procent minder water gebruikt ten opzichte van de traditionele radiator. Dat is gemiddeld slechts 2 liter in plaats van 20 liter.



Figuur 9: Evolutie van de radiatoren [2]

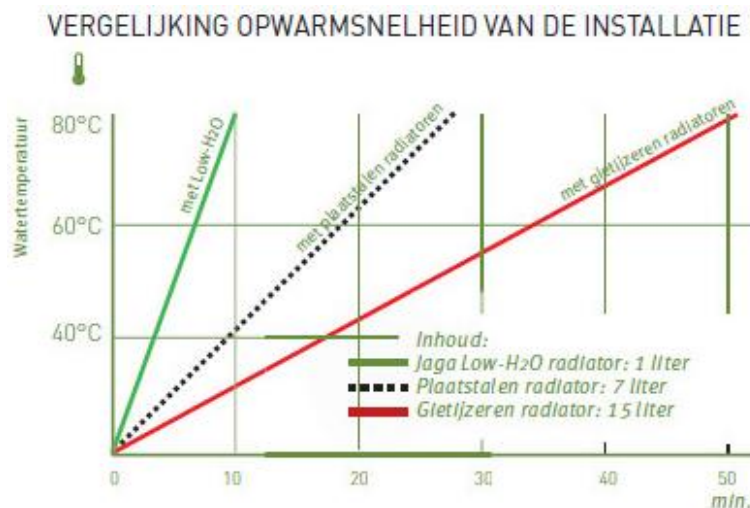
Het weinige water is snel warm wat betekent dat de radiator dat ook is. Dit is te danken aan de ultramoderne warmtewisselaar uit aluminium en koper die de warmte meteen doorgeeft naar de kamer. De radiatoren zijn daarenboven zo ontwikkeld dat de

contactoppervlaktetemperatuur veel lager is dan bij traditionele radiatoren. Gemiddeld ligt de temperatuur rond 43°C waardoor brandwonden door contact voorgoed verleden tijd zijn.



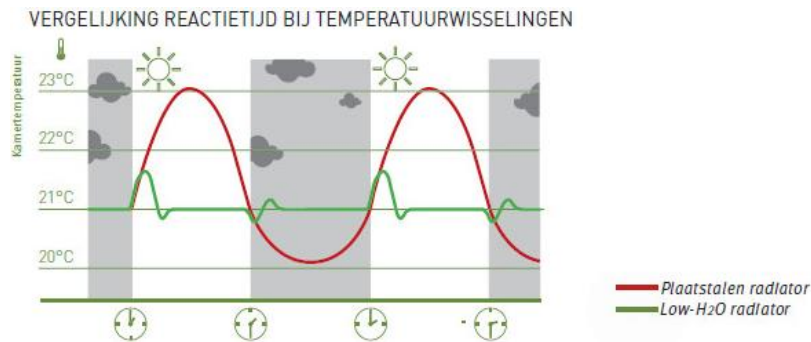
Figuur 10: Warmtewisselaar [2]

Een *Low-H₂O radiator* is sneller opgewarmd. Het aangenaam gevolg ervan is dat je bijvoorbeeld 's morgens de verwarmingsinstallatie 20 minuten later kan aanzetten, wat een flinke kostenbesparing met zich meeneemt. In de onderstaande figuur is een vergelijking gemaakt tussen de verschillende radiatoren.



Figuur 11: Opwarmnelheid installatie [2]

Een tweede voordeel is dat de reactietijd van een *Low-H₂O radiator* lager ligt dan de traditionele radiatoren. Schijnt de zon plots binnen? Staat de oven of de vaatwasser aan? De temperatuur stijgt dan aanzienlijk en de thermostaat reageert. Bij traditionele radiatoren blijft de verwarmingsketel nog enige tijd overtollige warmte afgeven waardoor het binnenshuis extra warm wordt. De *Low-H₂O radiator* reageert meteen dankzij de lagere waterinhoud. De installatie blijft dus minder lang nutteloos verwarmen.



Figuur 12: Reactietijd van een Low-H₂O radiator bij temperatuurwisselingen [2]

1.3.2 De Eyecatchers

Tegenwoordig wordt van elk huis een echt kunstwerk gemaakt. Jaga wil hier op inwerken met het radiatorgamma *Eyecatchers*. Ze hebben een artistieke en opvallende uitstraling en passen toch in het interieur van ieders huis. Ze zijn ontworpen met innovatieve materialen en productietechnieken die garant staan voor een uitstekend warmtecomfort. Een tijdloos en duurzaam design zorgt ervoor dat deze radiatoren zijn gemaakt om voor altijd mee te gaan. Hieronder zijn een aantal voorbeelden uit het gamma *Eyecatchers*.



Figuur 13: Eyecatchers [2]



Figuur 14: Voorbeelden radiatoren (Heatwave, Iguana en Crossroads) [1]

1.3.3 De Top Performers

De *Top Performers* radiatoren combineren de efficiënte *Low-H2O* technologie met de *Dynamic Boost Effect* technologie. Het zijn klein en krachtige systemen die aan al de wensen van de gebruikers voldoen. Met de DBE technologie introduceert Jaga intelligente radiatoren. Ze passen zich aan naargelang de omgevingstemperatuur waardoor ze snel het comfort tot het uiterste brengen.



Figuur 15: Top performers[2]

De *DBE*-technologie maakt gebruik van een microprocessor die de activator aanstuurt. De activator is zo ontworpen om de warmte in de *Low-H2O* warmtewisselaar te activeren. Radiatoren waarin de *DBE*-technologie wordt toegepast kunnen tweemaal zoveel warmte leveren. De opwarmtijden verkorten aanzienlijk doordat er op een efficiënte manier de warmte in de omgeving wordt gebracht.



Figuur 16: DBE-unit en inbouw in radiator [2]

1.3.4 De Smart Home Systems

De luchtverversingsystemen vormen nog een andere tak waar Jaga op gefocust is. De *Jaga Oxygen* radiator is een nieuwe radiator, die zorgt voor het verversen van de lucht in een bepaalde omgeving. Door constante toevoer van verse lucht kunnen onder andere concentratieproblemen worden verholpen. Sensoren meten de vervuilingsgraad van elke kamer op. Door de grote flexibiliteit zorgt *Oxygen* dat de



Figuur 17: oXygen logo [4]

luchtstromen per kamer aangepast zijn aan de vervuilingsgraad van de kamers. Filters garanderen de verse lucht doordat ze stoffen, pollen en andere bacteriën elimineren. Dit luchtverversingsysteem is geïntegreerd in een *Low-H2O* radiator die de combinatie van warmte en verse lucht perfect tot stand brengt. Daarnaast heeft Jaga het uiterlijk van de *Oxygen* radiatoren niet aan de toeval gelaten waardoor ze in elk huis passen.



Figuur 18: oXygen-unit in radiator [2]

1.4 GREENFORCE

In het jaar 2012 heeft Jaga een nieuwe filosofie aangenomen waarbij men voor de verwarming van het huis de energie uit de natuur wil halen. Deze filosofie zit omvat in de recent opgerichte firma *Greenforce* onder het motto *Join The Revolution*. Hiermee willen ze iedereen aansporen om aan het milieu van onze planeet te denken. Natuurlijke energie wordt gehaald uit de lucht, zon en grond via afzuiginstallaties, zonnepanelen en warmtepompen. *Greenforce* heeft het doel om tegen 2020 het protocol te behalen dat impliceert dat alle huizen (bijna) energie neutraal moeten uitgevoerd worden. Hiervoor moeten er natuurlijk veel dingen aangepast worden. Alle huizen worden onder andere onderworpen aan een studie waarbij de isolatie van het huis wordt gecontroleerd. Het rendement van de centrale verwarmingsinstallatie moet voldoen aan bepaalde standaarden en ook moet men via de zon elektriciteit kunnen opwekken. Het komt erop neer dat er tegen 2020 een complete omschakeling moet worden gemaakt naar deze nieuwe filosofie van leven. Huizen moeten voldoende energie opwekken om het verbruik te compenseren.



Figuur 19: Greenforce



Figuur 20: Energiezuinige klasse

De oorzaak van deze denkwijze ontstaat door het welgekende CO₂ probleem dat al veel jaren de aarde treitert. CO₂ is een kleurloos, geurloos gas dat van nature in de lucht aanwezig is. Elk micro-organisme op onze planeet produceert dit gas. Daarnaast ontstaan deze gassen ook bij de verbranding van fossiele brandstoffen zoals diesel, aardgas en benzine. Het is zo dat de CO₂ uitstoot verhoogt naarmate er meer fossiele brandstoffen worden verbrand. Hoe meer onze centrale verwarming, wagen en bedrijven verbruiken des te meer uitstoot er zal zijn. Sinds de industriële revolutie is de concentratie van CO₂ gestegen waardoor we steeds meer geconfronteerd worden met dit fenomeen. Daarom is het van belang dat werk en woonomgeving meer en meer energiezuinig moeten worden uitgevoerd.

Greenforce gebruikt de vier grote krachten uit de natuur. De aarde is een bron van energie en deze moet slechts nog worden opgehaald. *Greenforce* gebruikt snelle en zuinige warmtepompen in combinatie met *Low-H₂O* radiatoren die een laag verbruik en een optimaal comfort garanderen. Jaga maakt zelf nuttig gebruik van de energie die de zon aanbiedt. Op het dak van het bedrijf (Figuur 21) zijn er 2016 zonnepanelen geïnstalleerd die zorgen voor een piek van 564 kW. Dat komt neer op een vermindering van 249 ton CO₂ uitstoot. Dat is vergelijkbaar met 2,5 miljoen kilometer met de auto. Daarnaast heeft Jaga zijn ecologische voetafdruk verder verminderd door de gehele stookolie installatie te vervangen door houtpellets waardoor de fabriekshallen meer CO₂-neutraal worden verwarmd. De balans tussen mens en natuur is van fundamenteel belang voor het bedrijf en wordt consequent doorgetrokken doorheen de productieontwikkelingen. Er wordt vastberaden gekozen voor hergebruik van materialen en een efficiënt gebruik van grondstoffen.



Figuur 21: Zonnepanelen Jaga [10]

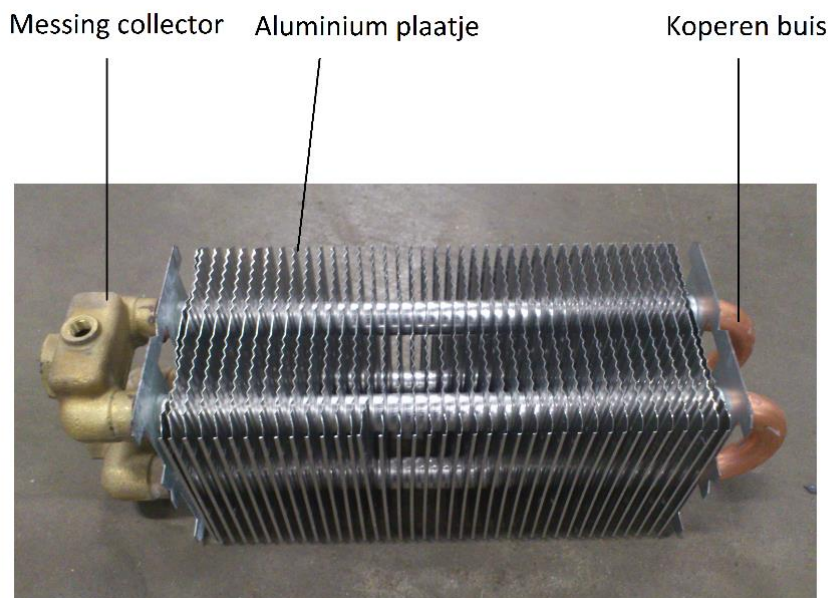
2 INLEIDING

2.1 SITUERING

Als masterstudenten van de opleiding industrieel ingenieur elektromechanica kregen wij de kans om een ontwerp te maken voor Jaga Diepenbeek. Jaga ontwikkelt en produceert duurzame en milieuvriendelijke radiatoren met een oog voor creativiteit en constante innovatie. Ze hebben wereldwijd 650 werknemers in dienst en zijn gevestigd in Europa, Amerika, Azië en Australië. Voor meer informatie wordt verwezen naar paragraaf 1.1. Dit is een korte samenvatting van de geschiedenis van Jaga. In het bedrijf leeft er ook een bepaalde filosofie. Deze filosofie is vervat in vijf kernwaarden die zijn besproken in paragraaf 1.2.

Overigens zijn de verschillende soorten radiatoren onderverdeeld in drie productlijnen. Ten eerste zijn er de energy savers, ten tweede de eye catchers en als laatste de top performers. Paragraaf 1.3 geeft meer informatie over de productlijnen. In samenwerking met externe bedrijfspartners is Jaga daarenboven gestart met het *Greenforce*. Het doel is om tegen 2020 het *Kyoto protocol* te behalen. Er is meer aandacht geschonken aan *Greenforce* in Paragraaf 1.4.

In de meeste radiatoren van Jaga bevindt zich een warmtewisselaar (Figuur 22). Dit is het belangrijkste component van de radiator. De warmtewisselaars bestaan uit koperen buizen met hiertussen aluminium platen om de warmte te geleiden. Aan de open uiteindes van de buizen is een messing collector bevestigd. De koppeling tussen centrale verwarming en warmtewisselaar gebeurt via de collector.



Figuur 22: Geassembleerde warmtewisselaar

Er bestaan verschillende types warmtewisselaars. Deze types variëren naargelang het aantal aansluitingen en de vorm van de warmtewisselaar. Voor deze masterproef zijn de onderstaande types van warmtewisselaars belangrijk.

- type 10 (100 mm breed, 100 mm hoog, 4 aansluitingen)
- type 15 (100 mm breed, 150 mm hoog, 6 aansluitingen)
- type 20 (100 mm breed, 200 mm hoog, 8 aansluitingen)

De lengte van elk van deze warmtewisselaars varieert tussen 278,3 mm en 1978,8 mm. De aansluitingen van de warmtewisselaars zijn gemaakt uit messing en zijn gesoldeerd op de koperen buizen.

2.2 PROBLEEMSTELLING

De kostprijs voor de productie van warmtewisselaars is sinds 2009 enorm gestegen. Een interne studie door Jaga uit 2011 heeft bewezen dat de stijging van de productieprijs te wijten is aan de stijgende aankoopprijs van koper (Figuur 23). Bovendien varieert de kostprijs van koper erg veel in functie van de tijd. Aangezien de warmtewisselaar grotendeels bestaat uit koper, is indertijd besloten om koper te vervangen door een goedkoper maar gelijkwaardig materiaal.



Figuur 23: Koperprijzen [3]

Voor een goede warmteoverdracht hebben ze besloten om de buizen uit koper te blijven vervaardigen. Anderzijds wordt messing gebruikt voor de productie van de collector.

Messing bestaat voor 60-65% uit koper. Daarenboven verbruikt het soldeerproces jaarlijks ongeveer 36 065 liter propaan. Jaga heeft besloten om dit onderdeel uit een ander materiaal te produceren, namelijk kunststof. Door de overstap naar de kunststof collector reduceert men enerzijds de materiaalprijs met 40%, maar ook het propaanverbruik binnen het bedrijf vermindert aanzienlijk. Anderzijds moest Jaga echter een nieuw collectorontwerp voorzien voor de warmtewisselaars. Dit ontwerp zal worden besproken in “3.2 Opbouw kunststof collector”. In de huidige assemblagemethode van de messing collector komt nog veel handarbeid aan te pas. Dit is tevens zeer werkintensief voor de werknemer. De kunststof collector bestaat uit verschillende onderdelen en deze moet men monteren op de warmtewisselaar. Indien de assemblage handmatig gebeurt, wordt de assemblagetijd veel te groot en kan Jaga geen grootschalige productie van warmtewisselaars realiseren.

2.3 DOELSTELLINGEN

De doelstelling is het ontwerpen van een geautomatiseerde assemblagelijijn voor de kunststof collector. Voor het ontwerp van dit nieuw assemblageproces zijn een aantal eisen vastgelegd. Hieronder een opsomming van de doelstellingen:

- het assembleren van de kunststof collector geschiedt automatisch;
- het assembleren van de kunststof collector gebeurt voor alle lengtes van de modellen type 10, type 15 en type 20;
- het ontwerpen van module 1 voor de assemblage van de kunststofringen;
- het ontwerpen van module 2 voor de assemblage van de o-ringen;
- het ontwerpen van module 3 voor het verbreden van de koperen buizen;
- het ontwerpen van module 4 voor de assemblage van de inserts;
- het ontwerpen van module 5 voor het transportsysteem;
- het assembleren gebeurt meervoudig;
- het simuleren van de assemblagelijijn in *Creo Mechanism*;
- het assembleren gebeurt in één assemblagelijijn;
- het assembleren van minstens één afgewerkte warmtewisselaar per minuut;
- het realiseren van een ergonomische werkomgeving voor de werknemers waarbij de hoogte van de modules niet groter is dan 1,5 m;
- het verbruik van perslucht en elektriciteit moet lager zijn dan de huidige assemblagelijijn;
- het stockeren van de onderdelen van de kunststof collector gebeurt horizontaal;
- het stockeren gebeurt op elke afzonderlijke module in een “magazijn” aangepast aan de afmetingen van de onderdelen;
- het aanvoeren van de onderdelen gebeurt automatisch.

Jaga beschouwt het probleem opgelost wanneer de modules zijn gerealiseerd en ze voldoen aan de bovenstaande eisen. De simulatie is zeer belangrijk, want hiermee wordt de juiste werking aangetoond.

2.4 METHODE

In deze thesis wordt de kennis die de afgelopen jaren is vergaard in de bedrijfswereld toegepast. Allereerst is een literatuurstudie opgestart om de verschillende bestaande technieken te onderzoeken. Deze technieken zijn grondig besproken in het volgende hoofdstuk. De bedoeling is om een goede basis te leggen voor de ontwerpfase.

De ontwerpen van de verschillende modules zijn allemaal uitgetekend via de engineeringsoftware *PTC Creo*. Hierin worden we geconfronteerd met nieuwe functies waardoor de aangeleerde basiscompetenties verder zijn aangescherpt. Daarnaast is er een elektrische en pneumatisch schema opgesteld. Dit is gerealiseerd in het tekenpakket *EPLAN education*. Voor de simulatie van de assemblagelijijn is er gebruikgemaakt van de simulatiesoftware *Creo Mechanism* binnen *PTC Creo*.

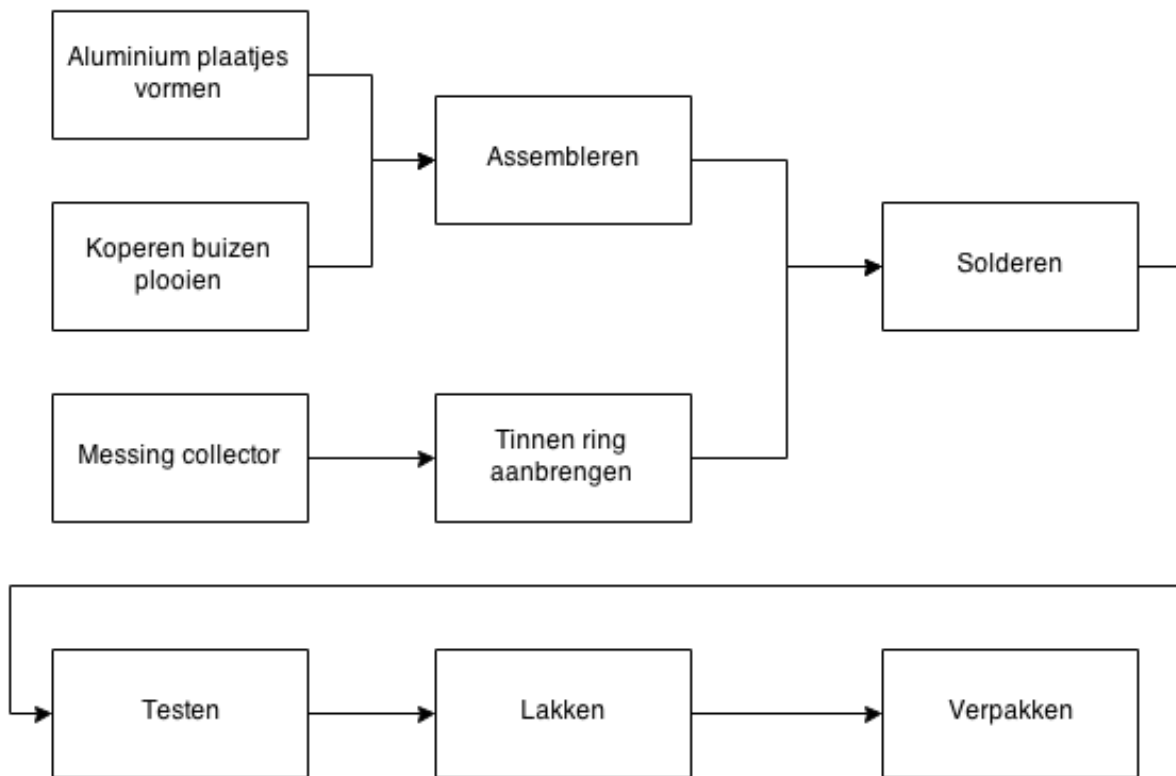
Tot slot is een kosten-batenanalyse uitgevoerd om de kostenbesparing te berekenen die de nieuwe assemblagelijijn voor de kunststof collector met zich meebrengt. Onze cursus van bedrijfsmanagement is zeer handig geweest voor de berekeningen.

3 INITIATIE

3.1 HUIDIGE SITUATIE

3.1.1 Assemblagemethode warmtewisselaar messing collector

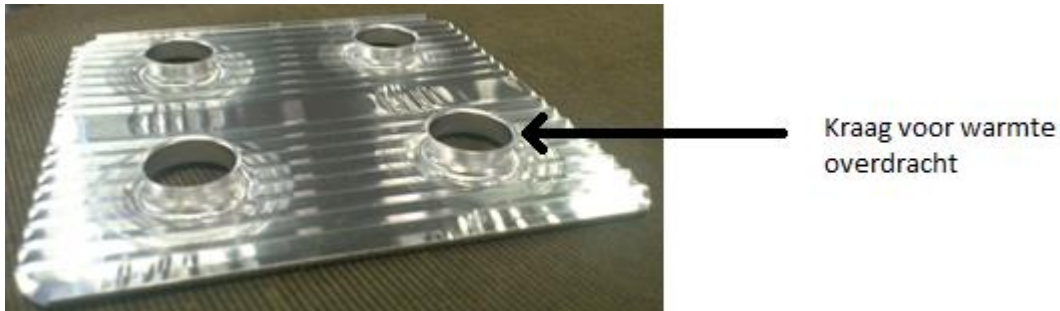
De huidige productie van de warmtewisselaar is opgedeeld in een aantal stappen. Figuur 24 geeft de volgorde van de stappen weer.



Figuur 24: Flowchart productie warmtewisselaar

Allereerst is er de aanvoer van verschillende onderdelen. Dit zijn onder andere koperen buizen, aluminium spoelen en messing collectoren. De aluminium spoelen worden in een ponsmachine aangevoerd. Deze zal het aluminium in drie stappen omvormen tot de uiteindelijke warmtegeleidingsplaatjes.

In de eerste stap wordt de plaat gevormd. Daarna worden er gaten in geponst. Tot slot is er een kraag in de plaat geperst (zie Figuur 25) waardoor het raakoppervlak met de koperen buizen vergroot. Hierdoor is de hoeveelheid overgedragen warmte tussen buis en plaatjes optimaal.

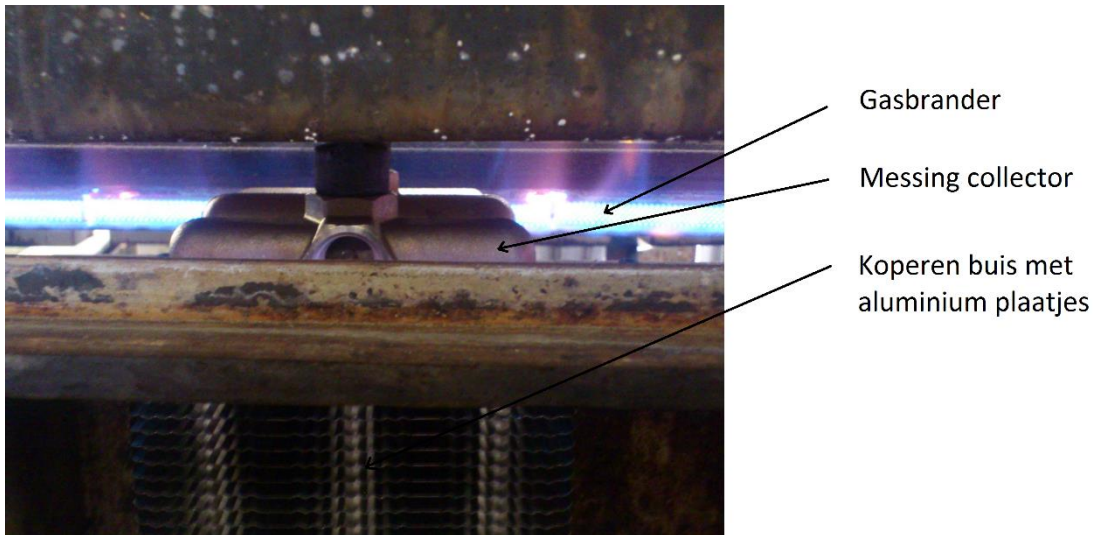


Figuur 25: Aluminium warmtegeleidingsplaatje

In de tussentijd zijn de koperen buizen op een andere machine aangevoerd. De machine buigt de buizen om tot een U-vorm en snijdt ze op de juiste lengte af. Een werknemer neemt de geponste aluminium plaatjes en schuift ze over de gebogen buizen. Om ervoor te zorgen dat de plaatjes op de koperen buizen blijven zitten worden de onderdelen in een “expander-machine” gestoken. Deze machine gaat de buisdiameter van de koperen buis verbreden om zo de aluminium plaatjes op de buis te klemmen.

Ondertussen bereidt een andere werknemer de messing collectoren op het soldeerproces voor door deze te voorzien van tin. Om ervoor te zorgen dat de verbinding gelijkmatig gebeurt, zal de werknemer ook nog de soldeervloeistof aanbrengen op de tinnen ring.

De messing collectoren worden handmatig op de koperen buizen geplaatst. Deze componenten vormen samen de warmtewisselaar. De warmtewisselaar wordt in de “Soldeer-machine” gehangen. Hierin passeren de warmtewisselaars gasbranders (Figuur 26), die voor het soldeerproces zorgen.



Figuur 26: Soldeerlijn collector op warmtewisselaar

Wanneer de warmtewisselaars zijn afgekoeld worden ze uit de “soldeer-machine” gehaald om te worden getest. Het testen gebeurt door een werknemer die de warmtewisselaar in een testbank plaatst, waar er wordt gekeken of de soldeerverbinding voldoet.

Dit wordt gecontroleerd door de warmtewisselaar onder te dompelen in water. Wanneer de warmtewisselaar onder het water is, zal er lucht op een druk van 25 bar door de warmtewisselaar worden geblazen. Als er ergens een lek is, zullen er belletjes omhoog komen en kan de warmtewisselaar plaatselijk worden hersteld.

Na goedkeuring worden de warmtewisselaars opgestapeld en naar de laklijn gebracht. Hier ondergaan ze in eerste instantie een ontvettingsproces. Dat is belangrijk voor een goede hechting van de poederlak. Vervolgens doorlopen ze het poedergedeelte waar een laag antraciet poeder wordt aangebracht, waarna de afgewerkte warmtewisselaar via een transportband uit de machine komt (zie onderstaande foto). Vanaf deze transportband worden de warmtewisselaars naar een verpakkingsunit geleid wat ook de laatste stap in de productie van de warmtewisselaar is.



Figuur 27: Warmtewisselaar met messing collector afgewerkt

3.1.2 Messing collector

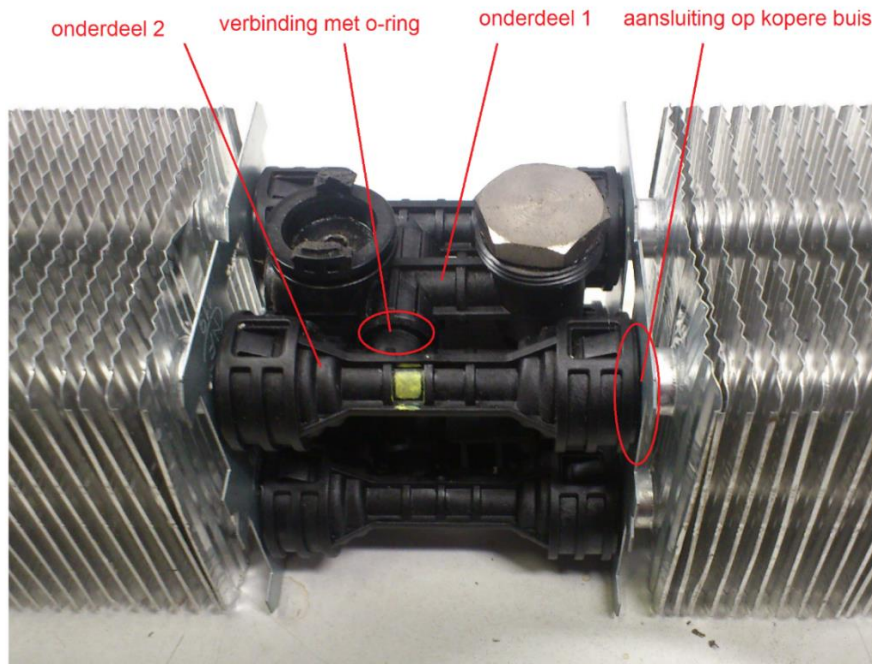
De messing collector (onderstaande Figuur 28) is het onderdeel dat de warmtewisselaar verbindt met de centrale verwarming. Deze messing onderdelen worden gegoten en bewerkt voordat ze naar Jaga worden getransporteerd. De onderdelen bestaan uit messing met een verhouding van 60-65% koper en 40-35% zink. Door middel van een soldeerproces worden deze messing onderdelen op de koperen buizen van de warmtewisselaar bevestigd.



Figuur 28: Messing collector

3.2 OPBOUW KUNSTSTOF COLLECTOR

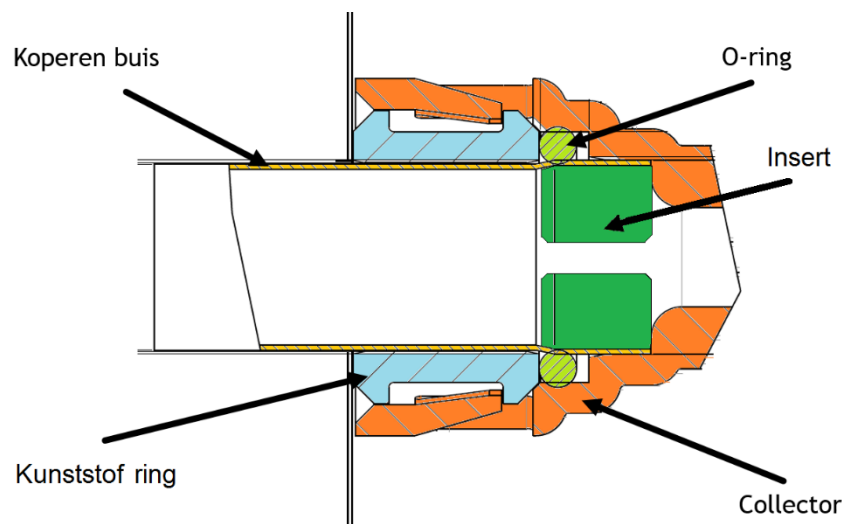
De kunststof collector is gemaakt uit een hoog performant polyamide. De specificaties hiervan staan in Bijlage 8. Deze kunststof wordt met behulp van spuitgieten tot verschillende onderdelen gevormd.



Figuur 29: Onderdelen kunststof collector

De collector bestaat uit drie verschillende onderdelen die kunnen worden teruggevonden op bovenstaande Figuur 29. Een eerste onderdeel dat op elk van de koperen buizen van de warmtewisselaars kan worden geklikt. Dit onderdeel is voorzien van schroefaansluitingen voor ontluchters en de aansluiting naar de centrale verwarming. Een tweede onderdeel dat de eerste onderdelen met elkaar verbindt. Dit onderdeel zorgt voor de verbinding van de collector met de koperen buizen van de warmtewisselaar. De twee voorgaande onderdelen worden met elkaar verbonden door middel van een passing waarbij een derde onderdeel namelijk o-ringen zorgen voor een goede afsluiting.

Om de kunststof collector aan te sluiten op de koperen buizen van de warmtewisselaars wordt er gebruik gemaakt van een kliksysteem te zien op onderstaande Figuur 30. Om dit kliksysteem te doen werken, moeten er drie verschillende onderdelen op de koperen buizen worden geplaatst. Dit zal gebeuren met de ontworpen assemblagelijijn die in deze scriptie wordt toegelicht. Een eerste onderdeel is de kunststofring. Deze ring wordt als eerste onderdeel geassembleerd en is zo gevormd dat de aansluiting van de collector hierin kunnen klikken. Een tweede onderdeel is de o-ring. Deze wordt direct na de kunststofring geassembleerd en zorgt voor een goede afdichting. Na het assembleren van de twee eerste onderdelen wordt de koperen buis verbreed. Om deze verbreding tijdens de werking van de radiator te kunnen behouden, wordt er een derde onderdeel namelijk de insert in de koperen buis gebracht.

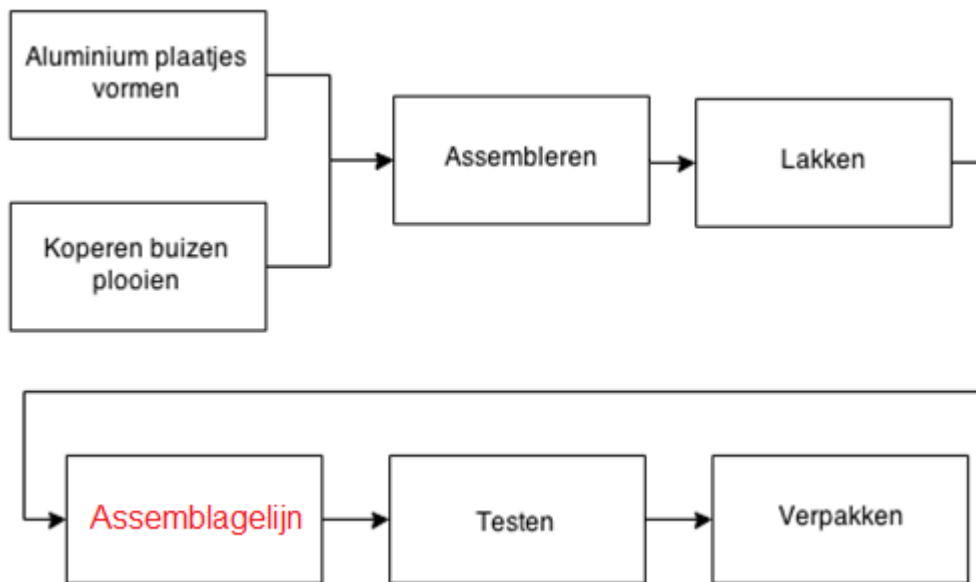


Figuur 30: Kliksysteem collector

De maten van de onderdelen zijn hieronder opgesomd:

- **Kunststofringen** → hoogte = 15 mm; buitendiameter = 23,6 mm; binnendiameter = 15,2 mm
- **O-ringen** → hoogte = 3 mm; buitendiameter = 21 mm; binnendiameter = 15 mm
- **Inserts** → hoogte = 11 mm; buitendiameter = 14,8 mm; binnendiameter = 9,8 mm

Door de nieuwe collector zal er ook een verandering gebeuren in het productieproces. Onderstaande Figuur 31 geeft het nieuwe verloop van de productie weer. Dit verloop gebeurt op dezelfde manier tot na het deel waar de aluminium plaatjes op de koperen buizen worden gezet. Hierna wordt het geheel gelakt. Na het lakken zal de warmtewisselaar naar de ontworpen assemblagelijijn worden gebracht waar het kliksysteem voor de kunststof collector op de warmtewisselaar wordt gezet. De kunststof collector wordt op het kliksysteem gedrukt en wordt op druk getest. Wanneer het geheel de testen heeft doorstaan zal het worden verpakt en is het klaar voor distributie.



Figuur 31: Nieuwe flowchart productie warmtewisselaar

4 LITERATUURSTUDIE

De literatuurstudie van dit project zorgt ervoor dat het ontwerp een technisch gegronde achtergrond heeft. In deze studie bevinden zich een aantal projecten van Jaga gemaakt door studenten, maar ook machines die betrekking hebben op de scriptie. Van deze machines worden bepaalde delen overlopen om hieruit de voor- en nadelen te bekijken in functie van dit project. Zo kan er worden gekeken als deze systemen kunnen worden geïntegreerd in de te ontwerpen assemblagelijijn.

4.1 STUDIE VAN BESTAANDE PROJECTEN

4.1.1 Bachelorproef 2012-2013

Situering

Het verslag dat hier wordt bekeken is een verslag van een project gemaakt voor het vak Methodisch ontwerpen op de UHasselt/KU Leuven. Dit vak bestaat uit het combineren van kennis vergaard in andere vakken in de opleiding tot Industrieel ingenieur, om op deze manier een mooi project te verwezenlijken.

Oprichting

Het project dat wij hier bekijken is een project binnen Jaga Diepenbeek. De studenten hebben hier de opdracht gekregen om een systeem te ontwikkelen om collectoren te monteren op warmtewisselaars. Deze collectoren bestaan uit één enkele plaat die achter op de warmtewisselaar moet worden gezet. De warmtewisselaars kunnen hier net zoals in deze scriptie in type variëren. Er werd van studenten verwacht een machine te ontwerpen waarbij een warmtewisselaar manueel wordt ingeladen. De warmtewisselaar moet dan worden vastgezet zodat hierop een “backplate” (collector bestaande uit één plaat) kan worden gezet. Wanneer deze backplate op de warmtewisselaar staat, moet er een dichtingsring over worden geschoven. Wanneer deze componenten op de warmtewisselaar staan, zullen deze worden vastgezet door de buis te verbreden.

Aanpak

In dit project zijn de twee studenten begonnen met zo veel mogelijk informatie op te zoeken. Hierna hebben ze de opdracht opgedeeld in aanvoer, verwerking en afvoer. Wat ze op hun beurt opdelen in deelproblemen zoals positionering en klemmen. Hiervoor worden oplossingen gezocht. Uit deze oplossingen is dan voor elk probleem apart een keuze gemaakt, en werd dit geïmplementeerd in het project.

Uitvoering

Na het kiezen van oplossingen voor deelproblemen zijn de studenten begonnen met het uittekenen van deze oplossingen. Dit heeft hun meer tijd gekost dan ze vooraf hadden ingeschat. Hierdoor hebben ze niet de volledige installatie kunnen uittekenen. Er is gekozen om enkel het magazijn voor de backplate te tekenen. Samen met dit magazijn is er nog een systeem, waarbij de backplate uit het magazijn wordt genomen en op de warmtewisselaar wordt geplaatst, uitgewerkt.

Besluit

Na dit project te hebben bestudeerd, kunnen er een aantal conclusies worden getrokken. Er kan hieruit geleerd worden dat de omvang van het project in deze scriptie zeker niet mag worden onderschat. Er kan ook geleerd worden uit de keuzes die gemaakt zijn bij de deelproblemen ook al is hiervoor niets uitgetekend.

De studenten kozen ervoor om de warmtewisselaar te positioneren met behulp van een inductieve sensor. Bij deze methode van positioneren is het zeer moeilijk om precies te werk te gaan. Er kan wel gebruik gemaakt worden van een inductieve sensor die detecteert wanneer er een warmtewisselaar aanwezig is.

4.1.2 Bachelorproef 2013-2014

Situering

Het verslag dat hier wordt bekeken is een verslag van een project gemaakt voor het vak Methodisch ontwerpen op de UHasselt/KU Leuven. Dit vak bestaat uit het combineren van kennis vergaard in andere vakken in de opleiding tot Industrieel ingenieur, om op deze manier een mooi project te verwezenlijken.

Het gaat hier over een project binnen het bedrijf Jaga te Diepenbeek. Twee studenten hebben hier de opdracht gekregen om een systeem te ontwikkelen dat kunststof collectoren monteert op warmtewisselaars. Het project van deze studenten is in grote lijnen vergelijkbaar met het project van deze scriptie. Enkel is er in dit project niet gekeken naar het verbreden van de koperen buizen of het assembleren van inserts.

Aanpak

In dit project hebben de twee studenten de opdracht opgedeeld in drie onderdelen die ze elk afzonderlijk hebben uitgewerkt om zo tot een geheel te komen.

- Transport
- Plaatsen o-ringen
- Plaatsen kunststofring

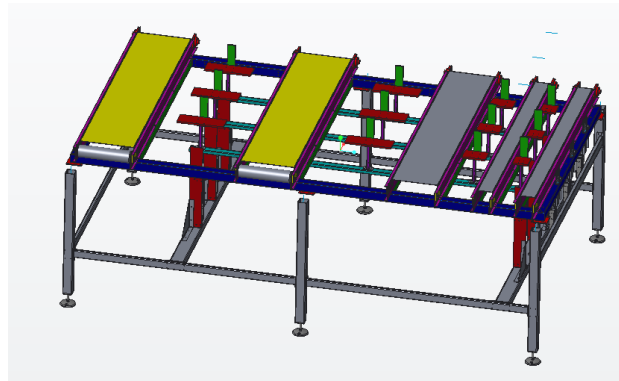
Deze onderdelen hebben ze achteraf opgedeeld in deelproblemen waar ze dan oplossingen voor hebben gezocht.

4.1.2.1 Oplossingen

Transport

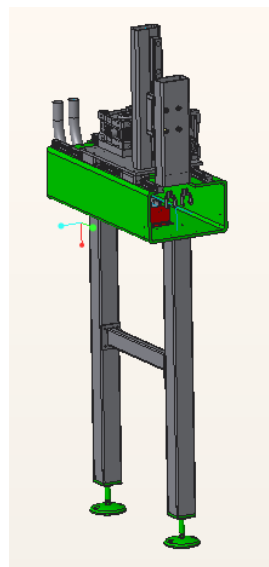
Voor het transport van de warmtewisselaar is er gekozen om meerdere smalle transportbanden te gebruiken. Deze smalle transportbanden zijn parallel geplaatst ten opzichte van elkaar, dit op een positie die zo is berekend dat steeds alle formaten van warmtewisselaars ondersteund kunnen worden.

Het transportsysteem (zie onderstaande foto) is zo opgebouwd dat er drie stukken transportband zijn. Een eerste deel dat wordt gebruikt als buffer, een tweede deel om de kunststofring en o-ring te monteren en een derde deel om de geassembleerde warmtewisselaar af te voeren.



Figuur 32: Transportband bachelorproef 2013-2014 [4]

Het is belangrijk voor de werking, dat de warmtewisselaars door een operator op een juiste positie op de banden wordt gelegd. Dit hebben ze opgelost door gebruik te maken van een aanslag waar de warmtewisselaars tegen moeten worden gelegd. Deze aanslag zal de warmtewisselaar gedurende het volledige transport geleiden. Wanneer de ringen op de warmtewisselaars worden gemonteerd zullen deze juist gepositioneerd moeten zijn ten opzichte van het voorziene systeem. Om dit op te lossen, is er gekozen om een aanslag te voorzien die in hoogte kan worden geregeld. Hierdoor zorgt de aanslag niet voor problemen wanneer de warmtewisselaars doorgevoerd worden. Deze aanslag zorgt ervoor dat de warmtewisselaar van de transportband wordt getild zodat deze aan een constante snelheid kan blijven lopen terwijl de processtap wordt uitgevoerd.



Figuur 33: Deel kunststofring bachelorproef 2013-2014 [4]

Plaatsen kunststofring

Bij het plaatsen van de kunststofring zijn er meerdere stappen nodig. De ring moet worden aangevoerd, opgenomen door een handler op de koperen buizen worden gemonteerd. In dit project is er gekozen om de ringen per twee op de warmtewisselaar te bevestigen, omdat de verschillende de aansluitingen van de verschillende types tweevoudig zijn.

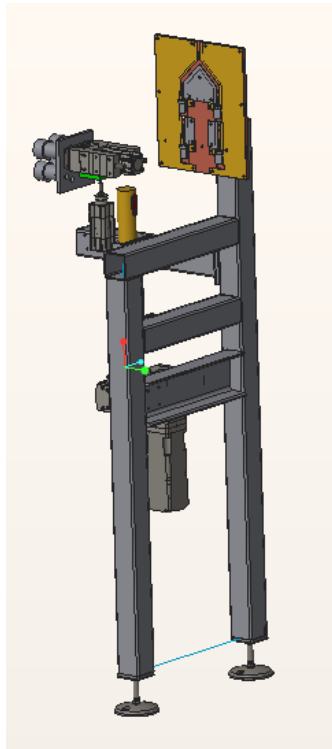
Er is gekozen om de ringen in twee geleidingen aan te voeren. Deze bestaan uit 2 stalen buizen waarvan de binnendiameter een losse passing heeft. Hierdoor kunnen de ringen door de buis bewegen. De stalen buizen zijn geplooid over een hoek van 90°. Zo kan de buis van boven uit worden gevuld en zullen de ringen naar beneden schuiven totdat ze uiteindelijk horizontaal terechtkomen tegen een aanslag. Net voor deze aanslag is een stuk uit de stalen buizen gefreesd. Hierdoor kan een handler de ring uit de buis nemen.

De handler bestaat uit een grijper van het bedrijf Festo. Op deze grijper zijn twee plaatjes met een uithaling gelijk aan de diameter van de ring geplaatst. Deze plaatjes worden dan rond de ring geklemd zodat de ring kan worden opgenomen. Wanneer de ring wordt opgenomen door de handler zal deze met behulp van een geleidingssysteem worden verplaatst zodat de kunststofring rond de koperen buis zit. De verplaatsingen van de ring worden aangedreven door tandwiel/tandlat systemen, welke elektrisch worden aangedreven.

Plaatsen o-ringen

Voor het plaatsen van de o-ringen hebben de studenten zelf een systeem ontworpen. Ze hebben ideeën opgedaan bij bestaande machines en de oplossingen die daar werden gebruikt proberen te implementeren in hun project. Er is een systeem ontwikkeld door de twee studenten dat voor de aanvoer van de o-ringen zorgt. Door dit systeem zijn er steeds vier o-ringen aanwezig op een juiste positie ten opzichten van elkaar. Zo kan de handler de o-ringen op de juiste positie opnemen, hierdoor moeten deze o-ringen niet opnieuw ten opzichten van elkaar bewegen.

Het ontworpen systeem (zie onderstaande figuur) bestaat uit twee platen die tegen elkaar worden gehouden met behulp van bouten. In één van deze platen zijn twee groeven uitgefreesd waar de o-ringen door kunnen. Doordat de platen verticaal staan opgesteld, zullen de o-ringen onder invloed van de zwaartekracht zich verplaatsen in deze gleuven. De gleuven zijn zo gefreesd dat er steeds maar één o-ring gelijktijdig door kan. Er is gekozen voor twee gleuven, hierdoor kunnen al de aansluitingen van de verschillende type warmtewisselaars van o-ringen worden voorzien. Er worden in deze gleuven telkens twee o-ringen geladen. Dit betekent dat je maximaal vier ringen gelijktijdig kan plaatsen. Tijdens de productie van een warmtewisselaar met acht aansluitingen, wordt de beweging dus twee keer uitgevoerd. Wanneer je een warmtewisselaar hebt met zes aansluitingen, zal maar één van de gleuven worden gevuld. Een systeem dat op de platen is gebouwd, zorgt er voor dat de doorgang van de o-ringen worden geregeld. Zo is het mogelijk om te kiezen wanneer je één gleuf vult en wanneer je er twee moet vullen.



Figuur 34: Deel o-ring bachelorproef 2013-2014 [4]

De ringen worden uit de gleuven gehaald met behulp van een zespuntsklauw. Er staan vier van deze handlers op een vaste positie van elkaar gemonteerd om vier o-ringen uit de gleuven te halen. De werking van deze grippers staat uitgelegd in "Studie op bestaande machines". Om de grippers te kunnen bewegen wordt er gebruikt gemaakt van twee geleidingen die worden aangedreven door een tandwiel/tandlat systeem. Het tandwiel/tandlat systeem wordt elektrisch aangedreven.

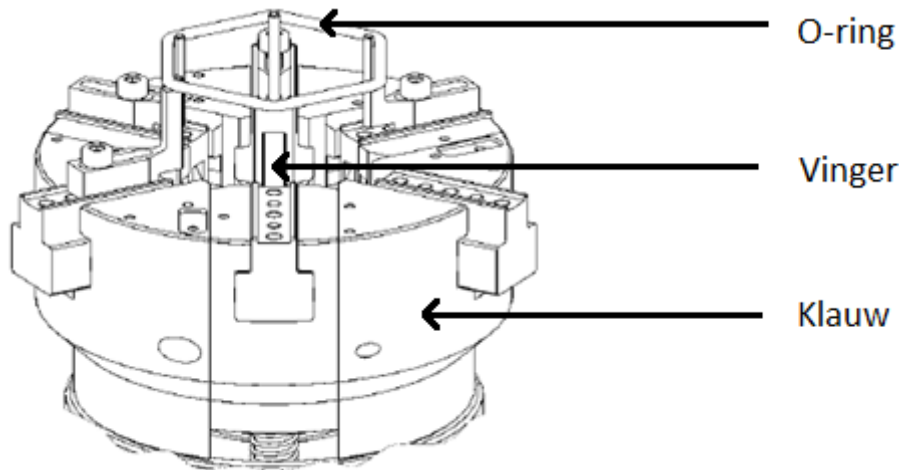
4.2 STUDIE OP BESTAANDE MACHINES

4.2.1 Plaatsen ringen

In dit onderdeel worden manieren beschreven die gebruikt kunnen worden om de kunststofringen over de koperen buis te plaatsen. Er wordt niet ingegaan hoeveel ringen er gelijktijdig worden geplaatst, maar er worden enkele mogelijke technieken besproken. Er bestaan al machines die automatisch o-ringen plaatsen. Van deze machines of gereedschappen worden de positieve en negatieve aspecten uitgelicht.

O-ring gripper

Een eerste systeem is een systeem dat wordt geproduceerd door veel bedrijven. Het systeem bestaat uit het gebruik van een 6-punts klauw. Deze klauw moet op een verplaatsingssysteem komen om de o-ringen effectief op de koperen buis te bevestigen. Op deze klauw kunnen zes vingers worden gemonteerd zoals getoond in Figuur 35. Er bestaan verschillende soorten vingers voor verschillende soorten o-ringen. Het is mogelijk om ringen met verschillende diameters en verschillende dikte te assembleren met deze handler.



Figuur 35: O-ring gripper [11]

Bij het opnemen van één o-ring worden de zes vingers naar binnen bewogen. Wanneer de vingers in het vlak met de o-ring komen, wordt er een signaal gegeven en zullen de 6 vingers een vooraf ingestelde afstand naar buiten bewegen. De o-ring wordt hierdoor geklemd rond de vingers van de klauw. De klauw wordt hierna naar de koperen buis bewogen om de ring hierop te plaatsen. Wanneer de klauw met o-ring op de juiste positie staat, zullen drie van de zes vingers zich volgens de as van de klauw naar achteren bewegen. Doordat deze vingers naar achteren bewegen, komt de o-ring in contact met de koperen buis. Hierna zal de klauw worden terug getrokken zodat de ring volledig rond de koperen buis komt. Het is voor dit project positief dat dit systeem al bestaat. Dit betekent dat de o-ring gripper kan worden

aangekocht indien dit systeem wordt gebruikt. Het is echter niet mogelijk om dit systeem te gebruiken om de ringen gelijktijdig op al de buizen te bevestigen omdat de grote van de handler hier voor een probleem zorgt. Wanneer er wordt gekozen om dit systeem te gebruiken zullen de ringen één voor één op de buis moeten worden gemonteerd. De vingers die gebruikt worden om de ringen op te nemen zijn gemaakt om o-ringen op te nemen. In dit project moeten er ook kunststofringen worden geassembleerd. Dit is mogelijk met dit systeem wanneer er vingers voor de handler worden ontworpen.

Handmatig systeem "AIS"

Een tweede systeem is een systeem van "Automated Industrial Systems" (AIS). AIS heeft een gamma van verschillende machines die worden gebruikt voor het assembleren van O-ringen. Er wordt gekeken op welke manier deze machine de o-ring plaatst.



Figuur 36: O-ring montage machine AIS [12]

De machine krijgt de o-ringen aangevoerd via een verticale aanvoer. De ringen bevinden zich in een gleuf waar maar 1 ring gelijktijdig door kan. Door de zwaartekracht zullen de ringen steeds naar beneden worden gedrukt. Deze o-ringen komen op het einde van de aanvoer in een positie waarbij het mogelijk is om een conische buis door te duwen. De conische buis heeft een diameter die kleiner is dan de binnendiameter van de o-ring zodat deze eenvoudig door de o-ring gaat. Naar het einde toe van de conische buis wordt deze breder dan de diameter van de o-ring en de as waarop de ring moet worden bevestigd. De conische buis wordt naar achter bewogen waarbij de o-ring op de buis komt. Hierna wordt de buis met ring op naar voor gedrukt zodat de o-ring aan de buitenkant van de installatie komt. Wanneer de conische buis naar voren is geduwd, is het mogelijk voor een operator om de as waarop de o-ring moet komen in de conische buis te duwen. Omdat er een aanslag is voorzien zal de conische buis mee naar binnen worden gedrukt. De O-ring op de conische as zal niet naar binnen worden gedrukt door een aanslag. Hierdoor zal de o-ring over de conische as schuiven en verbreden in diameter. Tot de ring uiteindelijk van de conische buis

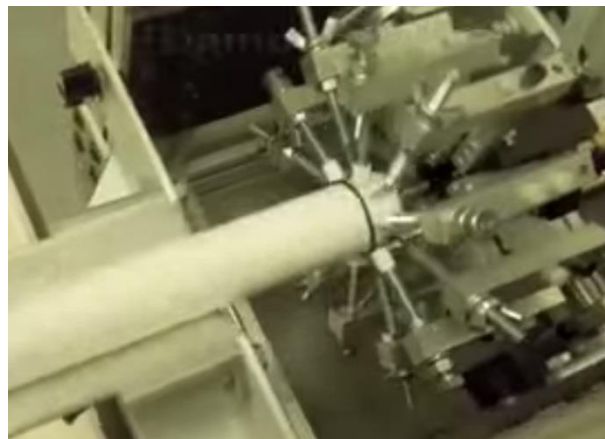
wordt geduwd en op de juiste positie van de as belandt. Een voordeel voor dit project is dat de installatie aan te kopen is bij de firma AIS. Een nadeel van deze installatie is dat de as waarop de o-ring moet worden bevestigd handmatig in de installatie moet worden gedrukt. Dit is oplosbaar wanneer dit geautomatiseerd wordt.



Figuur 37: Conische as [13]

Handmatig systeem AGI automation

Het derde systeem dat wordt besproken is er een van de firma AGI automation. Dit is een systeem waarbij de operator een buis handmatig aanbrengt in de machine en de machine automatisch een o-ring op de buis zal plaatsen.



Figuur 38: O-ring montage machine AGI [14]

De machine zal met behulp van perslucht een 8-punts klauw besturen. Met deze 8-punts klauw gaat deze machine een o-ring uit een magazijn halen. Dit magazijn bestaat uit een as waarover de o-ringen met een losse passing zitten. Doordat de as verticaal staat opgesteld zullen de o-ringen steeds door middel van de zwaartekracht naar beneden vallen. Er is een verbreding onderaan op de as aangebracht zodat de o-ringen niet van de as vallen. De 8-punts klauw zal 90 graden worden geroteerd zodat deze uitgelijnd staat ten opzichte van het magazijn. Nu zal het magazijn naar beneden bewegen zodat de onderste o-ring op dezelfde hoogte komt als de klauw. Nu kan de klauw de o-ring vastgrijpen en zal het magazijn terug tot in zijn oorspronkelijke positie bewegen. De klauw kan 90° terugdraaien zodat deze in de positie staat om de o-ring te bevestigen. Nu is het enkel aan de operator om een buis waarop de o-ring moet worden geplaatst aan te brengen in het center van de klauw. Om te voorkomen dat de operator met de buis tegen de o-ring zal drukken is er een geleiding

voorzien die deze fouten verhindert. Het voordeel van dit systeem is dat dit kan worden aangekocht en zo kan worden geïmplementeerd in dit project. Maar er zijn een paar nadelen aan dit systeem. Het is bijvoorbeeld een handmatig systeem waarbij een buis wordt aangebracht door een operator. Dit kan worden geautomatiseerd. Het systeem dat de o-ring bevestigt, is echter ook te groot om acht ringen gelijktijdig te bevestigen op de warmtewisselaars. Wanneer er voor dit systeem wordt gekozen, moet elke buis apart van een o-ring worden voorzien.

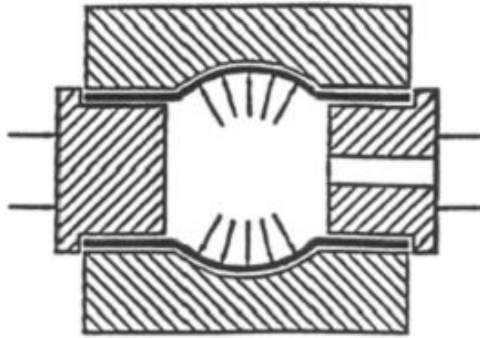
4.2.2 Verbreden diameter

In dit onderdeel zijn er verschillende manieren bekeken waarmee de koperen buizen van de warmtewisselaar kunnen worden verbreed. Het is vanzelfsprekend dat er bij het verbreden van de diameter geen schade wordt aangericht. Daarom moet er rekening gehouden worden met de krachten en de momenten die mogelijk op de buizen aangrijpen tijdens deze processtap. Bij de warmtewisselaars moet er rekening gehouden worden met de 3 verschillende types.

Hydroforming

Hydroforming is een opkomende vormgevingstechniek waarbij er door gebruik van een vloeistof onder druk een bepaalde vervorming kan gegeven worden aan verschillende soorten materialen zoals onder andere staal, RVS, koper, aluminium en messing. De buis wordt in een hydroformingmatrijs geplaatst waarna de matrijs wordt afgesloten. Vervolgens sluiten twee staven met speciale afdichtingen de buis aan beide kanten af en wordt de buis gevuld met de vloeistof. De twee staven duwen de buis in de matrijs en de vloeistof wordt in de buis geperst. Daarmee wordt de druk opgevoerd waardoor de buis de gewenste vorm aanneemt. De niet-samendrukbaarheid van vloeistoffen is een groot voordeel bij hydroforming. Onder deze grote druk, bij hydroforming om en bij de 3000 bar en hoger, verandert het volume van de gebruikte vloeistof niet. Door gebruik te maken van een vloeistof als vervormingstechniek is er minder slijtage dan wanneer er twee metallische onderdelen met elkaar in contact komen. In de afgelopen jaren neemt hydroforming steeds meer de plaats in van het persproces omwille van de lagere kost per unit.

Nog een toepassing van hydroforming is het vervormen van plaatmateriaal. Hydroforming heeft het voordeel dat er weinig slijtage is van het gereedschap maar het nadeel is dat deze methode moeilijk toepasbaar is voor ons geval. Aan beide kanten moet de buis namelijk open en gemakkelijk toegankelijk zijn. Helaas is er bij ons slechts een open uiteinde beschikbaar waardoor de werking van deze techniek in gedrang komt.



Figuur 39: Hydroforming van een buis [6]

Swaging

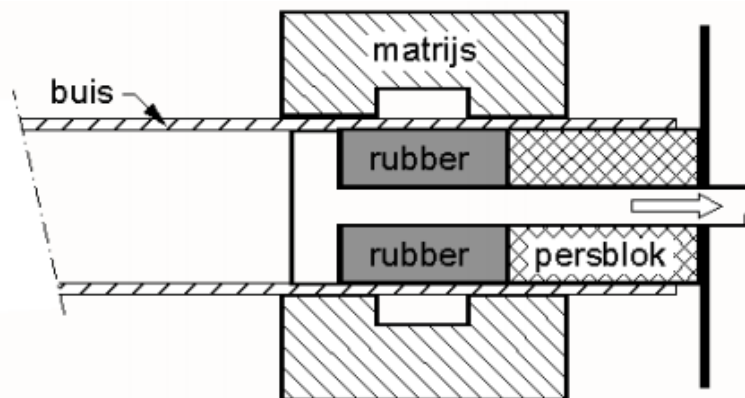
Swaging is een vervormingstechniek om de diameter buizen te vergroten. Het principe van deze methode rust op het gebruik van gereedschappen zoals in Figuur 40, ook wel de punch en screw expanders genoemd, waarmee de diameter wordt verbreed. Met de punch expanders wordt de vergroting van de buis gerealiseerd door de buis in de hand vast te houden en het gereedschap recht in de buis te plaatsen. Het klemmen kan ook gebeuren door de buis in een bankschroef te plaatsen. Hier moet men wel opletten voor beschadigingen aan het oppervlak. Hierna wordt er met een hamer op het gereedschap geslagen en wordt de kraag verkregen met de gewenste diepte. Naargelang een ander type gereedschap wordt gebruikt, kan een andere kraagvorm bekomen worden. Deze techniek wordt in eerste instantie gebruikt om een fitting van twee buizen te bekomen die in elkaar moeten passen. De tweede manier is met behulp van de screw expander. Hiermee vergroot men de diameter door het gereedschap via een boormachine al schroevend in de buis te plaatsen. De lagers zorgen voor een vlotte beweging. Eens de gewenste kraagdiepte bereikt is, kan het proces beëindigd worden. Swaging kan beschouwd worden als een simpele maar effectieve techniek vanwege de eenvoudige bewerkingen. Het kan ook gemakkelijk automatisch verlopen mits het ontwerpen van een geschikte houder, de nodige geleidingen en de aandrijvingen. Een mogelijk nadeel kan zijn dat de uitgeoefende kracht beschadigingen aanbrengt op de warmtewisselaar indien de klemming van de warmtewisselaar niet goed is uitgevoerd.



Figuur 40: Expanders [5]

Rubberpersen

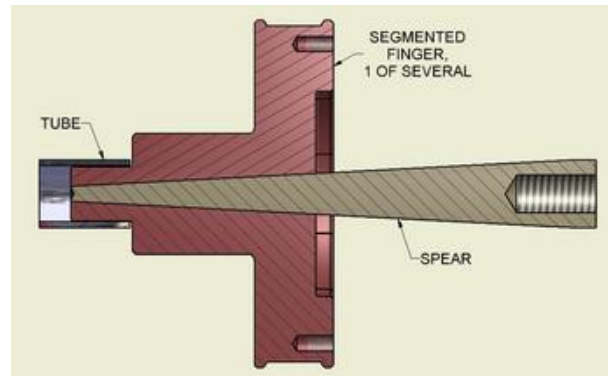
Rubberpersen is een proces waarbij een vervorming verkregen wordt door een matrijs en een cilindervormig rubberkussen (Figuur 41). De matrijs bestaat uit twee delen om het uitnemen van de buis te vergemakkelijken. Het rubberkussen wordt op zijn beurt in de buis geplaatst. Een klemrichting of matrijshouder zorgt ervoor dat de twee delen bij elkaar worden gehouden. Het doel van de matrijs is het geven van de juiste kraagvorm aan de buis. Het T-stuk dient om druk te kunnen uitoefenen op het rubber bij het persen. Tijdens de perscyclus vervormt het rubber de buis en de diameter is vergroot. Voordeel van deze techniek is dat er weinig slijtage is van de beweegbare delen, omdat de vervorming verkregen wordt door een expanderende rubber en geen metalen deel. Door het rubberkussen is er ook geringe of geen oppervlaktebeschadiging. Nadeel is dat in ons geval een moeilijker bewerking nodig is omdat wij het uiteinde van de buis moeten bewerken.



Figuur 41: Rubberpersen bij een buiseinde [6]

Tube end forming via segmented die

De verbreding van de diameter via een gesegmenteerde matrijs zorgt voor een vervorming over de gehele binnen omtrek van de buis. Het proces maakt gebruik van segmenten in de vorm van een driehoek. Eerste stap is de buis over de matrijs te plaatsen. De radiale beweging van de segmenten wordt simpel bekomen door een conische doorn in het midden van de matrijs te duwen zie Figuur 42.



Figuur 42: Praktisch voorbeeld werking tube end forming [7]

Daardoor bewegen de segmenten tegelijkertijd steeds meer uit elkaar. Het effect is dat de buisdiameter groter wordt totdat de gewenste diameter bereikt is. Naargelang de conische doorn meer naar de binnenkant van de matrijs verplaatst wordt een grotere buisdiameter bekomen. Hier moet er worden opgelet dat de radiale krachten die in de buis werken beperkt zijn tot een bepaald maximum waarbij de buis niet stuk gaat. In Figuur 43 hieronder is een praktisch voorbeeld te zien van een matrijs voor het verbreden van de buisdiameter. Om beschadigingen te voorkomen, kan het proces ook in twee stappen verlopen. Voordeel is dat er een kleine belasting wordt uitgeoefend op de warmtewisselaar. Er is namelijk een radiale kracht die inwerkt in plaats van een axiale. Ook is er een minimaal optredende slijtage. Een mogelijk nadeel in onze toepassing is de grote plaats inname van de matrijs. Dat maakt meervoudige gelijktijdige verbreding van de koperen buizen moeilijk.



Figuur 43: Segmented die [8]

4.2.3 Overzicht

Uit de literatuurstudie is besloten dat de principiële werking van enkele technieken bruikbaar is. Echter voldoen enkele technieken niet aan de doelstellingen. Al bij al zijn er interessante ideeën gevonden voor de ontwerpfase. In Tabel 1: Overzicht zijn de voor- en nadelen weergegeven van de gevonden technieken.

	Bestaande technieken						
	Assembleren onderdelen			Verbreden buisdiameter			
	o-ring gripper	Handmatig systeem "AIS"	Handmatig systeem AGI automation	Hydroforming	Swaging	Rubberpersen	Tube end forming via segmented die
Snelheid van uitvoering	Goed	Goed	Slecht	Goed	Goed	Goed	Goed
Mogelijke beschadiging	Redelijk	Goed	Redelijk	Goed	Redelijk	Goed	Goed
Prijs	Goed	Redelijk	Redelijk	Redelijk	Goed	Redelijk	Redelijk
Bouwgrootte	Redelijk	Redelijk	Redelijk	Redelijk	Goed	Redelijk	Redelijk
Meervoudig	Zeer Slecht	Zeer slecht	Zeer Slecht	Goed	Goed	Goed	Goed

Tabel 1: Overzicht technieken literatuurstudie

Geen enkele van de bovengenoemde technieken voor het assembleren van de onderdelen ondersteunt meervoudige assemblage. Dit is niet gewenst, daar dit een van de eisen is. Voorts is voor het verbreden van de koperen buizen van de warmtewisselaar swaging de beste oplossing. Deze techniek voldoet ook niet volledig aan de eisen, maar kan dit als uitgangspunt dienen van de ontwerpfase. In volgend hoofdstuk komen de ontwerpen van de verschillende modules aan bod.

5 ONTWERP ASSEMBLAGELIJK KUNSTSTOF COLLECTOR

5.1 UITWERKING MODULE 1: ASSEMBLEREN KUNSTSTOFRINGEN

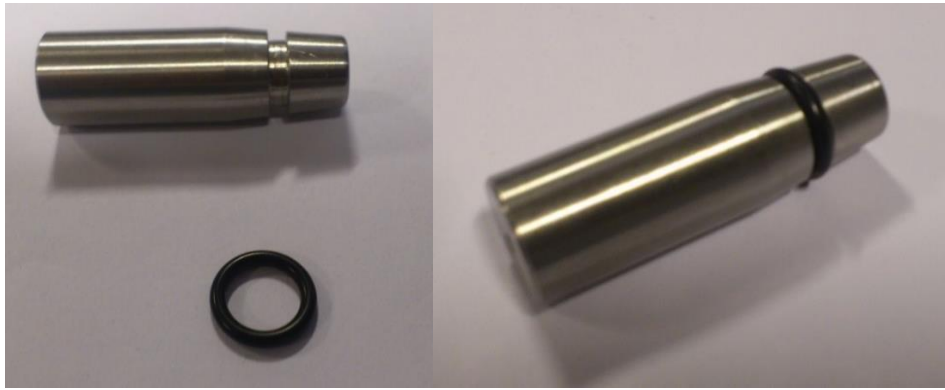
5.1.1 Concept

Na het afronden van de literatuurstudie kan de ontwerpfase starten. Voor het opnemen van de kunststofringen (maar ook voor o-ringen en inserts) is er nog geen techniek gevonden die past bij de toepassing. Het probleem is gerelateerd aan de onderlinge afstand tussen de buizen van de warmtewisselaar. De afstand bedraagt 50 mm en voor de gevonden toepassingen/technieken in de literatuurstudie is dit te klein. In de literatuurstudie zijn technieken gevonden die grijpers gebruiken. Omdat een van onze eisen is om meervoudig de kunststofringen op te nemen en te assembleren zijn er acht grijpers nodig. Bij verschillende fabrikanten zijn grijpers gezocht, maar zelfs de kleinste gripper uit hun gamma was te groot. Bovendien vervormen deze grijpers de onderdelen alvorens ze op de buizen te plaatsen. De uitrekking is in geval van de kunststofringen en inserts fysisch onmogelijk omdat ze uit een harde kunststof zijn vervaardigd. In geval van de o-ringen is het evenzeer onmogelijk omwille van de minimale elasticiteit van het onderdeel. Indien de o-ring tijdens het uitrekken plastisch vervormt, zijn achteraf lekken in de installatie onvermijdbaar.

In een korte brainstormsessie zijn ideeën uit de literatuurstudie en eigen inspiratie gebruikt om het probleem te tackelen. In eerste instantie is er een concept ontworpen dat gebruikt maakt van vacuüm. Daarnaast is er een tweede concept ontworpen dat gebruikmaakt van een conische as die in de binnendiameter van de onderdelen aangrijpt. Er is gekozen voor het tweede concept omdat bij het gebruik van vacuüm meer onderhoudskosten verbonden zijn. Eveneens zijn de assen snel maakbaar zodat onmiddellijk kan getest worden.

5.1.2 Testen

De fabricage van het testonderdeel vindt plaats in de technische dienst van Jaga. Een as is in een CNC-machine gedraaid tot \varnothing 16 mm over een lengte van 50 mm. Daarna is een coniciteit aangebracht tot \varnothing 12 mm in de laatste 20 mm van de as. Vervolgens is er een groef van 3 mm gemaakt waarin een o-ring is gepositioneerd. De o-ring is hier gebruikt voor het vastzetten van de kunststofring op de as en is dus niet de o-ring die in Module 2 wordt geassembleerd. Figuur 44 visualiseert het testonderdeel met links een voorstelling van de aparte onderdelen en rechts de geassembleerde testonderdelen.

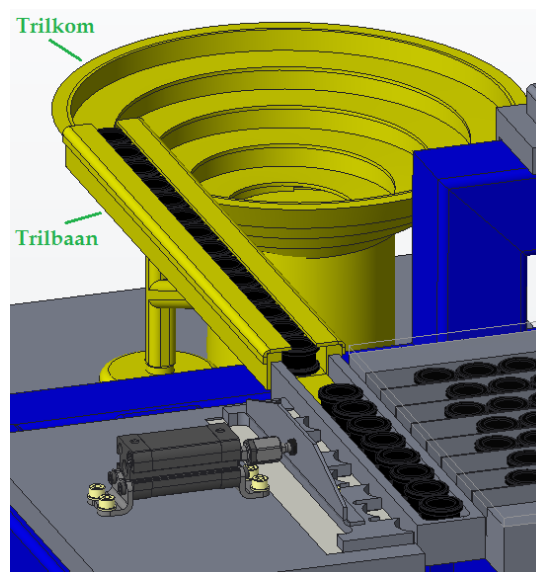


Figuur 44: Kunststofring met groef

Nu kan de test beginnen door de opnemer in de binnendiameter van de kunststofring te plaatsen en de ring op te nemen. De test is 50-tal keren herhaald en de conclusie is dat de techniek succesvol is voor het opnemen van de kunststofringen in module 1.

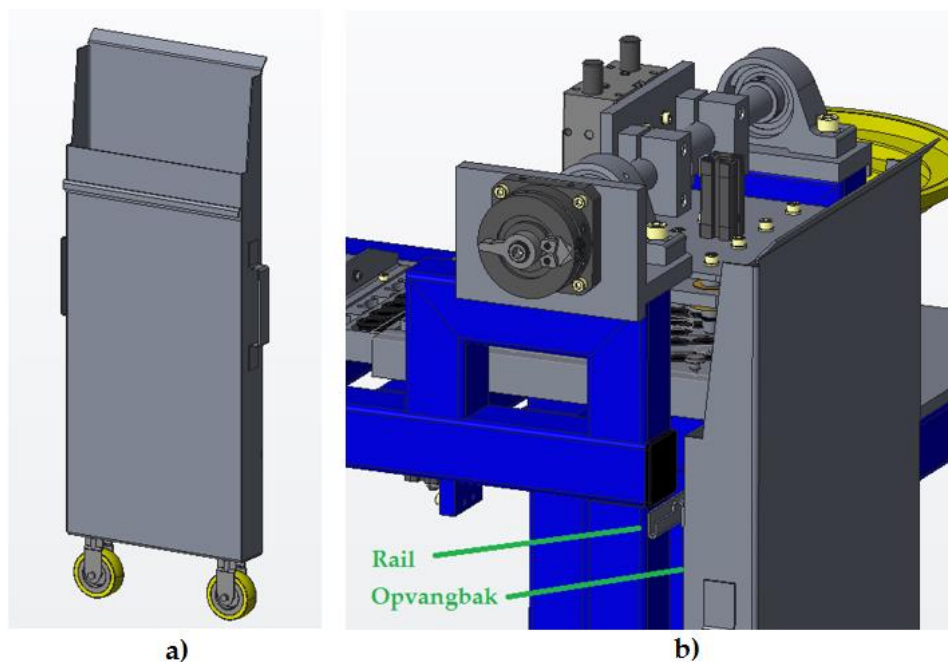
5.1.3 Resultaat

De aanvoer van kunststofringen gebeurt door een trilkom. Bij fabrikant *Newton Automation* is een offerte opgemaakt met de specificaties waaraan de trilkom moet voldoen. Via de trilkom komen de onderdelen terecht op een trilbaan. De kunststofringen zijn gedurende een korte tijd opgeslagen. Op de trilbaan is een teller bevestigd die het op voorhand ingesteld aantal van acht kunststofringen doorlaat tot tegen de geleidingsblok. Figuur 45 geeft de plaats van de trilkom en bijhorende trilbaan weer.



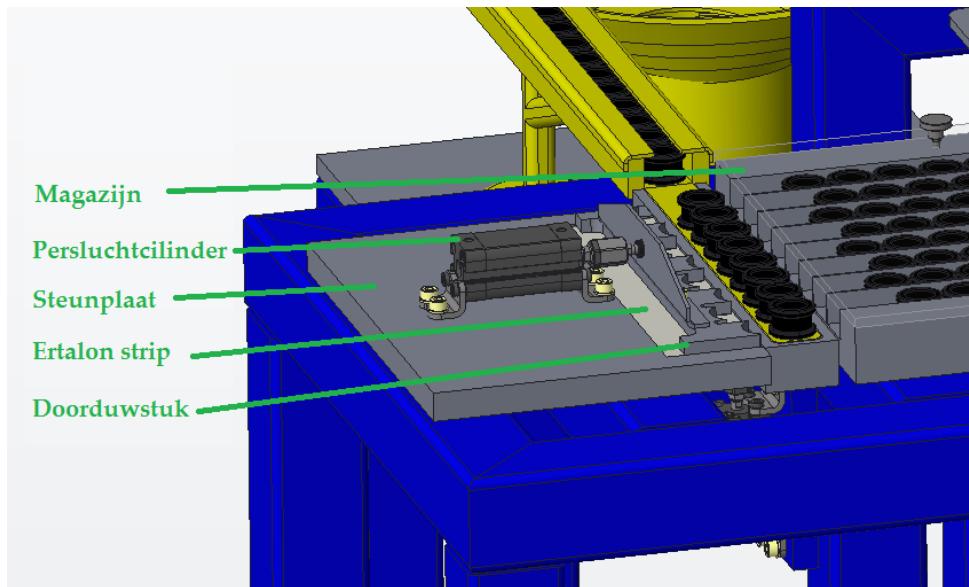
Figuur 45: Magazijn met trilbaan module 1

Een van de eisen is om de onderdelen van de kunststof collector op 3 modellen van warmtewisselaars te assembleren. De modellen zijn type 10, type 15 en type 20. Tot nu toe is de module ontworpen om de collector op type 20 te assembleren. Dit betekent dat het assembleren van de kunststofringen achtvoudig gebeurt omdat type 20 acht koperen buizen telt. Indien type 10 of type 15 warmtewisselaars worden behandeld, moeten er minder kunststofringen geassembleerd worden (respectievelijk 4 en 2 minder). Daarvoor is een opvangbak ontwikkeld waarin de overgebleven onderdelen worden verzameld. Om het werk van de operator te vergemakkelijken, is de opvangbak gemonteerd op een rail die is bevestigd aan de voorkant van de frame. De operator schuift de opvangbak van de rail af en gooit de kunststofringen in de trilkom. In Figuur 46 is enerzijds in a) de opvangbak voorgesteld en anderzijds in b) de positie van de opvangbak in de module.



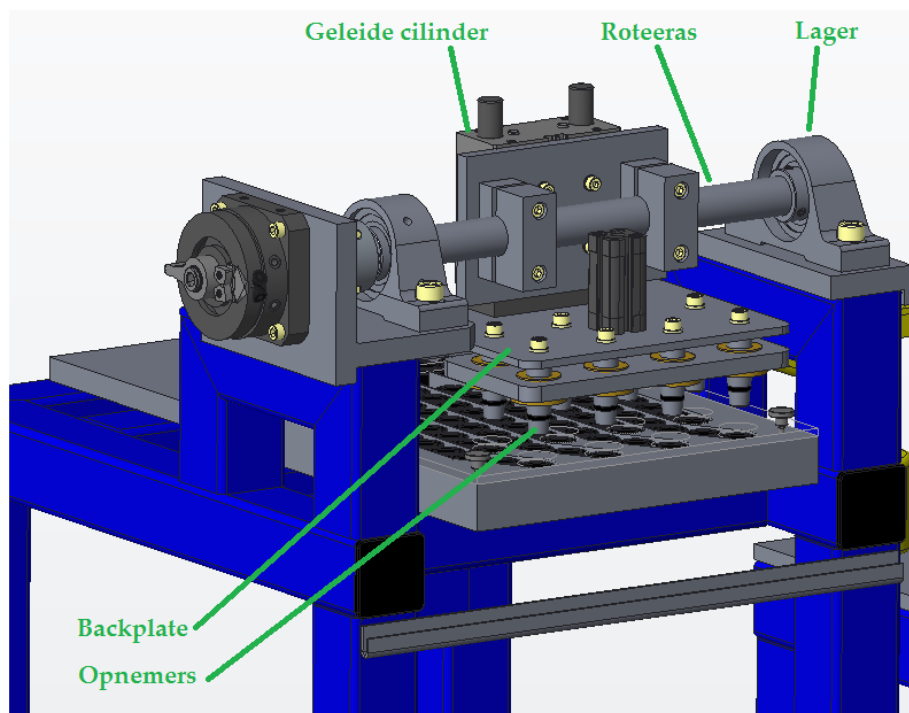
Figuur 46: a) opvangbak en b) positie opvangbak op module 1

Het doorduwen van de kunststofringen in het magazijn gebeurt met een persluchtcilinder. De cilinder heeft een slaglengte van 50 mm en is van het merk Festo. In Figuur 47 is het doorduwstelsel weergegeven. De persluchtcilinder is bevestigd op een steunplaat. In de steunplaat is een rechthoekige vorm uitgefreesd. Daarin is een *Ertalon* strip gemonteerd om te vermijden dat het doorduwstuk niet verslijt. Als de persluchtcilinder is aangestuurd dan zijn de kunststofringen in het magazijn geduwd. Daarna keert de persluchtcilinder terug in zijn beginpositie.



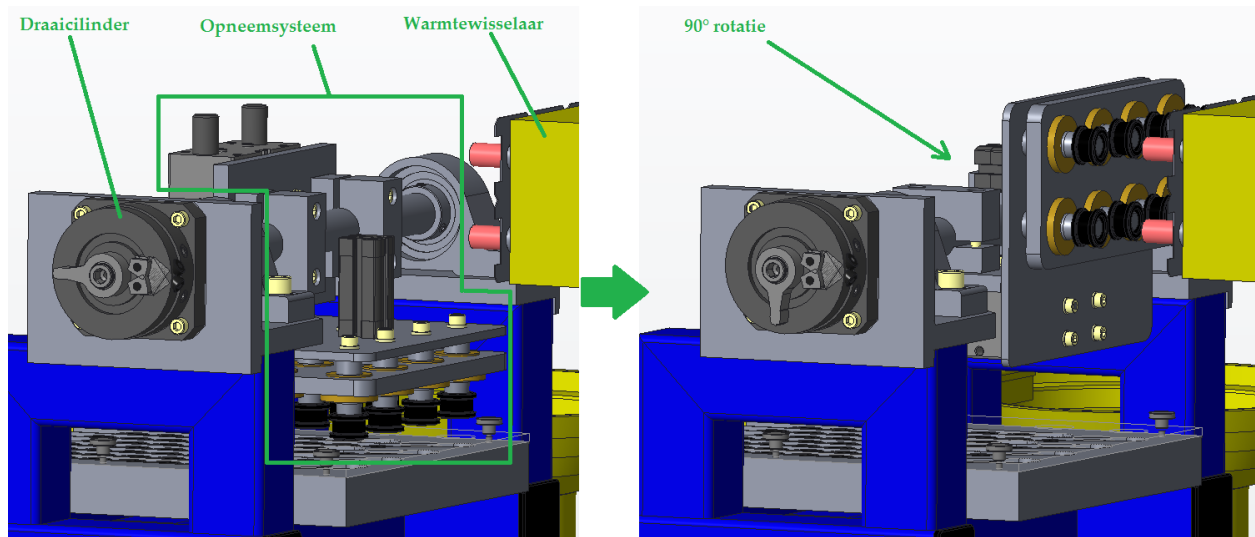
Figuur 47: Doorduwstelsysteem kunststofring

Vervolgens is het opneemsysteem in werking gesteld. De kunststofringen zijn opgenomen met de voorheen besproken opnemers. Aansturen van de geleide persluchtcilinder beweegt de backplate omlaag. De opnemers zijn gemonteerd op de backplate waardoor ze mee bewegen. In de uiterste stand van de geleide persluchtcilinder grijpen de opnemers aan in de kunststofringen. Bij het terugtrekken van de cilinder zijn de kunststofringen opgenomen. In Figuur 48 is het opneemsysteem voorgesteld.



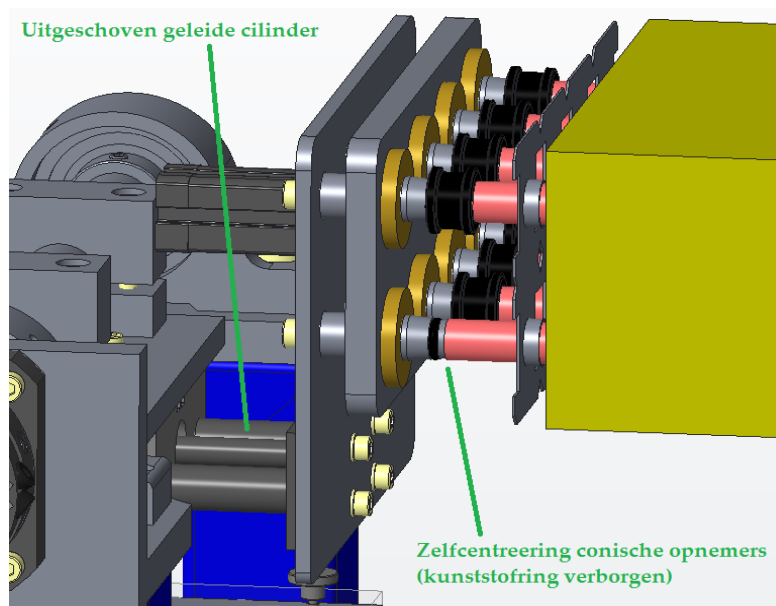
Figuur 48: Opneemsysteem kunststofring

De warmtewisselaar is 90° geroteerd ten opzichte van de opneempositie. Een draaicilinder is via een koppeling in verbinding gebracht met de roteeras. De draaicilinder is ingesteld zodat de as een draai beweging ondervindt van 90° richting de warmtewisselaar. Onderstaande Figuur 49 toont de beweging van het opneemsysteem. De opnemers met de kunststofringen bevinden zich in één lijn met de koperen buizen van de warmtewisselaars.



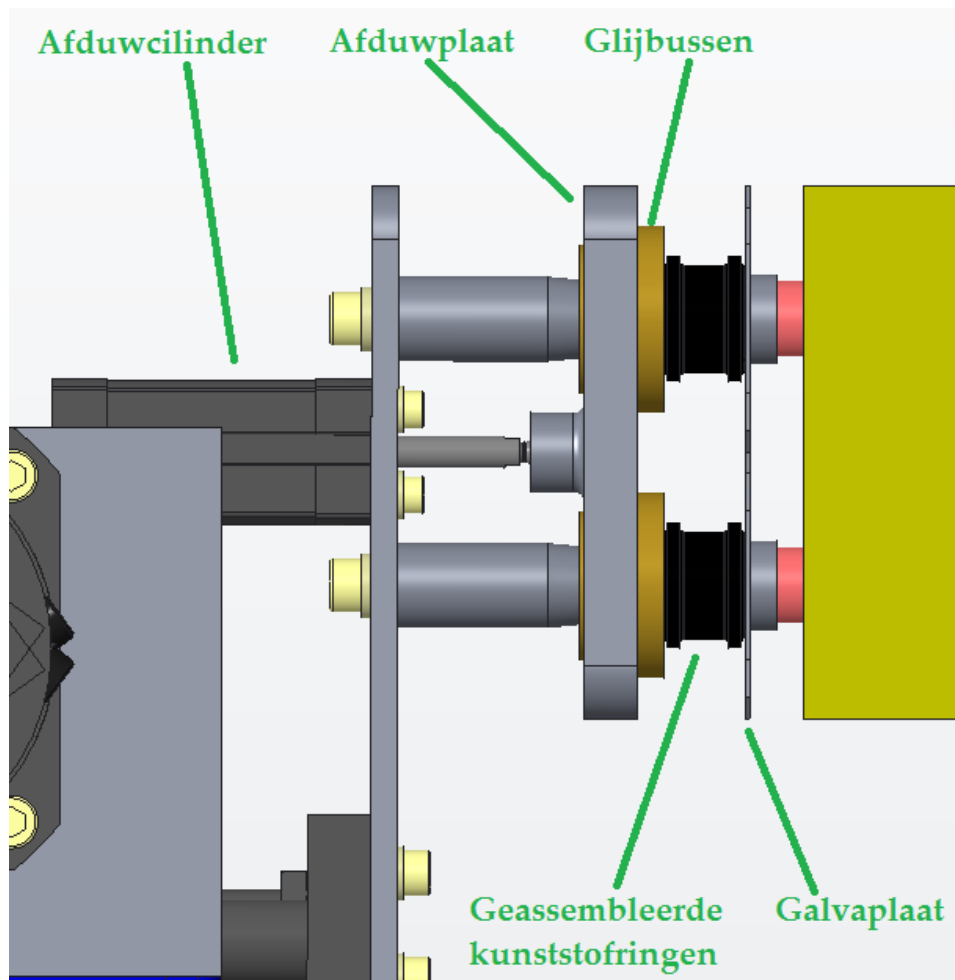
Figuur 49: Roteren opneemsysteem over 90°

Vervolgens is de geleide persluchtcilinder aangestuurd. De cilinder beweegt 40 mm vooruit waardoor de opnemers zijn gepositioneerd in de koperen buizen van de warmtewisselaar. Bovendien vangen de opnemers kleine positie afwijkingen op door de conische vorm.



Figuur 50: Positioneren opnemers

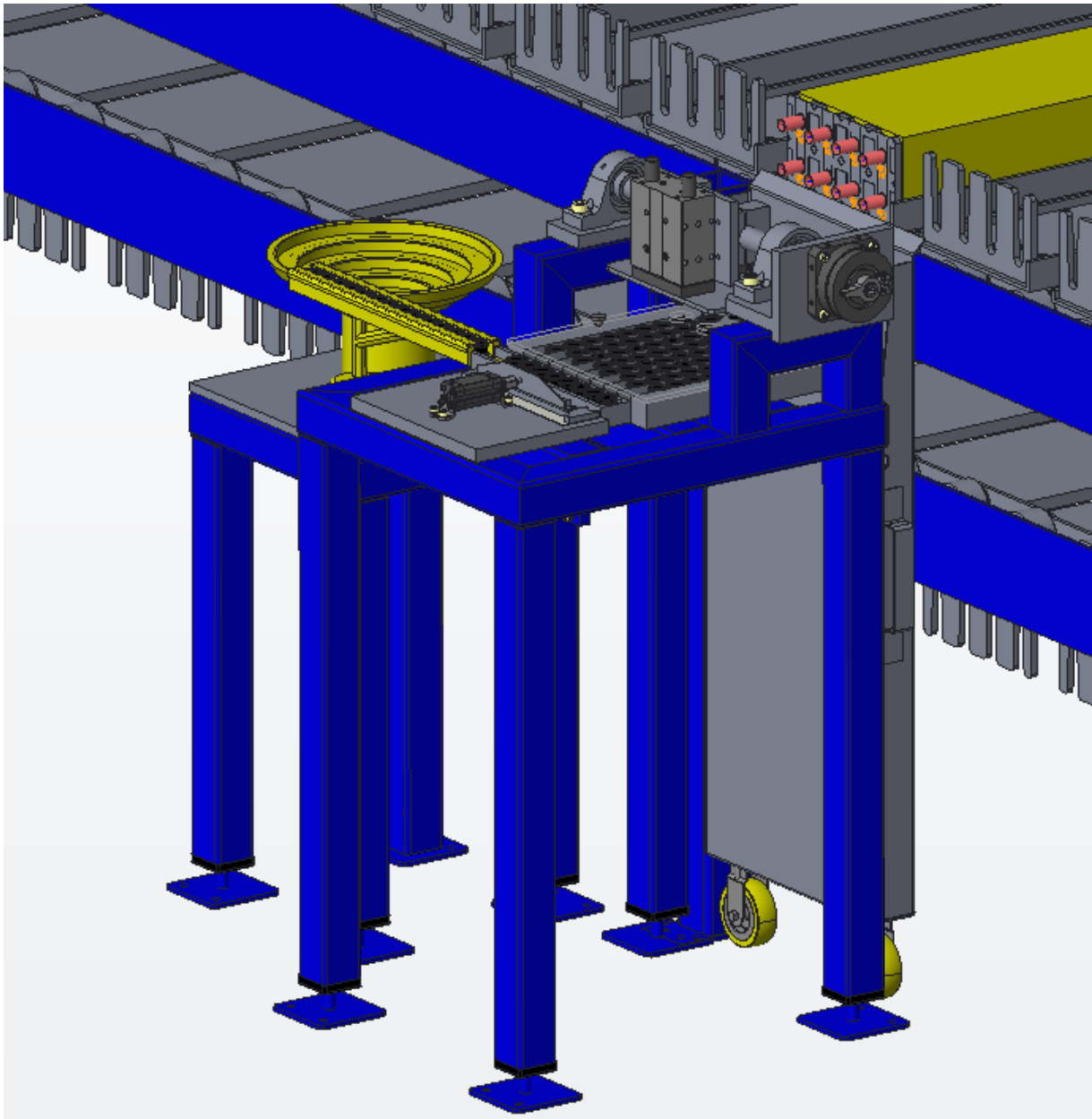
In de voorlaatste stap zijn de kunststofringen tot tegen de galvaplaat van de warmtewisselaar verplaatst. Het afduwstelsysteem bestaat uit een afduwplaat, acht glijbussen en een persluchtcilinder. Er zijn acht gaten in de afduwplaat zodat de opnemers door de gaten kunnen geschoven worden. Om slijtage te verkleinen, zijn er glijbussen in de gaten gemonteerd. De plaat met de glijbussen is over de opnemers geschoven. Uitschuiven van de afduwplaat over de opnemers is gerealiseerd door de persluchtcilinder. De zuigerstang is verbonden met de afduwplaat. Een stuursignaal voedt de afduwcilinder van perslucht en verplaatst de afduwplaat met 23,7 mm. In de figuur hieronder is de afduwcilinder voorgesteld en zijn de kunststofringen geassembleerd.



Figuur 51: Afduwstelsysteem en geassembleerde kunststofring

Tot slot gaan de verschillende bediende cilinders terug naar de beginpositie. Zodoende kan een nieuwe cyclus beginnen en is een nieuwe kunststofring op de volgende warmtewisselaar geassembleerd. Indien er een oneffenheid in de vloer is waardoor de module scheef staat, zijn er verstelbare voetjes voorzien. In kokers van de poten zijn inslagdoppen met interne schroefdraad gemonteerd. De voetjes zijn in de inslagdoppen gedraaid waardoor de hoogte

kan geregeld worden. Eens de juiste hoogte is behaald, worden de voetjes vast gebout in de grond. Figuur 52: Resultaat module 1



Figuur 52: Resultaat module 1

5.2 UITWERKING MODULE 2: ASSEMBLEREN O-RINGEN

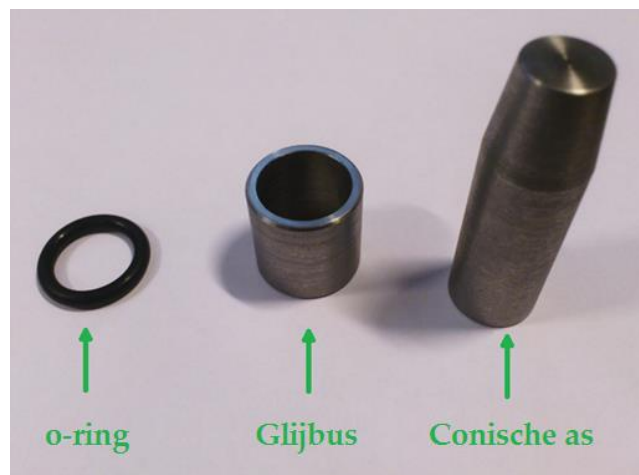
5.2.1 Concept

In module 1 is een oplossing gevonden voor de problematiek rond het opnemen van de kunststofringen. Dezelfde technieken zijn in het ontwerp van module 2 toegepast. Dit deel legt dan ook de nadruk op de verschillen in de twee ontwerpen in plaats van de stappen van module 1 volledig te herhalen.

5.2.2 Testen

5.2.2.1 Testopstelling opnemen o-ringen

Zoals bij module 1 zijn er testen uitgevoerd om met zekerheid te kunnen bevestigen dat de conische as de o-ringen opneemt. In de technische dienst van Jaga is een soortgelijke as gedraaid, maar zonder de groef. De o-ring is uit een rubberachtig materiaal geproduceerd waardoor de wrijving met de as groter is. Naarmate de conische as in de o-ring drukt, zal het zich vastzetten. De o-ring is opgenomen in horizontale positie. In Figuur 53 zijn de onderdelen te zien.



Figuur 53: O-ring, cilindrische bus en conische as

Na het opnemen is het afschuiven van de o-ring getest. Ook is de positionering van de conische as ten opzichte van de koperen buizen van de warmtewisselaar nagegaan. De conische as is met een lineaire translatiebeweging in de koperen buis geplaatst. Zoals bij module 1 heeft de conische as een voordeel. Indien de uitlijning een kleine afwijking heeft, zal de coniciteit van de as een zelfinstellende functie hebben. De glijbus glijdt over de as en

duwt de o-ring over de buitendiameter van de koperen buis van de warmtewisselaar. Figuur 54 toont deze beweging.



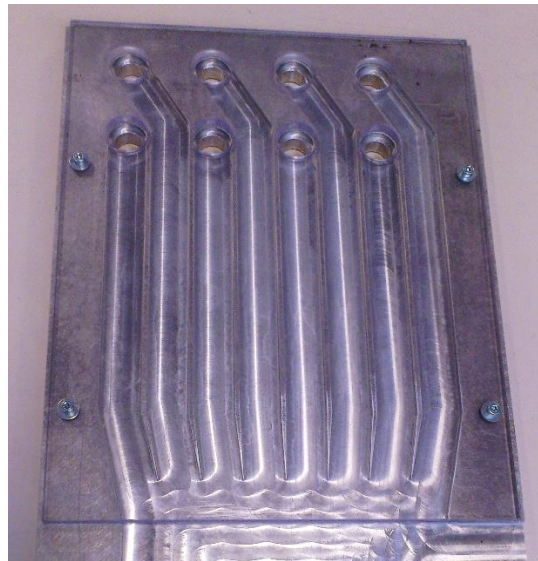
Figuur 54: Assemblage o-ring op koperen buis warmtewisselaar

De testen zijn 50 keer gesimuleerd met de conclusie dat de testen geslaagd zijn. De o-ring komt na het opdrukken van de conische as niet los. Tijdens het bewegen is het kans minimaal dat de o-ring van de conische as schuift. Het is ook opmerkelijk de opdrukkraft zeer klein is. Hierdoor is het kiezen van de cilinder herleid tot enkel de keuze van de slaglengte. Daarenboven vervormt de o-ring niet wat erg belangrijk is voor een correcte afdichting. De cilindrische bus beweegt vlot en moeiteloos over de conische as heen zodat er enkel een kleine kracht nodig is voor de montage van de o-ring op de koperen buis van de warmtewisselaar. Voor de testopstelling is er gebruikgemaakt van staal. In het ontwerp is er voor kunststof of roestvaststaal gekozen om oxidatie in de productiehalm te vermijden.

5.2.2.2 Testopstelling magazijn o-ringen

Bij module 2 is het magazijn getest is. Het magazijn zorgt voor de opslag van de o-ringen alsook voor het continue verloop van het assemblageproces. Te allen tijde moeten er acht o-ringen klaar staan voor het opneemsysteem. Figuur 55 toont het test magazijn die in een CNC-machine is gemaakt. Er is geopteerd om het magazijn uit een aluminium plaat te vervaardigen. De massa van de plaat is hiermee bijna drie keer kleiner dan die van een stalen plaat. Tijdens de testen is gecontroleerd of de o-ringen onverstoord kunnen doorschuiven en of de o-ringen tot aan de openingen geraken. De o-ring heeft een buitendiameter van 21 mm. De groeven moeten daarom steeds groter zijn dan 21 mm. De opening is 21,3 mm gekozen zodat er voldoende plaats is voor de doorgang van de o-ringen. Aan het einde van de groeven staan de eerste acht o-ringen 50 mm van elkaar. Dat is gedaan om de afstand tussen de koperen buizen van de warmtewisselaar te verkrijgen. Het opneemsysteem is daardoor sterk vergemakkelijkt.

Op het magazijn is een plexiglasplaat bevestigd. Vuilresten of stofdeeltjes kunnen het magazijn niet binnendringen. Daarnaast is het mogelijk om de doorstroming van de o-ringen te controleren. Daarenboven vermijdt de plexiglasplaat een opstapeling van de o-ringen.

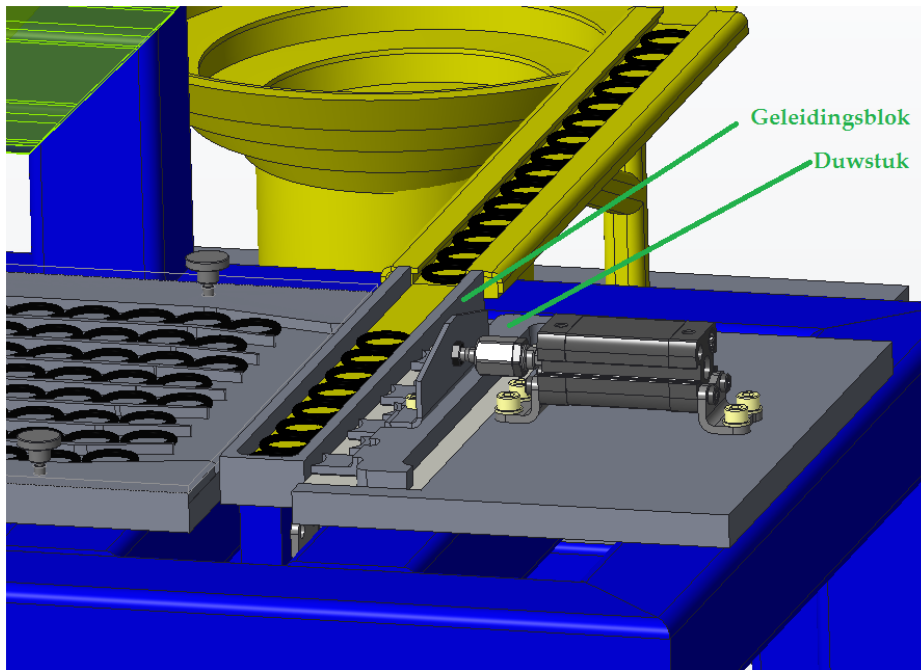


Figuur 55: Test magazijn

Gedurende de test schoven de o-ringen niet goed door. De CNC-operator had een fout gemaakt in de instellingen van de machine. Hierdoor waren de groeven te klein en blokkeerden de o-ringen de doorgang. Nadat de groeven zijn verbreed, is de test hervat. De handelingen zijn 50 keer correct uitgevoerd. Hierdoor is de conclusie dat het magazijn goed ontworpen is en de testopstelling voldoet. Bovendien zijn de o-ringen correct opgeslagen in het magazijn.

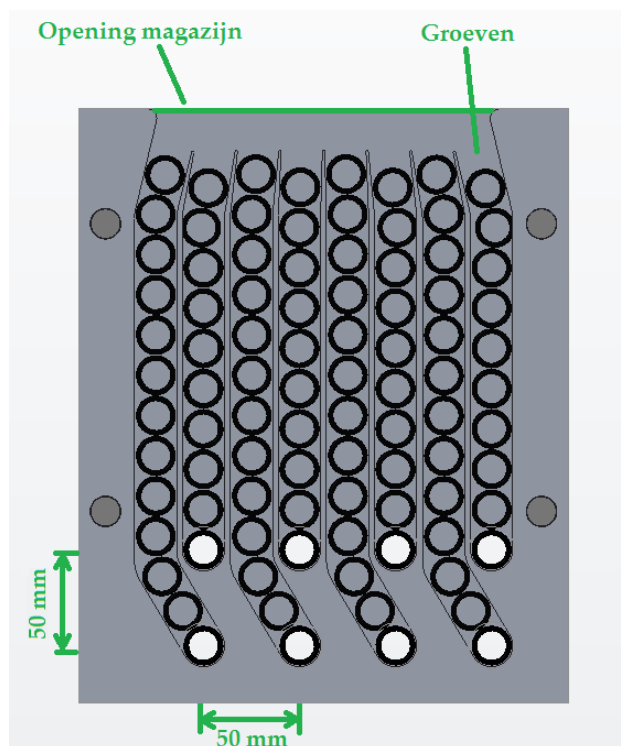
5.2.3 Resultaat

In dit deel wordt de focus gelegd op de verschillen tussen module 1 en module 2 in plaats van de soortgelijke stappen volledig te herhalen. Het eerste onderdeel wat verschillend is qua geometrie is de geleidingsblok. De o-ringen hebben een andere vorm en hebben andere maten in vergelijking met de kunststofringen. Enerzijds zijn de kunststofringen 15 mm hoog met buitendiameter 23,6 mm. Anderzijds zijn de o-ringen 3 mm hoog met buitendiameter 21 mm. De uitvoering van de geleidingsblok is lager door het grote verschil in hoogte. Verder is ook de breedte ervan kleiner, zodat de geleiding van de o-ringen beter verloopt. Figuur 56 toont het doorduwstelsel met de aangepaste geleidingsblok. In Figuur 56 is ook het aangepaste duwstuk zichtbaar. De o-ringen zijn minder hoog en bijgevolg is de hoogte van het voorste deel van het duwstuk kleiner.



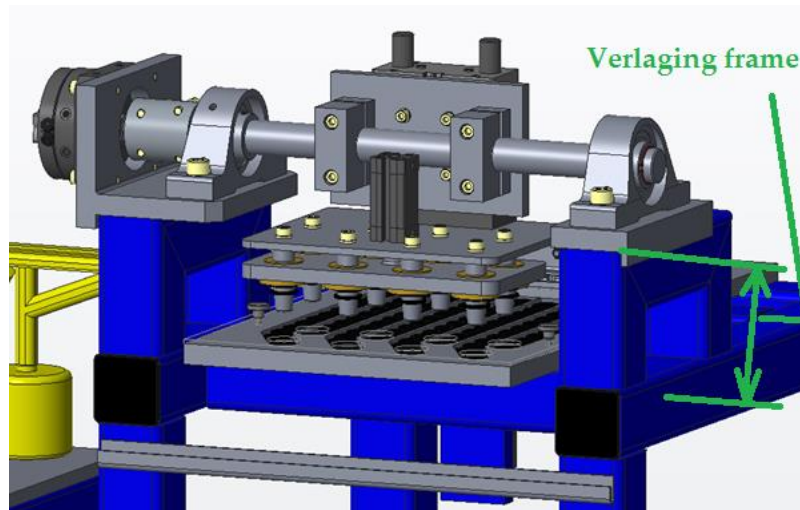
Figuur 56: Doorduwsysteem o-ringen

Verder is het magazijn in vorm en afmetingen veranderd. De hoogte van de aluminium plaat kan een groot stuk gereduceerd worden. Daarnaast is ook de vorm van de groeven veranderd. Omdat de diameter van de o-ringen kleiner is, moet de opening van het magazijn verkleinen. Voorts zijn de groeven gekromd om het doorduwen te verbeteren en de uiteindelijke onderlinge afstand van 50 mm te bekomen.



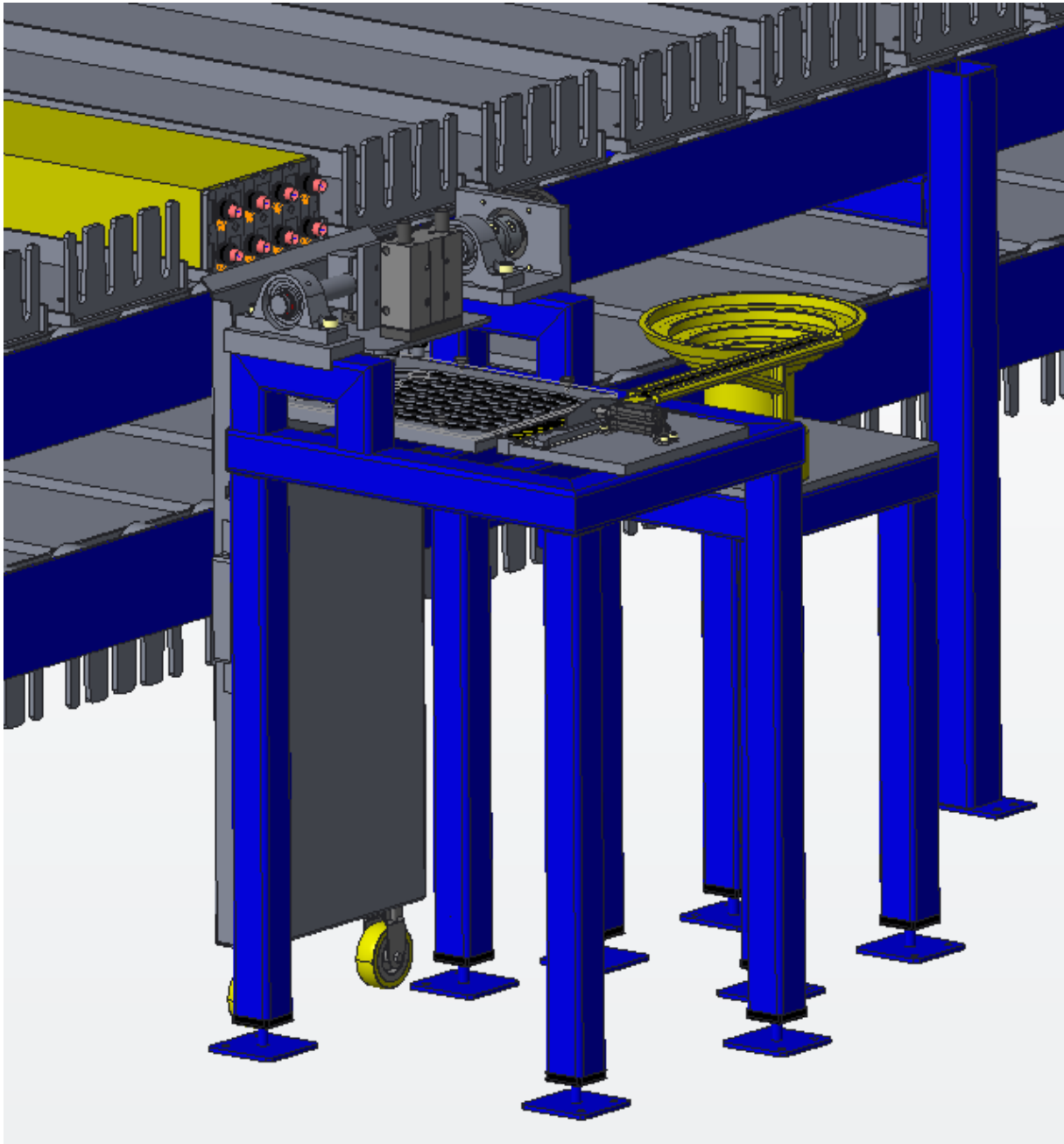
Figuur 57: Magazijn o-ringen

De cilinders ondervinden een verandering in slaglengte door de kleinere hoogte van de o-ringen. Een wijziging is ook aangebracht aan het frame. Het deel van het frame waarop het opneemsysteem rust is verlaagd. Maar omwille van deze verlaging verandert de slaglengte van de geleide persluchtcilinder niet.



Figuur 58: Opneemsysteem o-ringen

Verder zijn de poten van het frame in lengte aangepast zodat de hoogte overeenkomt van de opnemers ten opzichte van de koperen buizen van de warmtewisselaar. Zoals bij module 1 zijn de voetjes van het frame verstelbaar gemaakt. Oneffenheden in de vloer of afwijkingen ten gevolge van onnauwkeurige onderdelen worden deels opgevangen. Figuur 59 toont het eindontwerp voor module 2.



Figuur 59: Resultaat module 2

5.3 UITWERKING MODULE 3: VERBREDEN BUISDIAMETERS

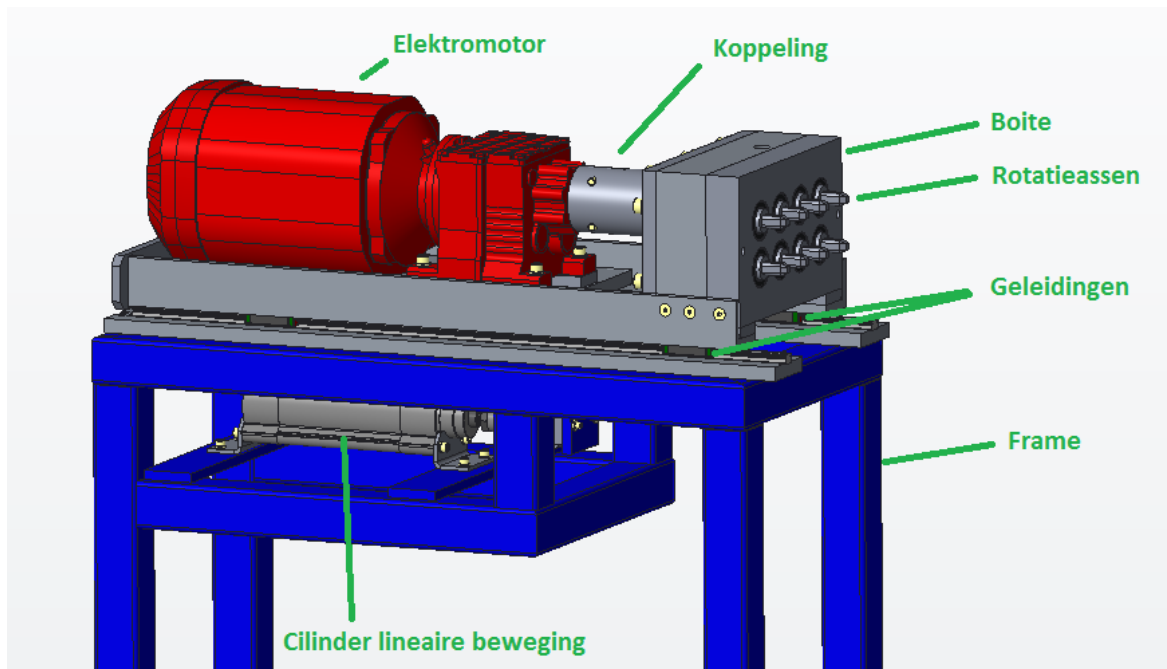
5.3.1 Concept

Na de assemblage van de kunststofringen en de o-ringen zijn de warmtewisselaars getransporteerd naar module 3 waar de diameter van de koperen buizen is verbreed. Het doel van deze stap is het vastzetten van de geassembleerde onderdelen op de buizen. In de literatuurstudie is er gezocht naar verschillende technieken. Al snel leverde een doordachte research verscheidene resultaten op. Hieronder nog een korte opsomming van de gevonden technieken:

- Hydroforming;
- Swaging;
- Rubberpersen;
- Tube end forming

In Tabel 1 werd duidelijk dat swaging als beste uit de bus komt. Deze techniek omvat echter het risico om de buis te beschadigen en dus de afdichting in gedrang te brengen. Hierdoor ontstaan lekken in de collector, wat niet gewenst is. Het is belangrijk dat de rondheid van de koperen buizen behouden wordt. Door de verbredingstool te laten roteren kan de rondheid behouden worden tijdens het uitoefenen van de kracht op de binnenkant van de koperen buizen.

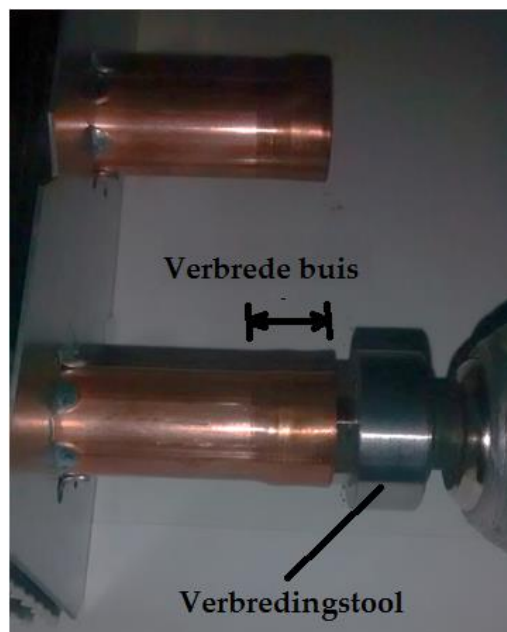
De ontworpen module (Figuur 60) bestaat uit een frame waarop twee lineaire geleidingen zijn vast gemaakt. Twee L-profielen zijn bevestigd op de geleidingen. Op de L-profielen is een plaat gemonteerd. Wanneer de plaat beweegt, bewegen allebei de geleidingen gelijktijdig. Een cilinder is verbonden met de plaat. Zodra de cilinder is aangestuurd beweegt de volledige structuur lineair richting de koperen buizen van de warmtewisselaar. Daarnaast zijn de elektromotor en de boite bevestigd op de plaat. In de boite bevinden zich tandwielen. Een spieverbinding verbindt de tandwielen met de acht rotatieassen. Eén van de acht assen is aan de achterkant van de boite naar buiten gebracht en deze is via een koppeling verbonden met de elektromotor. Dit is de gedreven as. De overige assen draaien met de gedreven as mee omdat ze onderling verbonden zijn door de tandwieloverbrenging. Bovendien ondersteunen lagers de assen waardoor de optredende radiale en axiale krachten worden opgevangen.



Figuur 60: Module verbreden

5.3.2 Testen

De werking van de techniek met roterende verbredingstool is via een test bewezen. In de test is een type 10 warmtewisselaar, een batterijboormachine en de verbredingstool gebruikt. Figuur 61 toont de verbrede buis.



Figuur 61: Verbreden buisdiameter

In eerste instantie zijn de kunststofringen en de o-ringen handmatig gepositioneerd op de buizen van de warmtewisselaar. Vervolgens zijn de buizen van 5 warmtewisselaars afzonderlijk verbreed van 15,05 mm naar 15,20 mm. Er is nagegaan of de verbredingsmethode enige schade veroorzaakt op de buizen. De test was geslaagd omdat er geen schade is vastgesteld. Om de elektromotor te bepalen zijn de gegevens van de batterijboormachine opgezocht. Het toerental n [min^{-1}] en het vermogen P [W] zijn de belangrijkste gegevens. De waardes hiervoor zijn: $n = 1500 \text{ min}^{-1}$; $P = 750 \text{ W}$. In de formule zijn 2 onbekenden, namelijk: het moment M [Nm] en het rendement η [dimensieloos]. Het rendement is geschat op 0,8.

$$P = \frac{M * 2 * \pi * n}{60}$$

De gezochte onbekende is het koppel. Omvormen van bovenstaande formule geeft:

$$M = \frac{P * 60}{2 * \pi * n}$$

$$M = \frac{750 \text{ W} * 60}{2 * \pi * 1500 \text{ min}^{-1}} = 4,77 \text{ Nm}$$

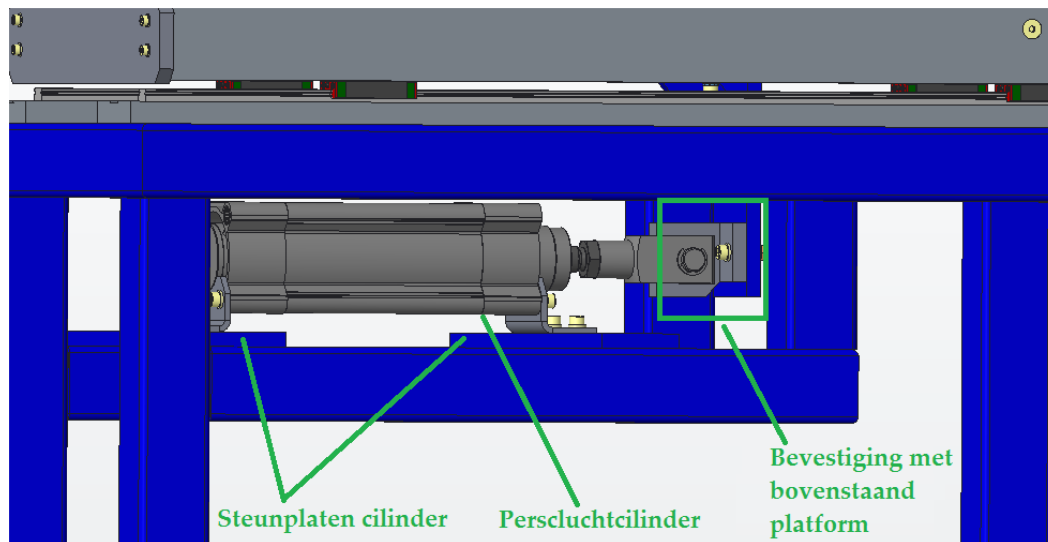
Dit is het nodige koppel voor het verbreden van één buis. Omdat de module acht buizen tegelijk moet verbreden is het koppel vermenigvuldigd met acht.

$$M = 4,77 * 8 = 38,13 \text{ Nm}$$

De gekozen motor is van het merk SEW Eurodrive. Deze fabrikant heeft zoals velen anderen fabrikanten een configurator voor het bepalen van een motor. Met de berekende en opgezochte gegevens is een motor gekozen waarvan de datasheet is toegevoegd in bijlage 5.

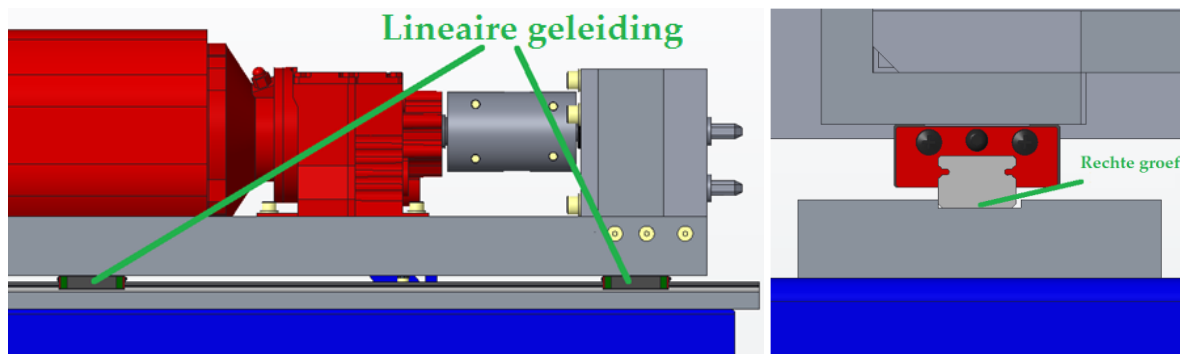
5.3.3 Resultaat

Zoals eerder aangehaald is een cilinder gebruikt voor de lineaire beweging. De cilinder is van het merk Festo. De cilinder moet de afstand overbruggen die zich bevindt tussen de assen en de koperen buizen van de warmtewisselaars. Daarenboven moet de cilinder voldoende kracht uitoefenen om de koperen buizen te verbreden. Er is gekozen voor een cilinder met slaglengte 100 mm. Tijdens de testen is er geschat dat bij het verbreden een kracht van 300 N is uitgeoefend om de buisdiameter te vergroten. Deze is ook vermenigvuldigd met acht. De kracht die de cilinder moet ontwikkelen is 300 N. Figuur 62 stelt het onderstel met de persluchtcilinder voor. De figuur toont ook de bevestiging met het bovenstaande platform waarop de elektromotor en het verbredingsmechanisme rusten.



Figuur 62: Persluchtcilinder verbreden

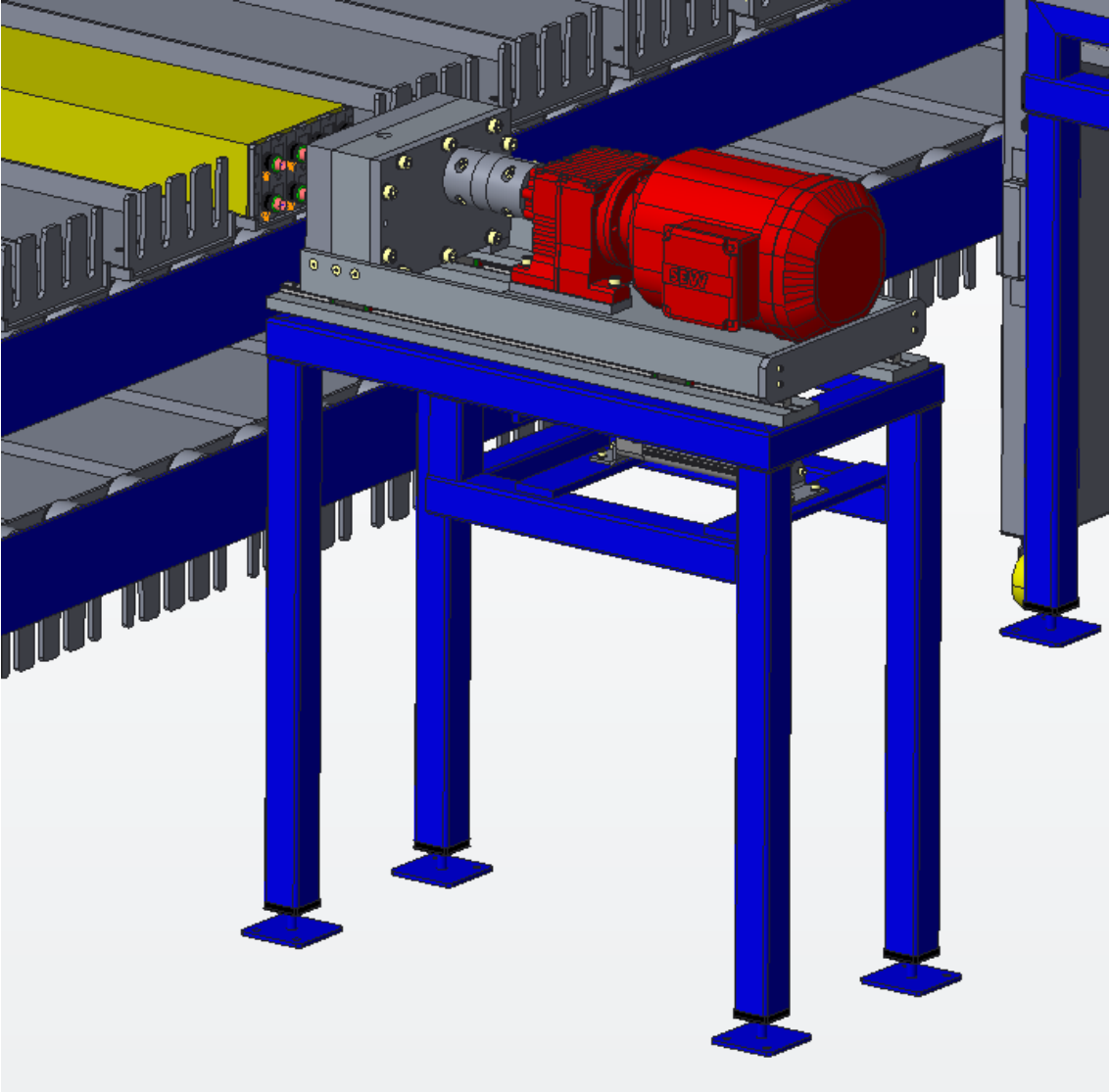
Verder zijn de lineaire geleidingen gekozen bij de Duitse fabrikant HIWEN. De gekozen lineaire geleiding is 750 mm lang en bevat twee karretjes. In totaal zijn er 2 lineaire geleidingen nodig voor deze module. De plaatsing/montage van de geleidingen is van uiterst belang. Indien deze niet volledig evenwijdig zijn opgesteld blokkeert de beweging en kunnen de kogels in de karretjes vervormen door wringing. Om dit probleem te vermijden is een rechte gleuf gefreesd in de platen waar de geleidingen zijn bevestigd. De geleidingen zijn tegen de rechte gleuven gepositioneerd en zijn vast gebout.



Figuur 63: Lineaire geleiding en rechte groef

Tot slot zijn de lagers bepaald voor de ondersteuning van de assen. De assen zijn onderhevig aan radiale en axiale krachten. De axiale lagers vangen de krachten op die worden opgebouwd tijdens het verbreden van de koperen buizen. Daarenboven worden de assen vastgezet in één richting. Vandaar zijn 2 axiale lagers gebruikt om de assen in beide richtingen onbeweegbaar te maken. Axiale lagers kunnen echter geen radiale krachten

opvangen. Vandaar dat er nog een extra radiale lager is gebruikt. In Figuur 64 is module 3 weergegeven.



Figuur 64: Resultaat module 3

5.4 UITWERKING MODULE 4: ASSEMBLEREN INSERTS

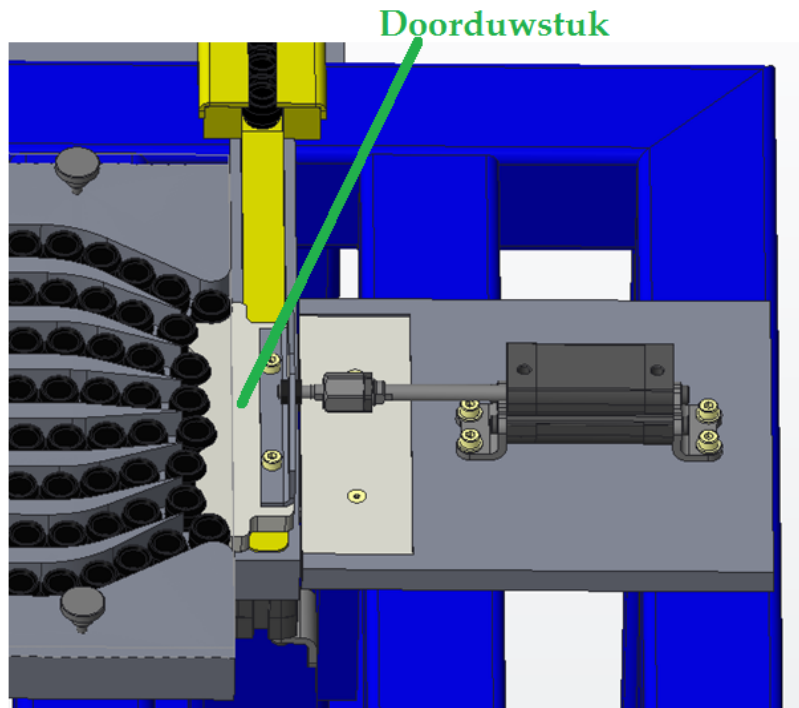
5.4.1 Concept

In de vorige hoofdstukken is er een techniek gevonden voor het opnemen van kunststofringen en o-ringen. Deze techniek is ook voor module 4 gebruikt. Vanwege de kleinere maat van de inserts, is de opnemer kleiner en in een andere vorm uitgevoerd. Het oorspronkelijke idee was om de insert via de binnendiameter op te nemen zoals bij de andere modules. De binnendiameter is echter te klein ten opzichte van de andere onderdelen waardoor er niet voldoende wrijving ontstaat tussen insert en opnemer. Vervolgens is er een tweede opnemer bedacht waarvan het punt uit een rubberen dop bestaat. De rubberen dop is met een tool geponst. Na enkele testen bleek dat de ponstool niet over de juiste maat beschikte waardoor het stukje rubber steeds net te klein of net te groot was. Maar gedurende de testen viel op dat de ponstool in de insert paste en dat dankzij die vorm en grootte de insert werd opgenomen.

Kortom moet de module voor het assembleren van de inserts dezelfde stappen doorlopen als modules 1 en 2. Ten eerste zijn de inserts opgeslagen in de trilkom. Om ervoor te zorgen dat de inserts niet van de trilbaan vallen, is de geleidingsblok verplaatst door een cilinder. Daarna trillen de inserts volgens de geleidingsblok via de trilbaan tot in doorduwpositie. De trilinstallatie zorgt ervoor dat er telkens acht inserts klaar staan. Hierna verplaatsen de inserts van de trilbaan naar het magazijn via een doorduwstuk en een cilinder. Vervolgens duwt een geleidingscilinder het opneemsysteem naar beneden en neemt de inserts aan de voorkant van het magazijn op. Na het opnemen van de inserts trekt de cilinder het opneemsysteem terug in rustpositie. In de tussentijd wordt het magazijn bijgevuld. Daarna roteert de perslucht draaimotor 90° richting de warmtewisselaar toe. De assen van de opnemers staan nu in lijn met de assen van de warmtewisselaars. Tussen opnemers en de koperen buizen is de afstand echter te groot. De geleide cilinder duwt het opneemsysteem 40 mm dicht bij de koperen buizen. Een afduwcilinder treedt in werking die de inserts in de buis positioneren. Eenmaal de inserts geassembleerd zijn wordt het opneemsysteem met de bijhorende cilinders naar de beginpositie geleid.

5.4.2 Resultaat

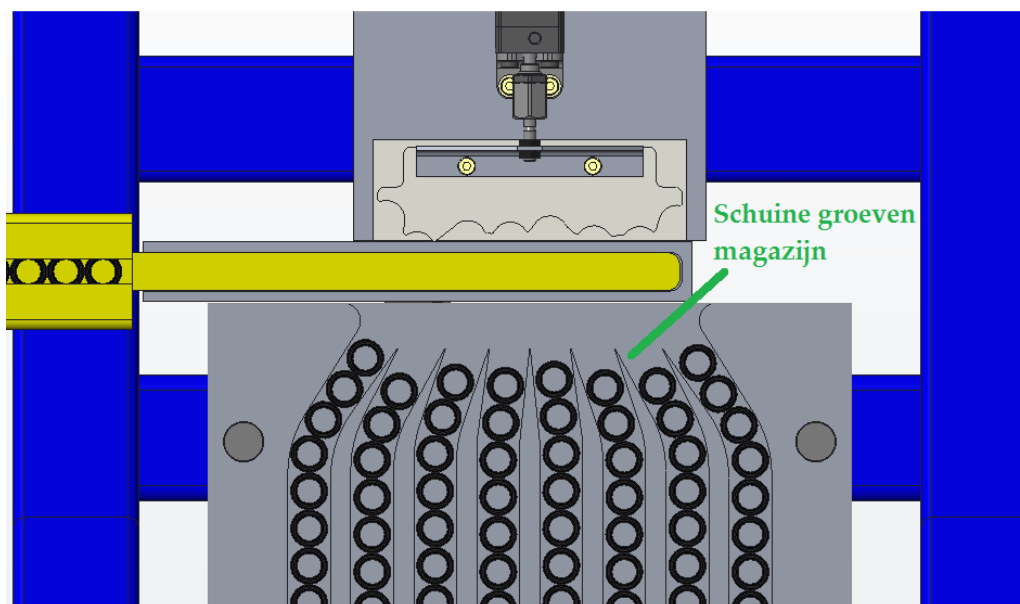
De persluchtcilinders zijn bepaald via fabrikant Festo. De slaglengte is gewijzigd van de cilinder voor het doorduwen van de inserts in het magazijn. Deze bedraagt 45 mm. Het is niet noodzakelijk om een andere cilinder te kiezen. Bovendien zijn aanpassingen vooral nodig bij het magazijn en het doorduwstuk. Figuur 65 toont de inserts die in het magazijn zijn doorgeduwd. De speciale aangepaste vorm zorgt ervoor dat alle inserts in het magazijn zijn verplaatst in de respectievelijke groeven.



Figuur 65: Vorgevormde doorduwstuk inserts

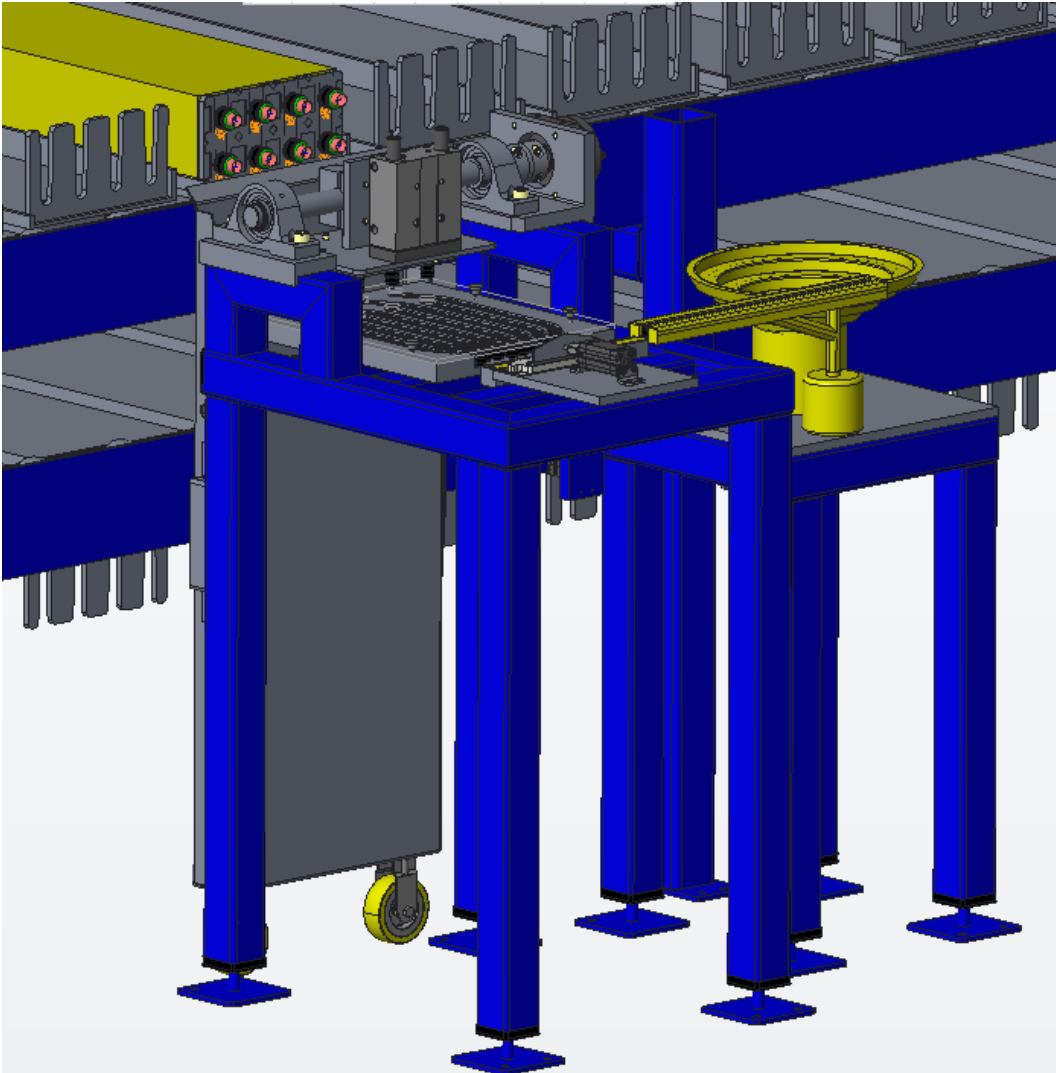
De inserts hebben een andere geometrie dan de kunststofringen en o-ringen. Daarom heeft het magazijn andere afmetingen. Omdat de buitendiameter van de inserts zeer klein is, zal de ingang kleiner uitvallen. Bijgevolg moeten de groeven aan de ingang extra schuin staan om uiteindelijk de onderlinge afstand van 50 mm tussen de inserts te verkrijgen.

Onderstaande Figuur 66 geeft het magazijn van module 4 weer. De schuine groeven zijn duidelijk zichtbaar.



Figuur 66: Magazijn inserts met aangepaste schuine groeven

Tenslotte is in Figuur 67 het resultaat voor module 4 weergegeven.



Figuur 67: Resultaat module 4

5.5 UITWERKING MODULE 5: TRANSPORTSISTEEM

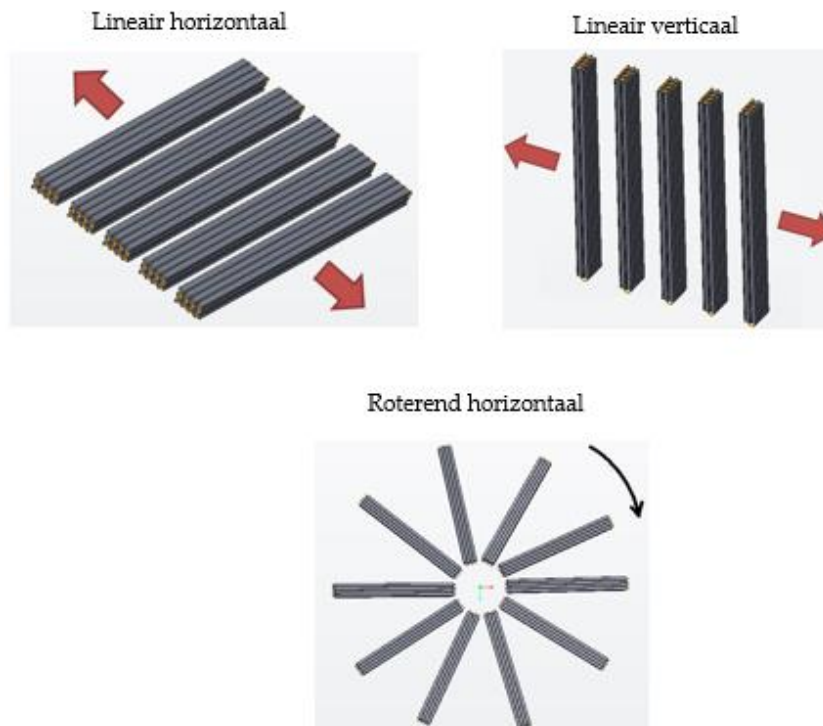
5.5.1 Concept

Om de kunststof collector op de warmtewisselaar te assembleren moet de warmtewisselaar alle modules in de juiste volgorde doorlopen. De vijfde module staat in voor dit transport. De module moet voldoen aan een aantal doelstellingen. Zo worden de warmtewisselaars aangevoerd door een arbeider. Hier is het belangrijk dat dit op een ergonomische manier gebeurt. Dit wil zeggen dat er moet worden gekeken naar de manier waarop de warmtewisselaars in de modules worden aangevoerd.

Om de warmtewisselaars één voor één langs de modules te laten bewegen, moet het mogelijk zijn om de warmtewisselaars een bepaalde tijd te laten wachten voor een module zodat deze kunnen worden bewerkt. Ook moet een correcte positie van de warmtewisselaar ten opzichte van de afzonderlijke modules worden gegarandeerd.

Voor deze module zijn er veel mogelijke manieren van transport uitgedacht. Hieruit is een module ontworpen (versie 1). Deze module was echter té complex en té duur. Een eenvoudiger ontwerp is vervat in versie 2.

Eerst is er gekeken op welke manier de warmtewisselaars kunnen getransporteerd worden tussen de modules. Hiervoor zijn er uiteindelijk nog de drie mogelijkheden. Deze staan hieronder afgebeeld.

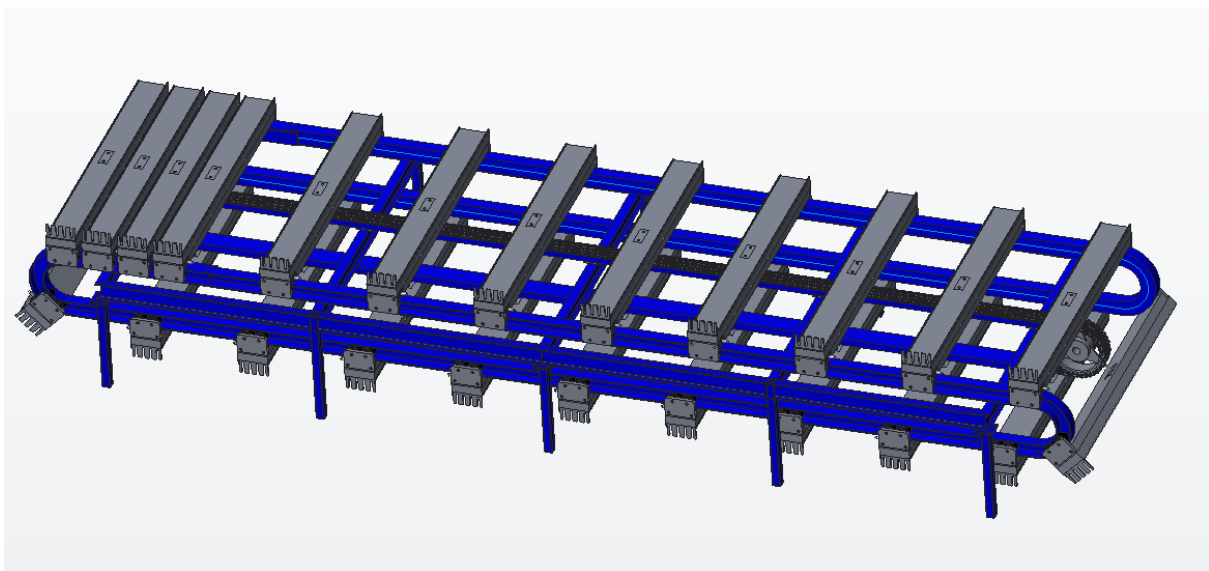


Figuur 68: Transportmogelijkheden

Uit deze drie mogelijkheden is er gekozen voor lineair horizontaal omdat de andere keuzes enkele nadelen hadden. Zo is het bij de lineair verticale methode voor de arbeider niet erg ergonomisch om warmtewisselaars van 1,8 m verticaal in een machine te hangen. Maar ook de hoogte van de machine zal groot worden. Bij de roterend horizontale methode kan er een rotatietafel gebruikt worden waar er modules rond worden gezet. Dit zal veel ruimte in beslag nemen omdat deze rotatietafel een minimale diameter van 4 m moet hebben.

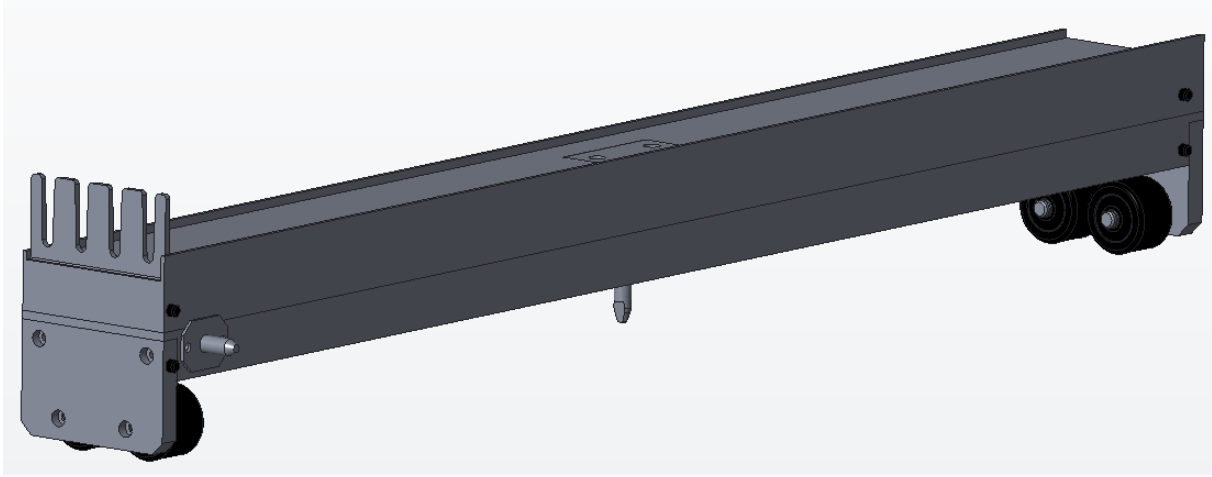
5.5.1.1 Versie 1

Om een correcte positie en afzonderlijke aandrijving van de warmtewisselaars te verkrijgen is een transportlijn met afzonderlijke sledes ontworpen zoals onderstaande Figuur 69.



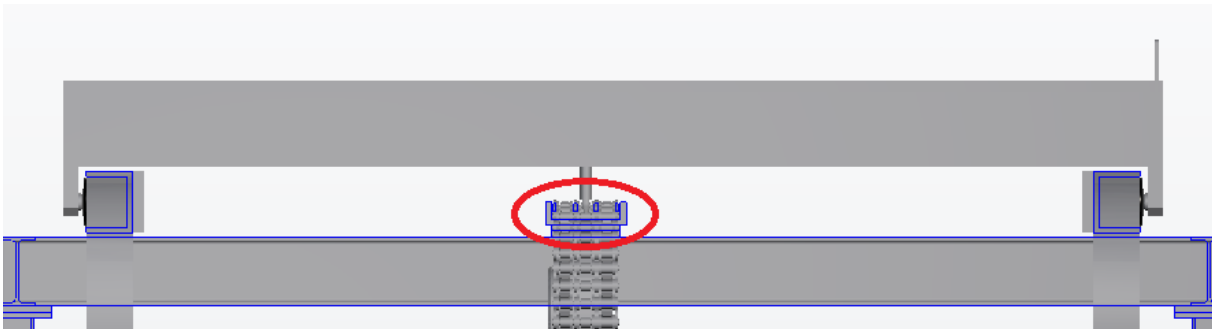
Figuur 69: Transportmodule versie 1

Over deze transportlijn lopen sledes waarop de warmtewisselaar kan worden gelegd. Deze sledes zoals zichtbaar op onderstaande Figuur 70 zijn voorzien van een kam op de voorzijde. Deze kam wordt gebruikt als nulpunt voor de warmtewisselaar ten opzichte van de modules. Zo kan een arbeider eenvoudig een warmtewisselaar in de sledes leggen. Omdat de warmtewisselaars veranderen van afmetingen naargelang de verschillende types is er een aanslag voorzien waar de warmtewisselaar tegen kan worden gelegd. De sledes worden in banen van de transportlijn gezet waar ze met behulp van wieltjes worden ondersteunt.



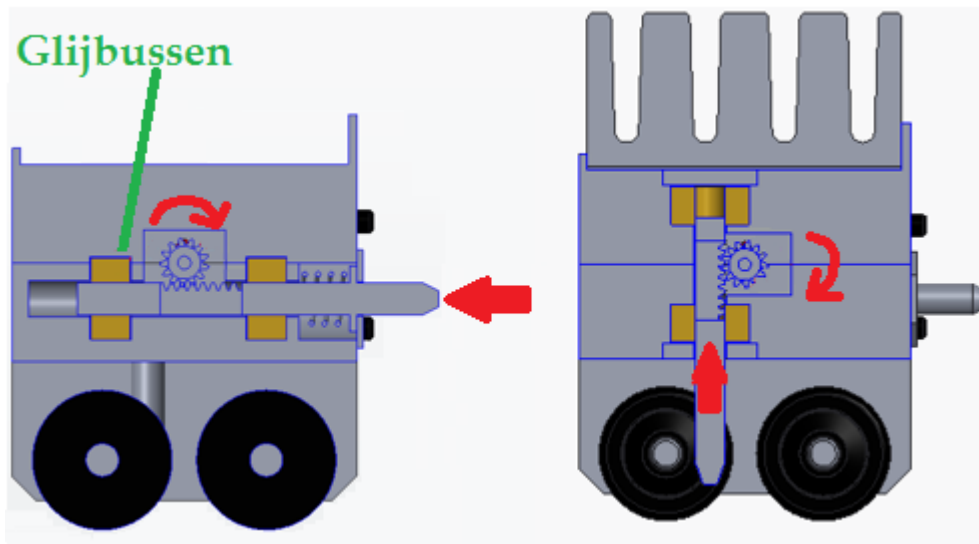
Figuur 70: Slede transportmodule versie 1

De sledes worden afzonderlijk aangedreven door een ketting. In deze module is er gekeken naar een systeem waarbij de ketting constant kan worden aangedreven. Hiervoor zijn de sledes voorzien van een systeem waarbij de slede kan aangrijpen in een ketting. Wanneer de slede moet bewegen, zal dit gebeuren door een pen die ingrijpt op de ketting zoals aangeduid op Figuur 71. Wanneer de slede moet stilstaan, zal de pen omhoog worden getrokken.



Figuur 71: Aangrijpen transportmodule versie 1

De pen die ingrijpt op de ketting wordt omhoog bewogen doordat de pin aan de voorzijde van de slede wordt ingedrukt. Met behulp van een tandwielsysteem wordt deze indrukking overgebracht naar de pen die ingrijpt op de ketting. Op onderstaande Figuur 72 kan je zien dat wanneer de pen aan de voorkant van de slede wordt ingedrukt er een veer wordt ingedrukt. Gelijktijdig zal de vertanding van deze pen het tandwiel aandrijven. De rotatie van dit tandwiel zal via de tandwielas worden overgedragen op de vertanding van de pen die hierna ophoog zal bewegen.

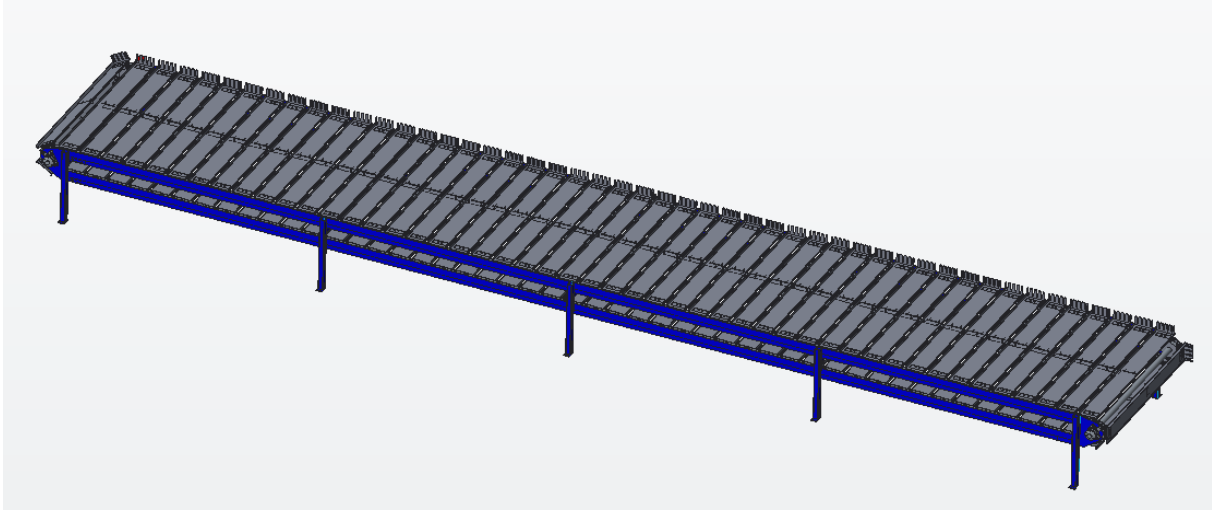


Figuur 72: Werking slede

Dit systeem is zo ontworpen dat de sledes automatisch stoppen wanneer er een andere slede voor staat. Hierdoor is het mogelijk om de assemblagemodules op een willekeurige plaats langs de transportmodule te plaatsen. Doordat je bij elke module een systeem kan maken waartegen deze sledes aanlopen zal ook steeds de positie gegarandeerd kunnen worden. Zolang dat de warmtewisselaar die op de slede ligt wordt bewerkt, zal de module deze sleden tegenhouden.

5.5.1.2 Versie 2

Omdat de eerste versie van de transportmodule een complex systeem is, is er nagedacht over een alternatief. Het nieuwe ontwerp berust op de werking van transportkettingen. Dit zijn kettingen waarop het mogelijk is onderdelen te bevestigen. De documentatie hiervan is terug te vinden in de bijlage. Op deze transportkettingen worden nieuwe sledes bevestigd. Deze sledes zijn minder complex dan de voorgaande versie en enkel voorzien van een kam en een aanslag voor de positionering van de warmtewisselaar. De kettingen waarop de sledes zijn bevestigd worden door een servomotor in combinatie met een reductor aangedreven. Deze servomotor wordt voorzien van een encoder om de positie van de sledes te kunnen weten gedurende de beweging. In 5.5.2 staan de berekeningen voor de keuze van deze motor. De specifieke motor, reductor en sturing kan worden teruggevonden in de bijlage.



Figuur 73: Transportsysteem

Deze versie bevat twee kettingen die op een afstand van 1800 mm uit elkaar liggen. De steek van de ketting bedraagt 125 mm. Na elke standaardschakel is er één schakel waarop de sledes kunnen worden bevestigd met behulp van een boutverbinding. Dit betekent dat er om de 250 mm een nieuwe slede bevestigd is. De beweging van deze transportlijn zal dan steeds in stappen van 250 mm gebeuren. Het verloop van deze stappen kan worden teruggevonden in de vorm van een snelheidskarakteristiek in paragraaf 5.5.2.1. De modules die worden voorzien van warmtewisselaars door deze transportmodule zullen moeten worden uitgelijnd in functie van deze afstanden.

Bij deze versie is het de bedoeling dat de modules langs dit transportsysteem communiceren met een centrale PLC. Zo kan er worden gekeken of alle modules klaar zijn met hun bewerking voordat er een stap wordt bewogen door de servomotor. Het elektrische ontwerp achter deze installatie kan worden teruggevonden in paragraaf 6.

Om ervoor te zorgen dat de krachten die op de warmtewisselaars komen bij het verbreden en opdrukken van de verschillende onderdelen niet op de kettingen komen is de transportlijn voorzien van een geleiding. Deze geleiding staat centraal in de transportlijn en zorgt er gelijktijdig voor dat er geen doorbuiging is. Dit zorgt ervoor dat de koperen buizen van de warmtewisselaars niet onder een hoek komen te staan bij de verschillende modules.

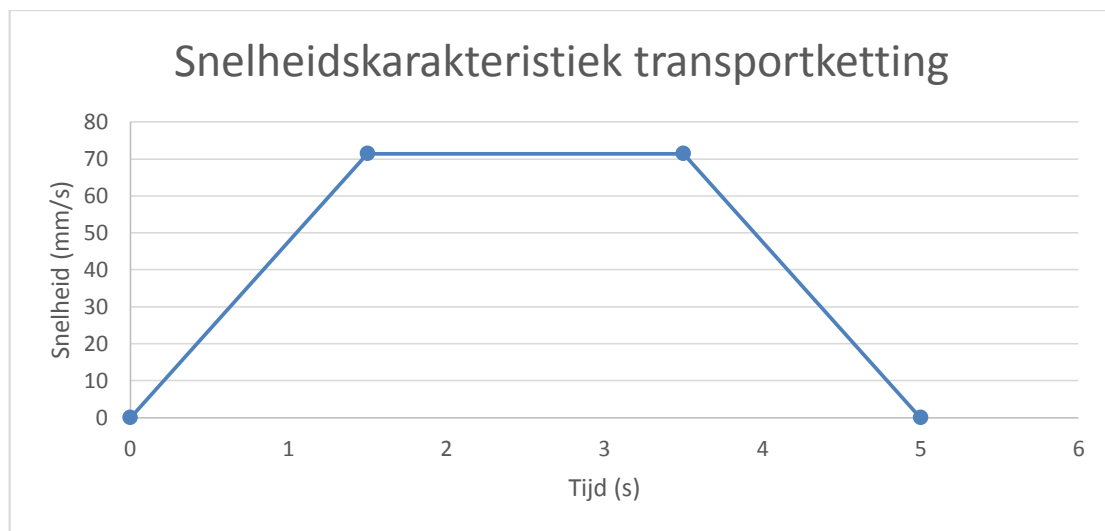
5.5.2 Berekeningen

5.5.2.1 Bepalen servomotor

Voor het bepalen van de servomotor is er gebruikgemaakt van onderstaande berekeningen. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met een aantal vaste parameters. De tijd die verstrijkt voordat er een nieuwe warmtewisselaar voor de module staat is vastgesteld op 5 seconden. Dit zou voldoende snel genoeg moeten zijn om een assemblagetijd van één warmtewisselaar per minuut te halen. Mocht dit achteraf niet snel genoeg zijn, kan er worden gekeken naar een andere servomotor. Door met de vooraf bepaalde ketting te werken is de afstand tussen 2 warmtewisselaars 250 mm.

Het maximale gewicht van de type 20 warmtewisselaar van de grootste lengte is geschat op 8 kg. Er is gerekend met 10 kg om een veiligheidsmarge in te bouwen. Het maximale aantal warmtewisselaars op het transportsysteem is 50.

Door gebruik te maken van een servomotor kunnen de versnelling, snelheid en andere parameters ingesteld worden. Hieronder staat een snelheidskarakteristiek die voor deze assemblagelijijn kan worden gebruikt. Er is gekozen om de berekeningen aan de hand van deze snelheidskarakteristiek te maken.



Figuur 74: Snelheidskarakteristiek transportketting

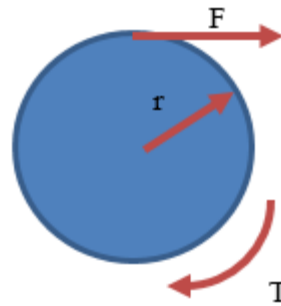
Uit bovenstaande grafiek kan de versnelling worden afgeleid.

→ Versnelling: $a = 47,6 \text{ mm/s}^2$

Deze versnelling kan worden gebruikt om de kracht te berekenen die door de motor zal moeten worden geleverd.

$$F = m * a \rightarrow F = 500 \text{ kg} * 50 \text{ mm/s}^2 = 25 \text{ N}$$

Nu kan het koppel dat de motor moet leveren worden berekend aan de hand van onderstaande figuur. Uit het ontwerp kan de straal (r) worden gehaald. Deze is 125 mm.



Figuur 75: Voorstelling koppel

$$T = F * r = 25 \text{ N} * 125 \text{ mm} = 3,13 \text{ Nm}$$

Met dit koppel en de snelheidskarakteristiek kan er worden gezocht naar een geschikte servomotor en reductor.

Er is gekozen voor een servomotor van het merk Electric-Schneider. Namelijk de "BMH0703P31F1A". in combinatie met een reductor "GBY060012K" van hetzelfde merk. Deze componenten zullen worden aangestuurd door een "Lexium_32_LXM32SD72N4" servosturing. Meer informatie over deze componenten kan worden teruggevonden in de bijlagen.

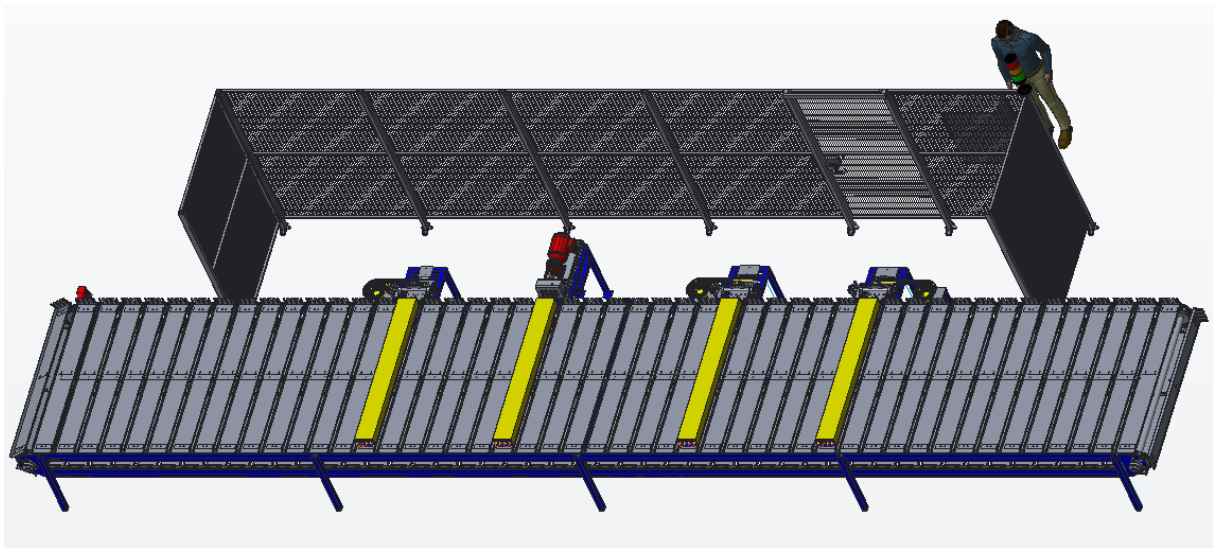
5.5.3 Resultaat

Het resultaat van dit ontwerp is een transportmodule die werkt in combinatie met de andere vier modules. De servomotor van deze module zorgt ervoor dat de beweging van de warmtewisselaars tussen de modules vlot verloopt. Deze transportlijn kan op een ergonomische manier worden aangevuld door een arbeider.

5.6 ASSEMBLAGELIJK KUNSTSTOF COLLECTOR

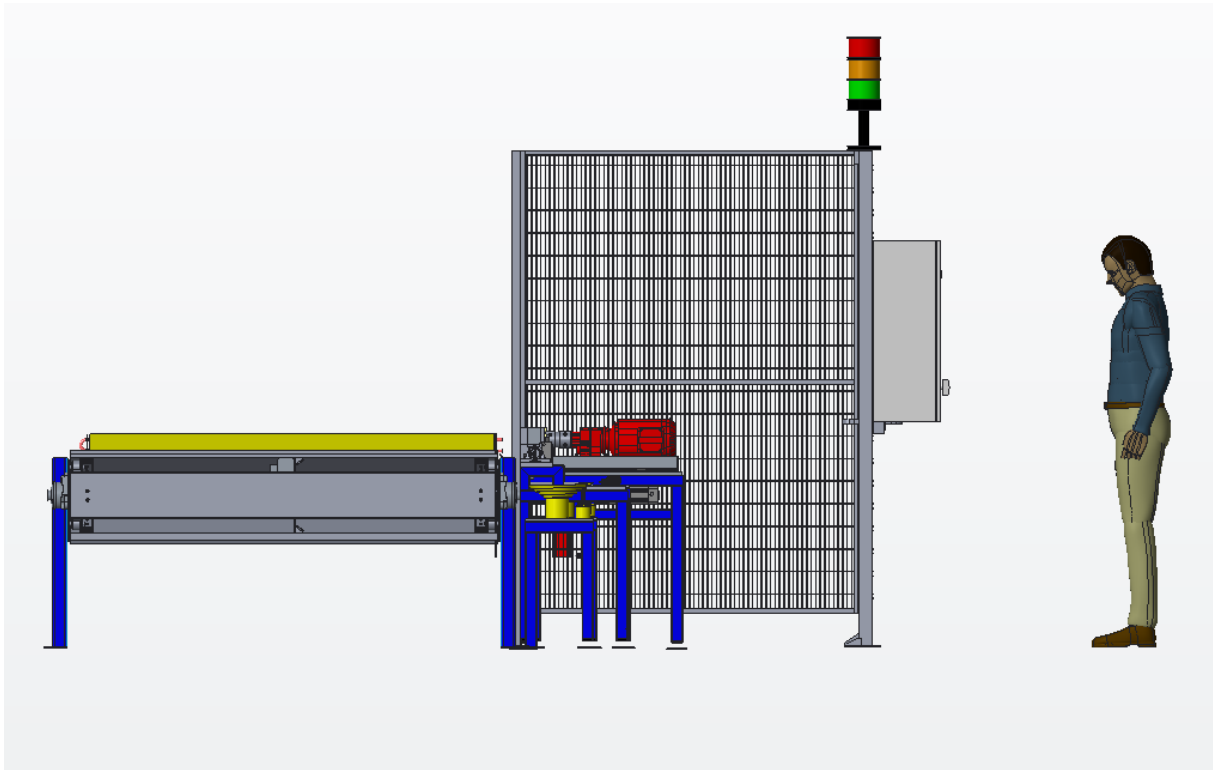
De afzonderlijke ontwerpen zijn volledig afgerond. In dit deel zijn de modules samengevoegd om de assemblagelijijn te configureren. Alle modules zijn gepositioneerd ten opzichte van het transportsysteem. Tussen de modules is een afstand van minimaal 1,5 m zodat operatoren er vrij tussen kunnen bewegen, bijvoorbeeld tijdens een onderhoudsbeurt of reparatie van een module. Verder geeft deze afstand een goed overzicht van de assemblagelijijn aan de operator. Figuur 76 geeft de assemblagelijijn van de kunststof collector weer.

Voorts zijn er veiligheidshelmen geplaatst rond modules 1 tot en met 4. Hiermee is de veilige en de onveilige zone afgebakend en is de veiligheid van de operatoren gegarandeerd. Wanneer de operator dan toch in de onveilige zone wil binnentreden, dan kan dat langs een veiligheidsdeur. Deze deur blijft dicht totdat de cyclus van de modules is afgewerkt. De assemblagelijijn is spanningsloos. De operator kan nu de ruimte betreden. Verder zijn er noodstoppen in geval van nood. Een van de noodstoppen is uitgevoerd met een sleutelvergrendeling. De onderhoudstechniek kan onder alle veiligheidsnormen gerust werken aan de assemblagelijijn.



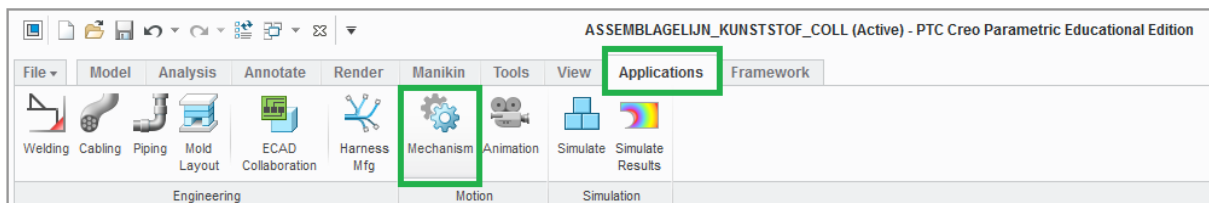
Figuur 76: Assemblagelijijn kunststof collector

Signalisatie is van groot belang voor de operator of de omstaande werknemers. Hierdoor weten ze dat de installatie al dan niet onder spanning staat. Daarvoor zijn er signaallampen voorzien. Een groene lamp geeft aan dat de assemblagelijijn onder spanning staat. Een rode lamp geeft aan dat de assemblagelijijn spanningsloos is. Een oranje zwaailicht geeft aan dat er problemen zijn (Figuur 77).



Figuur 77: Zijaanzicht assemblagelijnen kunststof collector

Er zijn simulaties gemaakt van de modules om de bewegingen en assemblagemethoden te controleren. De simulaties zijn via *PTC Creo* gemaakt. In *Mechanisms* (Figuur 78) worden bewegingen toegekend aan constraints die tussen verschillende onderdelen bestaan. Hiervoor moesten enkele constraints omgezet worden naar *mechanism constraints*. Deze constraints geven de gebruiker de mogelijkheid om reële bewegingen te programmeren.



Figuur 78: Mechanism in PTC Creo

Nadat de mechanisms voor elke module afzonderlijk zijn toegekend kan een simulatie starten. Deze simulaties zijn terug te vinden in een CD op de achterflap van de thesis. De conclusie is dat voor elke module de bewegingen correct gebeuren zoals beschreven in de puntjes van het ontwerp. Daarbij is een warmtewisselaar type 20 als testonderdeel gebruikt. De onderdelen van de kunststof collector zijn hierin visueel geassembleerd.

6 ELEKTRISCH EN PNEUMATISCH ONTWERP

Voor de assemblagelijijn is er gekozen voor een elektrische en pneumatische aandrijving. Er is gekozen voor perslucht omdat dit ook aanwezig is. De assemblagelijijn wordt aangedreven vanaf één centraal punt. Deze bestaat uit een schakelkast waarop een aantal drukknoppen zijn bevestigd. Er is een start- en stopknop voorzien samen met een resetknop. Deze zorgt voor een reset wanneer de installatie door een noodstop of herstelling in een verkeerde positie staat. Op deze schakelkast staat een toren met signaallampen die de situatie van de assemblagelijijn op elk moment weer geeft. Zo kan er snel worden gekeken wanneer de installatie aan of uit staat. Wanneer de installatie een probleem ondervindt, zal dit worden aangetoond door een oranje signaallamp.

Het elektrisch schema begint bij de driefasen aansluiting op het net binnen Jaga door een stekker. Vanaf deze drie fasen wordt er naar een voeding gegaan die de PLC en alle sturingen moet voorzien van spanning. De drie fasen worden tot bij de motoren gebracht. Deze motoren worden aangestuurd met behulp van een contactor. De relais van deze contactoren worden aangestuurd via de PLC. De motoren worden beveiligd door een thermisch magnetische motorbeveiliging van Schneider-Electric.

Er is voor elke module een aparte klemmenstrook voorzien waarop een kabel wordt aangesloten. Deze zorgt voor de verbinding tussen de module en hoofdkast. Door deze kabel lopen de signaaldraden van de sensoren tot de PLC. De aansluitingen van de PLC-kaarten kunnen worden teruggevonden in de bijlage. Daar is terug te vinden welke sensor op welke ingang komt. Ook zie je dat er een aantal vrije ingangen zijn gehouden. Dit is gedaan om de mogelijkheid voor verandering open te laten. Zo kunnen er steeds nieuwe dingen worden aangesloten op elke module.

Het pneumatische schema is relatief eenvoudig. De opbouw hiervan bestaat uit vier grondplaten. Voor elke module behalve de transportmodule één. Deze grondplaten zorgen voor een eenvoudige aansluiting en verdeling van de perslucht. Op de grondplaten worden de ventielen en regelbare smoringen gemonteerd.

Voor de ventielen is er gekozen voor een 4/3 ventiel met een gesloten middenstand. De gesloten middenstand zorgt ervoor dat de cilinders bij een noodstop in de positie blijven staan waarin ze stonden. De ventielen worden aangestuurd door de uitgangskaart van de PLC. Het pneumatische schema kan worden teruggevonden in de CD op de achterflap.

7 KOSTENANALYSE (RETURN OF INVESTMENT)

Aan realisatie van de assemblagelijijn hangt een prijskaartje. Om een beeld te vormen van de invloed van de ontworpen installatie op de kostprijs van de warmtewisselaars, worden de kosten per warmtewisselaar uitgezet. Hier zijn er drie mogelijke productiesituaties. De huidige productie namelijk de productie van de warmtewisselaars met een messing collector, de handmatige productie van de warmtewisselaar met een kunststof collector en de productie van de warmtewisselaar met de ontworpen installatie.

Deze drie productiesituaties worden met elkaar vergeleken door de relevante kosten van de verschillende situaties in een grafiek uit te zetten. Bij het opstellen van deze grafiek worden enkel de kosten die relevant zijn tot de situatie gebruikt. Er wordt hier een onderscheid gemaakt tussen vaste kosten en variabele kosten. De vaste kosten zijn kosten zoals de aankoop van onderdelen voor het produceren van de assemblagelijijn. De variabele kosten zijn kosten zoals de materiaalkosten voor de kunststoffen onderdelen. De kosten voor verlichting en dergelijke worden hierbij niet opgenomen omdat deze in elke situatie aanwezig zijn.

7.1 KOSTEN MESSING COLLECTOR

Er zijn geen vaste kosten verbonden aan de messing collector. Deze onderdelen zijn aankoopdelen. Er zijn hier wel een aantal relevante variabele kosten zoals het aankopen van de messing onderdelen. Bij het berekenen van deze kosten zijn een aantal schattingen gebeurd. Zo zijn de uren die de arbeiders nodig zullen hebben om de installatie te assembleren geschat. Maar ook de prijs van de energie die in de installatie moet worden gestoken is geschat op basis van de energie die de motoren en cilinders gemiddeld verbruiken. In Tabel 2 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** staan de materiaalkosten voor de productie van de messing collector.

Materiaal	aantal	prijs/stuk	prijs
Messing collector	2	€ 2,37	€ 4,74
Tin	4	€ 0,02	€ 0,10
Totale warmtewisselaar			€ 4,84

Tabel 2: Kosten messing collector type 10

Deze materiaalkosten zijn niet de enige kosten voor de productie van de messing collector. In de tabel hieronder zijn de energiekosten die in de assemblage van de collector worden gestoken uitgezet in functie van één type 10 warmtewisselaar. De berekeningen zijn uitgewerkt voor een type 10 warmtewisselaar omdat daarvan de kosten voor zowel de

messing als de kunststof collector beschikbaar zijn. Deze assemblage gebeurt door middel van een soldeerproces. Dit soldeerproces brengt een grote kost van propaan met zich mee. De prijs van propaan op het moment van deze berekeningen is € 0,4828 per liter [17]. Het propaanverbruik van 2010 tot en met 2013 in functie van de geproduceerde warmtewisselaars is 0,0818 liter per warmtewisselaar. Hieruit volgt dat het propaanverbruik van elke warmtewisselaar een kost van € 0,0395 met zich meebrengt. Niet enkel het propaanverbruik moet in rekening worden gebracht, maar ook het stroomverbruik. De stroomleverancier legt een kostprijs op van € 0,124 per kWh (kilowattuur). Omgerekend naar een kost per warmtewisselaars komt dit neer op € 0,00372 per warmtewisselaar.

In Tabel 3 worden alle variabele kosten opgeteld. Het resultaat is dan dat er per warmtewisselaar een kost is van ongeveer 6,10 €.

MESSING	
Arbeidskost messing collector type 10	
Tijd assemblage 1 warmtewisselaar	0:01:00
Aantal warmtewisselaars per uur	60,000
Aantal arbeiders	2
Uurloon	€ 36,52
Kost per warmtewisselaar	€ 1,22
Stroomkost messing collector type 10	
Tijd assemblage 1 warmtewisselaar	0:01:00
Aantal warmtewisselaars per uur	60,000
Stroomverbruik (kW)	1,8
Stroomkost (Euro/kWh)	0,124
Kost per warmtewisselaar	0,00372
Persluchtkost messing collector type 10	
Persluchtverbruik per warmtewisselaar (m ³)	0
Persluchtkost (Euro/m ³)	0,79222
Kost per warmtewisselaar	0
Propaankost messing collector type 10	
Propaanverbruik per warmtewisselaar (Liter)	0,08179
Propaankost (Euro/Liter)	0,4828
Kost per warmtewisselaar	0,03949
Materiaalkost	4,84
Totaal	€ 6,10

Tabel 3: Variabele kosten messing collector

7.2 KOSTEN KUNSTSTOF COLLECTOR MET HANDMATIGE ASSEMBLAGE

Voor de handmatige productie van de kunststof collectoren zijn er geen relevante vaste kosten waarmee rekening moet worden gehouden. Dit is doordat deze productie handmatig is en er dus geen nieuwe materialen voor moeten worden aangekocht.

Er zijn hier wel een aantal relevante variabele kosten zoals het aankopen van de messing onderdelen. Bij deze berekeningen zijn opnieuw schattingen gebeurd. Zo is de tijd voor het assembleren van één collector proefondervindelijk geschat. In Tabel 4 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** staan de materiaalkosten van de kunststof collector voor één type 10 warmtewisselaar. Deze zijn berekend uit de aankoopprijs van de onderlinge onderdelen.

Materiaal	Aantal	prijs/stuk	prijs
Collector	1	€ 0,89	€ 0,89
T-stuk	4	€ 0,34	€ 1,36
Insert	8	€ 0,06	€ 0,50
Dekseltje	1	€ 0,03	€ 0,03
O-ring	16	€ 0,01	€ 0,16
Totale kunststof collector			€ 2,94

Tabel 4: Materiaalkost kunststof collector type 10

Na de materiaalkost is er voor deze productiesituatie enkel nog de arbeidskost. Proefondervindelijk wordt er vastgesteld dat de assemblage van één warmtewisselaar ongeveer 8 min duurt. Omdat arbeiders doorheen de tijd sneller worden in het assembleren van warmtewisselaars en deze in series kunnen worden geassembleerd wordt er gerekend met een tijd van 7 min per warmtewisselaar. Voor het uurloon van een arbeider wordt er gerekend met een gemiddeld uurloon van ongeveer € 36,52 per uur. Wanneer dit wordt uitgezet in onderstaande tabel kan er geconcludeerd worden dat er een productiekost kost van € 4,26 per warmtewisselaar is. Tabel 5 geeft de kosten weer voor de handmatige assemblage van de kunststof collector.

KUNSTSTOF HANDMATIG	
Arbeidskost kunststof collector type 10	
Tijd assemblage 1 warmtewisselaar	0:07:00
Aantal warmtewisselaars per uur	8,571
Aantal arbeiders	1
Uurloon	€ 36,52
Kost per warmtewisselaar	€ 4,26
Stroomkost kunststof collector type 10	
Tijd assemblage 1 warmtewisselaar	0:07:00
Aantal warmtewisselaars per uur	8,571
Stroomverbruik (kW)	0
Stroomkost (Euro/kWh)	0,124
Kost per warmtewisselaar	0
Persluchtkost kunststof collector type 10	
Persluchtverbruik per warmtewisselaar (m ³)	0
Persluchtkost (Euro/m ³)	18
Kost per warmtewisselaar	0
Propaankost messing collector type 10	
Propaanverbruik per warmtewisselaar (Liter)	0
Propaankost (Euro/Liter)	0,4828
Kost per warmtewisselaar	0
Materiaalkost	2,94
Totaal	€ 7,20

Tabel 5: Variabele kosten handmatige assemblage kunststof collector

7.3 KOSTEN KUNSTSTOF COLLECTOR MET AUTOMATISCHE ASSEMBLAGE

Voor de automatische productie van de kunststof collectoren zijn er wel relevante vaste kosten waarmee rekening moet worden gehouden. Dit zijn de kosten voor de productie van de assemblagelijijn. In onderstaande tabellen staan de kosten voor de materialen van de bijhorende module. Deze kosten zijn bepaald uit offertes en een aantal schattingen. De uren die de arbeiders nodig hebben om de installatie te assembleren zijn naargelang de omvang van de installatie geschat. De prijzen van de onderdelen zijn de prijzen in het jaar 2015 en kunnen doorheen de jaren veranderen. Voor specificaties van de onderdelen wordt er verwezen naar de bijlage. De kosten van deze tabellen vormen samen de totale vaste kosten

voor de automatische assemblage. Tabel 6 is een kort overzicht van de kosten per module en de overige kosten voor de assemblagelijijn.

Modules	prijs
Assemblage kunststofringen	€ 35.682,10
Assemblage o-ringen	€ 35.470,35
Verbreiden buisdiameter	€ 9.174,57
Assemblage inserts	€ 35.585,79
Transportsysteem	€ 25.154,88
Overige kosten	€ 14.344,79
Totale kostprijs assemblagelijijn	€ 155.412,78

Tabel 6: Kostenoverzicht

In de tabellen op volgende pagina's zijn gedetailleerde berekeningen voor de afzonderlijke modules. Hierin zijn alle kosten van de onderdelen opgenomen. De specificaties van de onderdelen zijn terug te vinden in de bijlage.

Module 1: klikring						
Onderdeel	Artikel	stuks	uren	prijs per uur	prijs per stuk	Totaalprijs
Trilvuller	Trilvuller, Toevoerbunker, Toevoersysteem	1			€ 26.317,50	€ 26.317,50
Cilinder	ADN-16-50-A-P-A	1			€ 46,10	€ 46,10
Cilinder	DFM-25-50-P-A-GF	1			€ 319,13	€ 319,13
Cilinderbevestiging	HNA-12	1			€ 5,42	€ 5,42
Cilinder	ADN-12-25-A-P-A	1			€ 42,34	€ 42,34
Cilinder	DSBG-32-200-PPVA-N3	1			€ 138,16	€ 138,16
Frame	Materiaal Profiel 50x50x3 staal 6m	2			€ 103,53	€ 207,06
Frame	Assemblage		80	€ 36,52		€ 2.921,60
Frame	Verf	2			€ 38,62	€ 77,24
Plexiglas	Massief acrylaat PMMA	1			€ 17,99	€ 17,99
Sensoren	Eindeloopsensoren + sensor ww detecteren	10			€ 5,51	€ 55,06
Glijbussen	Glijbussen afduwen	8			€ 5,33	€ 42,64
Staal	Staven staal per 100kg	0,0048			€ 173,41	€ 0,83
Staal	Platen staal per 100kg	0,256			€ 164,56	€ 42,13
Lagers	YAR 204-2F & YAR 204-2RF	2			€ 18,53	€ 37,05
Totaal	Assemblage		120	€ 36,52		€ 4.382,40
Elektrisch	Onderdelen (klemmen, Elekt. Box)	1			€ 42,35	€ 42,35
Pneumatisch	Ventielen	5			€ 130,28	€ 651,40
Kantelmechanisme	DSM16270CCAB	1			€ 335,71	€ 335,71
Totaal						€ 35.682,10

Tabel 7: Vaste kosten module 1

Module 2: O-ring						
Onderdeel	Artikel	stuks	uren	prijs per uur	prijs per stuk	Totaalprijs
Trilvuller	Trilvuller	1			€ 26.105,75	€ 26.105,75
Cilinder	ADN-16-50-A-P-A	1			€ 46,10	€ 46,10
Cilinder	DFM-25-50-P-A-GF	1			€ 319,13	€ 319,13
Cilinderbevestiging	HNA-12	1			€ 5,42	€ 5,42
Cilinder	ADN-12-25-A-P-A	1			€ 42,34	€ 42,34
Cilinder	DSBG-32-200-PPVA-N3	1			€ 138,16	€ 138,16
Frame	Materiaal Profiel 50x50x3 staal 6m	2			€ 103,53	€ 207,06
Frame	Assemblage		80	€ 36,52		€ 2.921,60
Frame	Verf	2			€ 38,62	€ 77,24
Plexiglas	Massief acrylaat PMMA	1			€ 17,99	€ 17,99
Sensoren	Eindeloopssensoren + sensor ww detecteren	10			€ 5,51	€ 55,06
Glijbussen	Glijbussen afduwen	8			€ 5,33	€ 42,64
Staal	Staven staal per 100kg	0,0048			€ 173,41	€ 0,83
Staal	Platen staal per 100kg	0,256			€ 164,56	€ 42,13
Lagers	YAR 204-2F & YAR 204-2RF	2			€ 18,53	€ 37,05
Totaal	Assemblage		120	€ 36,52		€ 4.382,40
Elektrisch	Onderdelen (klemmen, Elekt. Box)	1			€ 42,35	€ 42,35
Pneumatisch	Ventielen	5			€ 130,28	€ 651,40
Kantelmechanisme	DSM16270CCAB	1			€ 335,71	€ 335,71
Totaal						€ 35.470,35

Tabel 8: Vaste kosten module 2

Module 3: Verbreden						
Onderdeel	Artikel	stuks	uren	prijs per uur	prijs per stuk	Totaalprijs
Electromotor	SEW R27DRE100M4	1			€ 1.351,50	€ 1.351,50
Pneumatisch	Ventielen	1			€ 130,28	€ 130,28
Frame	Materiaal Profiel 50x50x3 staal 6m	2			€ 103,53	€ 207,06
Frame	Assemblage		60	€ 36,52		€ 2.191,20
Frame	Verf	2			€ 38,62	€ 77,24
Totaal	Assemblage		140	€ 36,52		€ 5.112,80
Staal	Platen staal 6m	0,64			€ 137,94	€ 88,28
Sensoren	Eindeloopssensoren + sensor ww detecteren	3			€ 5,51	€ 16,52
					Totaal	€ 9.174,87

Tabel 9: Vaste kosten module 3

Module 4: Insert						
Onderdeel	Artikel	stuks	uren	prijs per uur	prijs per stuk	Totaalprijs
Trilvuller	Trilvuller	1			€ 26.212,23	€ 26.212,23
Cilinder	ADN-16-50-A-P-A	1			€ 46,10	€ 46,10
Cilinder	DFM-25-50-P-A-GF	1			€ 319,13	€ 319,13
Cilinderbevestiging	HNA-12	1			€ 5,42	€ 5,42
Cilinder	ADN-12-25-A-P-A	1			€ 42,34	€ 42,34
Cilinder	DSBG-32-200-PPVA-N3	1			€ 138,16	€ 138,16
Frame	Materiaal Profiel 50x50x3 staal 6m	2			€ 103,53	€ 207,06
Frame	Assemblage		80	€ 36,52	€ 36,52	€ 2.921,60
Frame	Verf	2			€ 38,62	€ 77,24
Plexiglas	Massief acrylaat PMMA	1			€ 17,99	€ 17,99
Sensoren	Eindeloopssensoren + sensor ww detecteren	10			€ 5,51	€ 55,06
Glijbussen	Glijbussen afduwen	8			€ 6,45	€ 51,59
Staal	Staven staal per 100kg	0,0048			€ 173,41	€ 0,83
Staal	Platen staal per 100kg	0,256			€ 164,56	€ 42,13
Lagers	YAR 204-2F & YAR 204-2RF	2			€ 18,53	€ 37,05
Totaal	Assemblage		120	€ 36,52	€ 36,52	€ 4.382,40
Elektrisch	Onderdelen (klemmen, elekt. box)	1			€ 42,35	€ 42,35
Pneumatisch	Ventielen	5			€ 130,28	€ 651,40
Kantelmechanisme	DSM16270CCAB	1			€ 335,71	€ 335,71
Totaal						€ 35.585,79

Tabel 10: Vaste kosten module 4

Module 5: transport						
Onderdeel	Artikel	stuks	uren	prijs per uur	prijs per stuk	Totaalprijs
Servomotor	BMH0703P31F1A	1			€ 1.007,98	€ 1.007,98
Servoreductor	GBY060012K	1			€ 468,51	€ 468,51
Servosturing	Lexium_32_LXM32SD72N4	1			€ 1.506,16	€ 1.506,16
Frame	Materiaal Profiel 50x50x3 staal 6m	2			€ 103,53	€ 207,06
Frame	Platen staal per 100kg	3,2			€ 154,19	€ 493,41
Frame	Assemblage		90	€ 36,52	€ 36,52	€ 3.286,80
Frame	Verf	5			€ 38,62	€ 193,10
Ketting	FV315	25			€ 308,55	€ 7.713,75
Elektrisch	Onderdelen (klemmen, elekt. box)	1			€ 42,35	€ 42,35
Transportslats	Platen staal per 100kg	55,296			€ 179,08	€ 9.902,41
Ondersteuning	Staven staal per 100kg	0,96			€ 165,18	€ 158,57
Ondersteuning	Staven staal per 100kg	0,0232			€ 167,37	€ 3,88
Lagers	AR 204-2F	4			€ 42,73	€ 170,90
Totaal						€ 25.154,88

Tabel 11: Vaste kosten module 5

Geheel						
Onderdeel	Artikel	stuks	uren	prijs per uur	prijs per stuk	Totaalprijs
Elektrisch	Onderdelen (klemmen, PLC, ...)	1			€ 10.495,54	€ 10.495,54
Hekwerk + beveiliging	TROAX Standaard RAL 7037	1			€ 3.818,76	€ 3.818,76
Pneumatisch	Leidingen	20			€ 1,52	€ 30,49
Totaal						€ 14.344,79

Tabel 12: Vaste kosten geheel

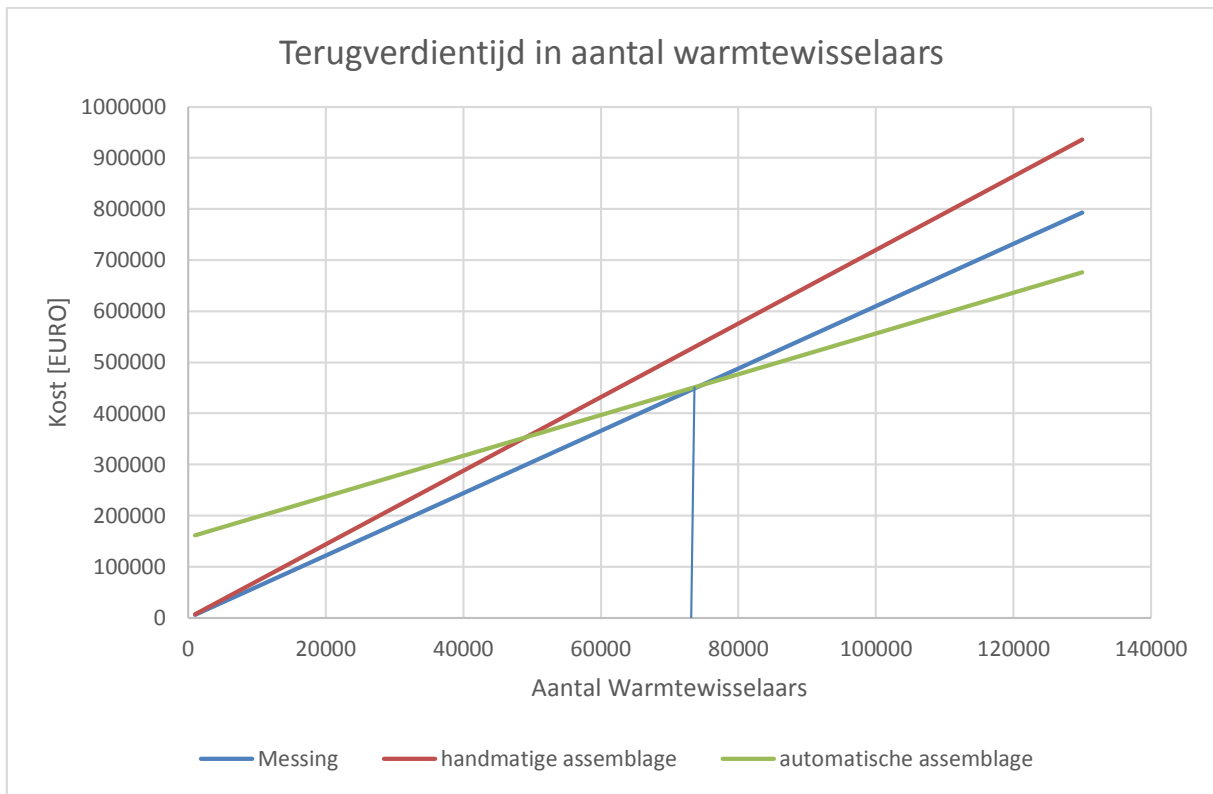
Voor de variabelen kosten wordt er hier rekening gehouden met de materiaalkosten. Deze kosten zijn dezelfde als bij de situatie waar deze handmatig wordt geassembleerd. En kan worden teruggevonden in Tabel 5 van paragraaf 7.2.

De assemblagelijijn zal ook een bepaald energieverbruik hebben. Dit verbruik is geschat door het persluchtverbruik van de cilinders te schatten op basis van de cilinderinhoud. Deze schatting vormt een variabele kost van € 0,43742 per warmtewisselaar. Het verbruik van de motoren in de assemblagelijijn wordt geschat gebruikmakend van datasheets van de motoren. Deze datasheets kunnen worden teruggevonden in Bijlage 3. Deze richtwaardes zijn in onderstaande Tabel 13 uitgezet. Hierin de energie kost van € 0,00475 per warmtewisselaar.

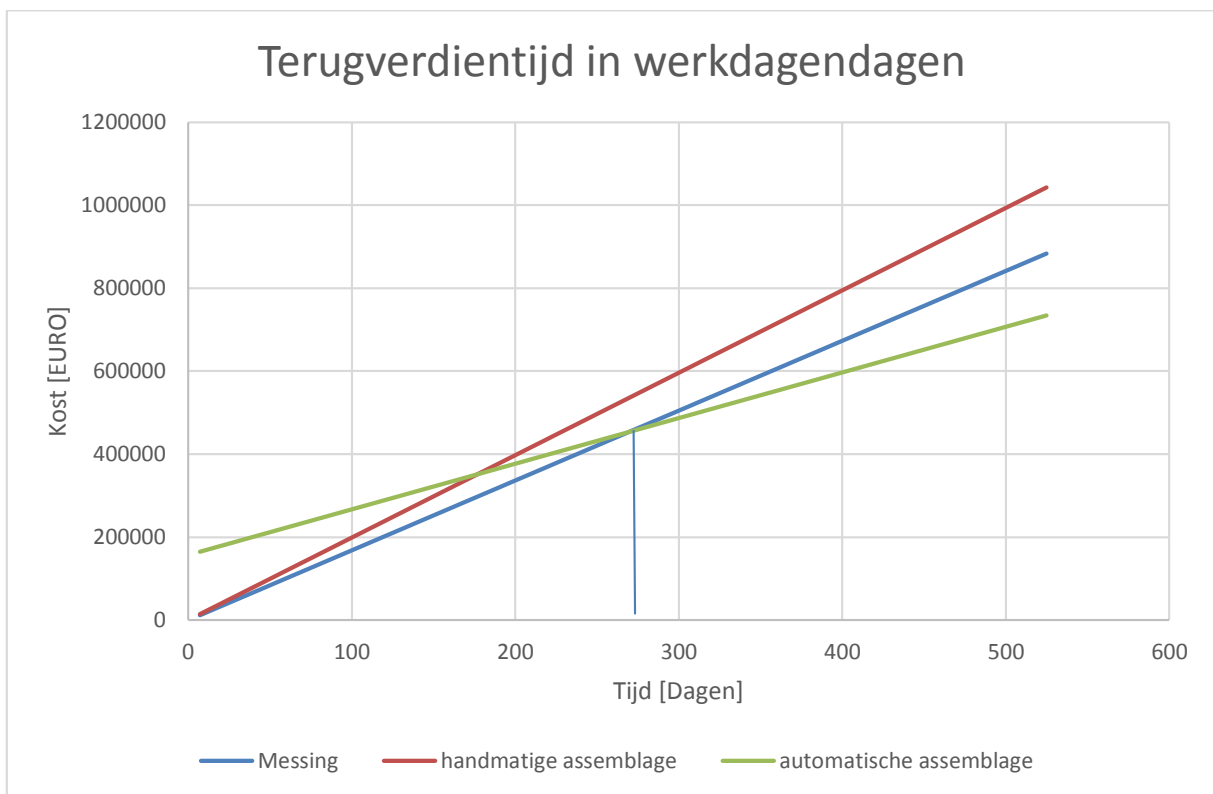
De assemblagelijijn zal worden bediend door één arbeider. Hier wordt er een snelheid van één warmtewisselaar per minuut gehaald.

KUNSTSTOF AUTOMATISCH	
Arbeidskost kunststof collector type 10	
Tijd assemblage 1 warmtewisselaar	0:01:00
Aantal warmtewisselaars per uur	60,000
Aantal arbeiders	1
Uurloon	€ 36,52
Kost per warmtewisselaar	€ 0,61
Stroomkost kunststof collector type 10	
Tijd assemblage 1 warmtewisselaar	0:01:00
Aantal warmtewisselaars per uur	60,000
Stroomverbruik (kW)	2,3
Stroomkost (Euro/kWh)	0,124
Kost per warmtewisselaar	0,00475
Persluchtkost kunststof collector type 10	
Persluchtverbruik per warmtewisselaar (m ³)	0,55214
Persluchtkost (Euro/m ³)	0,79222
Kost per warmtewisselaar	0,43742
Propaankost messing collector type 10	
Propaanverbruik per warmtewisselaar (Liter)	0
Propaankost (Euro/Liter)	0,4828
Kost per warmtewisselaar	0
Materiaalkost	2,94
Totaal	€ 3,99

Tabel 13: Variabele kosten automatische assemblage kunststof collector



Figuur 79: Grafiek terugverdientijd in aantal warmtewisselaars



Figuur 80: Grafiek terugverdientijd in werkdagen

8 CONCLUSIE

De ontwerpen zijn afgewerkt. Nu volgt er een kritische evaluatie van de behaalde resultaten in functie van de doelstellingen. Er volgen ook nog enkele suggesties voor in de toekomst.

8.1 EVALUATIE DOELSTELLINGEN

De evaluatie is uitgevoerd onder 2 aspecten. Enerzijds is zijn de doelstellingen nagegaan en anderzijds is de return of investment gecheckt.

- ✓ Tijdens het eerste gesprek met ing. Danny Indestege, externe promotor voor de thesis, is er gevraagd om **5 modules** te realiseren die de onderdelen van de kunststof collector assembleren. In deze thesis zijn de verschillende modules uitgelegd, waardoor aan deze doelstelling is voldaan
- ✓ De assemblagelijijn is **volledig automatisch**. De assemblage van de onderdelen verloopt volledig automatisch. Slechts de trilkommen zijn handmatig bijgevuld doordat de operator de zakjes met onderdelen in de trilkom ledigt.
- ✓ Dankzij de opvangbak kunnen **type 10, type 15 en type 20** warmtewisselaars geassembleerd worden. De overtollige onderdelen vallen in de bak en deze zijn nadien weer in de trilkom gegooid voor hergebruik. Ook zijn alle lengtes van de drie warmtewisselaars getransporteerd langsheen module 1 tot en met 4.
- ✓ Om de takt tijden te kunnen drukken en bijgevolg een grotere hoeveelheid warmtewisselaars te assembleren, moet de assemblage (én verbreding van de buizen) **meervoudig** gebeuren. Met behulp van het simpel maar efficiënt opneemsysteem is aan de doelstelling voldaan.
- ✓ **Simulaties** van de modules geven een visualisatie van de bewerkingen zoals ze in de praktijk moeten verlopen. Hiermee krijgt Jaga een beeld van de werking en de assemblagemethode zodat in de toekomst mogelijk de assemblagelijijn wordt gebouwd. De simulatie is gemaakt in Creo Mechanism. De simulaties geven daarenboven de kans om de takt tijden te meten. De doelstelling is om het maximum van 1 min niet te overschrijden. In dit geval ligt voor de assemblagelijijn de gesimuleerde **takt tijd onder de 50 s** en kan in de praktijk door verfijningen nog lager.
- ✓ De operator kan **ergonomisch** de warmtewisselaars op het transportsysteem plaatsen. De hoogte van het transportsysteem blijft ruimschoots onder de voorgeschreven hoogte van 1,5 m. Idem voor module 1 tot en met 4.

- ✓ Bewegingen zijn gerealiseerd door gebruik van **persluchtcilinders en elektromotoren**.
- ✓ Om de oorspronkelijke vorm van de o-ringen te preserven, gebeurt de **stockage horizontaal**. Het magazijn is daarom horizontaal gepositioneerd op het frame om het risico zo klein mogelijk te houden.
- ✓ Elke module heeft een eigen trilkom voor de bulkopslag van de onderdelen. De trilkom heeft ook de functie van **automatische aanvoer** naar het magazijn. Dit magazijn heeft voor elke module andere afmetingen en is aangepast aan de drie verschillende onderdelen.

Aan de hand van de kostenanalyse (ROI) uit hoofdstuk 7 is de terugverdientijd van de volledige installatie opgesteld. Daarbij zijn ook de totaalkosten berekend per module en voor de totale assemblagelijns. Om een terugverdientijd te bepalen zijn de verkoopcijfers van de periode 2010-2013 gebruikt voor type 10 warmtewisselaars (meest verkocht type van de drie). Dit vormt een realistisch beeld over de jaarlijks geproduceerde warmtewisselaars. In praktijk zijn er jaarlijks 100 652 warmtewisselaars (type 10) verkocht. De terugverdientijd is enkel voor dit type berekend.

De conclusie is afgeleid uit Figuur 79 en Figuur 80. Bij de productie van ongeveer 74 000 warmtewisselaars is een *break-even-point* behaald. Omgezet in tijd komt dit overeen met *return of investment* na ongeveer 273 werkdagen.

8.2 SUGGESTIES VOOR VERDER ONDERZOEK

Jaga is van plan om de assemblagelijns voor de kunststof collector te bouwen. Dit ontwerp kan gebruikt worden voor de toekomstige plannen. De testen geven daarenboven ook nog een extra zekerheid op de werking van belangrijke onderdelen. Bovendien kunnen de *return of investments* een indicatie geven bij een interne kostenbepaling. Voorts kunnen ook andere aandrijvingen zorgen voor een verfijnde werking.

BIBLIOGRAFIE

- [1] "Jaga NV." [Online]. Available: <http://www.jaga.be/Default.aspx>. [Accessed: 20-Apr-2009].
- [2] D. Swinnen, "Stage JAGA Diepenbeek," Khlim Diepenbeek, 2007.
- [3] S. Ronda, *Catalogus 2014 NL*. 2014.
- [4] "Greenforce." [Online]. Available: www.greenforcebelgium.be. [Accessed: 20-Apr-2009].
- [5] "Zonnepanelen jaga," 2013. [Online]. Available: http://www.sunthing.eu/sunthing_zonnepanelen_jaga_diepenbeek.
- [6] "Koperprijzen," 2015. [Online]. Available: <http://www.lme.com/en-gb/metals/non-ferrous/copper/>.
- [7] "Bachelorproef," UHasselt, 2014.
- [8] "ORG Special Gripper · O-ring Assembly Gripper Application example Automatic machine for the internal or external assembly of O-rings with a wide range of diameters CAY 15 Handling Axis ORG 85 O-ring Gripper Linear Axis with Direct Drive MLD 200T," *ORG Spec. Gripper*, p. 10.
- [9] Automated Industrial Systems, "External Benchtop Models." [Online]. Available: http://www.asporing.com/external_o_ring.html. [Accessed: 08-Dec-2014].
- [10] I. Chapman-Huffman, "www.chapmanhuffman.com." [Online]. Available: http://www.chapmanhuffman.com/index.php?main_page=product_info&products_id=1873. [Accessed: 10-Dec-2014].
- [11] "AGI automation," 2013. [Online]. Available: <http://www.agi-automation.com/2013/02/clemson-university-students-design-ergonomic-o-ring-assembly-to-reduce-worker-repetitive-strain-injury/>.
- [12] "De metaalgids," 2014. [Online]. Available: <http://www.demetaalgids.nl/index.php?page=technieken&hoofdtechniek=Omvormen&techniek=Hydrovormen&id=3>.
- [13] "Piece swaging tool set." [Online]. Available: http://www.generaltools.com/154ST--4-Piece-Swaging-Tool-Set_p_130.html. [Accessed: 10-Dec-2014].
- [14] "Rubberpersen." [Online]. Available: www.induteq.nl. [Accessed: 01-Oct-2014].
- [15] "Tube end forming." [Online]. Available: http://i.ytimg.com/vi/1gD_V1NWIwQ/maxresdefault.jpg. [Accessed: 10-Dec-2014].

- [16] "Tube end forming segmented die." [Online]. Available: www.wintonmachine.com/how-to-expand-the-end-of-a-tube-in-production. [Accessed: 01-Oct-2014].
- [17] Propaangas.net, "Propaangas Prijzen," 2015. [Online]. Available: <http://www.propaangas.org/propaangas-prijzen/>. [Accessed: 16-Mar-2015].

BIJLAGENLIJST

De bijlagen zijn omwille van de grote hoeveelheid in een CD meegeleverd in de achterflap van de thesis

Bijlage 1 : Map met offertes

Bijlage 2 : Map met Eplan

Bijlage 3 : Map met datasheets

Bijlage 4 : Map met simulaties

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Ontwerpen assemblagelijijn voor een kunststof collector van een Low-H2O radiator

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektromechanica**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Evans, Ben

Liobardi, Michele

Datum: **30/05/2015**