

design your future

# **Ontwerp en validatie van een kosten-efficiënte draagstructuur voor een laser-snij-machine**

studiegebied industriële wetenschappen en technologie  
bachelor in de ontwerp- en productietechnologie

campus Kortrijk

Neal Brismail  
Arne Vervisch

academiejaar 2019-2020



# **Ontwerp en validatie van een kosten-efficiënte draagstructuur voor een laser-snij-machine**

studiegebied industriële wetenschappen en technologie  
bachelor in de ontwerp- en productietechnologie

campus Kortrijk

Neal Brismail  
Arne Vervisch

academiejaar 2019-2020

# **Design and validation of a cost-effective gantry for a laser-cutting-machine**

studiegebied industriële wetenschappen en technologie  
bachelor in de ontwerp- en productietechnologie

campus Kortrijk

Neal Brismail  
Arne Vervisch

academiejaar 2019-2020



## *Voorwoord*

Voor het opleidingsonderdeel Stage en Bachelorproef kregen we de opdracht een bedrijf te contacteren om daar gedurende 18 weken een opdracht uit te werken.

Door een bedrijfsbezoek enkele jaren geleden en contacten in het bedrijf was de firma LVD onze eerste keuze. Na het leggen van een eerste contact per mail werden we uitgenodigd voor een gesprek met hoofd van ontwikkelingen Wim Serruys.

Wim vertelde ons dat we aanvaard werden om er onze stage en bachelorproef te doen. We kregen als opdracht een kostenefficiënte draagstructuur te ontwikkelen voor een aandrijving van een snijkop van een laser-snijmachine.

Op heden werden de structuren gelast of als gietstuk vervaardigd en nadien uitgegloeid en nagefreed. Daarna kan de eigenlijke assemblage beginnen. Door deze constructie in een geriveteerde structuur te maken worden er 2 stappen in het proces overgeslaan. Het doel van deze bachelorproef is of dit al dan niet in een geriveteerde structuur kan, zonder nabewerkingen.

Neal Brismail en Arne Vervisch  
Kortrijk, 18 juni 2020

## Inhoud

1.	Figurentabel .....	1
2.	Inleiding.....	4
3.	Identificatiegegevens.....	5
4.	LVD.....	6
5.	Testopstellingen .....	7
5.1.	Analyses.....	7
6.	Sub opdrachten .....	9
6.1.	Beweging in Y- en Z-richting.....	9
6.2.	Aandrijving .....	9
6.2.1.	Tandwiel- en tandlatoverbrenging.....	9
6.2.2.	Tandriem met omega verbinding.....	10
6.2.3.	Rotatie van de tandriem rondom poelies.....	10
7.	Finale constructie .....	11
7.1.	Uitwerken ontwerp.....	11
7.1.1.	Lengte.....	11
7.1.2.	Plaatsen van motoren .....	12
7.1.3.	De fibercable.....	12
7.2.	Analyses.....	13
8.	Onderdelen .....	14
8.1.	Laserstukken.....	14
8.2.	Plooistukken .....	14
8.3.	Productie onderdelen .....	14
8.4.	Commerciële onderdelen.....	14
8.4.1.	Klinknagels.....	15
8.4.2.	Schotelveren .....	19
8.4.3.	Schokdempers .....	22
8.4.4.	Motoren en reductoren .....	24
8.4.5.	Kabelrups.....	26
8.4.6.	Tandriem en tandriempoelies .....	28
8.4.7.	Lagers .....	35
9.	De assemblage.....	36
9.1.	Vorbereiding van de bovenplaat .....	37
9.2.	Monteren en uitmeten van de geleidingen .....	38
9.3.	Assembleren van de koker .....	39

9.4. Assembleren en monteren van de riemspanners .....	40
9.5. Assembleren van de motorconstructie.....	41
9.6. Voorbereiding van de wagenplaten.....	42
9.7. Monteren en verbinden van de wagens met de tandriemen op de koker .....	43
9.8. Assembleren van de verbindingsplaat van de wagens en de kabelgeleider.....	44
9.9. Assembleren en monteren van de schokdemper houders .....	45
9.10. Assembleren van de voetsteunen en het linker deksel .....	45
9.11. Voorbereiding van de tussenplaat.....	46
9.12. Monteren van het portaal .....	47
10. Software.....	48
10.1. Creo.....	48
10.2. Cadman-B .....	49
10.2.1 Opleiding .....	49
10.2.2. Problemen .....	50
11. Klinken vs lassen .....	51
12. Metingen.....	52
12.1. Metingen op testconstructie .....	52
12.1.1. Metingen met meetklok.....	52
12.1.2. Meting met laser .....	58
12.2. Metingen op finale constructie .....	61
12.2.1. Recht plaatsen van referentie geleiding:.....	61
12.3. Frequentie metingen .....	66
12.3.1. Frequentie meting met Creo.....	66
12.3.2. Frequentie meting op constructie .....	67
13. Besluiten .....	70
14. Datasheets.....	71
15. Bronnen.....	72
15.1. Sites.....	72
15.2. Boeken .....	73
16. Technische tekeningen .....	74

## 1. Figurentabel

Figuur 1: Logo LVD.....	6
Figuur 2: Versie 2.....	7
Figuur 3: Versie 1.....	7
Figuur 4: Versie 4.....	7
Figuur 5: Versie 3.....	7
Figuur 6: Versie 5.....	7
Figuur 7: Versterking positie 1 .....	8
Figuur 8: Vervorming positie 1 (uitgedrukt in mm).....	8
Figuur 9: Versterking positie 2 .....	8
Figuur 10: Vervorming positie 2 (uitgedrukt in mm).....	8
Figuur 11: Maximale vervorming prototype (uitgedrukt in mm).....	8
Figuur 12: Beweegrichtingen, snijkop en draagstructuur.....	9
Figuur 13: Tandwiel- en tandlatoverbrenging .....	9
Figuur 14: Tandriem met omega verbinding .....	10
Figuur 15: Rotatie van de tandriem rondom poelies .....	10
Figuur 16: Finale constructie.....	11
Figuur 17: Origineel ontwerp.....	12
Figuur 18: Motoren met versterkingen .....	12
Figuur 19: Kabelgeleider met radius .....	12
Figuur 20: Maximale vervorming constructie (uitgedrukt in mm).....	13
Figuur 21: Gebruik van een klinknagel .....	15
Figuur 22: Onderdelen klinknagels.....	15
Figuur 23: Klinknagel .....	16
Figuur 24: Afmetingen klinknagel .....	16
Figuur 25: Blindklinkmoer.....	16
Figuur 26: Formule en uitleg.....	17
Figuur 27: Berekening klinknagel volgens las .....	17
Figuur 28: Aantal blindklinknagels testopstelling .....	18
Figuur 29: Afmetingen schotelveer .....	19
Figuur 30: Gelijkgerichte schotelveren.....	19
Figuur 31: Om-en-om gelegde schotelveren .....	19
Figuur 32: Verschil gelijkgerichte en om- en om gestapelde veerpakketten .....	20
Figuur 33: Formules schotelveren.....	20
Figuur 34: Berekening schotelveer.....	21
Figuur 35: Gekozen schotelveer.....	21
Figuur 36: 2D-voorstelling.....	22
Figuur 37: 3D-voorstelling.....	22
Figuur 38: Vervormings-arbeid .....	22
Figuur 39: Berekening kinetische energie .....	23
Figuur 40: Datasheet ACE TA22-10 .....	23
Figuur 41: Mavilor BLS 73 .....	24
Figuur 42: Mavilor BLS 73 datasheet.....	24
Figuur 43: Wittenstein cp060.....	25
Figuur 44: Assemblage motoren .....	25
Figuur 45: Kabelrups.....	26
Figuur 46: Creo representatie .....	26



Figuur 47: IRL.....	26
Figuur 48: Bereik kabelrups .....	27
Figuur 49: Afmetingen kabelrups.....	27
Figuur 50: Poelie.....	28
Figuur 51: Tandriem aanzicht .....	28
Figuur 52: Algemeen vrijlichaamsschema .....	29
Figuur 53: Vrijlichaamschema linkerdeel.....	30
Figuur 54: Vrijlichaamschema schuif.....	31
Figuur 55: Berekening krachten linkerdeel.....	32
Figuur 56: Berekening krachten middelste deel .....	32
Figuur 57: Hoeksnelheid, snelheid, vermogen en koppel .....	33
Figuur 58: Veiligheidsmarge opspankracht .....	33
Figuur 59: Berekening rek riem1.....	34
Figuur 60: Berekening rek riem2.....	34
Figuur 61: Rollager .....	35
Figuur 62: Berekening dynamisch draaggetal.....	35
Figuur 63: Berekening levensduur lager.....	35
Figuur 64: Onderdelen portaal.....	36
Figuur 65: Zeskantgaten en maken van afschuining .....	37
Figuur 66: Blindklinkmoeren.....	37
Figuur 67: Uitmeten geleidingen.....	38
Figuur 68: Assembleren van de koker .....	39
Figuur 69: Assembleren en monteren van de riemspanners.....	40
Figuur 70: Assembleren van de motorconstructie .....	41
Figuur 71: Voorbereiding van de wagenplaten.....	42
Figuur 72: Monteren en verbinden van de wagens met de tandriemen op de koker .....	43
Figuur 73: Assembleren van de verbindingsplaat van de wagens en de kabelgeleider.....	44
Figuur 74: Assembleren en monteren van de schokdemper houders .....	45
Figuur 75: : Assembleren van de voetsteunen en het linker deksel .....	45
Figuur 76: Voorbereiding van de tussenplaat.....	46
Figuur 77: Monteren van het portaal .....	47
Figuur 78: Creo part.....	48
Figuur 79: Creo assembly.....	48
Figuur 80: Ontvouwing van de bovenplaat.....	49
Figuur 81: Plooisimulatie .....	49
Figuur 82: Meten met meetklok .....	52
Figuur 83: Meetklok .....	52
Figuur 84: Meetpunten opstelling.....	54
Figuur 85: Vervorming Hoogte.....	55
Figuur 86: Vervorming Breedte.....	55
Figuur 87: Parallelliteit Bovenkant .....	56
Figuur 88: Parallelliteit Bovenkant met wagen .....	56
Figuur 89: Parallelliteit Onderkant met wagen .....	57
Figuur 90: Opstelling uitmeten met laser .....	58
Figuur 91: Meting op geleiding 1 .....	59
Figuur 92: Meting op geleiding 2 .....	60
Figuur 93: Refereren laser .....	61
Figuur 94: Eerste meting referentie geleiding .....	62

Figuur 95: Laatste meting referentie geleiding.....	62
Figuur 96: “vaste” geleiding controleren met meetklok .....	63
Figuur 97: Meting met laser op “vaste” geleiding.....	63
Figuur 98: Parallel vastzetten van de “losse” geleiding.....	64
Figuur 99: Meting met laser op “losse” geleiding .....	64
Figuur 100: Resultaten rechtheid geleidingen .....	65
Figuur 101: Parallelliteit tussen geleidingen.....	65
Figuur 102: Versimpelde versie van constructie .....	66
Figuur 103: Resonantiefrequenties op constructie in Creo .....	66
Figuur 104: ingangsmodule van DAQ .....	67
Figuur 105: Trillings-analyse .....	67
Figuur 106: Meting frequentie verticaal met hamer.....	68
Figuur 107: Meting frequentie verticaal met hand .....	68
Figuur 108: Meting frequentie horizontaal met hamer .....	69
Figuur 109: Meting frequentie horizontaal met hand.....	69

## 2. Inleiding

Het hoofddoel van de stage- en bachelorproefperiode is het realiseren van de gevraagde constructie. Met deze constructie kunnen we aantonen wat we in onze opleiding Ontwerp- en productietechnologie en in het bedrijf hebben geleerd. In dit technisch dossier vatten we alle opdrachten en toepassingen samen om een duidelijk beeld te vormen van de voorbije weken.

Het onderwerp van onze proef is een portaal van een lasersnijmachine een nieuw productieproces geven. De opdracht was om de productie aan te passen naar een simpele en kostenefficiënt realisatie, rekening houdend dat de constructie sterk en stijf genoeg moet zijn om aandrijving en krachten te kunnen opvangen.

Om aan de eisen te voldoen werd geopteerd om blindklinknagels te gebruiken. Het voordeel aan deze verbinding is dat ze geen nabewerking nodig heeft, waardoor de productiekosten verminderen.

Tijdens de stageperiode werden verschillende concepten bedacht. Uit deze concepten werden alle positieve aspecten samengebracht tot 1 geheel die we in een testopstelling hebben gerealiseerd.

Voor de resterende tijd van de stageperiode werd er vanuit de testopstelling verder ontworpen aan de finale versie van ons portaal. Met het invoegen van commerciële onderdelen, het bedenken van een efficiënte aandrijving en het optimaliseren van de draagstructuur kreeg het portaal zijn uiteindelijke vorm.

Bij aanvang van de bachelorproefperiode werd de constructie goedgekeurd en konden alle commerciële onderdelen worden doorgegeven voor bestelling. Alle maakstukken werden via Cadman-B naar een DXF-file gegenereerd die zo naar de laserproductie konden worden verzonden.

In afwachting naar alle onderdelen werd met het bedrijf afgesproken om een periode van 2 weken van thuis uit aan het technisch dossier te werken. Door de coronacrisis werden deze 2 weken verlengd naar 9 weken. Om deze 7 extra weken thuis werk op te vullen werd met het bedrijf en school beslist om een extra opdracht te maken.

Op 18 mei werden we toegelaten onze bachelorproef te hervatten. Met nog 4 weken tijd werd de constructie geassembleerd en het technisch dossier en de presentatie afgewerkt.

### 3. Identificatiegegevens

Studenten:

**Vervisch Arne**

**email:** [arne.vervisch@student.vives.be](mailto:arne.vervisch@student.vives.be)

**Brismail Neal**

**email:** [neal.brismail@student.vives.be](mailto:neal.brismail@student.vives.be)

School mentor:

**Struyve Inge**

**email:** [inge.struyve@vives.be](mailto:inge.struyve@vives.be)

Bedrijfsmentor:

**Serruys Wim**

**email:** [wsrs@lvd.be](mailto:wsrs@lvd.be)

**Saelen Stijn**

**email:** [ssln@lvd.be](mailto:ssln@lvd.be)

## 4. LVD

LVD is genoemd naar zijn oprichters, Jacques Lefebvre, Marc Vanneste en Robert Dewulf. Het bedrijf ging van start in de jaren 1950 en verwierf al snel bekendheid als fabrikant van afkantpersen. In de jaren 1990 kende het bedrijf een aanzienlijke groei en in 1998 nam het Strippit, Inc. over. Met deze Amerikaanse fabrikant van revolverponsmachines breidde het bedrijf zijn aanbod ook nog uit met lasersnijproducten. Op die manier kon LVD zich positioneren als leider in laser-, pons- en plooi-technologie.

Met vijf productievestigingen en activiteiten in meer dan 45 landen bieden zij vandaag volgens het principe van plaatselijke verkoop en dienstverlening in elke regio een volledig assortiment geïntegreerde producten voor de wereldwijde plaatbewerkingsmarkt.



*Figuur 1: Logo LVD*

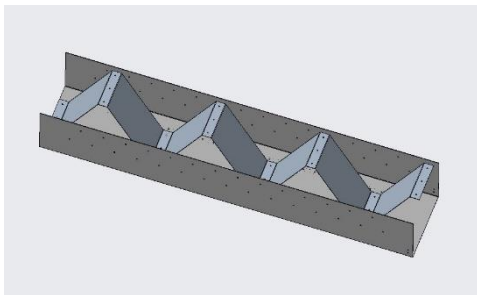
## 5. Testopstellingen

Vooraleer een volledig ontwerp te maken, moesten we eerst de verbindingstechniek testen op een schaalmodel.

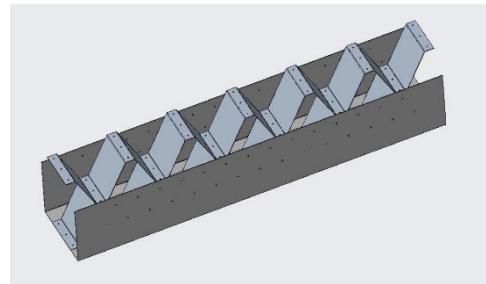
De eerste opdracht was het ontwerpen van een koker met daarin de meest efficiënte versterking. De koker moest bestaan uit 2 U-vormige delen met afmetingen van 300 x 300 x 1500 mm. De versterkingen moeten krachten langs alle richtingen kunnen opvangen.

### 5.1. Analyses

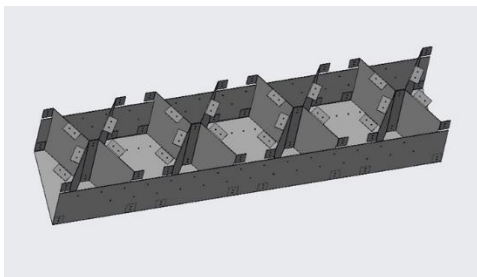
Door het ontwikkelen van verschillende versies en het samenvoegen van de voordelen tot 1 versie, werd Versie 5 als de finale versie gekozen. Ook al voldoet onze constructie aan de opgegeven voorwaarden, weten we nog niet of deze sterk genoeg zal zijn. Via Creo kunnen we een krachten analyse op de constructie uitvoeren en bepalen waar de zwakke punten zitten en hoe efficiënt onze versterkingen zullen zijn.



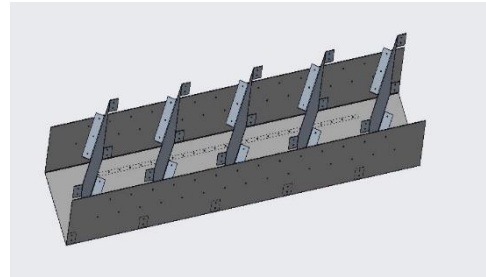
*Figuur 3: Versie 1*



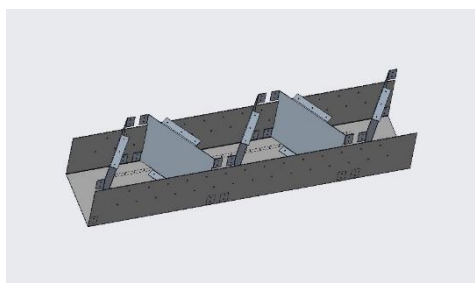
*Figuur 2: Versie 2*



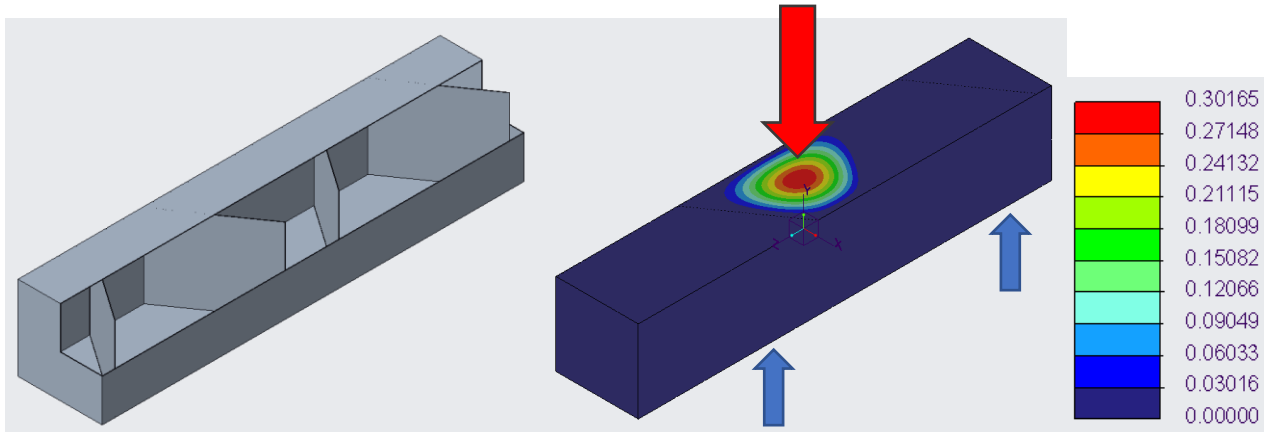
*Figuur 5: Versie 3*



*Figuur 4: Versie 4*

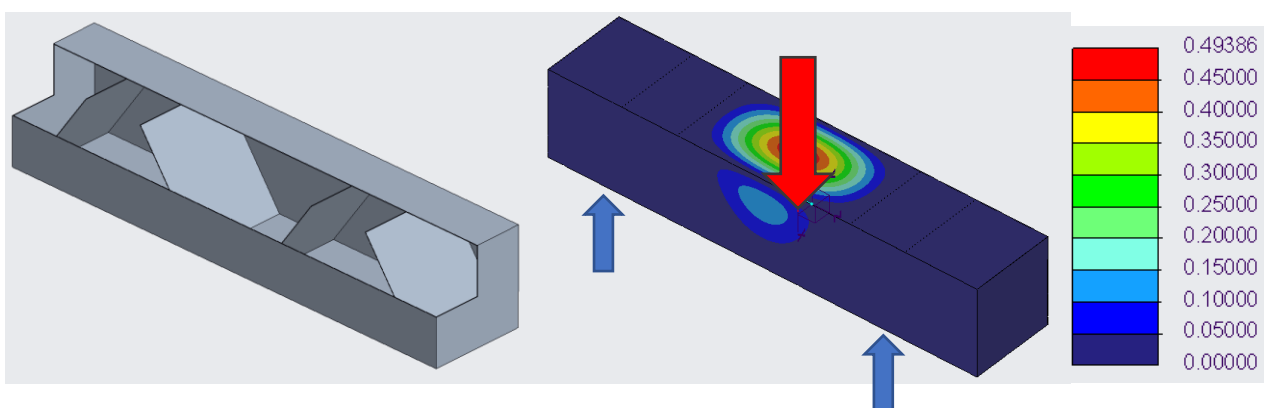


*Figuur 6: Versie 5*



Figuur 7: Versterking positie 1

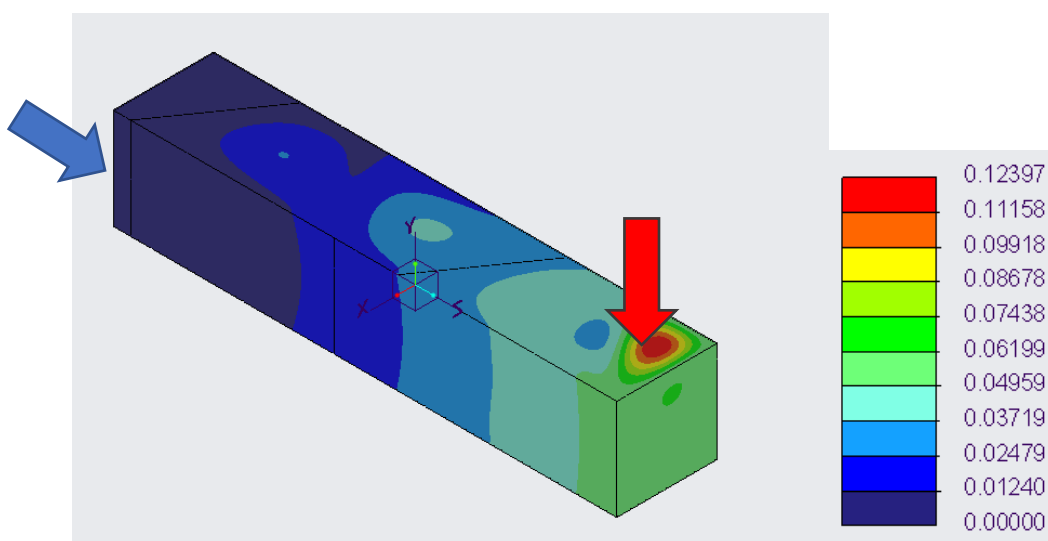
Figuur 8: Vervorming positie 1 (uitgedrukt in mm)



Figuur 9: Versterking positie 2

Figuur 10: Vervorming positie 2 (uitgedrukt in mm)

Uit deze simulaties kunnen we zien dat de versterking in positie 1, de constructie beter kan ondersteunen dan bij positie 2. Dit is ook volledig afhankelijk van de richting van de belasting op de constructie. Hier gaan we ervan uit dat de grootste kracht bovenop de constructie staat.



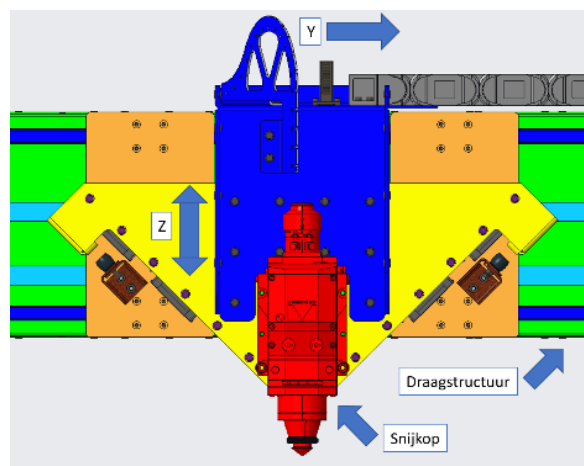
Figuur 11: Maximale vervorming prototype (uitgedrukt in mm)

## 6. Sub opdrachten

Op het portaal komt een laserkop en deze maakt op het portaal Y- en Z-bewegingen. Deze bewegingen moeten een aandrijving krijgen. Hoe we deze bewegingen tot stand kregen en met welke aandrijving was onze volgende opdracht.

### 6.1. Beweging in Y- en Z-richting

We kiezen voor het uitvoeren van een Z-beweging door een beweging in de Y-richting. Concreet betekent dit dat het portaal een dubbele aandrijving in Y-richting bevat. Deze aandrijvingen bevinden zich op twee wagens op het portaal. De Z-richting van de snijkop wordt gerealiseerd door de ene wagen onafhankelijk van de andere te verplaatsen.



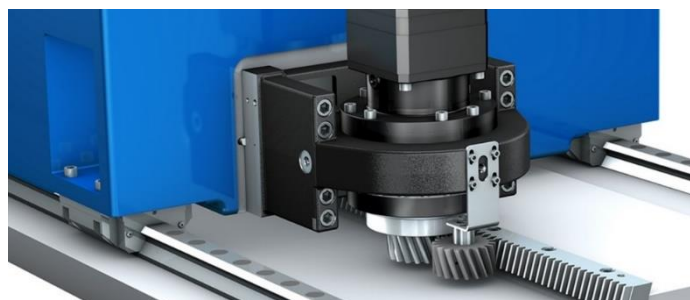
Figuur 12: Bewegingsrichtingen, snijkop en draagstructuur

### 6.2. Aandrijving

Voor de aandrijving van de wagens kregen we 2 motoren uit een vorig project, maar de overbrenging van de motoren naar de wagens was nog een grote vraag.

#### 6.2.1. Tandwiel- en tandlatoverbrenging

Een makkelijke oplossing is het plaatsen van de motoren op de wagens en met een tandwiel tandlat overbrenging de beweging maken. Een groot voordeel hierbij is het gebruik van slechts 1 tandlat waar beide motoren hun overbrenging op kunnen maken. We willen natuurlijk een kostenefficiënt portaal maken en daarbij kunnen we deze overbrenging niet gebruiken.

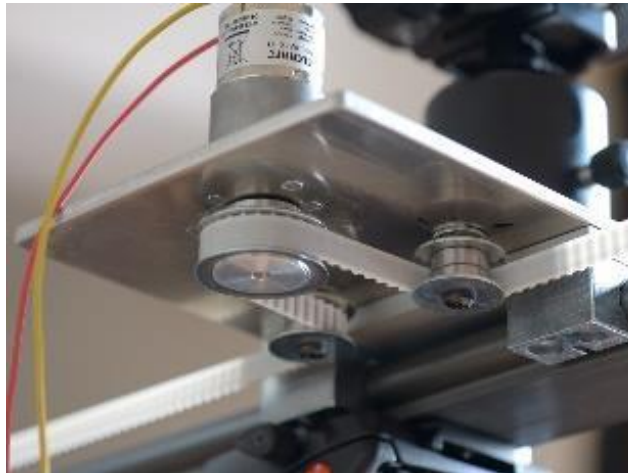


Figuur 13: Tandwiel- en tandlatoverbrenging



### 6.2.2. Tandriem met omega verbinding

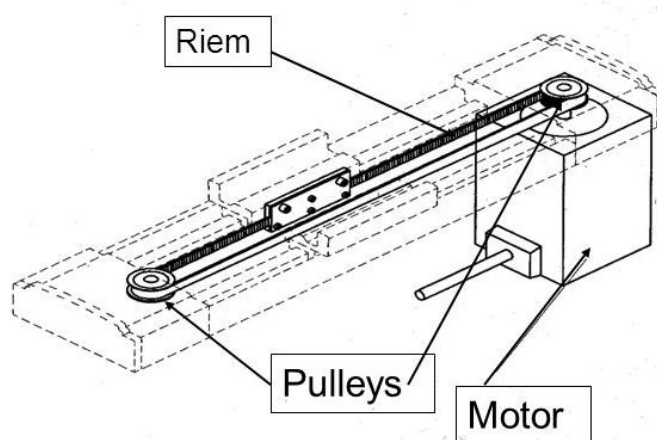
Een gelijkaardige overbrenging aan de tandwiel tandlat overbrenging is het gebruik van een tandriem met omega verbinding. De tandriem wordt geklemd op het begin en einde van de werkslag. De motoren worden op de wagens geplaatst en met een omega verbinding kan de overbrenging tot stand worden gebracht. Ook bij deze overbrenging is slechts 1 tandriem nodig voor beide wagens. Nadeel hier is de stand van de riem. De riem staat onder een hoek van 90° vergeleken met de constructie waardoor de afstand van de wagens tot de constructie te groot wordt.



Figuur 14: Tandriem met omega verbinding

### 6.2.3. Rotatie van de tandriem rondom poelies

De overbrenging die we voor onze constructie kiezen wordt gerealiseerd door de aandrijving van een tandriem. De motoren krijgen een vaste plaats op de constructie en er zijn ook aanspanpoelies aangebracht. Bij deze overbrenging hebben we 2 verschillende tandriemen die over de poelies lopen. De tandriemen worden met hun begin en eindpunt geklemd aan de wagens. Voordeel is de stand van de motoren. Deze hangen aan de constructie in plaats van op de wagens waardoor de omvang van de wagens veel kleiner is. Nadeel is de dubbele aandrijving waardoor we alles dubbel moeten voorzien.

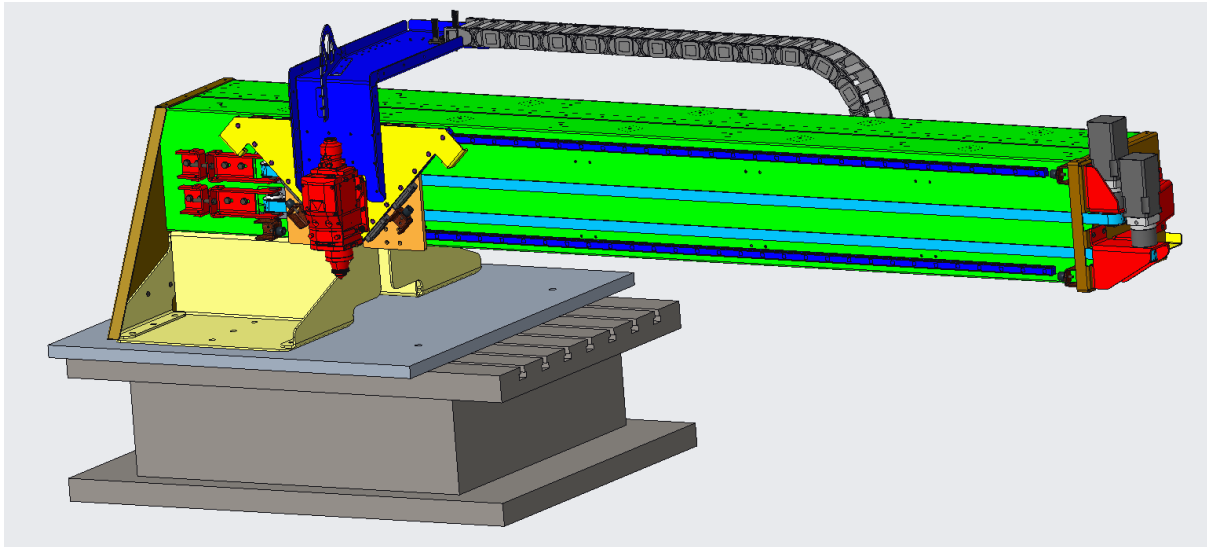


Figuur 15: Rotatie van de tandriem rondom poelies

## 7. Finale constructie

### 7.1. Uitwerken ontwerp

Met de kennis van de problemen uit de teststelling en de toevoeging van de commerciële onderdelen werd de finale constructie ontworpen.



*Figuur 16: Finale constructie*

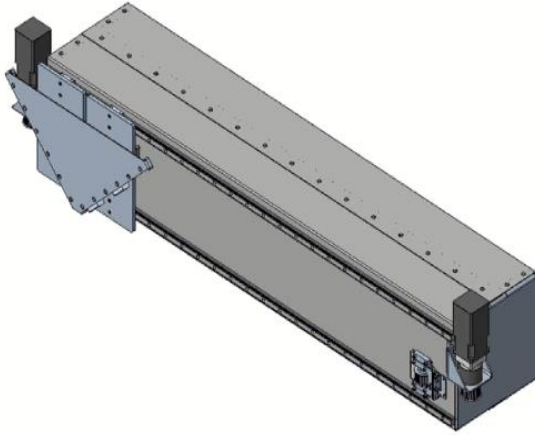
#### 7.1.1. Lengte

Door het werkbereik van 1.5m moet de hele constructie meer dan 2.5m worden waardoor de stijfheid en sterkte op het einde van de constructie op de proef wordt gesteld.

Ook de geleidingen worden vervangen voor langere geleidingen en van een andere producent.

### 7.1.2. Plaatsen van motoren

Om tot de motorconstructie te komen zoals we deze nu hebben gemaakt zijn verschillende ontwerpen vooraf afgekeurd. Vooral de ligging van de motoren en de sterkte van de constructie waren grote hindernissen.



*Figuur 17: Origineel ontwerp*



*Figuur 18: Motoren met versterkingen*

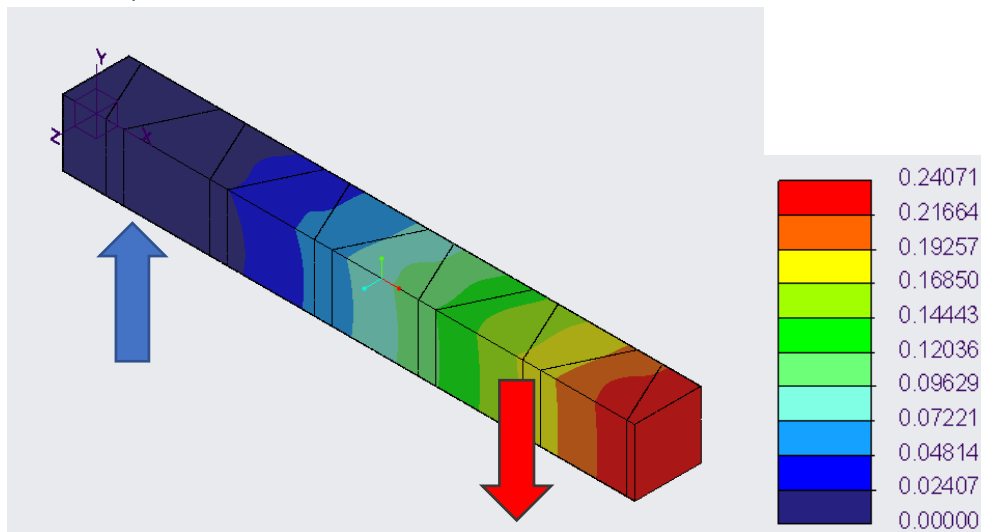
### 7.1.3. De fibercable

De fibercable is een optische kabel die heel breekbaar is. De kabel moet overal vastliggen en heeft een wisselende buigradius van 150mm. Hierdoor is de kabelruis en kabelgeleider volledig aangepast aan deze eisen.



*Figuur 19: Kabelgeleider met radius*

## 7.2. Analyses



*Figuur 20: Maximale vervorming constructie (uitgedrukt in mm)*

Deze vereenvoudigde presentatie van onze constructie geeft aan dat er amper tot geen vervorming is wanneer de laserkop rust op het uiteinde van de constructie. Deze vervorming bestaat bijna volledig uit de verticale vervorming.

## 8. Onderdelen

In de finale constructie hebben we veel laser- en plooistukken maar ook een aantal productie- en commerciële onderdelen zijn in het ontwerp te vinden.

### 8.1. Laserstukken

Alle laser- en plooistukken worden met Cadman-B in een DXF-file geplaatst. Via een opsomming van alle onderdelen volgens materiaalsoort, dikte en aantallen kan de machineoperator de onderdelen groeperen en in het geheugen van de lasermachine plaatsen. Met het inbrengen van het correcte plaatmateriaal start de machine zijn productieproces.

### 8.2. Plooistukken

In Cadman-B worden de plooistukken gesimuleerd. Als er geen fouten optreden kan de simulatie in een PRJ file geplaatst worden. Deze files worden in het geheugen van de gekozen plooiplank geplaatst. Het laserstuk die je wenst te plooiën kan uit het geheugen gekozen worden en de machine zal het programma starten. De nodige gereedschappen worden getoond en als alles correct is kan het laserstuk geplooid worden.

### 8.3. Productie onderdelen

De benodigde productie onderdelen worden via een 2d tekening doorgegeven voor productie.

### 8.4. Commerciële onderdelen

Alle nodige commerciële onderdelen krijgen een LVD-nummer. Enkele onderdelen werden ooit al eens besteld en hebben dit nummer al, andere moeten zo'n nummer krijgen. Via deze nummers kunnen we onze bestelling doorgeven.

### 8.4.1. Klinknagels

Een opdracht was om alles uit te tekenen met plaatdikte 2 mm en ook een klinknagel verbinding in te voegen. Daarvoor moesten we de correcte klinknagels berekenen.

#### 8.4.1.1. Soorten klinknagels

Klinken is een verbindingstechniek waar er vormsluiting ontstaat door middel van omvormen. Deze verbinding kan enkel gedemonteerd worden door het breken van de verbinding.

Volgens DIN 8593-5 zijn er verschillende klinkmethoden:

- Klinken: Stuiken van het materiaal
- Holklinken: Ombuigen van opstaande delen
- Tapklinken: Stuiken van een tapvormig uiteinde
- Holtapklinken: Ombuigen van opstaande delen van een holvormig uiteinde
- Tussentapklinken: stuiken van een tussentap aan 1 van beide delen

Voordelen van klinken:

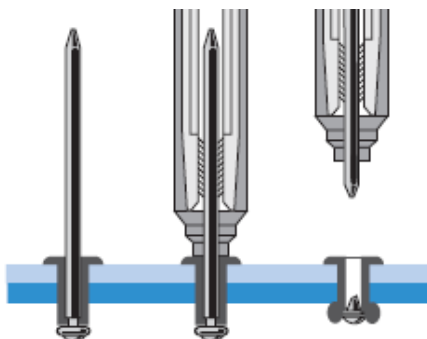
- Geen ongunstige materiaalinvloeden
- Geen kromtrekking van de onderdelen
- Verbindingen zijn eenvoudig en met een zekerheid te controleren
- Goedkoper dan andere verbindingen
- Terug afneembaar mits vernietigen verbinding
- Bezwijken niet bij overbelasting en/of stoten

Nadelen van klinken:

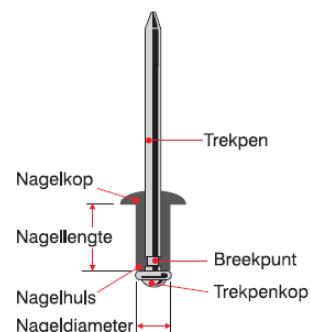
- Constructie verzwakt door de gaten die voorzien moeten zijn om te kunnen klinken

Klinknagelverbindingen zijn arbeidsintensief waardoor het aantal arbeidsuren oploopt. Deze vervangen andere verbindingen zoals las- en schroefverbindingen, deze laatste hebben nog steeds meer arbeidsuren en materiaalkosten dan klinknagelverbindingen.

De blindklinknagel heeft 2 onderdelen: de klinknagelhuls en klinkdoorn. Bij het plaatsen van de klinknagel wordt de klinkdoorn door het klinkapparaat getrokken en wordt op hetzelfde moment de nagelkop tegengehouden. Hierdoor vervormt de sluitkop naar zijn eindvorm. Wanneer de vereiste sluitkracht bereikt is zal de klinkdoorn afbreken op zijn breekpunt.



Figuur 21: Gebruik van een klinknagel



Figuur 22: Onderdelen klinknagels

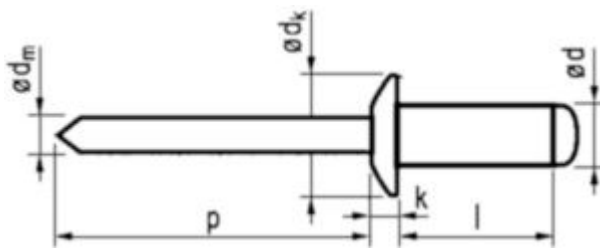
Klinknagels bestaan uit hetzelfde of een gelijkaardig materiaal als de constructie, dit wordt gedaan zodat het constructiedeel niet loskomt door elektrochemische beschadiging of ongelijke warmte-uitzetting.

Het materiaal moet ook goed vervormbaar zijn om een goede sluitkop te verkrijgen, het gebruikte materiaal is meestal zachter dan het constructiemateriaal. Voor standaard klinknagels zijn de materialen vastgelegd. Gebruikte materialen zijn: staal, koper, koper-zinklegeringen, aluminium en aluminiumlegeringen.

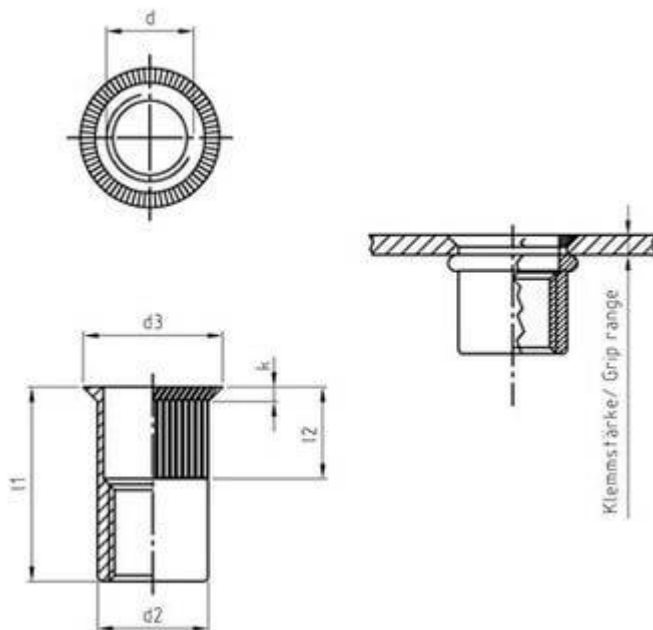
Bij blindklinknagels bestaan de hulzen meestal uit een aluminiumlegeringen en de doorn uit staal of hetzelfde materiaal als van de huls.



Figuur 23: Klinknagel



Figuur 24: Afmetingen klinknagel



Figuur 25: Blindklinkmoer

#### 8.4.1.2. Benodigde klinknagels

Bij het dimensioneren van het portaal werd er hoofdzakelijk aandacht besteed aan stijfheid. Een juist aantal klinknagels bepalen is niet eenvoudig. In gelijkaardige constructies in bijvoorbeeld de luchtvaart zien we blindklinknagels heel dicht bijeen zitten.

Om toch een inschatting te maken hebben we naar de bestaande constructies gekeken in LVD en hebben we de lassen bestudeerd. Hier hebben we de schuifspanning uit afgeleid en van daaruit hebben we een equivalent aantal blindklinknagels berekend.

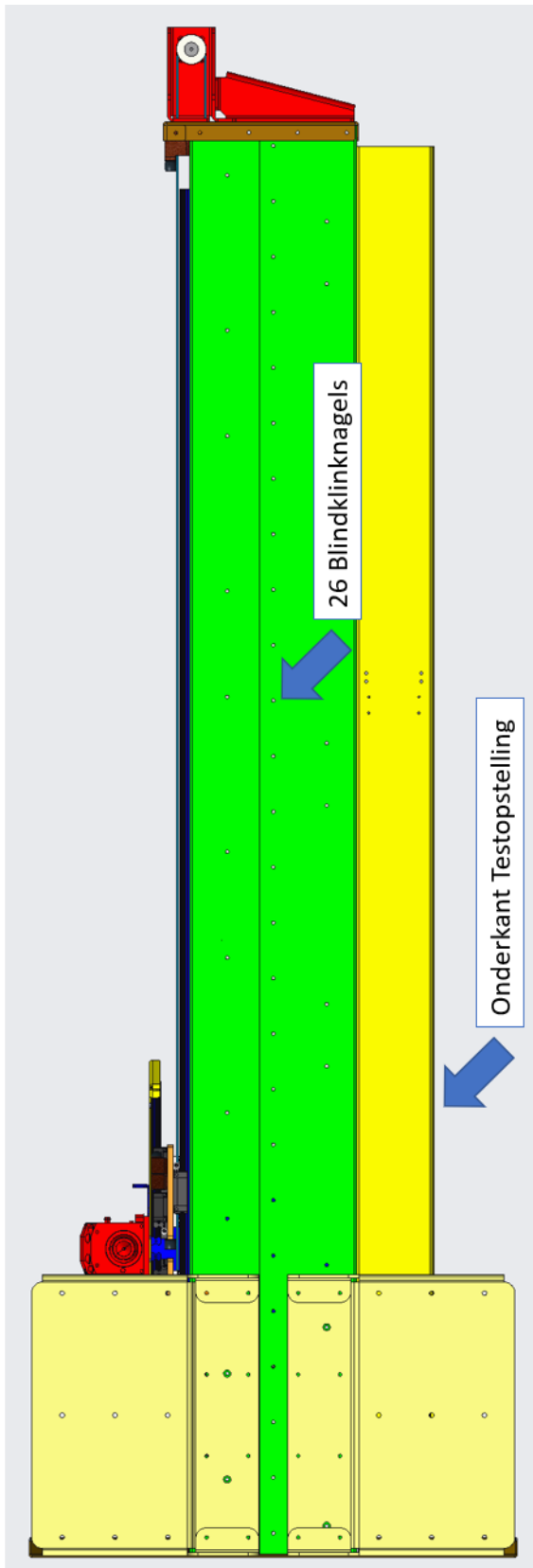
Berekening klinknagel tov laslagen	
Laslagen worden 25 procent van de lengte gelegd.	
$a = \frac{Fa}{48 \cdot l}$	a = lasdikte l = totale laslengte
$l = n \cdot L$	n = aantal lassen L = constructie lengte Fa = afschuifkracht van de las
Bekomen lasdiktes	
$L := 400 \text{ mm}$	$l := 25\% \cdot L = 100 \text{ mm}$
$F_{\text{klinknagel}} := 3000 \text{ N}$	(34110.060.010)

Figuur 26: Formule en uitleg

$a1 := 1.4 \text{ mm}$	
$Fa1 := a1 \cdot 48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot l = 6720 \text{ N}$	
$AantalKlinkNagels := \frac{Fa1}{F_{\text{klinknagel}}} + 0.49 = 3$	
$TotaalPerMeter := 3 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} = 7.5$	
$TotaalPerMeter := 8$	
-----	
$a2 := 3 \text{ mm}$	
$Fa2 := a2 \cdot 48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot l = 14400 \text{ N}$	
$AantalKlinkNagels := \frac{Fa2}{F_{\text{klinknagel}}} + 0.49 = 5$	
$TotaalPerMeter := 5 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} = 12.5$	
$TotaalPerMeter := 13$	

Figuur 27: Berekening klinknagel volgens las





Figuur 28: Aantal blindlinknagels testopstelling

We willen tussen de 8 en 13 blindlinknagels per meter blijven om een optimale stijfheid te behouden die te vergelijken is met een lasnaad.

De constructie heeft een lengte van ongeveer 2.5m waar 26 blindlinknagels zijn in geklonken, dit geeft ons een totaal van 10 à 11 blindlinknagels per meter. Dit valt tussen de berekende waarden.

## 8.4.2. Schotelveren

In de constructie met tandriemen moet er een spanning op de tandriemen worden gebracht. Om deze spanning te bekomen en exact te weten worden schotelveren in de bout-moer verbinding van het aanspanmechanisme aangebracht.

### 8.4.2.1. Wat zijn schotelveren

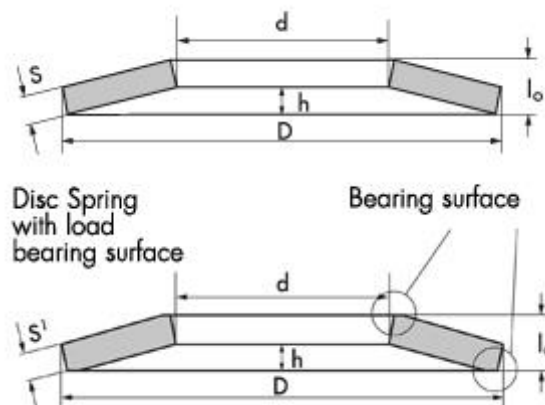
Schotelveren zijn schaalvormige buigveren. Schotelveren zijn met DIN 2093 genormaliseerd. Deze gaan van een binnendiameter van 2.5mm t.e.m. 250mm.

De veren worden verkregen uit koudgewalst staal en worden na een warmtebehandeling op spanning geplaatst.

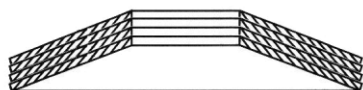
De verhouding van de buitendiameter met de dikte van de veer bepaalt samen met de hoogte de belastbaarheid van de veer. ( $D/S$ )

De  $S$  moet kleiner zijn wanneer  $t$  groter wordt, hierdoor zal de toelaatbare materiaalbelasting niet overschreden worden.

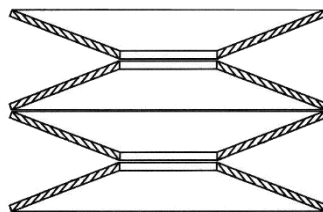
Bij schotelveren zijn er combinatiemogelijkheden, indien afzonderlijke veren niet aan de eisen voldoen van de veerweg en/of veerkracht. Daardoor worden veren gecombineerd tot veerpakketten.



Figuur 29: Afmetingen schotelveer



Figuur 30: Gelijkgerichte schotelveren

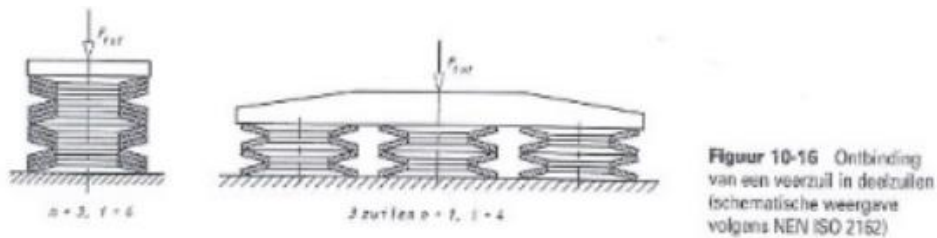


Figuur 31: Om-en-om gelegde schotelveren

Veerpakketten bestaan uit meerdere gelijkgerichte gestapelde schotels of uit om-en-om gelegde schotels. Het aantal veren moet zo klein mogelijk blijven en er moet zo een groot mogelijke buitendiameter hebben.

Schotelveren hebben het kenmerk om een betere ruimtebenutting te hebben dan andere type veren. Ze zijn geschikt voor constructies waar grote veerkrachten met kleine veerwegen nodig zijn.

Door het berekenen van de opspankracht van de tandriemen kunnen we berekenen welke en hoeveel schotelveren er nodig zijn in het opspanmechanisme. Met deze berekeningen kunnen we ook zien afhankelijk van het type schotelveer hoeveel millimeter het schotelpakket ingedrukt moet worden.



Figuur 32: Verschil gelijkgerichte en om- en om gestapelde veerpakketten

voor een veerpakket uit  $n$  gelijkgericht gestapelde afzonderlijke schotels:

totale veerkracht	$F_{\text{tot}} = n \cdot F$	(10.22)
totale veerweg	$s_{\text{tot}} = s$	
pakkethoogte onbelast	$L_0 = L_0 + (n - 1) \cdot t$	
pakkethoogte belast	$L = L_0 - s_{\text{tot}}$	

voor een veerzuil uit  $i$  om en om gestapelde veerpakketten van elk  $n$  afzonderlijke schotels:

totale veerkracht	$F_{\text{tot}} = n \cdot F$	(10.23)
totale veerweg	$s_{\text{tot}} = i \cdot s$	
pakkethoogte onbelast	$L_0 = i \cdot [l_0 + (n - 1) \cdot t] = i \cdot (h_0 + n \cdot t)$	
pakkethoogte belast	$L = L_0 - s_{\text{tot}} = i \cdot (h_0 + n \cdot t - s)$	

- $s$  veerweg per afzonderlijke schotel resp. per pakket
- $F$  veerkracht per afzonderlijke schotel
- $l_0$  bouwhoogte van de onbelaste schotelveer, zie tabel 10-6
- $t$  dikte van de schotelveer, zie tabel 10-6
- $h_0 = l_0 - t$  veerweg tot aan de vlakgedrukte toestand, zie tabel 10-6

Figuur 33: Formules schotelveren

Omdat er geen grote kracht opgevangen moet worden zullen we niet veel veren nodig hebben. Daardoor plaatsen we de veren in de om- en om positie, hierdoor hebben we een grotere afstand om op te spannen.

#### 8.4.2.2. Benodigde schotelveren

Wanneer de veren in de om- en om positie worden geplaatst blijft de indrukkraft gelijk. De indrukafstand kan bepaald worden door het aantal schotelveren.

Schotelveren	
S22460	$n := 1 \quad i := 4 \quad s := 0.125 \text{ mm}$
$F := 308.9 \text{ N}$	$h_0 := 0.5 \text{ mm} \quad t := 0.8 \text{ mm}$
DIN 2093 Volgens gekregen boek	
<i>OmEnOmGestapeld</i>	
$F_{tot} := n \cdot F = 308.9 \text{ N}$	
$Stot := i \cdot s = 0.5 \text{ mm}$	
$Honbelast := i \cdot (h_0 + n \cdot t) = 5.2 \text{ mm}$	
$Hbelast := Honbelast - Stot = 4.7 \text{ mm}$	
$\Delta H := Honbelast - Hbelast = 0.5 \text{ mm}$	

Figuur 34: Berekening schotelveer

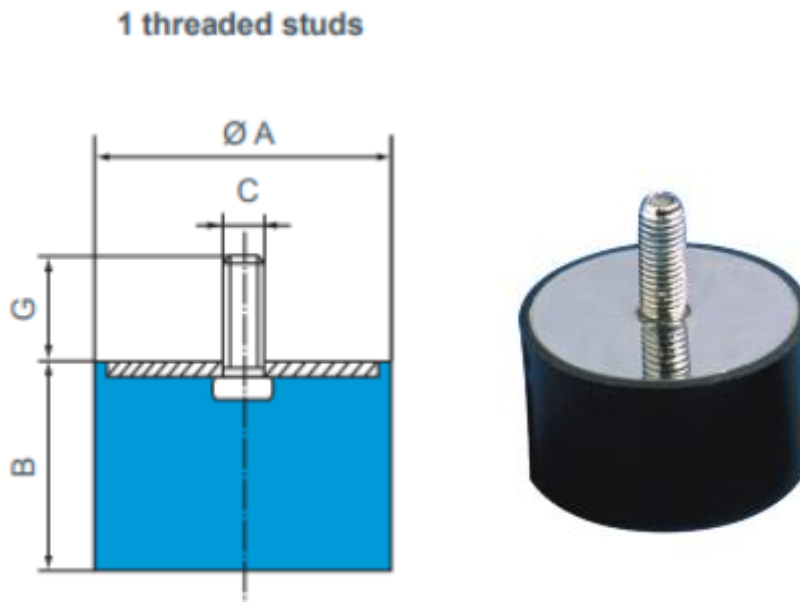
Nummer	afmetingen in mm					S in mm S = 0,25 h <sub>0</sub>		F in N S = 0,5 h <sub>0</sub>		F in N S = 0,75 h <sub>0</sub>		F in N S = h <sub>0</sub>	
	D <sub>u</sub>	D <sub>i</sub>	d	l <sub>0</sub>	h <sub>0</sub>	s	F	s	F	s	F	s	F
S22440	18	6,2	0,8	1,5	0,7	0,175	479,5	0,35	821,6	0,525	1072	0,7	1277
S22450	18	8,2	0,7	1,25	0,55	0,137	254,6	0,275	446,2	0,412	596	0,55	724,7
S22460	18	8,2	0,8	1,3	0,5	0,125	308,9	0,25	563,8	0,375	782,6	0,5	983,5
S22470	18	8,2	1,0	1,5	0,5	0,125	559	0,25	1051	0,375	1497	0,5	1921

Figuur 35: Gekozen schotelveer

### 8.4.3. Schokdempers

De bewegingen die op het portaal gebeuren moeten beveiligd worden tegen crashen. Deze beveiliging wordt gemaakt door op het einde van de slag nog 30mm plaats over te laten. Hiervan wordt 15mm plaats voorzien en 15mm gaat in een schokdemper. Deze demper moet de impact van de crash opvangen.

#### 8.4.3.1. Wat zijn schokdempers

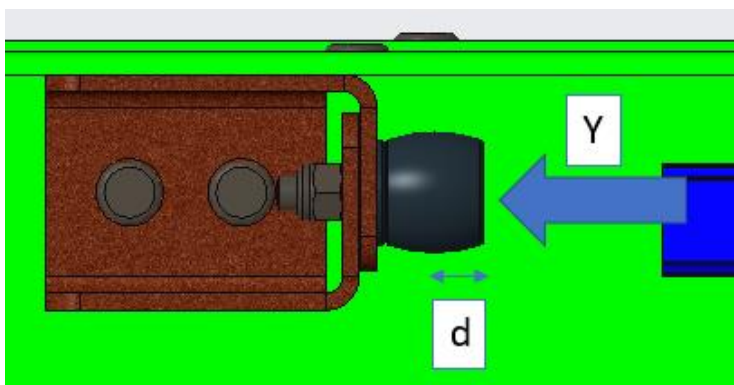


Figuur 36: 2D-voorstelling

Figuur 37: 3D-voorstelling

Wanneer er een massa met een bepaalde snelheid iets raakt ontstaat er kinetische energie. Als deze kinetische energie te groot is kan er schade ontstaan.

De demper zorgt ervoor dat wanneer de wagen over het einde van zijn slag loopt er geen schade optreedt.



Figuur 38: Vervormings-arbeid

### 8.4.3.2 Benodigde dempers

Aan de hand van volgende berekeningen weten we de maximale kinetische energie in noodtoestand. De benodigde demper moet bij zijn maximale kinetische energie boven de berekende kinetische energie zitten.

Uit onze berekening moeten we een demper kiezen die zeker een kinetische energie van 16.214 J kan opvangen. Hierdoor kunnen we de dempers ACE TA22-10 gebruiken. Deze vangen 21J aan kinetische energie op bij noodgebruik.

Kinetische energie

$$m_{MaxWagen} := 2 \cdot m_{Wagen} + m_{Schuif} + 1.7 \text{ kg} = 28.5 \text{ kg}$$
$$v = 1.067 \frac{m}{s} \quad v = 3.84 \text{ kph}$$
$$F_{dyn} := F_{LA} = 397.233 \text{ N}$$
$$E_k := \frac{(m_{MaxWagen} \cdot v^2)}{2} = 16.214 \text{ J}$$
$$E_k = 16.214 \text{ N} \cdot m$$

Keuze dampers: ACE TA22-10

Figuur 39: Berekening kinetische energie

TECHNICAL DATA
Energy capacity 11.5 Nm/cycle
Energy capacity emergency use 21 Nm/cycle
Energy absorption 58 % to 73 %
Dynamic force range 870 N to 90,000 N
Operating temperature range -40 °C to +90 °C
Construction size 12 mm to 116 mm
Mounting in any position
Material hardness rating Shore 55D Shore
Material Profile body: co-polyester elastomer
Environment Resistant to microbes, seawater or chemical attack. Excellent UV and ozone resistance. Material does not absorb water or swell.
Impact velocity range Max. 5 m/s
Torque max. M3: 1 Nm
M4: 1.7 Nm
M5: 2.3 Nm
M6: 6 Nm
M8: 20 Nm
M12: 50 Nm
M16: 120 Nm
<b>NOTE</b>
Suitable for emergency stop applications and for continuous use. For applications with preloading and increased temperatures please consult ACE.
<b>SAFETY INFORMATION</b>
Mounting screw should additionally be secured with Loctite.
<b>ON REQUEST</b>
Special strokes, -characteristics, -spring rates, -sizes and -materials.

Figuur 40: Datasheet ACE TA22-10

## 8.4.4. Motoren en reductoren

### 8.4.4.1. Motoren

De aandrijving van onze constructie wordt verwezenlijkt door elektromotoren. De motoren ter beschikking, zijn Mavilor BLS 73 motoren en hebben volgende eigenschappen.



Figuur 41: Mavilor BLS 73

BLS ~ Technical Specifications			BLS-73	
ALL CHARACTERISTICS MEASURED AT 25°C AMBIENT TEMPERATURE	SYMBOLS	UNITS	220 VAC	400 VAC
MAX MECHANICAL SPEED	n	rpm	11,000	
STALL TORQUE (1) ±10%	$M_S$	Nm	2.7	2.7
STALL CURRENT	$I_S$	A	3.91	2.2
PEAK TORQUE ±10%	$M_J$	Nm	10.8	10.8
TORQUE-WEIGHT RATIO	$T_W$	Nm/kg	1.17	1.17
EMF CONSTANT ±5%	$K_E$	Vs/rad	0.4	0.71
TORQUE CONSTANT ±5%	$K_T$	Nm/A	0.69	1.23
RELUCTANCE TORQUE (*)	$T_R$	Nm	<3.5%	
WINDING RESISTANCE ±5%	R	$\Omega$	6.4	18.9
WINDING INDUCTANCE ±5%	L	mH	6.4	20
ROTOR INERTIA	J	$kg\ m^2\ 10^{-3}$	0.074	0.074
MECHANICAL TIME CONSTANT	$T_M$	ms	1.72	1.6
ELECTRICAL TIME CONSTANT	$T_E$	ms	1	1.06
THERMAL TIME CONSTANT	$T_{TH}$	s	1,560	1,560
THERMAL RESISTANCE	$R_{TH}$	$^{\circ}C/W$	0.59	0.63
MASS	M	kg	2.3	2.3
RADIAL LOAD (at mid-length of shaft)	$F_R$	N	274	
AXIAL LOAD	$F_A$	N	98	
INSULATION			CLASS-F	
PROTECTION			IP-65	
(1) With an aluminium heat sink plate			300x300x10	
(*) Respect to the Stall Torque				

Figuur 42: Mavilor BLS 73 datasheet



#### 8.4.4.2. Reductoren

Het toerental van de motoren ligt veel te hoog om verplaatsing in constructies te realiseren. Met op maat gemaakte reductoren (Wittenstein cp060) wordt het toerental gereduceerd met een reductie van 1/10. Met deze reductie kunnen aandrijving trager en veiliger gebeuren.



Figuur 43: Wittenstein cp060

#### 8.4.4.3. Montage

Door een afwezigheid van 9 weken is het realiseren van de aandrijving geen optie. Bij de assemblage van de constructie worden de motoren en reductoren wel geplaatst, zo kunnen de poelies en de tandriemen gemonteerd worden.



Figuur 44: Assemblage motoren



## 8.4.5. Kabelrups

### 8.4.5.1. Gebruik van een kabelrups

Een kabelrups wordt bij volgende toepassingen gebruikt:

- Hangende en/of staande toepassingen
- Horizontale en/of glijdende toepassingen
- Draaiende toepassingen

Voor onze constructie maken we gebruik van een kabelrups van IGUS.

Kabelrupsen of kabelkettingen zijn geleiders die gemaakt zijn om flexibele elektrische, hydraulische en/of pneumatische kabels te geleiden met bewegende onderdelen van machines. De kabelrupsen zorgen ervoor dat er minder slijtage en spanningen op de kabels voorkomt.

Ook zorgen deze rupsen dat er geen beschadiging van de verschillende kabels voorkomt, hierdoor zal de constructie niet breken en is er meer veiligheid voor de gebruiker.



Figuur 45: Kabelrups

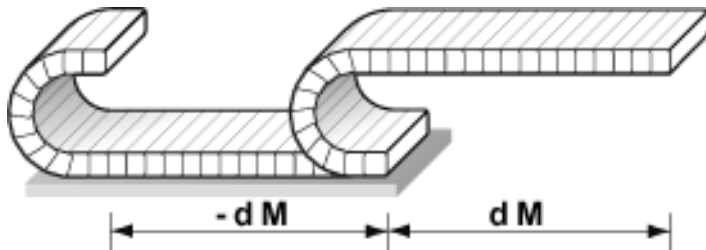


Figuur 46: Creo representatie

Figuur 47: IRL

In onze constructie maken wij ook gebruik van een fibercable, deze moet in dynamische bochten een radius van 150mm hebben en statisch een radius van 100mm. De fibercable zorgt dat het nodige vermogen de laser bereikt.

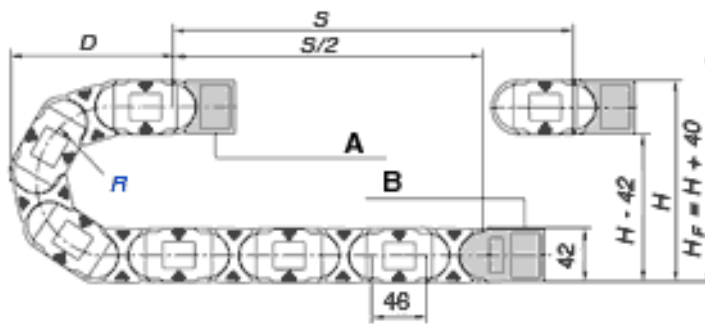
De schakels worden zo gemaakt dat radius van de kabelrups niet kleiner wordt dan 150mm, anders kan er schade ontstaan in de fiber waardoor er minder vermogen kan worden doorgestuurd.



Figuur 48: Bereik kabelrups

Gebruikte kabelrups:  
E4.28.087.150.0

- Breedte binnenkant: 87mm
- Buigradius R: 150mm
- Bereik S: ~1800mm



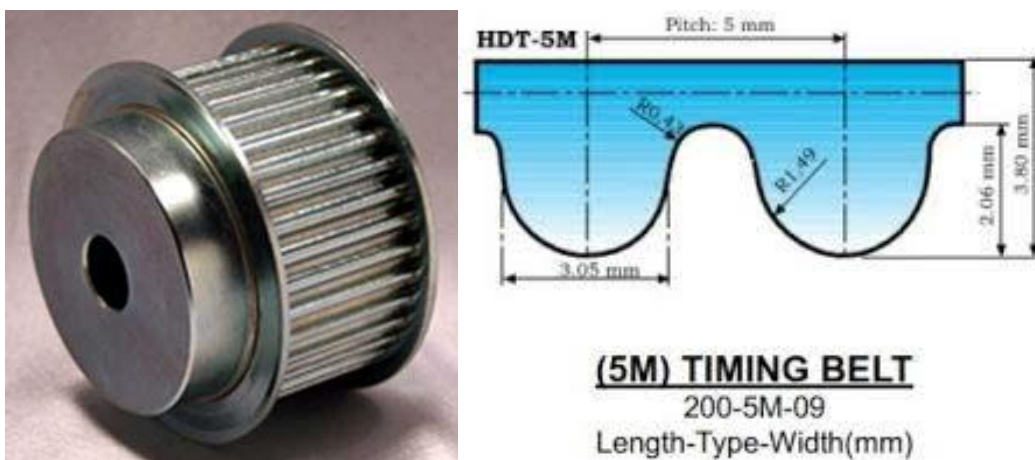
Figuur 49: Afmetingen kabelrups

#### 8.4.6. Tandriem en tandriempoelies

##### 8.4.6.1. Type van tandriem en tandriempoelie

Om de overbrenging van de motoren naar de wagens te realiseren, maken we gebruik van tandriemen. We kiezen voor de HDT 5M25 tandriem omdat deze geschikt is voor de krachten die de motor kan leveren. Om de overbrenging van de motor naar de tandriem tot stand te brengen worden tandriempoelies op de motor bevestigd. We maken gebruik van de HDT 32-5M25-1F tandriempoelies. De poelies hebben standaard een boring van  $\varnothing 8\text{mm}$ , daarom moeten we deze nog uitdraaien naar de diameter van de as van de motor met een spiebaan. Ook de tandriempoelies voor het aanspanmechanisme moeten uitgedraaid worden om er een as en lagers in te plaatsen.

Omdat de motoren op onze constructie niet op gelijke afstand staan zullen de lengtes van de riemen niet gelijk zijn. In Creo kunnen we ruw meten hoe lang onze riemen zijn.

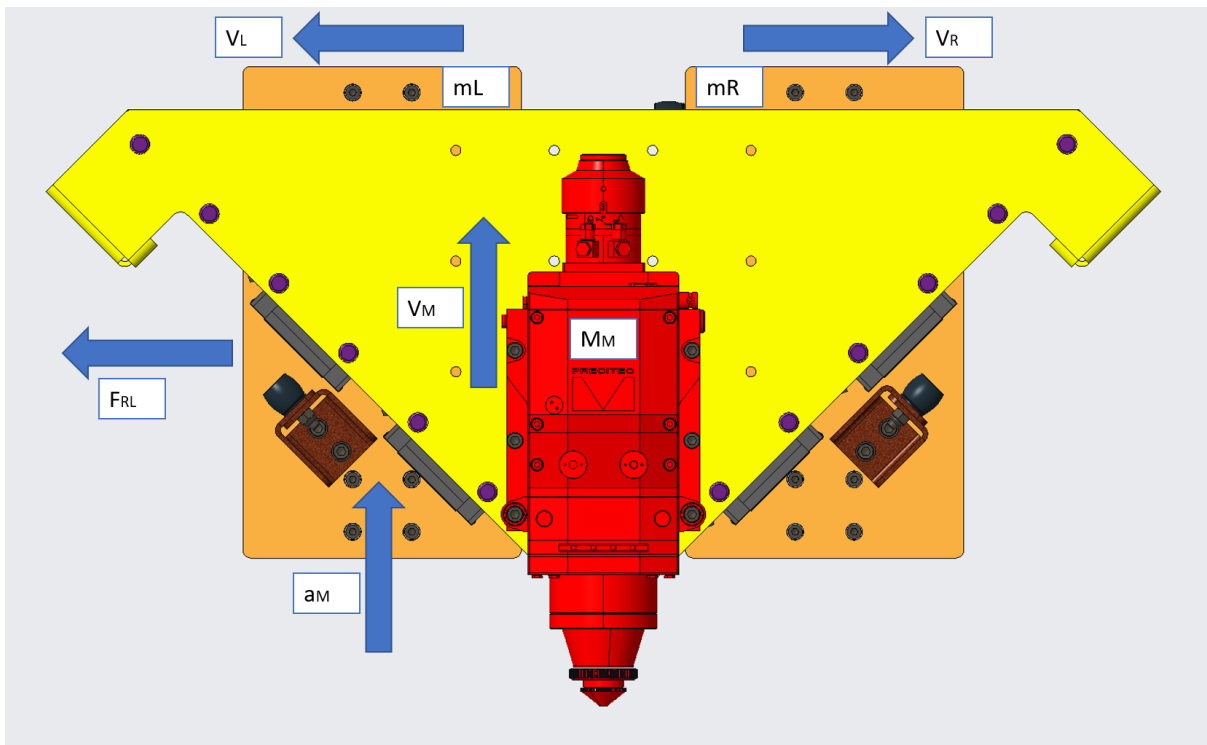


Figuur 50: Poelie

Figuur 51: Tandriem aanzicht

#### 8.4.6.2. vrijlichaamschema's

Om aandrijfriemen te kunnen gebruiken moeten deze met een bepaalde opspankracht worden aangespannen. Om deze opspankracht te weten moeten we eerst de nodige aandrijfkraft van de constructie berekenen.



Figuur 52: Algemeen vrijlichaamsschema

Legende figuur 39:

$V_L$ : Snelheid linkerdeel

$m_L$ : Massa linkerdeel

$V_R$ : Snelheid rechterdeel

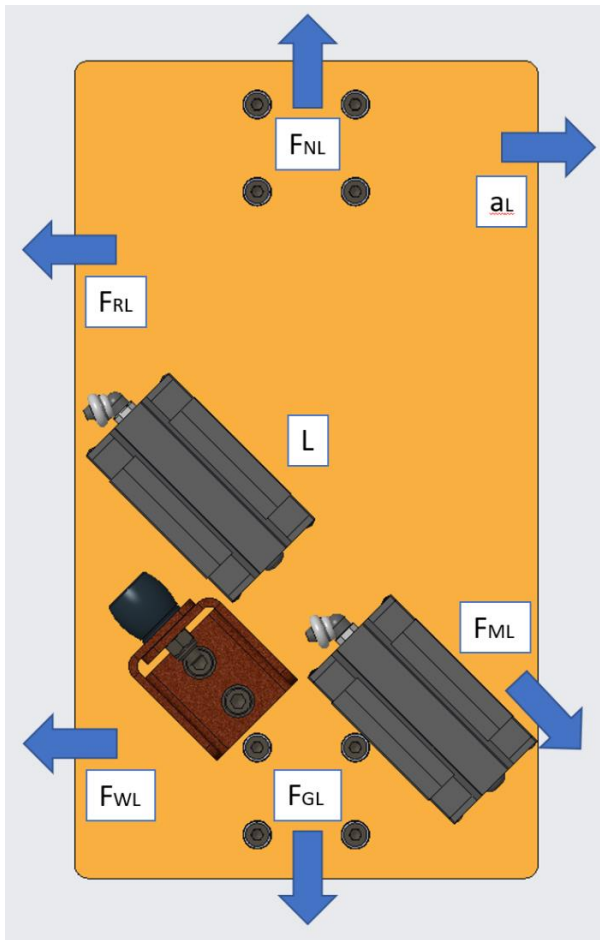
$m_R$ : Massa rechterdeel

$V_M$ : Snelheid middelste deel

$M_M$ : Massa middelste deel

$a_M$ : Versnelling middelste deel

$F_{RL}$ : opspankracht



Het linker- en rechterdeel hangen elk individueel vast aan een motor.

Hierdoor moeten we enkel rekening houden met de krachten die inwerken op het linkerdeel en op een deel van het middelste deel of andersom.

Deze krachten worden beïnvloed door de massa's, snelheden en de versnellingen van de wagens.

Bij de wagens wordt er nog rekening gehouden met zowel de wrijving, de zwaartekracht normaalkracht en de inwerkende kracht van de schuif.

Figuur 53: Vrijlichaamschema linkerdeel

Legende figuur 40:

L: Linkerdeel

F<sub>RL</sub>: opspankracht

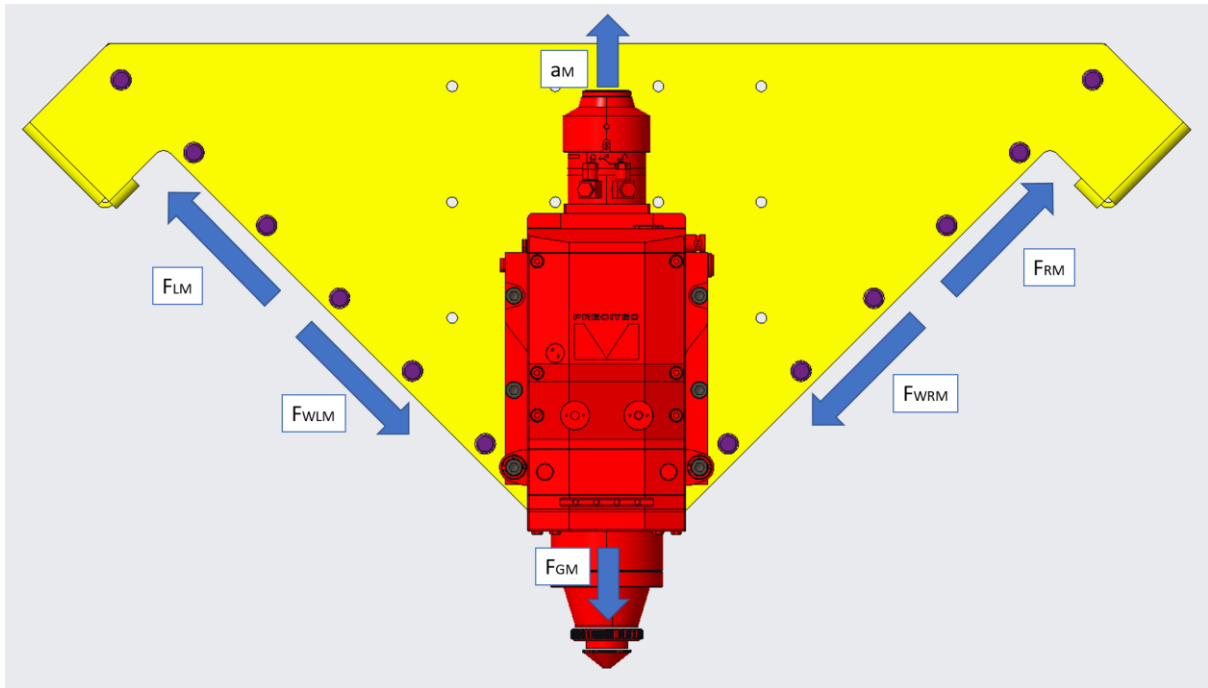
F<sub>WL</sub>: Wrijvingskracht linkerdeel

F<sub>NL</sub>: Normaalkracht linkerdeel

F<sub>GL</sub>: Zwaartekracht linkerdeel

F<sub>ML</sub>: Uitvoerende kracht middelste deel

a<sub>L</sub>: Versnelling linkerdeel



Figuur 54: Vrijlichaamschema schuif

Legende figuur 41:

$F_{LM}$ : Uitvoerende kracht middelste deel met linkerdeel

$F_{WLM}$ : Wrijvingskracht middelste deel met linkerdeel

$F_{RM}$ : Uitvoerende kracht middelste deel met rechterdeel

$F_{WRM}$ : Wrijvingskracht middelste deel met rechterdeel

$F_{GM}$ : Zwaartekracht middelste deel

$a_m$ : Versnelling middelste deel

### 8.4.6.3. Berekeningen

$$mWagen := 6.4 \text{ kg} \quad a_L := \frac{g}{2} = 4.903 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad a_R := \frac{g}{2} = 4.903 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad a_M := g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$mSchuif := 4 \text{ kg} + 10 \text{ kg} = 14 \text{ kg} \quad g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \mu := 0.05 \quad F_N = -F_G = m \cdot g$$

+

Met Wrijving

---

Linker deel

---


$$\vec{\Sigma F} = mWagen \cdot \vec{a}_L$$

$$\vec{F}_{RL} + \vec{F}_{LM} + \vec{F}_{WL} = mWagen \cdot \vec{a}_L$$

$$-F_{RL} + F_{LM} \cdot \sin(45 \text{ deg}) + F_N = -mWagen \cdot a_L \quad (1) \quad (\text{horizontaal})$$

Figuur 55: Berekening krachten linkerdeel

Midden deel

---


$$\vec{\Sigma F} = mWagen \cdot \vec{a}_M$$

$$\vec{F}_{LM} + \vec{F}_{RM} + \vec{F}_{GM} + \vec{F}_{WML} + \vec{F}_{WMR} = mSchuif \cdot \vec{a}_M$$

$$F_{LM} \cdot \cos(45 \text{ deg}) + F_{RM} \cdot \cos(45 \text{ deg}) - F_{GM} - F_{WML} \cdot \cos(45 \text{ deg}) - F_{WMR} \cdot \cos(45 \text{ deg}) = mSchuif \cdot a_M$$

$$F_{LM} = F_{RM} \quad F_{GM} := mSchuif \cdot g = 137.293 \text{ N} \quad (\text{verticaal})$$

$$F_{WML} = F_{WMR} \quad F_{WML} := mSchuif \cdot g \cdot \mu = 6.865 \text{ N}$$

$$2 F_{LM} \cdot \cos(45 \text{ deg}) - F_{GM} - 2 F_{WML} \cdot \cos(45 \text{ deg}) = mSchuif \cdot a_M$$

$$F_{LM} := \frac{(mSchuif \cdot a_M + F_{GM} + 2 F_{WML} \cdot \cos(45 \text{ deg}))}{2 \cos(45 \text{ deg})} = 201.026 \text{ N} \quad (2)$$

(2) in (1)

$$F_{RL} := mWagen \cdot a_L + F_{LM} \cdot \sin(45 \text{ deg}) + mWagen \cdot g \cdot \mu = 176.667 \text{ N}$$

Figuur 56: Berekening krachten middelste deel

Na de volledige berekening uit te werken bekomen we de nodige opspankracht van 176.667N. Dit betekent dat de gebruikte opspankracht gelijk of groter moet zijn dan de bekomen waarde.

Verder berekenen we nog de hoeksnelheid, snelheid, vermogen en koppel.

$$\begin{aligned}
 &max := 850 \text{ N} \quad d := 50.93 \text{ mm} \quad n := 400 \\
 &w := \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 41.888 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\
 &v := \left( w \cdot \frac{d}{2} \right) = 1.067 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v = 3.84 \text{ kph} \\
 &P := F_{RL} \cdot v = 188.446 \text{ W} \\
 &T := \frac{P}{w} = 4.499 \text{ N} \cdot \text{m} \\
 &\text{Aandrijfkraft} \\
 &F_a := F_{RL}
 \end{aligned}$$

Figuur 57: Hoeksnelheid, snelheid, vermogen en koppel

$$\begin{aligned}
 &\text{Voorspankracht} \\
 &F_v := F_a \cdot 110\% = 194.333 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Figuur 58: Veiligheidsmarge opspankracht

Voor de veiligheid zorgen we dat de opspankracht iets groter is dan de berekende waarde (minimum 110%). We kiezen uiteindelijk voor een opspankracht van 200N.



Verder moet ook de lengte van de riem bepaald worden, hiervoor moet je de gegevens van de poelies, de haaraafstand tussen alle poelies en de opspankracht op de riem weten.

Rek riem 5M25

$$n := 400 \text{ rpm} \quad H := 2430 \text{ mm} \quad dPulley := 50.93 \text{ mm} \quad p := 5 \text{ mm}$$

$$(5M25) \quad H1 := 2510 \text{ mm} \quad Elasticity := 1.65 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

$$z := dPulley \cdot \frac{\pi}{p} = 32$$

RIEM1

$$L := 2 H + z \cdot p = (5.02 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$L := dPulley \cdot \pi + 2 H = 5.02 \text{ m}$$

$$Fv = 308.9 \text{ N}$$

$$a := \frac{200 \text{ N}}{1000 \text{ N}} \cdot 1.65 \frac{\text{mm}}{\text{m}} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

Uitrekking

$$b := L \cdot a = 1.657 \text{ mm}$$

$$TotaalLengte := L + b = (5.022 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Figuur 59: Berekening rek riem1

RIEM 2

$$L1 := 2 H1 + z \cdot p = (5.18 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$L1 := dPulley \cdot \pi + 2 H1 = 5.18 \text{ m}$$

$$Fv = 308.9 \text{ N}$$

$$a := \frac{200 \text{ N}}{1000 \text{ N}} \cdot 1.65 \frac{\text{mm}}{\text{m}} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

Uitrekking

$$b1 := L1 \cdot a = 1.709 \text{ mm}$$

$$TotaalLengte1 := L1 + b1 = (5.182 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$TotaalLengte + TotaalLengte1 = 10.203 \text{ m}$$

Figuur 60: Berekening rek riem2

### 8.4.7. Lagers

Om de ronddraaiende beweging en de krachten van de motor op te vangen moeten we gebruik maken van lagers.

Nadat de aandrijfkracht en de opspankracht berekend is kunnen we kijken welke lager we nodig hebben.

We kiezen voor een eenrijige groefkogellager omdat deze enkel een kleine radiale belasting ondervindt.

Om te zien welke lager we nodig hebben, berekenen we het dynamisch draaggetal en kiezen we een lager met een gelijke of grotere waarde.



Figuur 61: Rollager

**Krachten in lagers**

$$F_v := 308.9 \text{ N} \quad F_a = 176.667 \text{ N}$$

$$F_{LA} := \frac{(2 F_v + F_a)}{2} = 397.233 \text{ N}$$

**Keuze lagers**

$$F_a := 0 \text{ N} \quad p := 3$$

$$F_r := F_{LA} = 397.233 \text{ N} \quad n := 400 \text{ min}^{-1}$$

$$P_r := F_r \quad L_{10h} := 10000$$

$$C_r := P_r \cdot \left( L_{10h} \cdot \frac{(60 \text{ min} \cdot n)}{10^6} \right)^{\frac{1}{p}} = (2.469 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Figuur 62: Berekening dynamisch draaggetal

**Lager kiezen met hogere waarde**  
Lager: 61902

$$C_r := 4360 \text{ N}$$

$$L_{10h} := \left( \frac{10^6}{60 \cdot n} \right) \cdot \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^3 = (5.509 \cdot 10^4) \text{ min}$$

$$L_{10h} = 918.248 \text{ hr}$$

$$\frac{L_{10h}}{24 \text{ hr}} = 38.26 \quad (\text{dagen})$$

Figuur 63: Berekening levensduur lager

## 9. De assemblage

Tijdens de 6 stageweken werd de finale constructie van ons portaal volledig uitgetekend en werden alle onderdelen doorgegeven om te laten maken of om te bestellen. In de laatste weken van de bachelorproefperiode startten we de assemblage van het portaal.



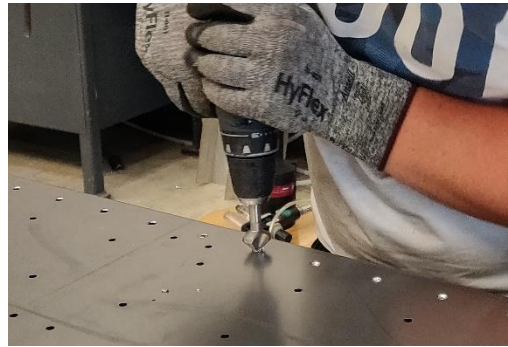
*Figuur 64: Onderdelen portaal*

## 9.1. Voorbereiding van de bovenplaat

In de bovenplaat moeten zeskant-blindklinkmoeren worden geplaatst om een bout-moer verbinding te kunnen realiseren. Bij het uitsnijden van de plaat zijn reeds alle zeskantgaten voorzien. Deze hebben een afschuining nodig zodat de bevestigingslippen van de blindklinkmoeren niet boven het montageoppervlak uitsteken. Deze afschuining is simpel aan te brengen met een afschuinboor. Met de pneumatische blindklinkmoertang kunnen we de blindklinkmoeren van M5 en M8 bevestigen.



*Figuur 65: Zeskantgaten en maken van afschuining*



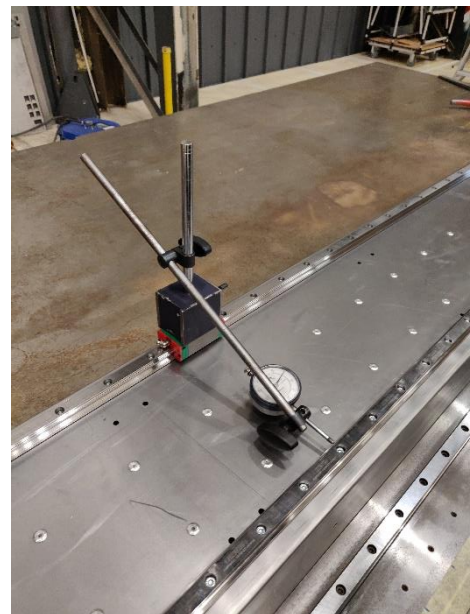
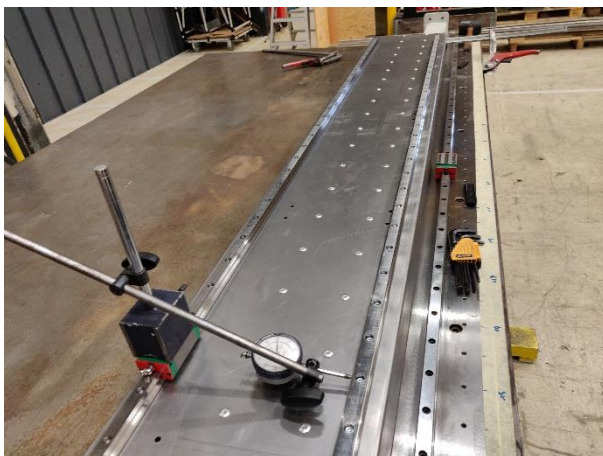
*Figuur 66: Blindklinkmoeren*





## 9.2. Monteren en uitmeten van de geleidingen

Het grootste werk is het assembleren en uitmeten van de geleidingen. Om deze zo recht mogelijk te krijgen, maakten we gebruik van de uitgelijnde geleiding die op de montage tafel is bevestigd. De bevestiging van de geleidingen is verschillend. De “vaste” geleiding wordt met de referentie geleiding zo recht mogelijk gezet en met blindklinknagels bevestigd. De “losse” geleiding wordt parallel aan de “vaste” geleiding vast gebout in de eerder gemonteerde blindklinknagels.



Figuur 67: Uitmeten geleidingen

### 9.3. Assembleren van de koker

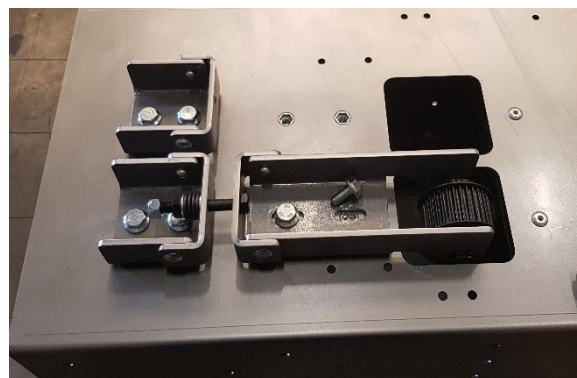
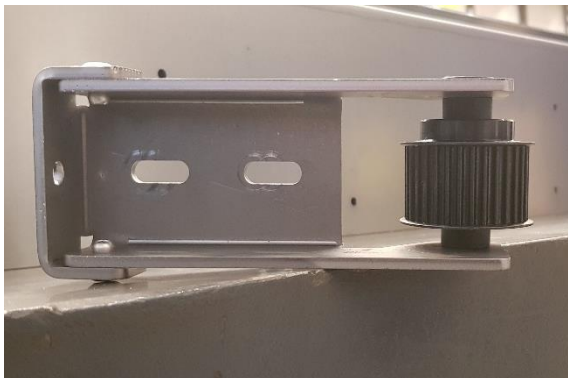
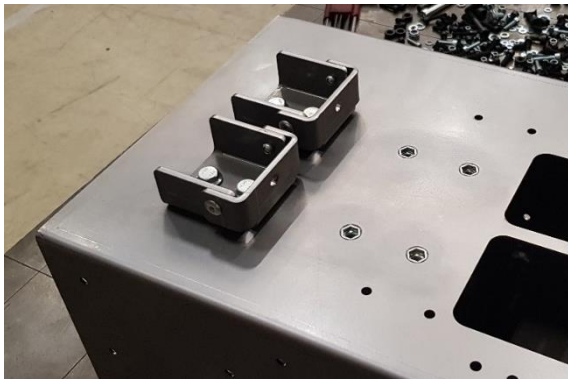
Binnen in de koker moeten enkele onderdelen worden bevestigd. De tandriemkoker en de versterkingen van de koker worden aan de bovenplaat geklonken. De onderplaat van de koker kan over de bovenplaat worden geschoven en aan elkaar worden geklonken. Ook de versterkingen van de koker kunnen nu rondom worden geklonken. Aan de onderplaat wordt de kabelgoot geklonken.



*Figuur 68: Assembleren van de koker*

#### 9.4. Assembleren en monteren van de riemspanners

Het spanmechanisme voor de tandriemen bestaat uit 2 delen. Het kleinste deel is het aanspanprofiel. Dit is een simpel plooiestuk die met 2 blindklinknagels wordt versterkt. Het wordt met 2 flensbouten van M8 aan de bovenplaat gebout. Het spanprofiel lijkt erg goed op het aanspanprofiel. Het is ook een simpel plooiestuk die met klinknagels wordt versterkt, enkel worden hier ook onderdelen aan toegevoegd. Via een as die door het profiel gaat kan een tandriempoele worden vastgehouden. Dit tandriempoele is voorzien van 2 lagers en wordt met 2 afstandsbussen op zijn plaats gehouden. Dit gehele profiel wordt ook met 2 flensbouten aan de bovenplaat gebout. De 2 delen van het spanmechanisme zijn verbonden met een bout-moer verbinding. Met een aantal veerringpakketten kan deze verbinding de tandriem voorzien van de gewenste spanning.



*Figuur 69: Assembleren en monteren van de riemspanners*



### 9.5. Assembleren van de motorconstructie

De motorprofielen moeten een kleine voorbereiding krijgen. De voorziene gaten voor het bevestigen van de motoren moeten langs de juiste kant een afschuining krijgen. Met deze voorbereiding kunnen de motorprofielen en de versterking worden geklonken aan het rechter deksel. Het deksel kan in zijn geheel met 2 afstandsplaten aan de koker worden geklonken. De motoren met hun reductiecast worden op de motorprofielen gebout. De tandriempoelies kunnen over de motorassen geschoven worden en kunnen met het voorziene rondsel gebout worden. Om de montage van de tandriemen makkelijker te maken werden deze al door de tandriemkoker getrokken voor we het deksel monteerden.

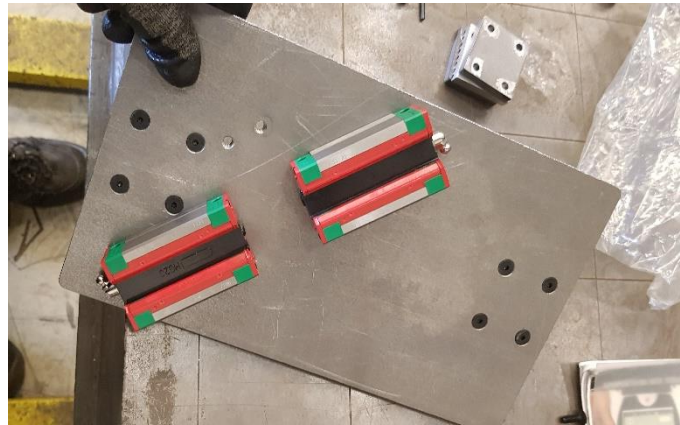


Figuur 70: Assembleren van de motorconstructie



## 9.6. Voorbereiding van de wagenplaten

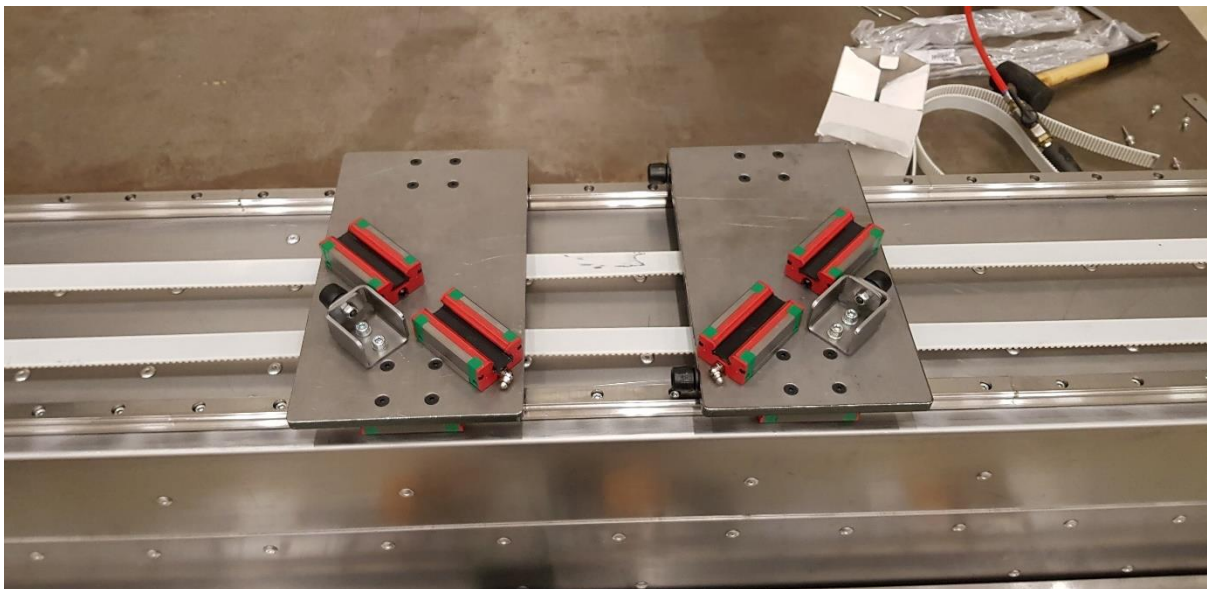
De 2 wagens zijn elkaars spiegelbeeld dus bij het uitsnijden van de platen zie je geen verschil. Pas bij het draadtappen en het aanbrengen van afschuiningen waar dit bij de ene plaat verschilt van de andere kan je ze van elkaar onderscheiden. Ook krijgt slechts 1 plaat de nodige gaten voor de schokdempers. Omdat de gaten voor de klemplaten van de tandriem niet door de plaat heen gaan kunnen deze niet worden uitgesneden met de lasermachine. Deze gaten werden achteraf manueel geboord en getapt. Met alle nodige gaten kunnen de klemplaten met hun afstandsplaten, de geleidingsschoenen voor de korte geleidingen en de schokdempers worden gemonteerd.



Figuur 71: Voorbereiding van de wagenplaten

### 9.7. Monteren en verbinden van de wagens met de tandriemen op de koker

De tandriemen werden bij de montage van het rechter deksel al getrokken door de tandriemkoker. Door de tandriemen over de poelies van de motoren en de aanspanmechanismen te leggen komen de uiteinden uit bij de wagens. De tandriemen kunnen worden vastgezet in 1 klemplaat van de wagenplaten. Bij het manueel aantrekken van de tandriemen kunnen deze op de gewenste lengte worden afgesneden en in de andere klemplaat worden vastgezet. De geleidingsschoenen van de grote geleidingen worden over de grote geleidingen geschoven en in correcte positie geplaatst. De wagenplaten kunnen op de geleidingsschoenen worden vast gebout. Met de riemspanners brengen we de tandriemen op de gewenste spanning.



*Figuur 72: Monteren en verbinden van de wagens met de tandriemen op de koker*

### 9.8. Assembleren van de verbindingsplaat van de wagens en de kabelgeleider

De korte geleidingen worden aan de verbindingsplaat van de wagens geklonken. De laserkop en afstandsplaat worden met een bout-moer verbinding aan de verbindingsplaat gebout. Dit geheel kan op de wagens in de geleidingschoen van de korte geleidingen geschoven worden. De kabelgeleider wordt geklonken op de verbindingsplaat van de wagens. Om doorbuiging te voorkomen worden er versterkingen aan geklonken. Ook het begeleidend stuk voor de fibercable wordt eraan geklonken. Met een bout-moer verbinding worden de kabelrups en de kabelontlasters gemonteerd aan de kabelgeleider en aan de kabelgoot.

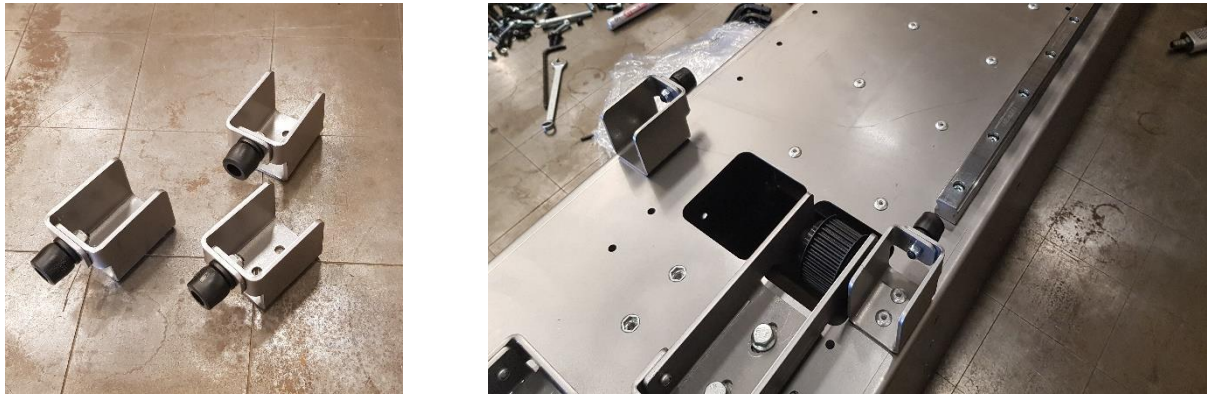


*Figuur 73: Assembleren van de verbindingsplaat van de wagens en de kabelgeleider*



### 9.9. Assembleren en monteren van de schokdemper houders

De schokdempers worden met een bout-moer verbinding gemonteerd op houders. Deze houders zijn simpele plooiestukken. In ons portaal hebben we kleine en grote houders. De kleine houders worden gebout op de wagens. De grote houders worden met blindklinknagels vast gezet op de bovenplaat.



*Figuur 74: Assembleren en monteren van de schokdemper houders*

### 9.10. Assembleren van de voetsteunen en het linker deksel

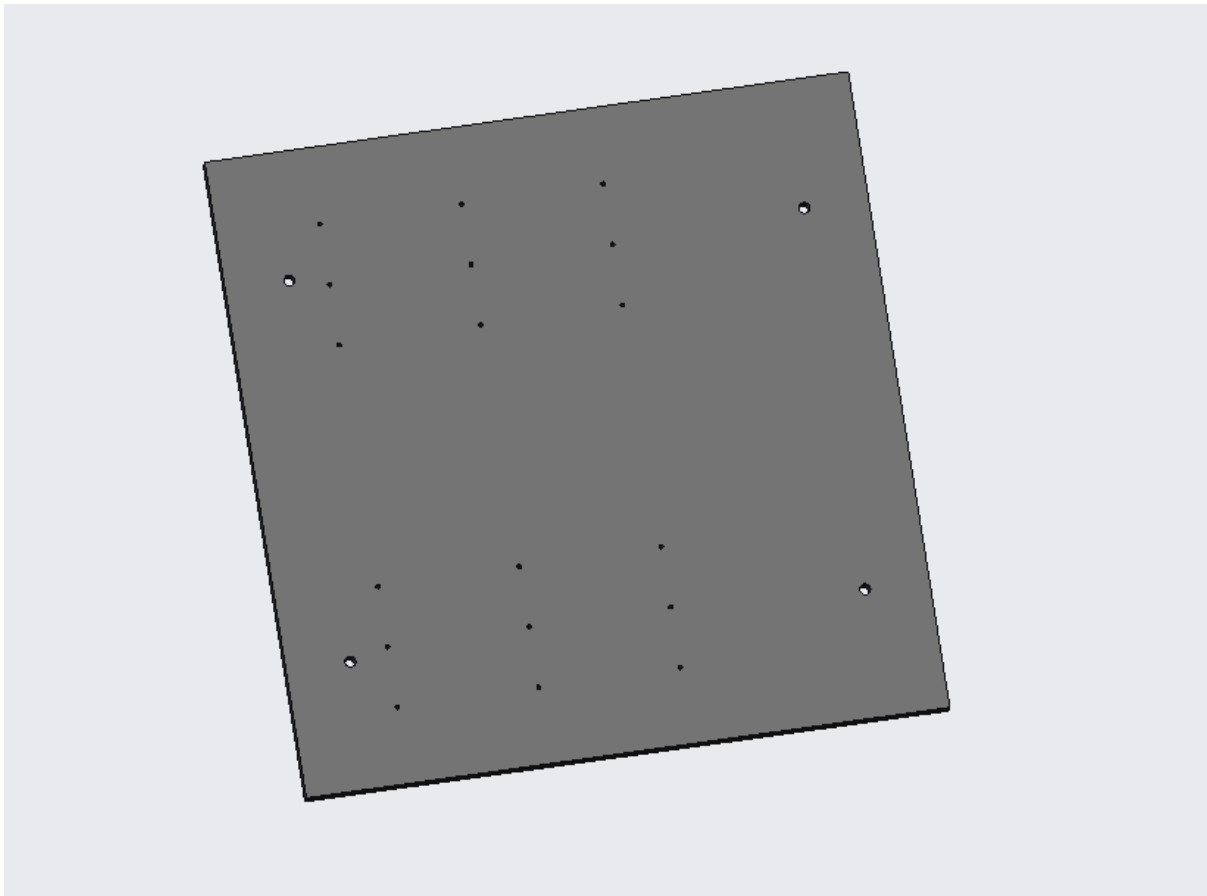
Aan de linkse kant van de koker komen de voetsteunen. Deze worden samen met de voetsteun versterkingen aan de onderkant van de koker geklonken. Met een deksel sluiten we de linkerkant af. Deze rivetteren we samen met een afstandsplaat vast aan de koker en de voetsteunversterkingen.



*Figuur 75: : Assembleren van de voetsteunen en het linker deksel*

### 9.11. Voorbereiding van de tussenplaat

De tussenplaat die de verbinding van het portaal aan een zware vlaktafel realiseert moet hiervoor nog de nodige gaten krijgen. Er zijn 4 gaten nodig voor de verbinding van de tussenplaat aan de vlaktafel. Deze 4 gaten liggen zover mogelijk naar buiten maar wel op de correcte afstand van de T-gleuven in de vlaktafel. De 18 gaten voor de verbinding van het portaal aan de tussenplaat worden volgens het patroon van de voetsteunen geboord. Deze 18 gaten worden vervolgens ook getapt voor M8 bouten.



*Figuur 76: Voorbereiding van de tussenplaat*

## 9.12. Monteren van het portaal

De tussenplaat wordt aan de vlaktafel vastgezet met een bout-moer verbinding. Op de tussenplaat wordt het portaal correct gepositioneerd en ook vast gebout.



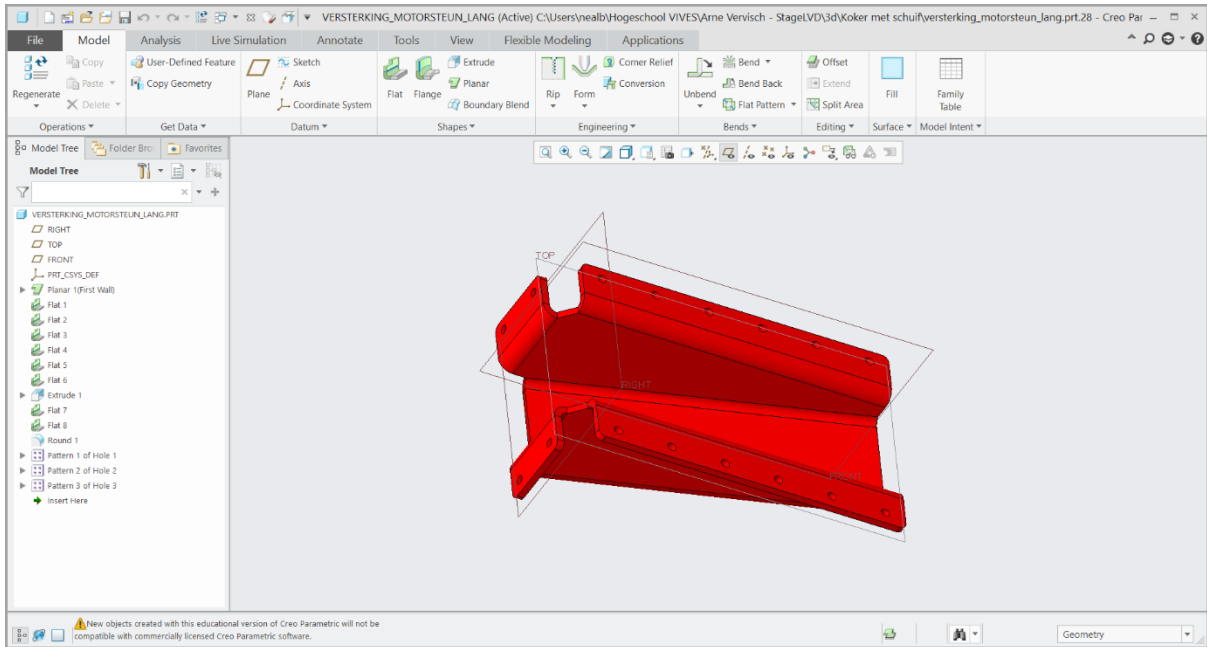
*Figuur 77: Monteren van het portaal*



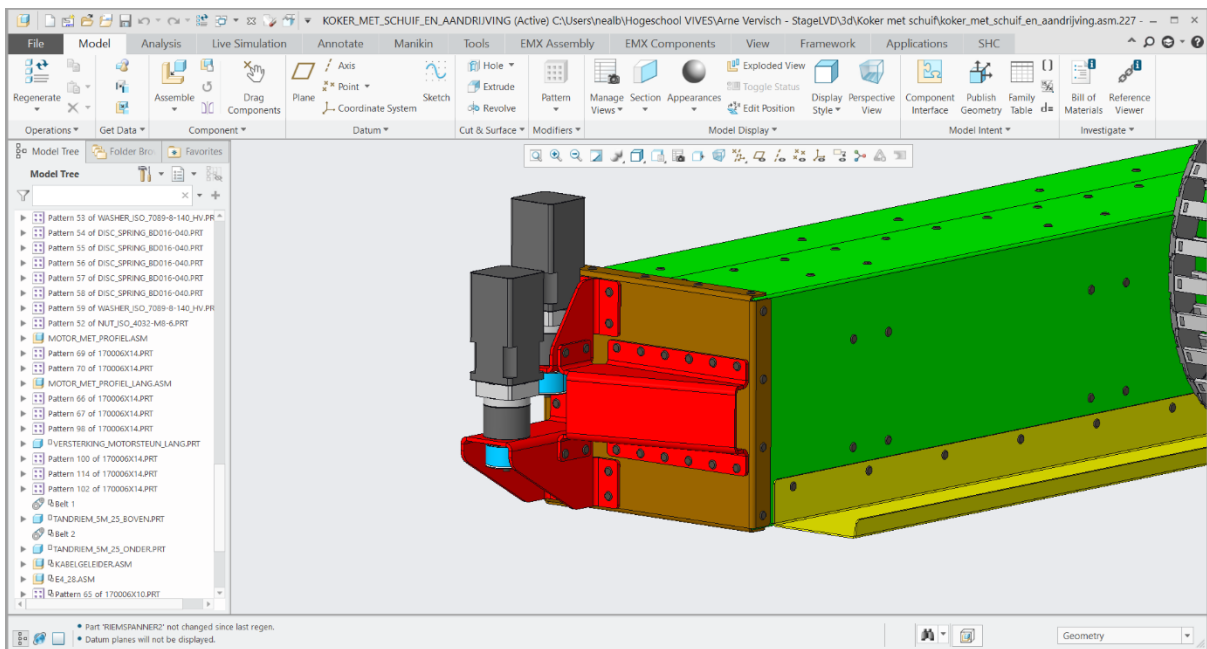
## 10. Software

### 10.1. Creo

In het bedrijf wordt Creo als tekenpakket gebruikt. Dit is een grote meevaller want het tekenpakket werd op school aangeleerd.



Figuur 78: Creo part

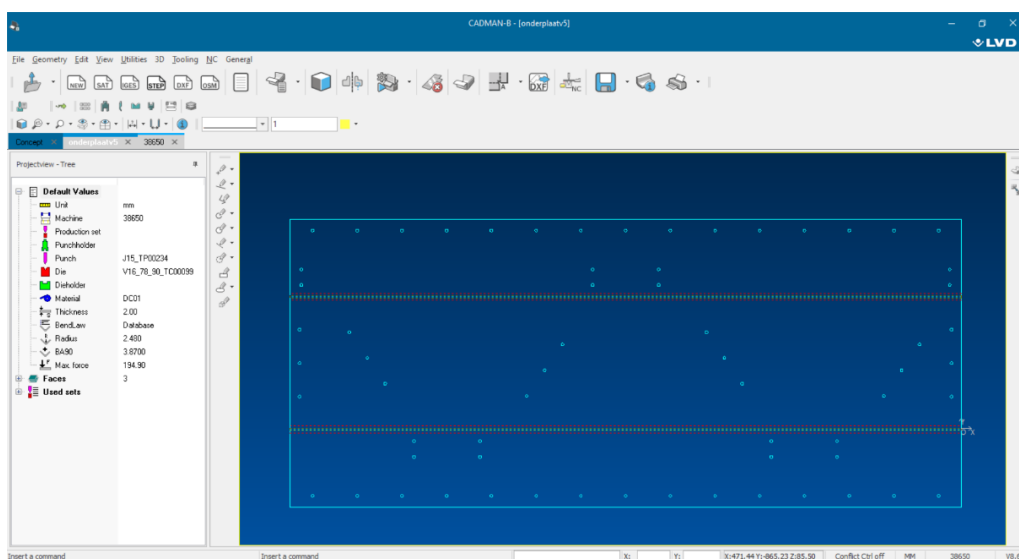


Figuur 79: Creo assembly

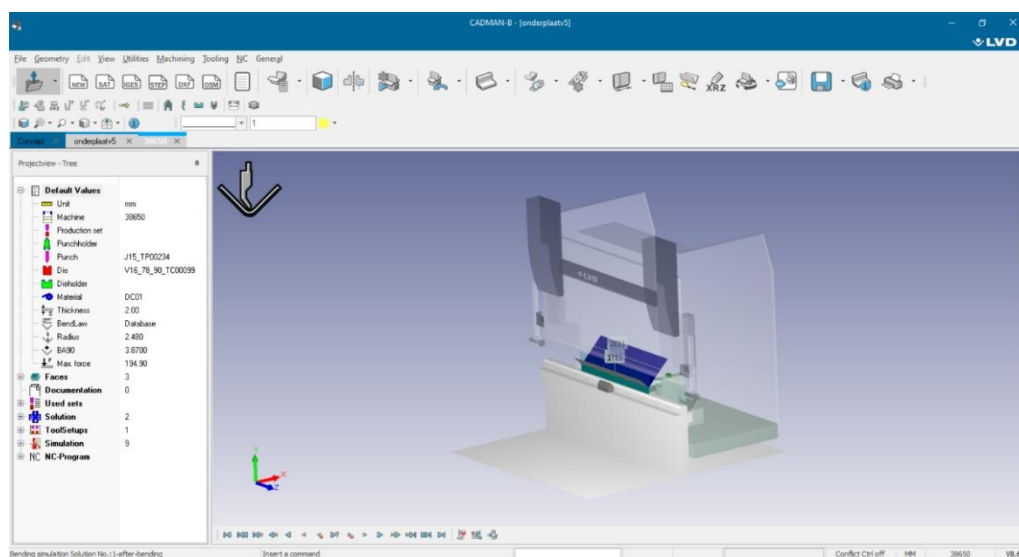
## 10.2. Cadman-B

### 10.2.1 Opleiding

Om met het Cadman-B softwarepakket overweg te kunnen, kregen we in onze eerste stage week een tweedaagse opleiding. Daarin kregen we uitleg over de basistoepassingen zoals het invoegen van onderdelen, juiste keuze van gereedschappen en het simuleren van de plooiwerkings. Dankzij de opleiding kunnen we zelfstandig onze werkstukken invoegen en een ontvouwning genereren naar een DXF-file. Deze files worden gebruikt om de werkstukken te laseren. Met de simulatie van de plooiwerkings van het werkstuk kunnen we eventuele plooifouten vermijden door andere gereedschappen te kiezen of het werkstuk aan te passen. Eens de plooisimulatie correct is, kunnen we het programma opslaan en invoegen in de plooiwerkbank waarmee het werkstuk zal worden bewerkt. De software in de machine zal het programma stap voor stap simuleren en aan de arbeider aantonen hoe en waar hij het werkstuk moet houden.



Figuur 80: Ontvouwning van de bovenplaat



Figuur 81: Plooisimulatie



## 10.2.2. Problemen

### 10.2.2.1. Importeren

De basistoepassingen in onze opleiding werden ons aangeleerd via reeds geïmporteerde oefenonderdelen. Om de onderdelen van onze constructie te kunnen invoegen, moesten we deze opslaan als een SAT-file, iets wat we nog nooit hadden gebruikt.

### 10.2.2.2. Opslaan

Het opslaan van de plooisimulatie naar een PRJ-file hadden we geleerd in de opleiding. Voor het genereren van een DXF-file en het opslaan ervan moesten we navragen.

### 10.2.2.3. Machine

In het basispakket van de software zitten enkel voorgeprogrammeerde oefenmachines. Deze machines kunnen niet gebruikt worden om werkstukken te genereren die ook effectief moeten gemaakt worden. Voor onze stukken werden machinefiles van een machine ter beschikking aan ons pakket bijgevoegd.

### 10.2.2.4. Gereedschappen

De nieuwe machine in ons pakket had nog geen gereedschappen en het activeren van gereedschappen bij een machine werd ons niet geleerd. Na het aanmaken van een gereedschap en het genereren van al onze werkstukken werd ons verteld dat dit fout was en werden de nodige gereedschappen voor ons geactiveerd. Al het voorafgaande werk was niet verloren want het volstond om in het bestaande programma het juiste gereedschap aan te duiden en op te slaan.

## 11. Klinken vs lassen

- Minder transport

Doordat alle onderdelen aan elkaar worden gerivetteerd zullen er geen onnodige verplaatsingen vanuit de werkplaats van en naar de lasafdeling worden uitgevoerd. Dit zorgt ervoor dat er heel wat kostbare uren bespaard kunnen worden. Hoe groter de constructie wordt hoe moeilijker en langer het transportproces zal duren.

- Lagere productiekosten en flexibeler

Lassen is een duur proces, het neemt veel tijd in beslag en heeft nog nabewerking nodig. Bij klinknagels is er geen voorbereiding of nabewerking nodig. Ook zijn lassers een grote kost, bij het rivetteren van een constructie moeten de werknemers niet kunnen lassen. Bij het maken van fouten zijn de gevolgen bij lassengroter dan bij rivetteren.

- Onderhoudsvrije verbinding

Vanaf de klinknagel geklonken is op de juiste locatie moet er geen nabewerking meer worden uitgevoerd. Indien er schade is aan de klinknagel kan deze verwijderd worden door de verbinding te breken en kan deze makkelijk vervangen worden.

- Toepasbaar op bijna alle materialen

Lassen is niet altijd mogelijk of is zeer moeilijk bij sommige materialen. Dit is niet zo bij klinknagels, deze kunnen toegepast worden op alle metalen. Klinknagels zijn enkel maar geschikt voor plaatmateriaal.

- Geen inbreng van warmte

Omdat er bij klinken geen warmtetransport plaatsvindt, zal er geen vervorming optreden. Hierdoor zal het proces versnellen want de constructie moet niet afkoelen.

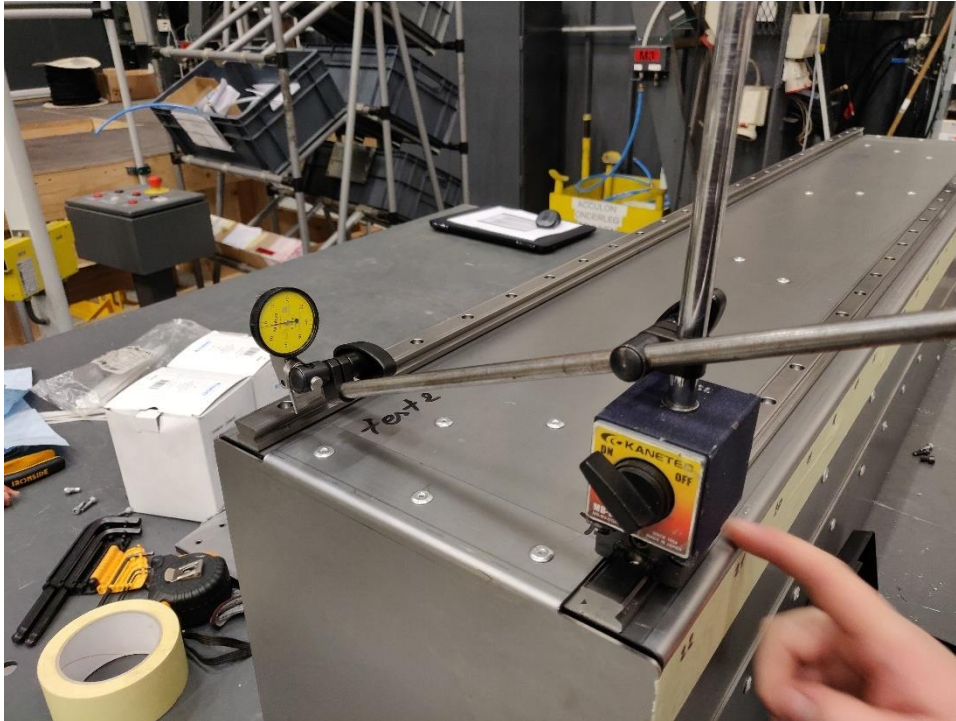
- Verf- en/of zinklagen worden niet beschadigd

Bij de klinkbewerking treedt er geen vervorming van de werkstukken toe. Hierdoor is het mogelijk om de werkstukken vooraf een verf of zinklaag te geven.

## 12. Metingen

### 12.1. Metingen op testconstructie

#### 12.1.1. Metingen met meetklok



Figuur 82: Meten met meetklok

De afmetingen tussen de geleidingen worden gemeten met een meetklok die geplaatst wordt op een geleidingsschoen. Deze schuift over de ene geleiding en kunnen we de afwijking op de andere geleiding opmeten.

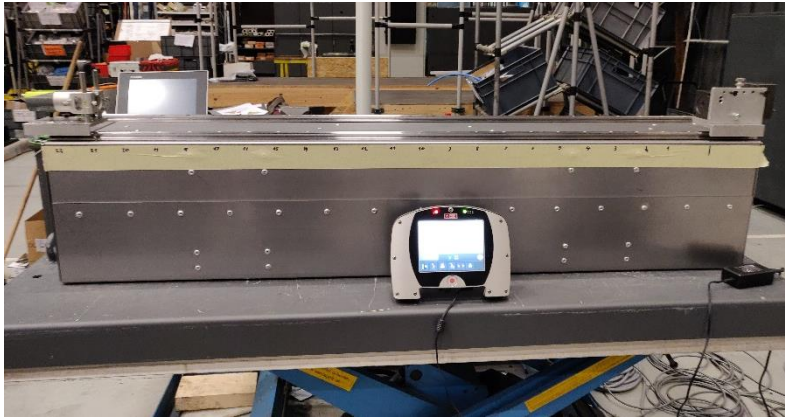
De meetklok is een meetgereedschap waarmee men tot op 0.01mm correct kan aflezen. De naam is afkomstig van de gelijkenis met een klokaflezing.



Figuur 83: Meetklok

12.1.1.1. Meetresultaten hoogte, breedte en paralleliteit

Meetpunt	Hoogte	Breedte	Paralleliteit Bovenkant	Paralleliteit bovenkant met wagen	Paralleliteit onderkant met wagen
1	0	0	0	0	0
2	-0.03	-0.01	-0.05	-0.02	-0.035
3	-0.04	-0.02	-0.08	-0.04	-0.06
4	-0.04	-0.02	-0.09	-0.05	-0.06
5	-0.02	-0.01	-0.08	-0.04	-0.06
6	0	-0.01	-0.04	-0.01	-0.03
7	0.03	-0.01	-0.06	-0.02	-0.03
8	0.09	-0.02	-0.07	-0.02	-0.04
9	0.15	-0.02	-0.08	-0.02	-0.04
10	0.15	-0.02	-0.08	-0.02	-0.04
11	0.14	-0.01	-0.08	-0.02	-0.03
12	0.14	0	-0.08	-0.02	-0.03
13	0.13	0.03	-0.07	-0.02	-0.03
14	0.12	0.06	-0.06	-0.02	-0.03
15	0.11	0.1	-0.05	-0.02	-0.03
16	0.11	0.15	-0.03	-0.01	-0.03
17	0.09	0.16	-0.02	0.01	-0.01
18	0.07	0.12	-0.05	-0.02	-0.04
19	0.05	0.12	-0.06	-0.04	-0.06
20	0.04	0.14	-0.04	0	-0.02
21	0.04	0.04	-0.09	-0.02	-0.03
22	0.03	0.03	-0.14	-0.04	-0.06
23	0.02	0.01	-0.14	\	\
24	0.01	0.01	-0.15	\	\
25	0	0	-0.15	\	\



*Figuur 84: Meetpunten opstelling*

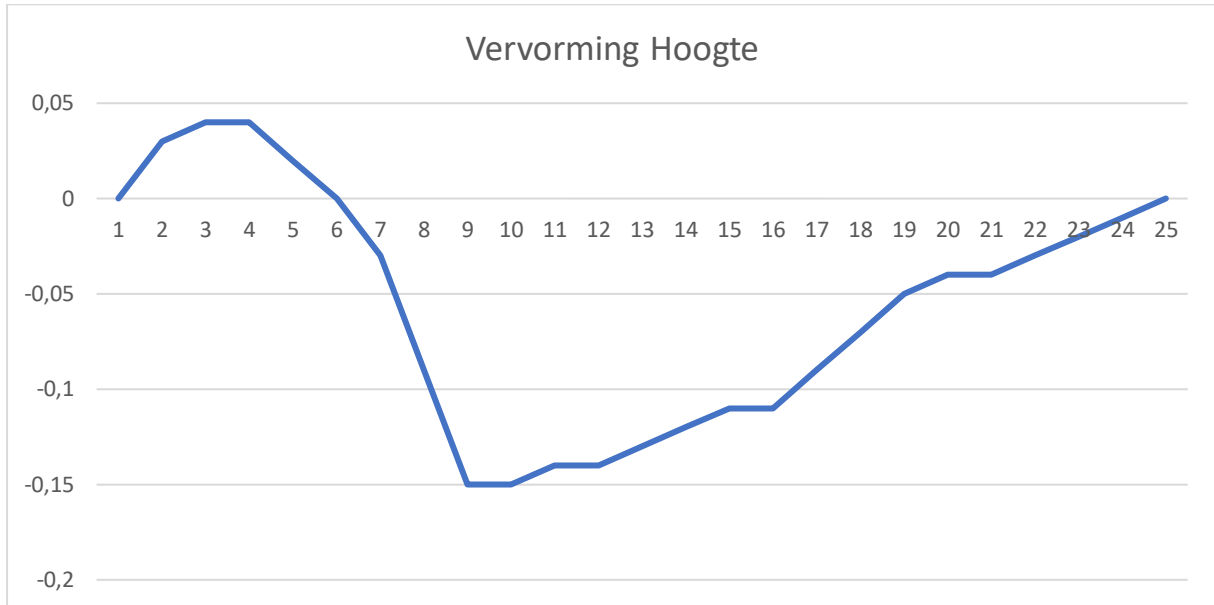
Na het plaatsen van de geleidingen moesten we controleren hoe precies deze werden geplaatst. Daardoor hebben we op verschillende punten over de volledige lengte van de geleidingen gemeten.

Een recht profiel wordt geplaatst op een positie zodanig dat beide uiteinden van het eerste geleiding op een gelijke afstand van het recht profiel liggen. Hierdoor kunnen we de vervorming van de geleiding over de volledige afstand aflezen.

Op deze manier hebben we het verschil in hoogte en breedte van de geleiding gemeten. De paralleliteit met de tweede geleiding werd gemeten met de meetklop op de zijde van de geleiding waardoor we afwijking meteen afleesbaar was.

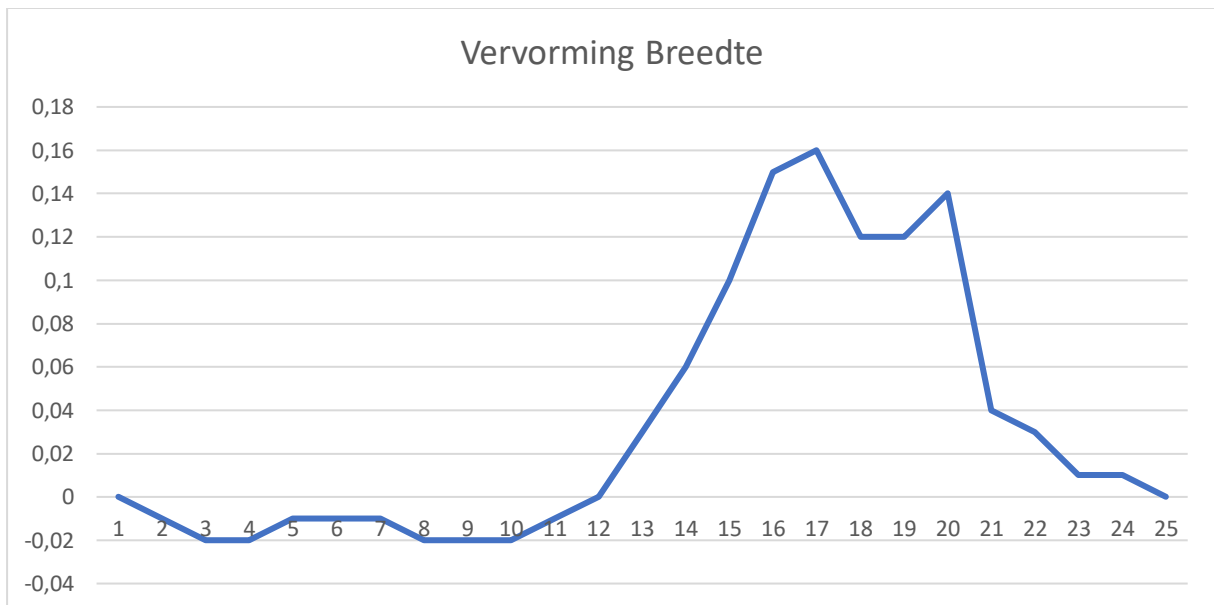
De paralleliteit werd gemeten met en zonder wagen en dat toonde toch grote verschillen.

### 12.1.1.2. Grafieken vervorming geleiding



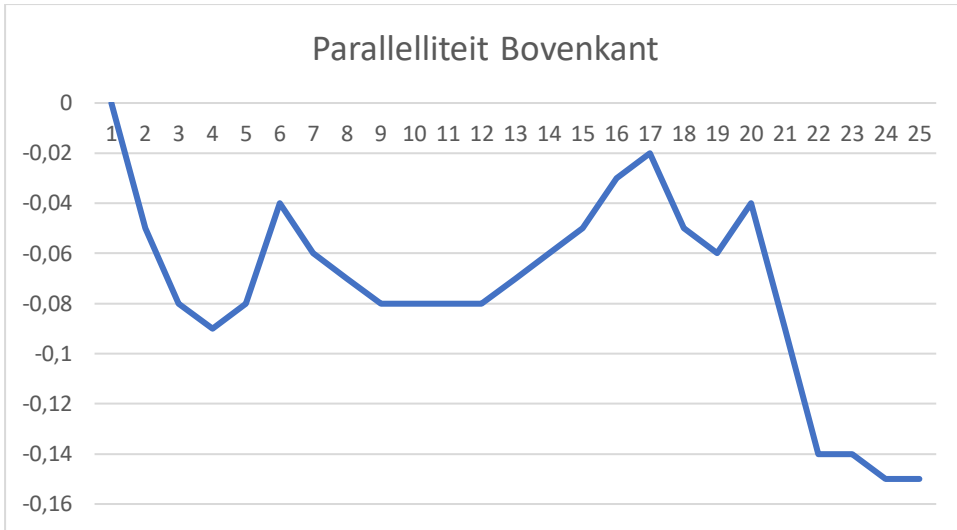
Figuur 85: Vervorming Hoogte

Hier zien we dat vooral in het midden van de geleiding een afwijking ontstaan is. De reden hiervoor kan zijn dat bij het klinken we geen specifieke spankracht kunnen uitvoeren.



Figuur 86: Vervorming Breedte

Vanaf het midden naar het einde van de geleiding is er ook een vervorming naar buiten toe. Dit komt omdat de voorziene klinkgaten in de plaat groter zijn dan de diameter van de gekozen blindklinknagels. Deze diameter van de voorziene gaten was aangeraden handleiding. Door deze grote afwijking werd beslist om in de finale constructie de gaten niet groter te maken.

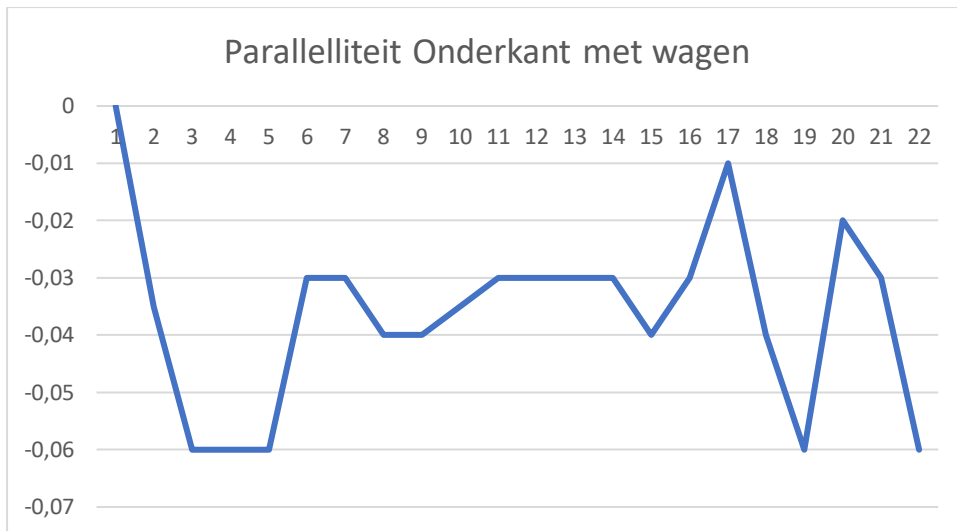


Figuur 87: Parallelliteit Bovenkant



Figuur 88: Parallelliteit Bovenkant met wagen

Bij het meten van de parallelliteit tussen beide geleidingen zien we dat wanneer we de wagen plaatsen er een gelijkaardige vorm van grafiek wordt bekomen maar met kleinere verschillen. Dit komt omdat de wagen een deel van de vervorming van de geleidingen opvangt.



Figuur 89: Parallelliteit Onderkant met wagen

Wanneer op de onderkant van de geleiding wordt gemeten, ziet de grafiek er terug ongeveer hetzelfde uit, we zien hier enkel afwijking in 1 richting.

#### 12.1.1.3. Besluit

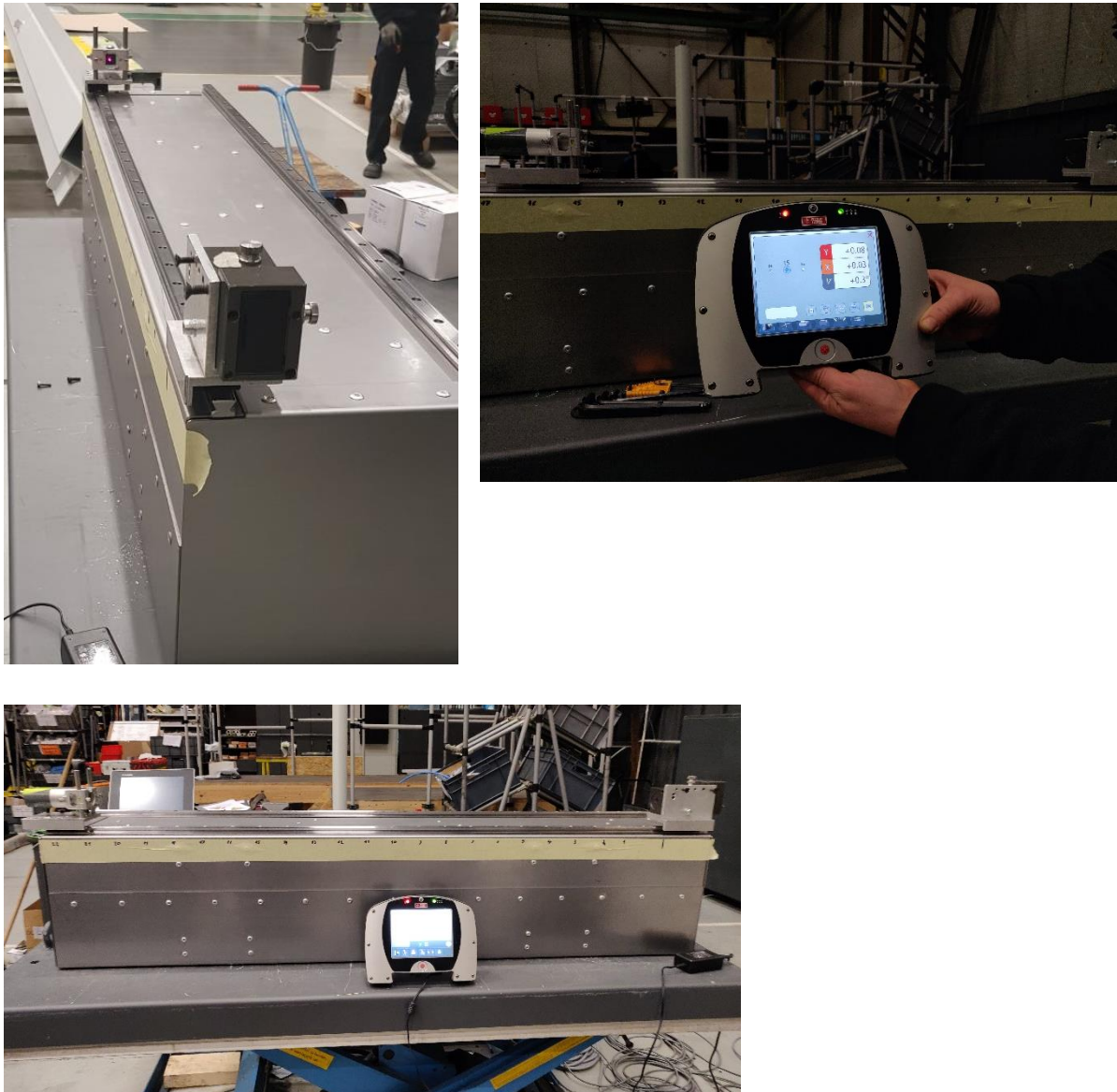
Steeds werd het eerste punt van de geleider op 0 gezet en konden we de parallelliteit tussen de geleidingen opmeten. We kunnen zien dat wanneer een wagen op de geleidingen wordt geplaatst er een betere parallelliteit tussen de geleidingen is.



### 12.1.2. Meting met laser

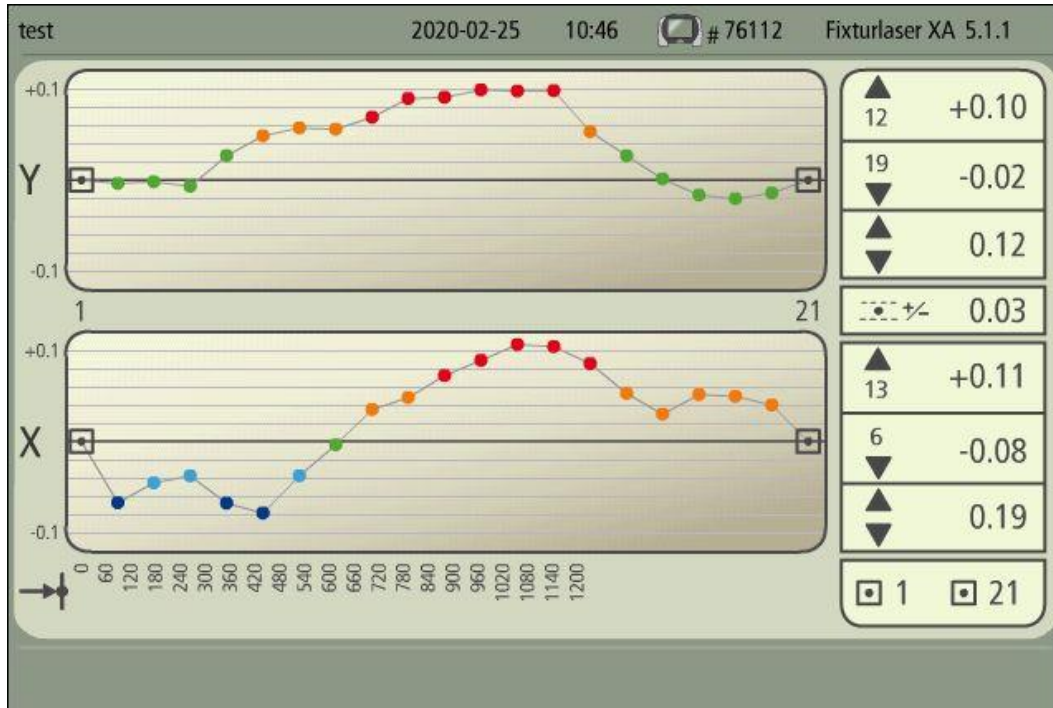
We hebben ook met een laser onze constructie uitgemeten. Met deze laser kunnen we met meer precisie de rechtheid van de geleiding opmeten. We meten de rechtheid in zowel horizontale als in verticale richting.

De gewenste tolerantie is tussen de 0.03 en 0.05mm.



Figuur 90: Opstelling uitmeten met laser

### 12.1.2.1. Resultaten geleiding 1



Figuur 91: Meting op geleiding 1

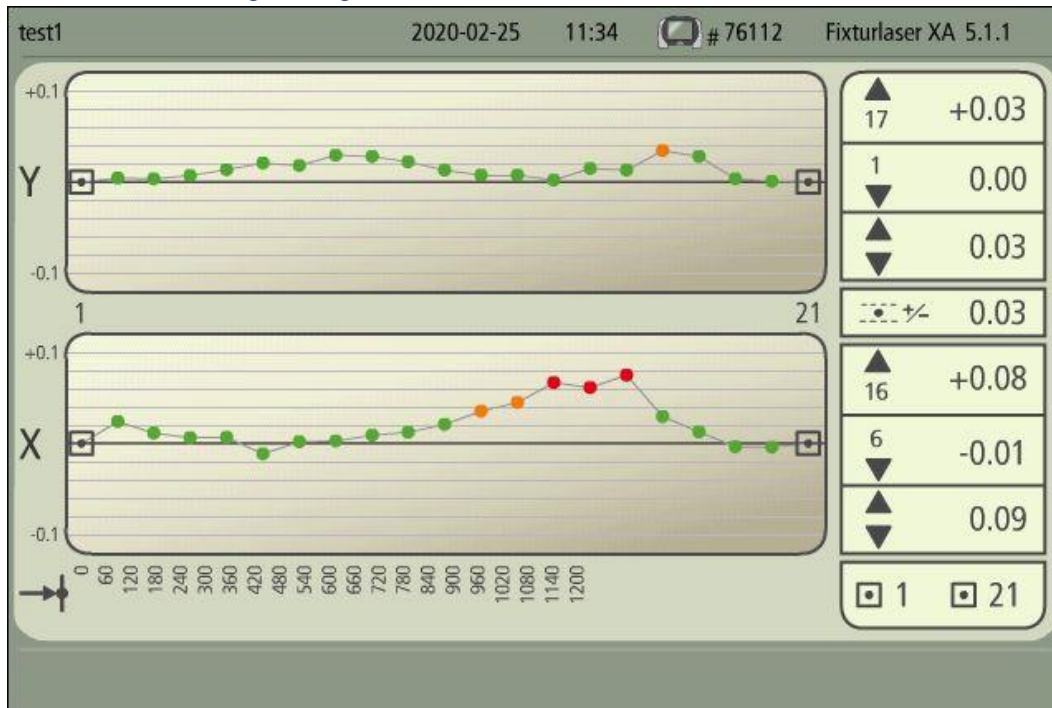
Verticale vervorming:

Terug zoals in de metingen met meetklok zien we dat er een afwijking ontstaan is in het midden van de geleiding. Opnieuw kan dit komen omdat we de aanspankracht van de blindklinknagels niet kunnen kiezen.

Horizontale vervorming:

We zien dat de vervorming in de breedte de vorm aanneemt van een sinus, deze grafiek is te vergelijken met de resultaten van de metingen met de meetklok. Hier zien we wel dat er nog een vervorming is in het begin van de geleiding.

### 12.1.2.2. Resultaten geleiding 2



Figuur 92: Meting op geleiding 2

Verticale vervorming:

Hier is de vervorming zeer klein, deze valt zeker binnen de gewilde toleranties.

Horizontale vervorming:

Terug is dit een zeer goede vervorming, enkel in het midden van de geleiding is er een grote vervorming.

### 12.1.2.3. Besluit

De tweede geleiding valt dicht bij de gewenste toleranties. We zien dat de vervorming van de eerste geleiding veel groter is dan die van de tweede geleiding.

## 12.2. Metingen op finale constructie

Op de finale constructie werken we met 2 soorten bevestigingen van de geleidingen. De “vaste” geleiding wordt terug met klinknagels vastgezet. De “losse” geleiding wordt via bout-moer verbinding vastgezet. Met deze verandering kan de “losse” geleiding binnen toleranties, parallel met de “vaste” geleiding geplaatst worden.

### 12.2.1. Recht plaatsen van referentie geleiding

Om meer binnen de toleranties te vallen bij het plaatsen van de geleidingen maken we gebruik van een referentie geleiding. Omdat deze al even niet werd gebruikt en ook uit 2 delen bestaat, controleerden we de rechtheid ervan en werden ze aangepast waar nodig.

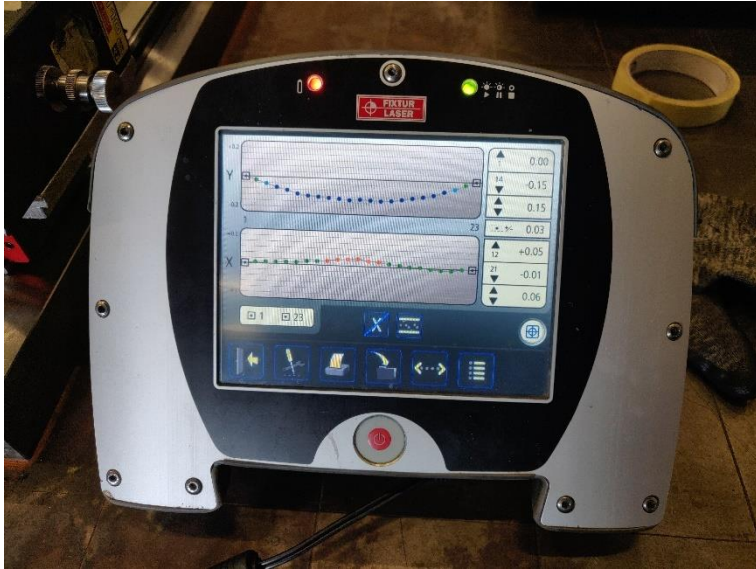


Figuur 93: Refereren laser



De eerste meting was goed. De afwijking van de geleiding was gelijklopend. Enkel bij de overgang van de geleidingen is er een knik te zien.

Door het bijstellen van de geleidingen is bij de laatste meting bijna geen afwijking meer te zien. De afwijking valt binnen de tolerantie



*Figuur 94: Eerste meting referentie geleiding*



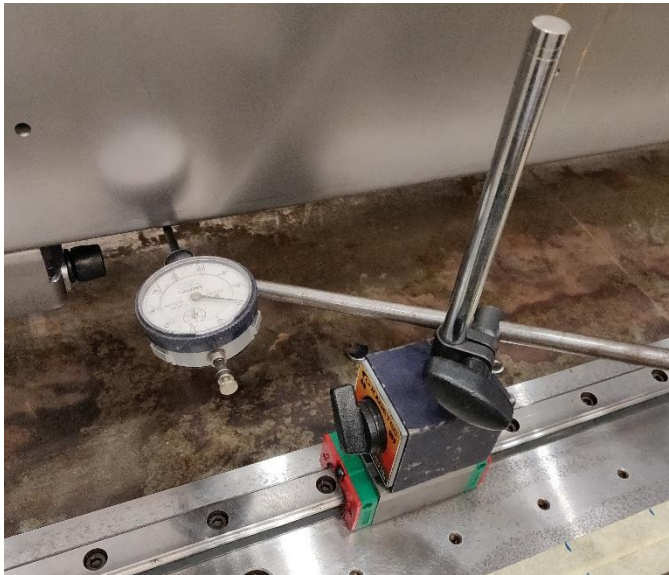
*Figuur 95: Laatste meting referentie geleiding*

### 12.2.1.1. Resultaten "vaste" geleiding

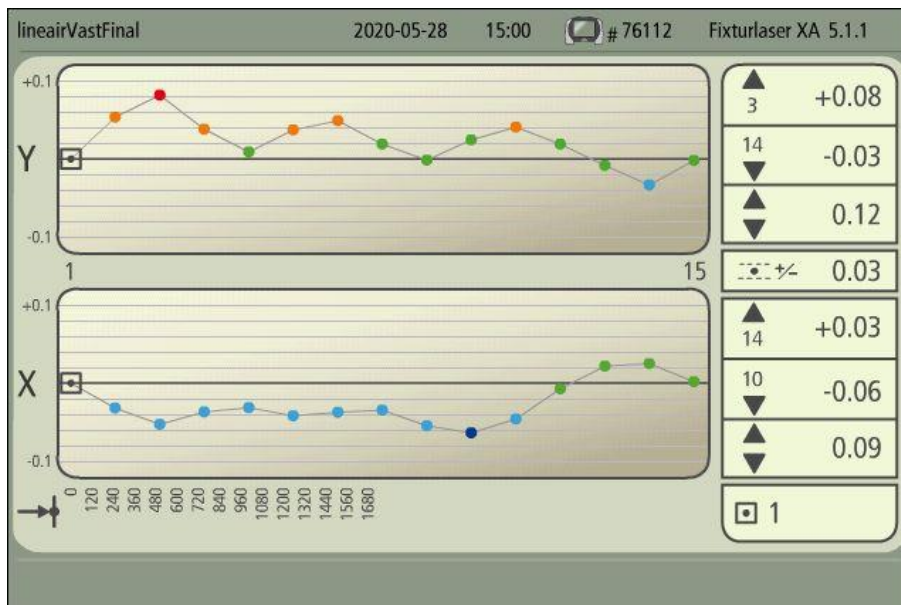
De positie van de "vaste" geleiding kan na het klinken niet meer worden aangepast. Daarom wordt de "vaste" geleiding tijdens het vastzetten bij ieder punt gecontroleerd met het referentie geleiding om afwijking te voorkomen. Om het klinken makkelijker te maken werd de geleiding vooraf met bout-moer verbindingen op verschillende punten vastgezet.

Na de montage van de koker werd de rechtheid van de geleiding opnieuw gecontroleerd met de meetklok, bij onze metingen bekwamen we geen groter verschil dan 0.065mm.

Om preciezer te meten werd opnieuw de laser gebruikt. De grafiek toont een maximum verschil van 0.09mm op de X-as.



Figuur 96: "vaste" geleiding controleren met meetklok

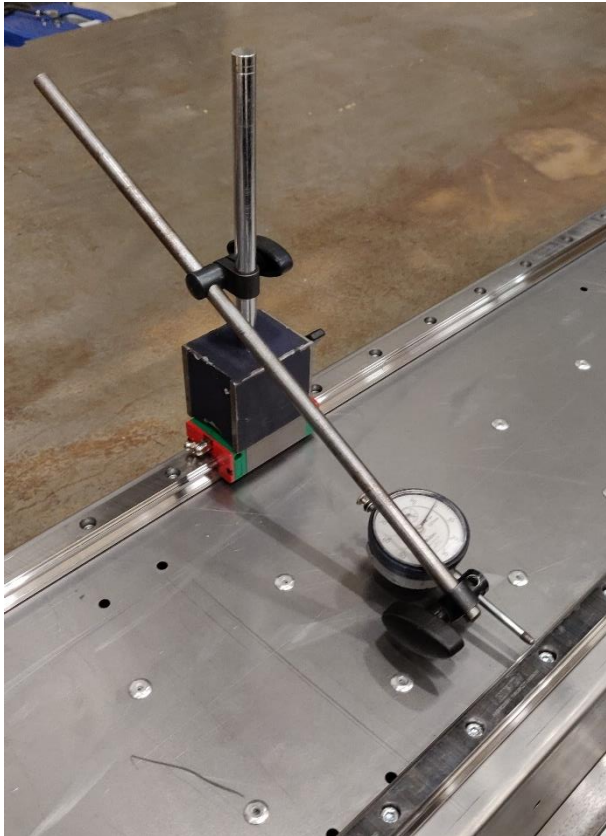


Figuur 97: Meting met laser op "vaste" geleiding

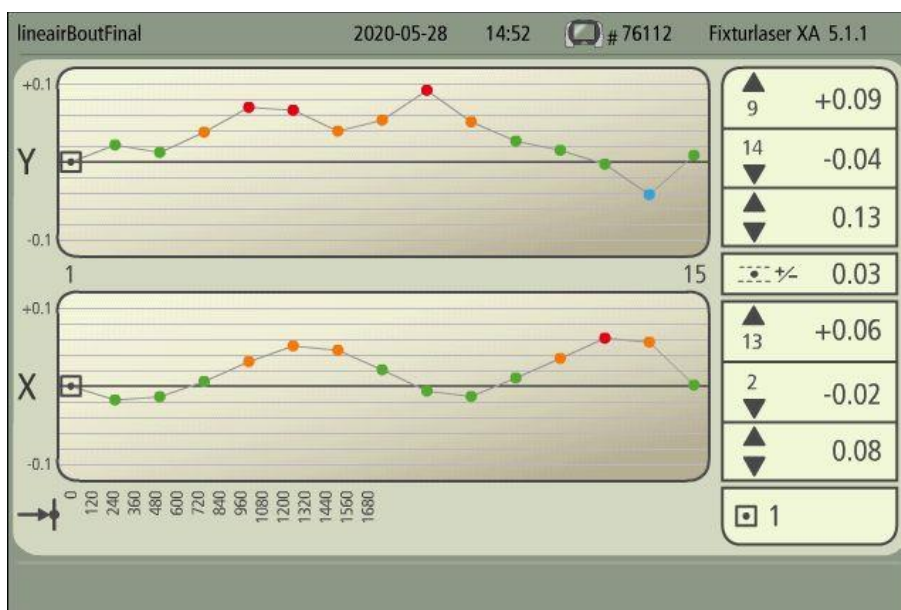
### 12.2.1.2. Resultaten "losse" geleiding

Nadat de "vaste" geleiding volledig was vastgezet, moest de "losse" geleiding zo parallel mogelijk geplaatst worden. Met de meetklok geplaatst op de "vaste" geleiding werd de "losse" geleiding parallel vastgezet.

De meetresultaten van de laser tonen bij de "losse" geleiding een gelijkaardige vervorming aan als bij de "vaste" geleiding.



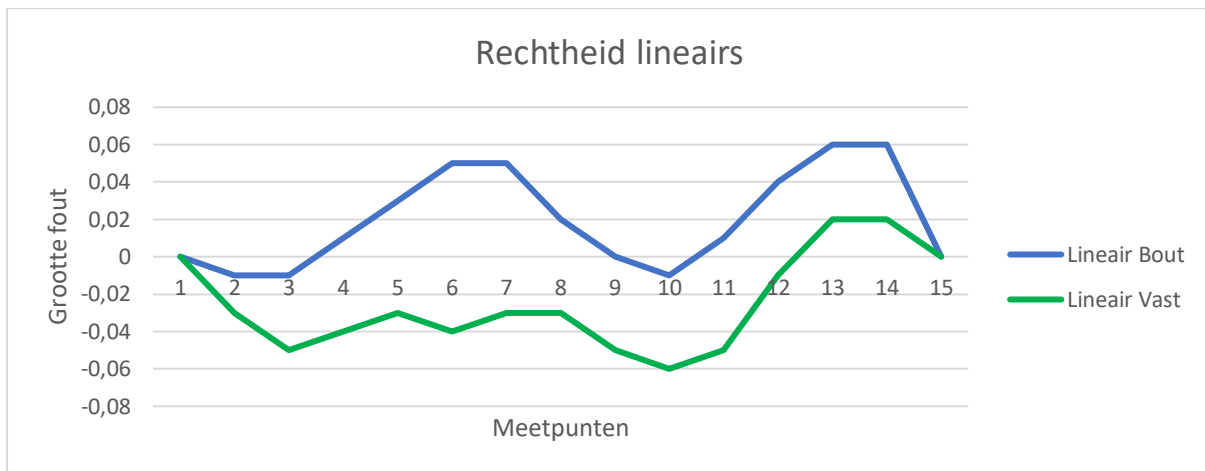
Figuur 98: Parallel vastzetten van de "losse" geleiding



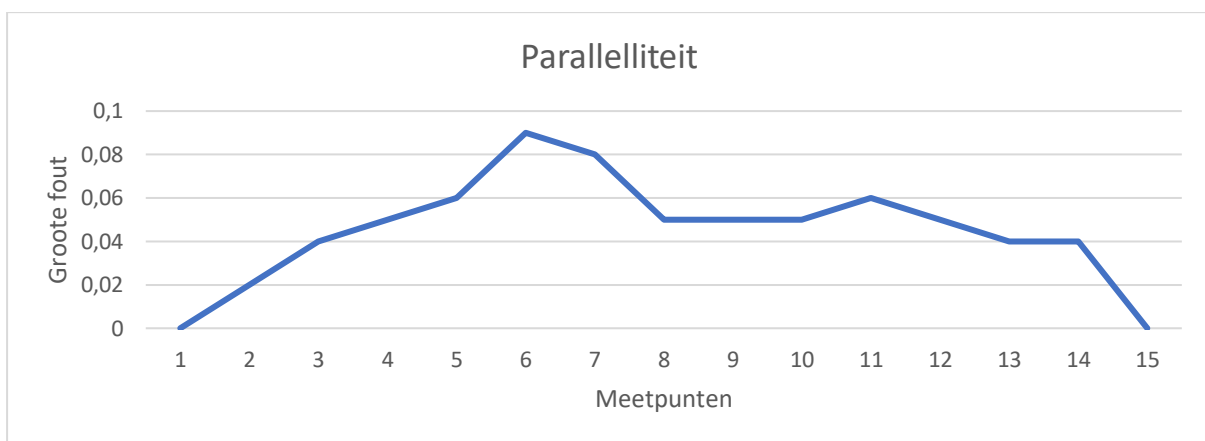
Figuur 99: Meting met laser op "losse" geleiding

### 12.2.1.3. Parallelliteit

Wanneer we alle punten van beide geleidingen met elkaar vergelijken, bekomen we een maximum verschil in parallelliteit van 0.09mm. Deze waarde valt binnen de gewenste waarde van 0.1mm, de schoenen op de geleidingen kunnen elk maximaal 0.05mm verschil opvangen.



Figuur 100: Resultaten rechtheid geleidingen



Figuur 101: Parallelliteit tussen geleidingen

### 12.2.1.4. Besluit

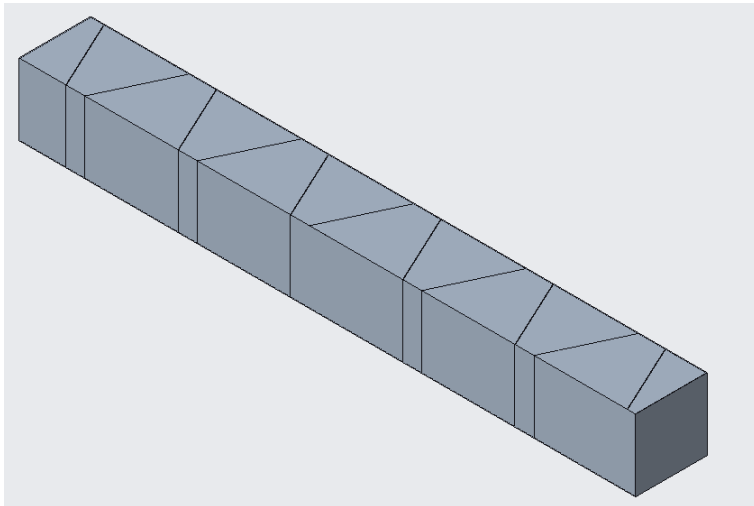
We hebben gemerkt uit beide constructies dat het uitlijnen van geklonken geleidingen niet eenvoudig is. Daarom was het een goede beslissing om een "losse" geleiding met bout-moer verbinding te gebruiken. Hierdoor was het mogelijk om binnen de gewenste toleranties te blijven en zo een correcte parallelliteit te bekomen.



## 12.3. Frequentie metingen

### 12.3.1. Frequentie meting met Creo

Om de eigenfrequentie van het portaal te weten hebben we in Creo een vereenvoudigd model van het portaal gemaakt. Op deze versie werd een Creo frequentie simulatie gedaan. Uit de resultaten vinden we de slechtste frequentie van 50Hz. Deze frequentie is een waarde die zeker toelaatbaar is voor de constructie.



Figuur 102: Versimpelde versie van constructie

Include	Modes	Scaling
<input checked="" type="checkbox"/>	Mode1(50.7901Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode2(55.0827Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode3(127.039Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode4(128.958Hz)	1

Figuur 103: Resonantiefrequenties op constructie in Creo

### 12.3.2. Frequentie meting op constructie

Met de Creo resultaten in onze gedachten startten we de trillings-analyse metingen op de constructie. De metingen werden gedaan met een accelero-meter. Deze heeft een ingangsmodule van DAQ (Data Acquisition). Uit onderstaande grafieken kunnen we de frequentie berekenen door het aantal golven te delen door de tijdsperiode waarin deze voorkomen.



DAQ is het meten van een elektrisch of fysiek fenomeen met de computer. Hier zal de module de trillingen van het portaal omzetten in voltages die wij later kunnen uitlezen op een grafiek op de computer.

*Figuur 104: ingangsmodule van DAQ*

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{formule frequentie})$$

$$\omega = 2 * \pi * f \quad (\text{formule pulsatie})$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{formule massa-veer systeem, met k: veerconstante en m: massa})$$

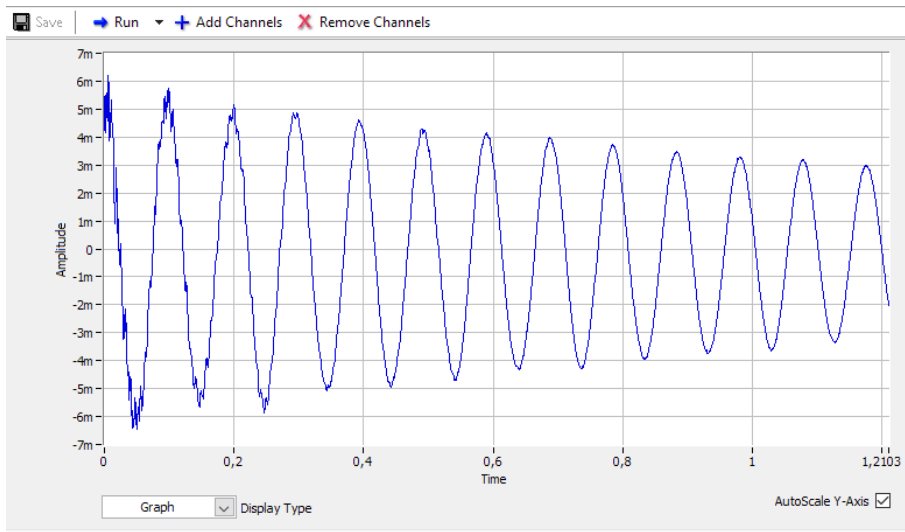
Hieruit kunnen we zien dat de frequentie gelijk is aan volgende formule:

$$f = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Uit deze formule kunnen we zien hoe groter de stijfheid van de constructies, hoe groter de frequentie zal zijn.

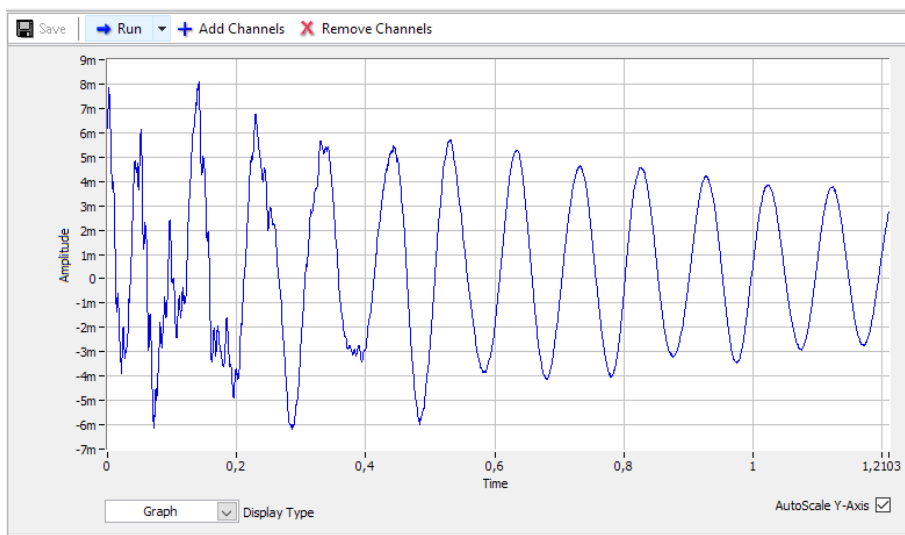


*Figuur 105: Trillings-analyse*



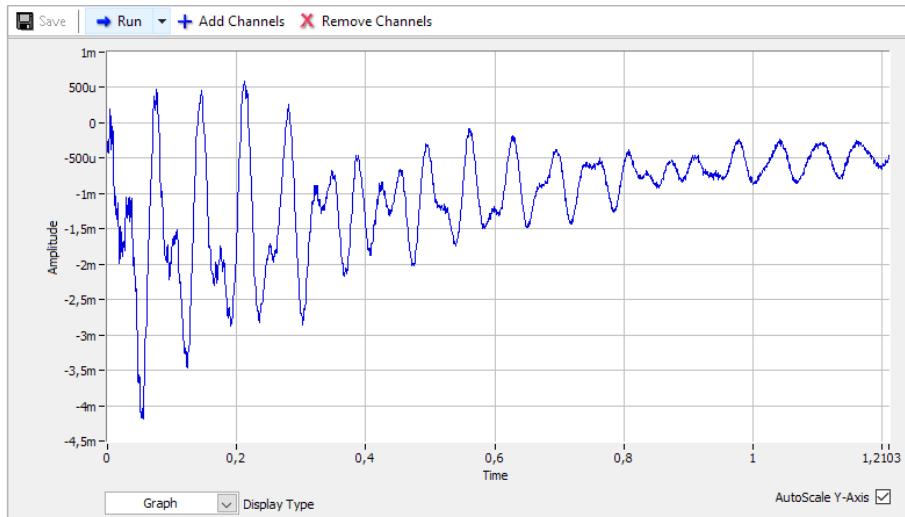
Figuur 106: Meting frequentie verticaal met hamer

$$f \approx \frac{12}{1.2} = 10\text{Hz}$$



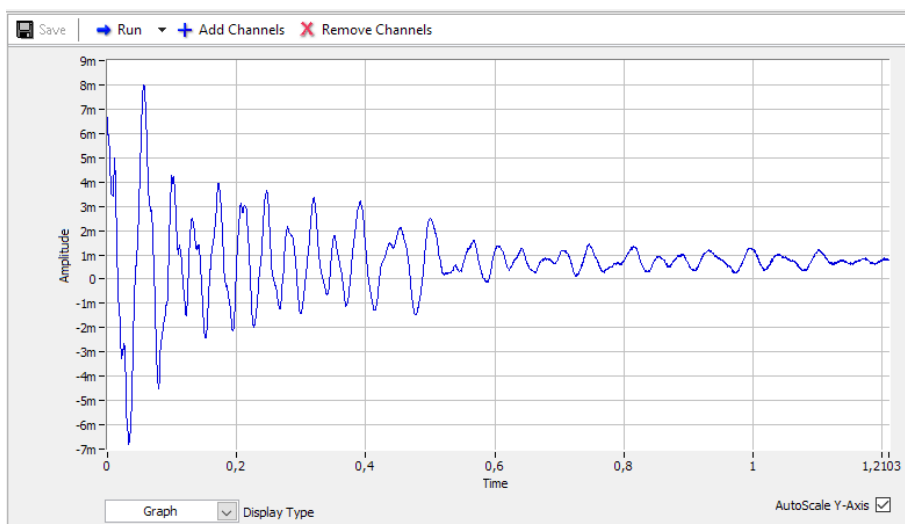
Figuur 107: Meting frequentie verticaal met hand

$$f \approx \frac{12}{1.2} = 10\text{Hz}$$



Figuur 108: Meting frequentie horizontaal met hamer

$$f \approx \frac{3}{0.2} = 15\text{Hz}$$



Figuur 109: Meting frequentie horizontaal met hand

$$f \approx \frac{3}{0.2} = 15\text{Hz}$$

#### 12.3.2.1. Besluit:

Bij onze constructie is de horizontale frequentie het belangrijkste. Met een richtwaarde van 20Hz komen we daar met 15Hz niet bij. Deze bekomen waarde is lager dan de theoretische waarde van 50Hz. Dit zal waarschijnlijk te maken hebben met het feit dat de klinknagels geen oneindige stijfheid hebben. We kunnen dit waarschijnlijk oplossen door meerdere klinknagelverbindingen in de constructie te plaatsen.

## 13. Besluiten

Je laatste schooljaar is een jaar die je normaal niet vergeet. Het laatste jaar van je studies, een 18 weken durende stage, beslissingen maken over verdere studies of werk zoeken, ... Maar dit jaar had ons nog iets anders te bieden, "Covid-19".

Na amper 6 weken stage, waarin we voornamelijk onze constructie ontworpen, worden we verplicht thuis te blijven. Met het aanvullen van onze thesis en het maken van een extra opdracht kunnen we onze tijd nuttig besteden maar het bedrijfsgevoel hebben we 9 weken lang niet.

Op 18 mei mochten we de stage hervatten. In 4 weken tijd realiseerden we de assemblage van onze constructie, maakten we een afgewerkte thesis en leerden we de problemen kennen bij het opnemen van een presentatie.

Onze opdracht was voornamelijk een nieuw productieproces geven aan het portaal. Met een studie of dit proces haalbaar, kunnen we aantonen of het proces goed is voor toekomstige machines. Die toekomst ziet er echter veelbelovend uit. Met wat meer ervaring en een beter uitgewerkt concept zijn andere projecten goed op weg en zal een kostenefficiënte draagstructuur voor een laser-snij-machine zeker voldoen aan de eisen.

Het aanleren van nieuwe software, het praktisch gedeelte ervan en de vele werkmethoden in het bedrijf zijn de ervaringen die ons helpen om gericht te werk te gaan. Ook tijdens de realisatie van onze bachelorproef zijn we te weten gekomen over welke kwaliteiten we beschikken.

Met deze heel ongewone periode achter de rug kijken we terug op een geslaagde stage- en bachelorproefperiode. Dankzij de weken die we in het bedrijf waren kregen we een voldaan gevoel over onze studies.

## 14. Datasheets

[https://tech.thk.com/upload/catalog\\_claim/pdf/212E\\_SSR.pdf](https://tech.thk.com/upload/catalog_claim/pdf/212E_SSR.pdf)

<https://www.paulstra-industry.com/radiaflex-stainless-steel-radiaflex-p72-en.html>

<http://www.opis.cz/cross-morse/pdf/timingbelts.pdf>

<https://dy5bctajj6i3s.cloudfront.net/documents/nl/34110.pdf>

[https://www.hiwin.com/pdf/linear\\_guideways.pdf](https://www.hiwin.com/pdf/linear_guideways.pdf)

[https://www.artisanng.com/info/NationalInstruments\\_9234\\_Manual.pdf](https://www.artisanng.com/info/NationalInstruments_9234_Manual.pdf)

[https://www.artisanng.com/info/NationalInstruments\\_9234\\_Datasheet.pdf](https://www.artisanng.com/info/NationalInstruments_9234_Datasheet.pdf)

## 15. Bronnen

### 15.1. Sites

- MetaalNieuws. (2015, februari 5). *Van 6 uur lassen naar 20 minuten klinken*. Opgehaald van Metaal Nieuws: <https://www.metaalnieuws.nl/van-6-uur-lassen-naar-20-minuten-klinken/>
- N.N. (2015, juli 18). *Waarom gebruiken vliegtuigen klinknagels en geen gelaste constructie?* Opgehaald van Alle antwoorden: <https://alleantwoorden.com/questions/2699/waarom-gebruiken-vliegtuigen-klinknagels-en-geen-gelaste-con>
- N.N. (2019). *Series E4.28*. Opgehaald van Iigus: [https://www.igus.be/iPro/iPro\\_01\\_0040\\_0002\\_NLnl.htm?c=%7BC%7D&l=%7BL%7D](https://www.igus.be/iPro/iPro_01_0040_0002_NLnl.htm?c=%7BC%7D&l=%7BL%7D)
- N.N. (2020, maart 25). *Cable carrier*. Opgehaald van Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cable\\_carrier](https://en.wikipedia.org/wiki/Cable_carrier)
- N.N. (2020). *Elektrolytisch verzinkt 6,0X18MM*. Opgehaald van Fabory: <https://www.fabory.com/nl/elektrolytisch-verzinkt-6%2c0x18mm/p/34110060018>
- N.N. (2020). *Klinken versus lassen: 40% kostenbesparing met klinken*. Opgehaald van Onkenhout: <https://www.onkenhout.nl/news/Lassen-vs-klinken>
- N.N. (2020). *Profile dampers*. Opgehaald van ACE Stoßdämpfer GmbH: <https://www.ace-ace.com/com/products/automation-control/profile-dampers/tubus-ta/ta/ta34-14.html>
- N.N. (2020). *RVS Blindklinkmoer, verzonken*. Opgehaald van European fasteners: <https://european-fasteners.com/nld/categories/klink-producten/blindklinkmoer-verzonken>
- N.N. (2020). *Timing Belts*. Opgehaald van cross morse: <http://www.opis.cz/cross-morse/pdf/timingbelts.pdf>
- N.N. (sd). *Bindklinken algemeen*. Opgehaald van De metaalgids: <https://www.demetaalgids.nl/index.php?page=technieken&hoofdtechniek=Verbinden&techniek=Blindklinken&id=15>
- nv, L. C. (2018). *Machines voor plaatbewerking*. Opgehaald van LVD: <https://www.lvdgroup.com/nl>
- Roosen, J. (2019). *Bindklinken*. Opgehaald van Booglassen: <http://www.booglassen.com/blindklinken/>
- Van Hecke, O. (2015, maart). *De meetklok*. Opgehaald van Meetgereedschappen in de metaalbewerking: <http://vanheckeolivier.blogspot.com/p/de-meetklok.html>
- N.N. (2019, april 22). *Resonantie (natuurkunde)*. Opgehaald van Wikipedia: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Resonantie\\_\(natuurkunde\)#:~:text=Resonantie%20treedt%20op%20bij%20bepaalde,een%20korte%20tik%20wordt%20aangeslagen.](https://nl.wikipedia.org/wiki/Resonantie_(natuurkunde)#:~:text=Resonantie%20treedt%20op%20bij%20bepaalde,een%20korte%20tik%20wordt%20aangeslagen.)



## 15.2. Boeken

- contitech. (2002). Heavy duty-synchronous drive belts. In *Continental* (p. 66). Hannover: Contitech holding.
- De Clippeleer, W., & Wellekens, B. (2019). Tabellenboek voor metaaltechniek. Plantyn.
- Group, L. (2020). Ontwerpstandaards.
- Hiwin. (2018). Gesamtkatalog. Hiwin technologies corp.
- N.N. (2019). *Tooling essentials*. Gullegem: LVD Group.
- N.N. (sd). *Reloff-Matek*.
- Serruys, W. (sd). *Plaatbewerking: Stand van de techniek*.
- Struyve, I. (sd). *T Pneumatica: Pneumatische besturingen*.
- Wittel, H., Muhs, D., Jannasch, D., & Vosiek, J. (2013). Reloff-Matek: machineonderdelen. In *Tabelenboek* (p. 224). Amsterdam: Boom Uitgevers.

## 16. Technische tekeningen

Onderstaande link brengt u naar de map met alle 2D tekeningen.



OP20004\_2D\_Tekenin  
gen.pdf

Bij het niet functioneren van de link kan u in de map **OP20004\_Bachelorproef\_Files** de file **OP20004\_2D\_Tekeningen** met alle 2D tekeningen terugvinden.

**Campus Brugge**

Xaverianenstraat 10  
8200 Brugge  
T 050 30 51 00

**Campus Brugge station**

Spoorwegstraat 12  
8200 Brugge  
T 050 40 59 00

**Campus Kortrijk**

Doorniksesteenweg 145  
8500 Kortrijk  
T 056 26 41 60

**Campus Oostende station**

Lijndraaiersstraat 60  
8400 Oostende  
T 059 56 90 00

**Campus Oostende VLOC**

Nieuwpoortsesteenweg 945C  
8400 Oostende  
T 059 30 81 50

**Campus Roeselare**

Wilgenstraat 32  
8800 Roeselare  
T 051 23 23 30

**Campus Torhout**

Sint Jozefstraat 1  
8820 Torhout  
T 050 23 10 30

[www.vives.be](http://www.vives.be)

