Palletizerfunctie als standaard oplossing

De palletizerfunctie als standaard oplossing binnen Festo

05-06-2015

Auteur: Peter-Jan Snellink
Studie: Werktuigbouwkunde
Studentnummer: 09095446
Gelezen door: Bob van der Ree
Goedgekeurd door: Bob van der Ree

Voorwoord

Deze scriptie is tot stand gekomen naar aanleiding van mijn afstudeerstage die ik heb doorlopen bij Festo Nederland, te Delft. In het laatste jaar van mijn opleiding werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool, te Delft, mag ik de meesterproef voor mijn opleiding afleggen. Door middel van een zelfstandig project uit te voeren binnen zeventien weken kan ik mijn bekwaamheid aantonen en zo de meesterproef met goed gevolg afsluiten.

Deze scriptie is een informatief rapport dat mijn uitgevoerde opdracht beschrijft. Mijn afstudeeropdracht was het ontwikkelen van een standaard oplossing voor een palletizerfunctie. In eerste instantie is deze scriptie bedoelt voor mijn eerste en tweede assessor en de gecommitteerde om mijn bekwaamheid te beoordelen. Daarnaast is de scriptie bedoelt voor Festo als naslag werk voor het opgeleverde werk. Voor iedereen die interesse heeft in palletizerfuncties of wie zijn kennis over palletizers wil vergroten kan dit rapport ook interessant zijn.

Voor het tot stand komen van dit rapport wil ik graag een aantal personen bedanken. Allereerst gaat mijn dank uit naar alle Festo medewerkers en in het speciaal naar de collega's van de engineeringafdeling. Zij hebben mij vanaf dag welkom laten voelen en lieten mij nooit denken dat ik minder ben dan hen. Binnen Festo wil ik in het speciaal danken, mijn directe bedrijfsbegeleider Bob van der Ree en de expert Arjan van Zoest. Dankzij de inzichten en zeer kritische vragen van Bob van der Ree heb ik mijn rapport naar een hoger niveau kunnen tillen. Waarbij ik met de expertise van Arjan van Zoest sneller inzicht heb gekregen in de palletizerfunctie. Daarnaast wil ik ook mijn begeleider vanuit de Haagse Hogeschool hartelijk danken voor alle begeleiding en ondersteuning in deze periode de Heer Tromp. Tot slot bedank ik mijn familie voor alle steun die ze mij hebben gegeven tijdens de gehele studie.

Veel leesplezier toegewenst.

Peter-Jan Snellink te Delft, 5e juni 2015

Contents

Voorwoord
Samenvatting 4
1 Inleiding 5
2 Bedrijfsintroductie 6
2.1 Afdeling 6
3 Probleem- en doelstelling 7
3.1 Relevantie 7
4 Vooronderzoek van de palletizerfunctie 8
4.1 Welke palletizers komen het meeste voor? 8
4.2 De werking van de verschillende varianten 9
5 Analyse van de bekende palletizers 11
5.1 Wat zijn de functieschema's van de verschillende varianten? 11
5.2 Wat betekenen deze verschillende functies voor Festo en wat is de exacte palletizerfunctie? 13
5.3 Welke variant heeft het meeste potentieel voor Festo? 15
5.4 Hoe kan het gekozen functieschema ingevuld worden? 15
6 Detail analyse van de gekozen variant portaal palletizer 18
6.1 Wat is de gedetailleerde functieanalyse van de gekozen variant? 18
6.2 Hoe kunnen deze functies ingevuld worden? 19
7 Standaardisatie palletizerfunctie 20
7.1 Standaard doos en pallet 20
7.2 Standaard afmetingen van de palletizerfunctie 21
7.3 Standaard bewegingsprofiel 22
7.4 Systeemgrenzen en randvoorwaarden 23
7.5 Pakket van eisen en wensen 24
8 Concepten generen 25
8.1 Beschrijving concepten eerste ronde 26
8.2 Concepten generen tweede ronde 28
8.3 Keuze voor concepten verantwoorden 30
8.4 Concepten berekenen 31
8.4.1 Berekening en uitwerking concept 1 33
8.4.2 Berekening en uitwerking concept 2 33
8.4.3 Berekening en uitwerking concept 3 35
9 Uiteindelijke keuze voor standaardoplossing 37
10 Conclusie en aanbevelingen 39
10.1 Aanbevelingen 39
Literatuurlijst 40
Bijlage I Plan van aanpak 41
Bijlage II Vooronderzoek 56
Bijlage III Standaardenrapport 64
Bijlage IV Berekeningsrapport 76
Bijlage V EGC documentatie 110
Bijlage VI Flexjoints 113

Samenvatting

Door de steeds sneller ontwikkelende consumentenmarkt worden producenten steeds meer gedwongen om producten sneller achtereen te ontwikkelen en te produceren. Dit betekent dat het machinepark van de producenten steeds sneller en vaker aangepast moet worden of soms zelfs helemaal vervangen dient te worden. Het aanpassen van machines of zelfs vervangen van machines is een zeer grote investering die producenten willen voorkomen. De producenten eisen daarom op hun beurt dat machinebouwers steeds sneller en meer modulair gaan bouwen. Door modulair te bouwen kunnen in plaats van hele machine enkel machinefuncties vervangen of aangepast worden. Langzamerhand druppelt deze ontwikkeling door naar de leveranciers en ontwikkelaars van machinecomponenten en zo ook naar Festo. Om de eisen van de klant te kunnen voldoen wil Festo de engineeringafdeling efficiënter maken door het ontwikkelen van standaard oplossingen voor machinefuncties die vervolgens aangeboden kunnen worden aan de klant. Dit heeft als voordeel dat dezelfde machinefunctie niet steeds opnieuw ontwikkelt hoeft te worden.

Festo wil graag een standaard oplossing kunnen bieden voor een van de veel voorkomende machinefuncties, de palletizerfunctie. De doelstelling van het afstudeerproject die voortvloeit uit de wens van Festo. De doelstelling:**“ Kunnen aanbieden van een standaard oplossing voor de palletizerfunctie voor klanten.”**

Het document start met een vooronderzoek naar de palletizer om uit te zoeken welke palletizers op de markt zijn en hoe deze palletizers werken. De palletizermarkt bevindt zich in de verpakkingsindustrie waarbij weinig tot geen standaarden voorkomen.

Nadat bekend is welke palletizervarianten in gebruik zijn worden verschillende varianten geanalyseerd om te onderzoeken hoe de palletizerfunctie te isoleren is in de verschillende varianten. Daarna worden de verschillende geïsoleerde palletizerfuncties bekeken en wordt bepaald welke een groot potentieel biedt voor Festo, om een standaard oplossing voor te ontwikkelen. Het blijkt dat de XYZ portaal palletizer het meeste potentieel biedt vanwege de geïsoleerde palletizerfunctie en de lineaire translaties waar Festo in is gespecialiseerd.

De XYZ portaal palletizer wordt verder geanalyseerd aan de hand van een detail functieanalyse. De gevonden functies worden vervolgens ingevuld met verschillinde oplossingen waaruit blijkt dat de portaal palletizer het best aangedreven kan worden met elektrische assen.

De verpakkingsindustrie is een industrie met weinig tot geen standaarden en zeer veel uiteenlopende producten die verwerkt moeten worden. Daarom moet eerst een standaard bepaald worden waarmee de concepten vervolgens ontwikkelt kunnen worden en getoetst kunnen worden aan de eisen en wensen die volgen uit het vooronderzoek en de standaarden.

De elektrische actuatoren kunnen in verschillende configuraties samengesteld worden. Na een brainstorm sessie worden de verschillende configuraties opgesteld en getoetst aan het pakket van eisen en wensen. Hieruit komen drie concepten die eventueel tot een eindontwerp ontwikkeld kunnen worden. Deze drie concepten worden vervolgens aan de hand van de opgestelde standaarden door berekend.

Conclusie is dat het XZY portaal de beste optie is voor Festo om als standaard oplossing aan te bieden voor de palletizerfunctie. Het XZY portaal bestaat uit:

- X-assen: De EGC-120-1800-TB
- Y-as: De EGC-120-1000-250H-TB
- Z-as: De EGC-185-2200-TB

Naast het XZY portaal is de aanbeveling gegeven om in toekomst ook te kijken naar de hybride palletizer. De hybride palletizer combineert twee functies die Festo allebei heeft en waar zij zeer sterk in zijn.

1 Inleiding

De huidige consumentenmarkt ontwikkelt sneller dan ooit te voren en daardoor moeten de fabrikanten achter de consumentenmarkten ook steeds sneller ontwikkelen en productieprocessen kunnen omschakelen. Dit betekent dat machines die de producenten gebruiken steeds sneller gewijzigd moeten worden of zelfs helemaal vervangen moeten worden. De machinebouwers achter de machines voor de producenten moeten inspelen op deze ontwikkelingen in de industrie en zijn daarom steeds meer modulair gaan bouwen. De ontwikkelingen van de industrie om steeds sneller en vaker aanpassingen te doen aan het machinepark druppelt door naar de leveranciers en ontwikkelaars van machinecomponenten, zo is deze ontwikkeling ook bij Festo merkbaar. Machinebouwers eisen steeds goedkopere functieoplossingen die snel ontwikkelt moeten worden. Om aan deze vraag te voldoen wil Festo de engineeringafdeling efficiënter maken door middel van het aanbieden van standaard functieoplossingen aan hun klanten.

Deze scriptie behandelt hoe één van de vele machinefuncties, de palletizerfunctie, onderzocht en ontworpen wordt tot een standaard oplossing. De palletizerfunctie is terug te vinden in machines die producten op pallets stapelen. Deze machines komen veel voor in de verpakkingsindustrie. Uiteengezet wordt hoe de markt voor palletizers op dit moment is onderverdeeld en hoe Festo invulling kan geven aan deze markt met een standaardoplossing voor de palletizerfunctie.

In hoofdstuk 4 van dit afstudeerverslag wordt aandacht besteed aan de huidige palletizermarkt en hoe deze onderverdeeld in verschillende varianten. Daarna wordt in hoofdstuk 5 aan de hand van de informatie uit het vooronderzoek een analyse gemaakt aan de orde komen: de verschillende functieanalyses, wat deze functieanalyses betekenen voor Festo en welke variant het meeste potentieel biedt voor Festo. Vervolgens bespreekt hoofdstuk 6 hoe de gekozen variant precies werkt door een detailanalyse. Om de zeer uitgebreide verpakkingsindustrie waarin de palletizerfunctie werk te beperken wordt een standaard opgezet in hoofdstuk 7. Hoofdstuk 8 vormt aan de hand van de standaarden en de functieanalyse concepten welke door verschillende selectierondes beperkt worden tot een uiteindelijk ontwerp. Het uiteindelijke ontwerp wordt uiteengezet in hoofdstuk 9 , waarna de conclusie en aanbevelingen voor het volledige project volgt.

2 Bedrijfsintroductie

Festo is gespecialiseerd in de automatisering van ”Motion in Control”-processen in verschillende industrieën en wordt wereldwijd vertegenwoordigd in 176 landen. De ambitie van Festo is om als innovatieve partner, klanten in staat te stellen hun concurrentiekracht te verhogen door verregaande samenwerking op het gebied van re-engineering van bestaande machines en bij het ontwerpen van nieuwe machines. Festo heeft een assortiment van ruim 30.000 catalogus producten en Festo biedt automatiseringsoplossingen op maat voor meer dan 200 industriële sectoren. Het uitgebreide dienstenpakket varieert van advies en dienstverlening op ontwerpgebied tot en met logistieke en technische ondersteuning, en van services voor installatie en onderhoud tot en met training en opleiding van operators en technici.
Om dit alles te realiseren heeft Festo een groot hoofdkantoor in Duitsland waar jaarlijks meer dan zeven procent van de totale omzet wordt geïnvesteerd in onderzoek en ontwikkeling van nieuwe en bestaande producten. Door continue innovatie blijft Festo een van de belangrijkste in de markt en is Festo binnen Nederland marktleider in de pneumatische automatiseringsindustrie en bezit dan ook de grootste kennis op het gebied van pneumatische en elektrische automatisering.
Festo levert niet alleen maar de standaard componenten uit de catalogus, maar bedenkt en produceert samen met de klanten ook klantspecifieke oplossingen. Deze klantspecifieke oplossingen worden een steeds groter onderdeel van de omzet van Festo. De engineeringafdeling neemt een steeds prominentere plek in binnen Festo. Waar eerst de engineeringafdeling van het hoofdkantoor van Duitsland een zeer belangrijke rol speelde is de engineeringafdeling binnen Nederland een steeds belangrijkere afdeling en inmiddels onmisbaar.

2.1 Afdeling

De opdracht wordt uitgevoerd binnen de engineeringafdeling van Festo Nederland. Deze afdeling bestaat uit kleine subafdelingen die elk een aspect van de Festo klantspecifieke oplossingen vertegenwoordigd. De afdeling bestaat uit een totaal van 23 werknemers waaronder twee groepsleiders en de engineeringmanager. De verschillende subafdelingen:

- SA: De SA afdeling bestaat uit drie werknemers die aanpassingen maken op bestaande componenten van Festo. Het komt voor dat klanten een specifieke aanpassing willen hebben op een standaard component. De SA afdeling is gespecialiseerd in kleine aanpassingen van bestaande producten of het fabriceren van accessoires bestaande uit Festo componenten en materiaal derde.
- Cabinets: De Cabinets afdeling houdt zich bezig met het ontwerpen van vooral verzorgingsunits en ventieleilanden die worden weggewerkt in een kast. De Cabinets afdeling is gespecialiseerd in het verwerken van de Festo componenten in een kast op een zo gunstig mogelijke manier. Ongeveer drie mensen houden zich hiermee bezig.
- Handling: De Handling afdeling bestaande uit vier werknemers ontwerpt, berekend en ontwikkelt handlingunits op klantaanvraag. Handlingunits bestaan veelal uit 1,2, of 3 assen die elektrisch worden aangestuurd. Pneumatische aansturing komt ook voor, maar veel minder dan de elektrische assen. De Handling afdeling is gespecialiseerd in het doorrekenen, ontwerpen en programmeren van elektrsiche en pneumatische assen die samen een handlingunit vormen.
- Overige subafdelingen: Overige subafdelingen op de engineeringafdeling bestaan uit een tekenkamer van drie werknemers en twee specialisten in de Process Automation.

3 Probleem- en doelstelling

De probleem- en doelstelling voor de afstudeeropdracht komen voort uit de achtergrond. Vanwege de verandering in bedrijfsstrategie heeft Festo de wens om machinefuncties aan te kunnen bieden aan de klanten.

Het probleem op dit moment is dat Festo geen directe standaard oplossing kan bieden voor een van die vele machinefuncties, de palletizerfunctie. Festo heeft vele componenten in de catalogus, maar heeft geen direct product dat kan fungeren als palletizer. Op dit moment moet de aanvraag van een klant voor de invulling van de machinefunctie als de palletizer compleet opnieuw uitgewerkt worden. Dit kost een hoop tijd en geld welke beide niet gewenst zijn in de veranderende markt.

De doelstelling die voortkomt uit dit probleem is:

"Het kunnen aanbieden van een standaard oplossing voor de palletizerfunctie voor klanten." Festo wil de klanten, die over het algemeen machinebouwers zijn, de machinefunctie palletizer kunnen aanbieden in de vorm van een standaard oplossing met grotendeels Festo componenten. Dit kan gezien worden als het aanbieden van een module die niet steeds opnieuw ontworpen dient te worden.

De opdracht die voortkomt uit deze probleem- en doelstelling:

"Onderzoek de palletizerfunctie binnen verschillende industriesegmenten en ontwerp een technische oplossing binnen de gestelde parameters".

Dit houdt in dat de palletizerfunctie onderzocht moet worden in alle industriesegmenten waar deze terug te vinden is. Hier wordt gekeken naar de randvoorwaarden van deze functie binnen de industriesegmenten en welke varianten van de palletizerfunctie bestaan. Hierbij wordt onderzocht welke parameters de palletizerfunctie definiëren. Met de gevonden parameters en randvoorwaarden wordt voor een bepaalde variant een technische oplossing ontworpen die hieraan voldoet. Optioneel worden niet één maar twee technische oplossingen ontwerpen één low cost en dan ander high value.
Hoofdvraag:

3.1 Relevantie

De uitkomst van de oplossing is zeer relevant voor Festo. Dit is een van de eerste machinefuncties die onderzocht en uiteengezet wordt. Zodra hier een technische oplossing voor een palletizerfunctie uitkomt, is dat niet alleen een voordeel vanwege het kunnen aanbieden van een complete functie eenheid voor een machine, maar heeft ook vele andere bijkomende voordelen:

- Klanten kunnen niet met een component lijst gaan winkelen bij concurrenten
- De engineeringafdeling bespaart kosten, omdat zij eenmalig een functie ontwikkelen en deze vervolgens met herhaling kunnen aanbieden
- Vanwege de besparing van kosten kan de prijs van de aangeboden functie omlaag en versterkt dit de positie van Festo binnen de markt
- Kleinere klanten die normaal gesproken de kosten niet kunnen dragen om een technische oplossing door Festo te laten ontwikkelen kunnen nu wel bediend worden met de ontwikkelde machinefuncties
- Door het aanbieden van een functie kan de klant zich bezighouden met andere aspecten van de machine en deze wellicht nog verder ontwikkelen waarbij zij de bespaarde waarde ook weer kunnen inzetten
- Dit alles houdt in dat Festo zijn positie versterkt en uitbreid, waarbij Festo tijdens de onderzoeken van de functies nog meer inzicht in de klanten creëren en meer kennis vergaren. De kennis kan weer verder ontwikkelt worden en zo kan Festo nog verder ontwikkelen als specialist in motion-in-control automatisering die de klant nog beter kan helpen

De te ontwikkelen benaderingswijze zal ook geschikt kunnen zijn voor andere machinefuncties.

4 Vooronderzoek van de palletizerfunctie

Aan de hand van een vooronderzoek zijn gegevens verzamelt over de palletizermarkt. Dit hoofdstuk bespreekt informatie die uit het vooronderzoek voortkomt. Het vooronderzoek is op verschillende manieren uitgevoerd. Een deel van het vooronderzoek bestond uit literatuur- en beeldmateriaalonderzoek. Nadat de kennis was vergroot met het literatuur- en beeldmateriaalonderzoek zijn een aantal gesprekken gehouden met experts op het gebied van de verpakkingsindustrie en handlingsystems. Aan de hand van de gesprekken zijn een aantal systeemgrenzen en standaarden opgesteld. Eerst wordt besproken welke palletizers actief zijn in de markt en de werking van de verschillende varianten.

4.1 Welke palletizers komen het meeste voor?

Er zijn vele verschillende palletizers op de markt. Na een aantal weken onderzoek is gebleken dat de markt voor de palletizer bedient wordt door vele verschillende machinebouwers. Sommige machinebouwers zijn groot en doen grote aantallen per jaar, maar ook zijn er kleine machinebouwers die elk maar een aantal machines per jaar afleveren en daarmee de vraag van de markt bedienen. Tot nu toe is er nog niet één groot bedrijf dat de daadwerkelijke leiding neemt in de markt van de palletizers. Vanwege deze marktverdeling is er nog niet een standaard ontstaan in de palletizer markt en is het dus lastig om direct een technische oplossing te ontwikkelen voor de palletizerfunctie.

Ondanks de vele verschillen is er wel een categorisering te maken in de varianten van de palletizer. Het eerste onderscheid wordt gemaakt door het onder te verdelen in conventionele en niet conventionele palletizers:

Conventionele palletizer:

De conventionele palletizer is een palletizer die werkt door middel van een continue aanvoer van producten via transportbanden waarna de producten een rij vormen. De rijen worden vervolgens bij elkaar gedrukt om een laag te vormen. Deze laag wordt vervolgens op een pallet geplaatst.

Onconventionele palletizer:

De onconventionele palletizers werken via lineaire of rotatie translaties die de producten per stuk verwerken. Door de producten per stuk te verwerken hoeven geen rijen of lagen gevormd te worden voordat de producten op de pallet geplaatst kunnen worden.

De twee hoofdvormen hebben elk weer hun eigen varianten binnen deze groepen.

Conventionele palletizer:

- High infeed systeem: Hierbij worden de producten door een transportband omhoog gebracht tot boven de volgeladen pallet. Waarna de gevormde laag op de pallet geplaatst wordt. Hierbij wordt de pallet omhoog gebracht en steeds iets naar beneden totdat de pallet vol is.
- Low infeed systeem: Hierbij bevindt de aanvoer van producten zich op een standaard werkhoogte van ongeveer anderhalve meter. De gevormde laag wordt, meestal door middel van deze te vormen op een plaat, boven de pallet gebracht en daarna op de pallet geplaatst. Hierbij wordt de plaat waar de laag op gevormd wordt steeds een stukje verder omhoog gebracht om zo een pallet volledig te vullen.

Onconventionele palletizer:

- Robotic palletizer: Dit is de naam die over het algemeen gebruikt wordt voor een palletizer die bestaat uit een 6-assige robot. De 6-assige robot pakt de producten vanaf de toevoertransportband en plaatst deze stuk voor stuk op de pallet.
- XYZ-portaal palletizer: Dit is een palletizer die door middel van een XYZ-portaal de producten op een pallet plaatst. Het portaal gebruikt enkel lineaire translaties om het product vanaf de aanvoer op de pallet te plaatsen.

Hybride palletizer:

- Hybride palletizers zijn palletizers die een combinatie vormen van de conventionele en onconventionele palletizers. Waarbij er gebruik wordt gemaakt van de voordelen van het vormen van lagen en het vormen van deze lagen met een robot.

4.2 De werking van de verschillende varianten

Na veel beeldmateriaal- en literatuuronderzoek is de werking van de verschillende varianten bekend. In deze paragraaf wordt kort en bondig per variant de werking besproken, voor een uitgebreide beschrijving kan in bijlage II extra informatie gevonden worden.

De conventionele high infeed palletizer:

De aanvoer van de high infeed palletizer wordt boven de hoogte van een volgeladen geplaatst. De producten worden vervolgens in een continue stroom aangeleverd. De palletizer kan verschillende configuraties van producten op de pallet plaatsen door de producten wel of niet een kwartslag te draaien. Het draaien wordt gedaan door een stootschot, waarna de producten een rij vormen. Zodra de rij compleet is wordt deze op een plaat geduwd die boven de pallet geplaatst is. Zodra de laag compleet gevormd is wordt deze laag bij elkaar geduwd tot een nette laag en wordt de pallet tegelijkertijd omhoog gebracht. Vervolgens wordt zodra de pallet de juiste hoogte heeft bereikt de producten op de pallet geplaatst. De pallet beweegt vervolgens weer naar beneden en wacht op de volgende laag. Als de pallet volledig geladen is wordt deze afgevoerd, een nieuwe pallet wordt geplaatst en het proces begint opnieuw

Figuur 1 Conventionele high infeed palletizer

De conventionele low infeed palletizer:

De aanvoer bij dit type conventionele palletizer bevindt zich op een werkhoogte van ongeveer anderhalve meter hoog. De werking van de van de low infeed palletizer verschilt in de kern niet van de high infeed palletizer. De low infeed heeft slechts één groot significant verschilt. De producten worden bij de low infeed palletizer aangevoerd op dezelfde hoogte als de pallet. Dit heeft als gevolg dat de producten bij het vormen van een laag geplaatst worden op een plaat die de producten omhoog brengt boven de pallet. Na elke gevormde laag moet de plaat verder omhoog bewegen alvorens de producten te kunnen plaatsen op de pallet. Dit zorgt ervoor dat de low infeed palletizer langzamer is dan de high infeed palletizer. Wel heeft de low infeed palletizer als voordeel dat het werkniveau op een lagere hoogte bevindt.

Figuur 2 Conventionele low infeed palletizer

Onconventionele robot palletizer:

De onconventionele robot palletizer maakt gebruik van een zes-assige rotatie robot. Deze robot kan door middel van de zes verschillende rotaties in een driedimensionale ruimte alle posities bereiken. De robot grijpt de producten per stuk vanaf de aanvoer en plaatst deze vervolgens op de pallet in een configuratie die van te voren is ingegeven. De robot palletizer verwerkt elk product stuk voor stuk en is daarom een stuk langzamer dan de conventionele palletizers. Een groot voordeel daarentegen is dat de robot palletizer vele verschillende producten tegelijkertijd kan verwerken en zelfs verschillende pallets kan laden met een aanvoer. De robot palletizer biedt daarom meer vrijheid maar wel een beperking in snelheid.

Figuur 3 Onconventionele robot palletizer

Onconventionele XYZ portaal palletizer:

De onconventionele XYZ portaal palletizer verwerkt net zoals de robot palletizer de producten per stuk. Het verschil met de robot palletizer is dat de XYZ palletizer het met drie lineaire translaties doet. Door het combineren van drie lineaire bewegingen kan de XYZ portaal palletizer alle posities bereiken in een driedimensionale ruimte. Het grote voordeel van de portaal palletizer ten op zicht van de robot palletizer is de manier waarop het gewicht van de machine wordt verdeeld. De robot palletizer heeft al het gewicht en de belastingen gecentreerd in één plaats, terwijl de XYZ portaal palletizer dit verdeelt over het frame waarop de palletizer gebouwd is. Dit betekent dat voor XYZ portaal palletizer minder versteviging van het vloeroppervlak nodig is dan voor de robot palletizer.

Figuur 4 Onconventionele XYZ portaal palletizer

Onconventionele hybride variant:

De onconventionele hybride palletizer is een combinatie van de conventionele en de onconventionele portaal variant. De hybride variant heeft vaak een hoge product aanvoer zoals te zien is bij de high infeed palletizer. In plaats van de producten eerst in rijen te verzamelen, worden de producten door grijper die verbonden is aan een robot of XYZ portaal meteen op de pallet geplaatst. De pallet wordt omhoog gebracht en beweegt pas omlaag nadat de grijper een complete laag gevormd heeft. Door de hoge aanvoer en de aparte liftfunctie in de hybride palletizer, kan deze palletizer meer producten per minuut verwerken dan de andere twee onconventionele varianten. Daarbij komt dat de hybride variant minder ruimte inneemt dan de conventionele varianten omdat de producten niet eerst rijen gevormd hoeven te worden.

Figuur 5 Onconventionele hybride palletizer

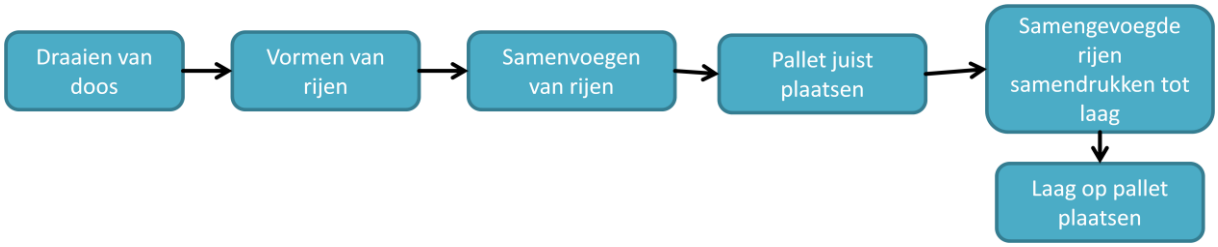
5 Analyse van de bekende palletizers

Na een vooronderzoek naar alle bestaande en meest gebruikte varianten van de palletizer, wordt een analyse gemaakt van deze varianten. De analyse laat de werking van de palletizer machine in functies zien. Vanuit deze functies kan beter begrepen worden wat de daadwerkelijke palletizerfunctie binnen de palletizer is. Zodra de daadwerkelijke palletizerfunctie geïsoleerd is kan er gekeken worden welk van deze varianten het meeste potentieel heeft voor Festo.

5.1 Wat zijn de functieschema's van de verschillende varianten?

De verschillende varianten werken op verschillende manieren. De conventionele en onconventionele varianten kunnen ook met de functie analyse in twee groepen gedeeld worden. De twee hoofdgroepen worden aan de hand van simpele functieanalyses bekeken en uitgelegd.

De conventionele variant:



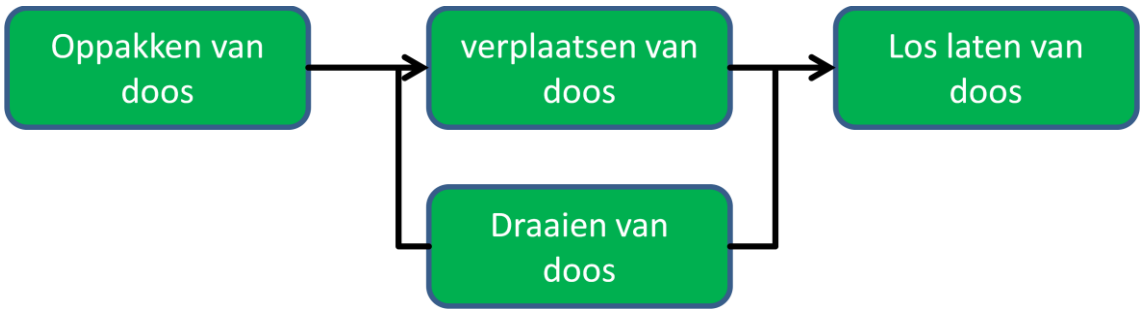
Figuur 6 Functieanalyse conventionele palletizer

Na de beschrijving van de verschillende varianten in het vorige hoofdstuk wordt in dit hoofdstuk door middel van simpele functieanalyses een analyse gemaakt van deze varianten. De high infeed en low infeed variant zijn in de functieanalyse nagenoeg hetzelfde en verschillen alleen in de volgorde en in de liftfunctie. Voor het gemak worden deze twee varianten met een functieanalyse weergegeven om herhaling te voorkomen. De uitleg van de functieanalyse:

1. Draaien van doos: Dit is de eerste stap in de machine na de invoer van het product. De dozen worden wel of niet gedraaid afhankelijk van de configuratie die de machine maakt. Het draaien van de doos gebeurt middels een stootschot. Dit stootschot wordt vaak met een pneumatische arm in- en uitgeschoven. Het stootschot maakt hierbij een lineaire beweging in een 1 dimensionaal vlak.
2. Vormen van rijen: Nadat de dozen wel of niet gedraaid zijn, worden de dozen door een transport band naar de volgende stap gebracht. Deze stap verzamelt dozen totdat het maximale aantal voor een rij is bereikt. Deze functie wordt vaak uitgevoerd door het simpel weg opvangen van dozen aan het einde van de transport band.
3. Samenvoegen van rijen: Zodra het maximale aantal dozen voor één rij is bereikt wordt deze rij toegevoegd aan de laag. Het toevoegen van een rij aan de laag wordt een pusher gedaan. Dit is vaak een pneumatische of elektrische lineaire actuator. Deze actuator duwt de productrij boven de pallet of in het geval van de low infeed op de plaat die later boven de pallet gebracht wordt.
4. Pallet juist plaatsen: Bij de high infeed wordt de pallet juist geplaatst, maar bij de low infeed wordt de plaat van de productlaag juist geplaatst. Het juist plaatsen van de pallet of productlaag gebeurt met een liftfunctie die de pallet of productlaag op de juiste hoogte brengt. Dit gebeurt bijna altijd met een elektrische actuator. De elektrische actuator houdt de pallet op de juist hoogte en positioneer deze steeds opnieuw na het toevoegen van een laag.
5. Samengevoegde rijen samendrukken en laag op pallet plaatsen: Deze twee stappen gebeuren tegelijkertijd en worden daarom onder elkaar geplaatst in de functieanalyse. Terwijl de productlaag wordt gepositioneerd worden de samengevoegde rijen tot een nette laag gevormd door vier actuatoren die elk van één kant de producten tegelijkertijd samendrukken. Zodra de productlaag juist gevormd is wordt de plaat onder de productlaag weggehaald en wordt de productlaag op de pallet geplaatst.

Tussen de stappen van dit functieschema worden de verplaatsingen weggelaten om het functieschema te vereenvoudigen. Wel moet opgemerkt worden voor de juiste analyse dat tussen de stappen: 1,2 en 3 transport van de producten plaatsvindt.

De onconventionele variant:



Figuur 7 Functieanalyse onconventionele palletizer

De onconventionele varianten worden opgedeeld in twee groepen:
- Robot palletizer en XYZ portaal palletizer
- Hybride palletizer

Tijdens de analyse van deze varianten is gebleken dat de robot en XYZ variant hetzelfde functieschema hebben. De beide varianten worden dan ook door middel van hetzelfde schema besproken. Omdat beide varianten vertegenwoordigd zijn in hetzelfde functieschema wordt in dit schema gesproken over translaties en niet de manier van transleren.

1. Oppakken van doos: Het oppakken van de doos is de eerste stap die de palletizer machine maakt in dit systeem. De doos wordt vanaf de aanvoer opgepakt vaak door middel van inklemmen of vacuüm.
2. Verplaatsen van doos & draaien van doos: Nadat de doos is opgepakt wordt de doos van zijn beginpositie A naar zijn eindpositie B op de pallet geplaatst . Dit gebeurt via een aantal translaties die het mogelijk maken om in een drie dimensionaal vlak te bewegen. Tijdens deze translatie wordt indien nodig een roterende translatie toegevoegd om eventueel een product juist te plaatsen.
3. Loslaten van doos: De laatste stap die de machine maakt is het loslaten van de doos. Nadat de doos juist geplaatst is wordt de doos losgelaten en kan de machine terug bewegen naar zijn begin positie.

Zoals duidelijk te zien is zijn hier minder stappen dan bij de conventionele varianten, hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de conventionele variant grotere aantallen tegelijk verwerken dan de onconventionele varianten.

Hybride variant:

Figuur 8 Functieanalyse onconventionele hybride palletizer

De onconventionele hybride variant is een hybride variant van de conventionele en de onconventionele varianten. De mix van de twee varianten is ook terug te zien in het functieschema.

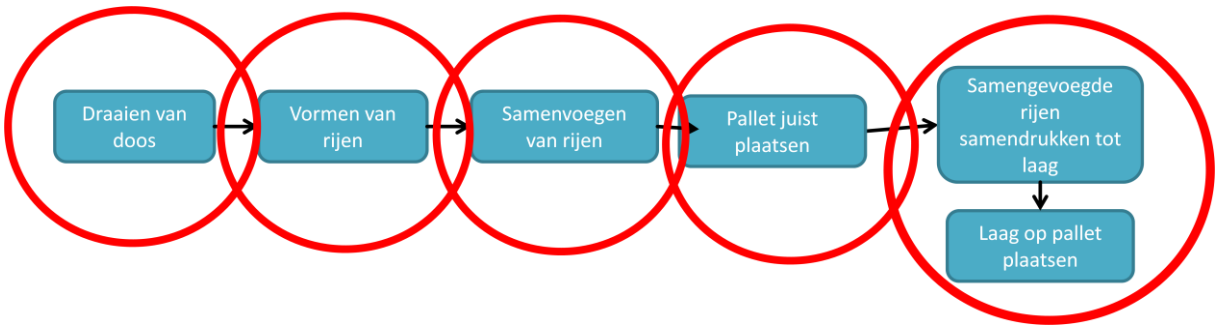
1. Oppakken van doos: Het oppakken van de doos is de eerste stap die de palletizer machine maakt in dit systeem. De doos wordt vanaf de aanvoer opgepakt vaak door middel van inklemmen of vacuüm.
2. Verplaatsen van doos in laag & draaien van doos: Nadat het product is vastgepakt door de machine wordt deze door middel van een translatie in een XY-vlak verplaatst van positie A naar positie B en geplaatst in de productlaag. Deze translaties gebeuren over het algemeen altijd lineair, maar ook varianten waarbij de rotatietranslaties bestaan. Tijdens het verplaatsen van de doos wordt deze wel of niet gedraaid. Het draaien van het product gebeurt alleen voor bepaalde configuraties of vanwege esthetische waarde.

3. Loslaten van doos: Nadat het product op de juiste wijze en op de juist positie is geplaatst in de productlaag wordt het product losgelaten en beweegt de grijper zich weer terug naar zijn begin positie.
4. Vormen van laag: De eerste drie stappen worden herhaalt totdat een productlaag complete productlaag gevormd is. Het vormen van de laag is een typisch conventioneel element in de palletizer.
5. Laag op pallet plaatsen: Nadat de volledige laag gevormd is wordt de productlaag op de pallet geplaatst. Dit gebeurt vaak met een lift die de pallet op de juist hoogte houdt. De liftfunctie is ook een element dat terugkomt in de conventionele varianten.

5.2 Wat betekenen deze verschillende functies voor Festo en wat is de exacte palletizerfunctie?

Na het schematisch weergeven van de functies die de verschillende varianten uitvoeren kan gekeken worden wat binnen de verschillende palletizer varianten de daadwerkelijke palletizerfunctie is. De functieschema's worden nogmaals bekeken. In de analyse naar de daadwerkelijke palletizerfunctie wordt in het functieschema aangegeven welke functies apart of samen gezien kunnen worden. Transport van de producten tussen de stappen kan betekenen dat de functies op zo'n manier los van elkaar staan dat ze niet samen als een geheel gezien kunnen worden.

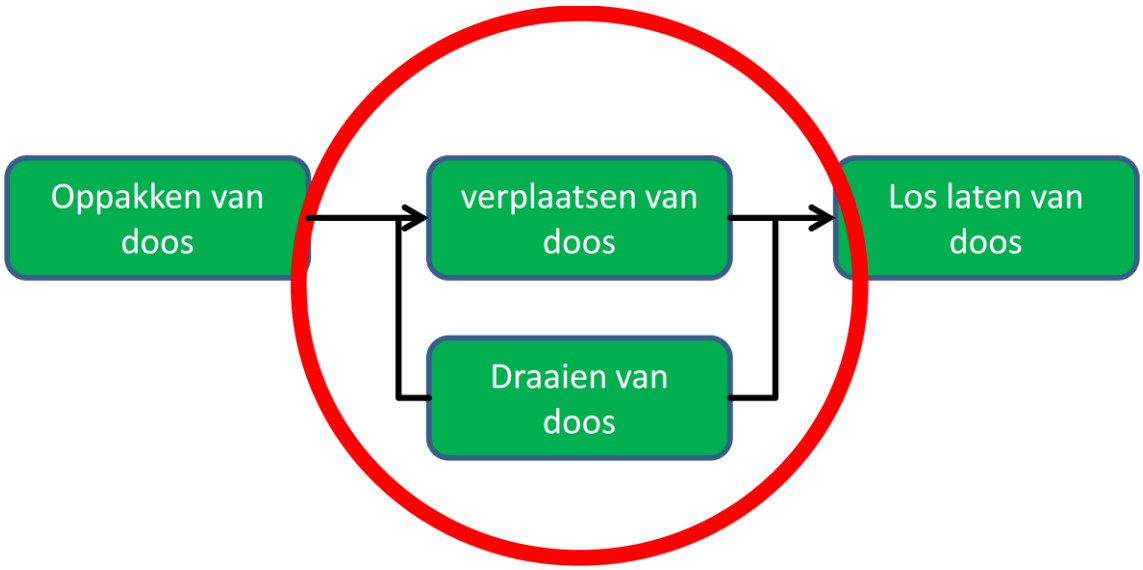
Conventionele variant:



Figuur 9 Analyse samenhangende functies conventionele variant

De rode cirkels in de afbeelding geeft een functie of groepen van functies aan die gezien kunnen worden als een op zichzelf staande functie. In figuur 9 is duidelijk te zien dat in de conventionele variant vele losse functies worden verwerkt. De onconventionele variant bestaat in feiten uit meerdere machinefuncties die samengevoegd worden door transport tussen deze losstaande machinefuncties. Doordat de transport de machinefuncties verbindt lijkt het op één grote machinefunctie, alleen bij nader inzicht blijkt het hier om een machine te gaan met meerdere kleine machinefunctie samengevoegd. De wens van Festo is om een palletizerfunctie aan te kunnen bieden, maar om bij de conventionele variant een palletizerfunctie aan te kunnen bieden betekend dit dat Festo een aantal verschillende machinefuncties bij elkaar aan moet bieden in losse modules. De losse modules moeten dan door de machinebouwer samengebouwd worden tot een machine waarin de modules verbonden worden door middel van transportsystemen. De ontwikkeling van deze machinefuncties kan daarom beter individueel gebeuren dan als een groep in de palletizer variant.

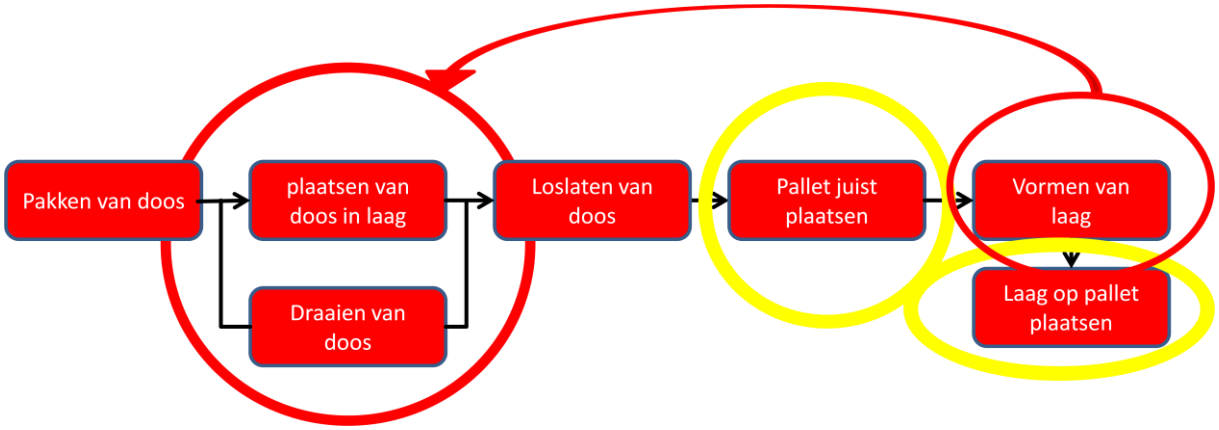
Onconventionele variant:



Figuur 10 Analyse samenhangende functies onconventionele variant

De onconventionele variant bestaat in feite uit één grote functie met daarbij de functie van het oppakken en loslaten van de doos. Oppakken en loslaten van de doos gebeurt met dezelfde functie. De functie voor het oppakken en loslaten bevindt zicht op de functie voor het verplaatsen van de doos. De gehele onconventionele variant kan daarom als één geheel gezien worden met binnen de hoofdfunctie twee deelfuncties. De daadwerkelijke palletizerfunctie is in de onconventionele variant eenvoudig te isoleren. Het isoleren van de palletizerfunctie binnen de onconventionele variant wordt aangeduid met de rode cirkel in figuur 10. Het feit dat de palletizerfunctie eenvoudig te isoleren is en dit grotendeels en dit als een machinefunctie aan te bieden, maakt de onconventionele variant zeer interessant voor Festo.

Hybride variant:



Figuur 11 Analyse samenhangende functie hybride variant

De hybride variant is zoals vermeld in de functieanalyse een mix van de conventionele en onconventionele variant. Bij het bekijken van de te isoleren machinefuncties zijn twee groepen te zien: onconventionele (rood) en conventionele (geel). Het eerste gedeelte van de machine waarbij een XY portaal of robot de producten pakt en verplaatst is hetzelfde als in de onconventionele variant en dit is ook terug te zien in de functieanalyse. Het tweede gedeelte is hetzelfde als in de conventionele variant. In de analyse is duidelijk te zien dat de palletizerfunctie van de machine te isoleren is in twee groepen. De eerste groep creëert de translaties in het XY vlak en de tweede groep in de Z richting. Terwijl in de onconventionele variant één machinefunctie is te isoleren zijn hier twee machinefuncties te isoleren die samen de palletizerfunctie vormen. Beide machinefuncties: XY portaal en de liftfunctie kunnen door Festo ingevuld worden. De liftfunctie is zeer goed in te vullen door de hybride lift van Festo.

5.3 Welke variant heeft het meeste potentieel voor Festo?

De vijf verschillende varianten van palletizermachines zijn opgedeeld in twee hoofdgroepen en na de functieanalyse van deze varianten blijken drie verschillende functieschema's alle varianten te kunnen beschrijven. De verschillende functieschema's geven inzicht in de daadwerkelijke palletizerfunctie binnen de machine. De conventionele variant heeft vele losse functies, de hybride variant heeft twee los staande systemen en de XYZ portaal en robot variant hebben allebei één systeem dat de gehele palletizerfunctie invult. Om als Festo een technische oplossing te kunnen bieden voor de palletizerfunctie is het kiezen van een variant waarbij één systeem de gehele functie invult het beste.

De beste keuze voor Festo voor een technische oplossing voor de palletizerfunctie is de robot of XYZ portaal variant, omdat deze varianten allebei een complete palletizerfunctie invullen. Door een van deze varianten te kiezen kan Festo een technische oplossing aanbieden die niet veel ontwikkeling van de klant zelf meer vergt. De wens van Festo om de palletizerfunctie als een machinefunctie te kunnen aanbieden komt uit een onderliggend probleem. Het onderliggende probleem zoals beschreven in de achtergrond vereist een verplaatsing van het ontwikkel werk naar de leverancier, in dit geval Festo. De conventionele variant heeft veel losse functies die door Festo niet gemakkelijk als een geheel geleverd kunnen worden. Doordat de machinefuncties in de conventionele variant los van elkaar staan vergt het nog veel ontwikkel werk van de klant om de machine compleet te maken.

Naast de robot en XYZ portaal variant is ook de hybride variant een interessante variant voor Festo. In dit document wordt niet verder ingegaan op de hybride variant van de palletizer, maar een aanbeveling dient wel gegeven te worden voor het verder onderzoeken van de hybride palletizer variant.

5.4 Hoe kan het gekozen functieschema ingevuld worden?

Nu duidelijk is welk functieschema het meeste potentieel biedt voor Festo voor de invulling van een palletizerfunctie met een technische oplossing, wordt er gekeken hoe dit functieschema ingevuld kan worden.

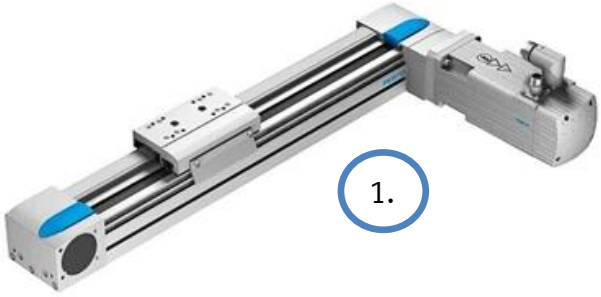
Het functieschema is gebaseerd op twee varianten de robot en XYZ palletizer. Het verschil in deze twee varianten is de manier waarop zij hun translaties realiseren. Eerst wordt gekeken welke mogelijkheden er zijn voor beide varianten om deze translaties te realiseren. Deze weergaven van manieren is slechts een kleine weergave van alle mogelijkheden die bestaan. Een zeer uitgebreid onderzoek naar alle verschillende manieren is in dit stadium nog niet nodig, omdat vrij snel blijkt welke variant het meeste potentieel biedt voor Festo.

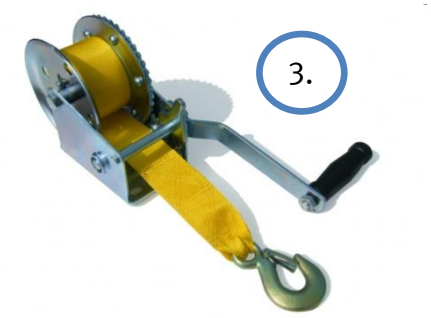
Eerst worden oplossingen voor de robot variant gegeven. De robot variant maakt gebruik van rotaties om elke as om de verplaatsing van het product te verwezenlijken. Daarna worden oplossingen voor de XYZ portaal gegeven. De XYZ portaal maakt gebruik van lineaire translaties bij elke as om de verplaatsing van het product te verwezenlijken.

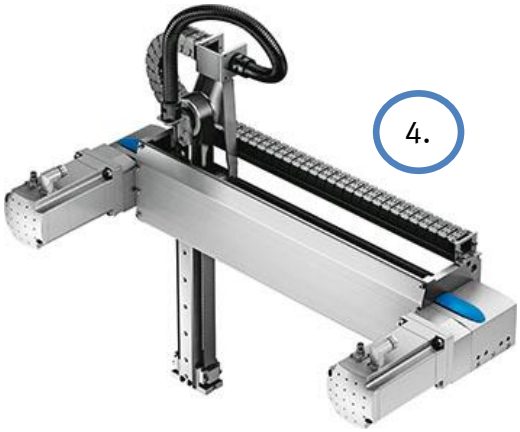
De robot palletizer:

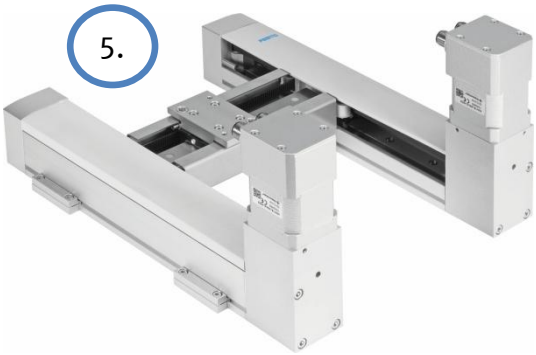
1. Zes-assige robot, die met behulp van rotaties elke coördinaat kan bereiken.
2. Zwenkarm, aangedreven door twee rotatie motoren kan een zwenkarm bijna elk coordinaat bereiken in een vlak.
3. Elektrische rotatie aandrijving van Festo
4. Een gecombineerde zwenkarm, door verschillende armen te combineren kan meer kracht geleverd worden.
5. Pneumatische rotatie aandrijving van Festo.

De XYZ portaal palletizer:









1. Lineaire elektrische aandrijving van Festo
2. Tripod van Festo, door middel van drie lineaire aandrijving te combineren kan elk willekeurig coördinaat bereikt worden in een XYZ stelsel. De Tripod heeft wel een beperkte werkruimte.
3. Een lier aangedreven door een rotatie motor. De lier kan gebruikt worden om een lineaire beweging te maken, maar de lier kan hierbij enkel een trekkracht verwerken.
4. T-gantry, een gecombineerde eletrische aandrijving van Festo. Door twee motoren te gebruiken met een doorlopende tandriem kan de Z-as sneller bewogen worden en meer gewicht dragen.
5. H-gantry, hetzelfde principe als bij de T-gantry, maar bij de H-gantry wordt het toegepast in het XY vlak in plaats van het XZ vlak.
6. Lineaire pneumatische as van Festo. Mogelijkheid van twee standen, in en uit.

Zoals te zien is bij beide varianten wordt bij de robot variant gebruik gemaakt van rotaties en bij de XYZ portaal variant van lineaire translaties. De opties voor lineaire translaties laten al veel Festo componenten zien. Festo heeft in de catalogus geen zes-assige robot of vele andere roterende producten. Daarnaast is een randvoorwaarde van Festo voor dit project is dat er geen gebruik wordt gemaakt van rotatie robots zoals een zes-assige robot.

Conslusie:

De eerste selectierondes geeft als uitkomst dat de palletizerfunctie door Festo het beste ingevuld kan worden door een robot of XYZ portaal palletizer als er gekeken wordt naar de wens van Festo. Na de eerste selectieronde is gekeken naar de invulling van het gekozen functieschema, die ingevuld kan worden door middel van rotaties of lineaire translaties. Festo heeft als randvoorwaarden gesteld geen rotatierobots te gebruiken voor de palletizerfunctie. De rotatie oplossingen die invulling kunnen geven aan het functieschema zijn ook zeer beperkt vanuit Festo en dus wordt de keuze gemaakt om de XYZ portaal variant verder uit te werken. De XYZ portaal variant:

- Bezit één functie die duidelijk invulling geeft aan de palletizerfunctie
- Gebruikt lineaire translaties, het type translatie waarin Festo gespecialiseerd is
- Is een variant waar Festo al veel ervaring in heeft, ook al is deze ervaring vaak niet gebaseerd op de grote van een palletizer
- Kan ingevuld worden met Festo componenten
- Bezit genoeg marktaandeel in de palletizer markt om voor Festo een potentiële verkoopmarkt te betekenen

6 Detail analyse van de gekozen variant portaal palletizer

Nu een keuze van een variant is gemaakt voor de verdere ontwikkeling van een technische oplossing voor de palletizerfunctie kan een verder gedetailleerd onderzoek plaatsvinden naar de gekozen variant, de XYZ portaal palletizer. Eerst wordt een gedetailleerde functieanalyse van de XYZ portaal palletizer gemaakt. Daarna wordt de functie analyse gebruikt om te kijken hoe deze functies ingevuld kunnen worden.

6.1 Wat is de gedetailleerde functieanalyse van de gekozen variant?

De functieanalyse uit het vorige hoofdstuk beschrijft alleen de hoofdfuncties. In de functieanalyse in dit hoofdstuk wordt de volledige functieanalyse van de XYZ portaal palletizer bekeken.

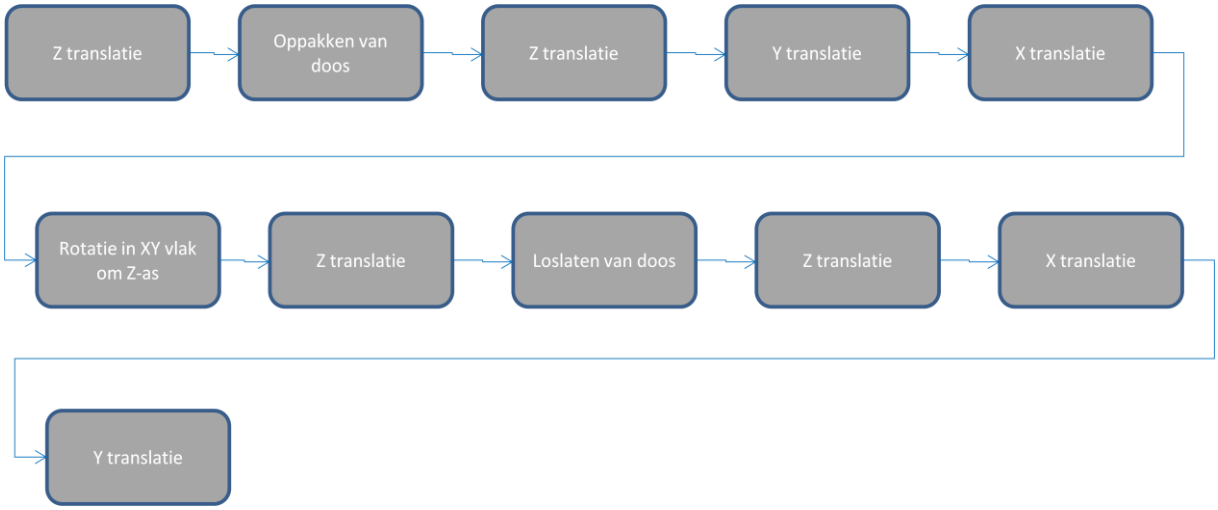
Materie aspect:

- Product verbinden met kop van palletizer
- Product loslaten

Energie aspect

- Kop in negatieve Z richting transleren
- Product in positieve Z richting transleren
- Product in Y richting transleren
- Product in X richting transleren
- Product in XY vlak roteren om de Z-as
- Product in negatieve Z richting transleren
- Kop in positieve Z richting transleren
- Kop in negatieve X richting transleren
- Kop in negatieve Y richting transleren

Bij de palletizer gaat het om het verplaatsen van een product van positie A naar positie B. Het verplaatsen van de producten wordt door het energieaspect beschreven. Vanuit het functieschema kan een weergave gemaakt worden. De weergaven (figuur 12) laat het energieaspect zien:



Figuur 12 Functieanalyse XYZ portaal palletizer

Het functieschema laat zien dat er drie verschillende lineaire translaties zijn en één roterende translatie. De lineaire translaties zijn:

- X-richting
- Y-richting
- Z-richting

De rotatie bevindt zich in het XY-vlak roterend om de Z-as.

6.2 Hoe kunnen deze functies ingevuld worden?

De vier functies: XYZ translatie en XY rotatie kunnen op verschillende manieren worden ingevuld. Om tot een juist concept te komen kan van te voren al een selectie gemaakt worden van componenten en deze tegenover elkaar worden afgewogen. Door meteen al componenten te selecteren beperkt men zichzelf in de keuze mogelijkheden en gebruikt men niet de 'out of the box' denk methode. Om alle mogelijkheden te bekijken en daarbij de beste keuze te maken is het beter om een morfologisch overzicht te creëren. Een morfologisch overzicht laat per functie vele keuzemogelijkheden zien en door middel van het combineren van de mogelijkheden kunnen concepten ontwikkelt worden. Voor de XYZ portaal palletizer is aan de hand van de functieanalyse een morfologisch overzicht gemaakt.

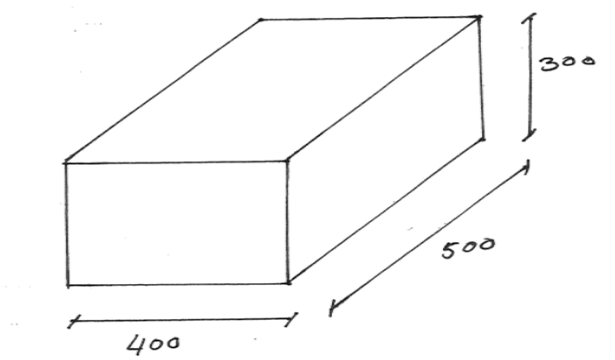
In het morfologisch overzicht worden voor elke translatie verschillende mogelijkheden gegeven om deze in te vullen. In de keuzes die zijn gemaakt in het morfologisch overzicht zijn alleen keuzes gemaakt van componenten die Festo op dit moment kan gebruiken voor een palletizerfunctie. Wel zijn andere componenten weergegeven om te laten zien dat er meer keuze is. Een aantal van de weergegeven componenten zijn wel interessant voor Festo om te gebruiken in palletizerfuncties, maar kunnen in de huidige staat niet direct worden ingezet. De concepten kunnen niet getoetst worden aan de eisen en wensen als niet bekend is met wat voor waardes en afmetingen rekening gehouden wordt. Daarom worden eerst de standaarden toegelicht voordat de concepten getoetst worden. Het morfologisch overzicht is vervolgens in hoofdstuk 8 geplaatst.

7 Standaardisatie palletizerfunctie

De palletizerfunctie is onderzocht en een passende variant voor Festo is gekozen. Voordat de concepten gegeneerd worden, wordt eerst uitgelegd met wat voor standaarden de palletizerfunctie zal werken. De verpakkingsindustrie is een industrie die voor vele producten geen standaarden heeft, bijvoorbeeld dozen en pallets zijn niet in een internationale standaard vastgelegd. Over heel de wereld circuleren vele verschillende maten en soorten van de dozen en pallets. Om beter concepten te kunnen ontwikkelen en om aan de concepten te rekenen moeten afmetingen bekend zijn waarin het systeem werkt. In de Bijlage III Is een onderzoek te vinden naar de standaarden voor pallets en dozen. Uit het onderzoek is een standaard voor een pallet en een doos gekozen waarmee verder gerekend kan worden. Waarna een pakket van eisen en wensen op gesteld is door middel van de standaarden en uit de informatie verzameld door interviews met experts op het gebied van de palletizerfunctie.

7.1 Standaard doos en pallet

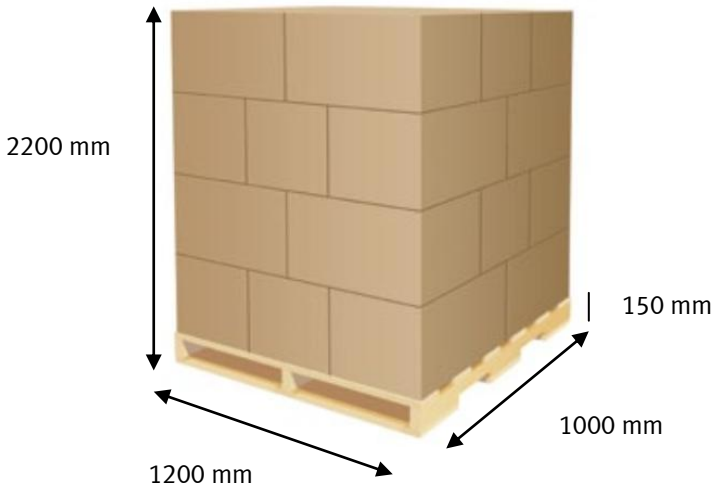
De standaard doos die gebruikt wordt voor de verdere berekeningen:
Een Amerikaanse vouwdoos met de afmetingen L x B x H mm = 500 x 400 x 300 mm



Figuur 13 Standaard doos

Pallets zijn niet wereldwijd op elkaar afgestemd. In de Bijlage III is te zien dat een aantal pallets wel het meest gebruikt zijn. De afmetingen van die pallets zijn terug te vinden in de standaard pallet, die gebruikt wordt voor de berekeningen. De hoogte die een pallet volledig geladen mag hebben is niet gestandaardiseerd. Elke gebruiker hanteert daarom ook zijn eigen hoogte. Sommige bedrijven stellen hun hoogte af op hun klanten of eisen juist van leveranciers een bepaalde hoogte vanwege hun eigen stellinghoogte. Een hoogte die met enige regelmaat naar voren kwam, is de hoogte van een vrachtwagen. De standaard pallet die gebruikt wordt voor de verdere berekeningen:

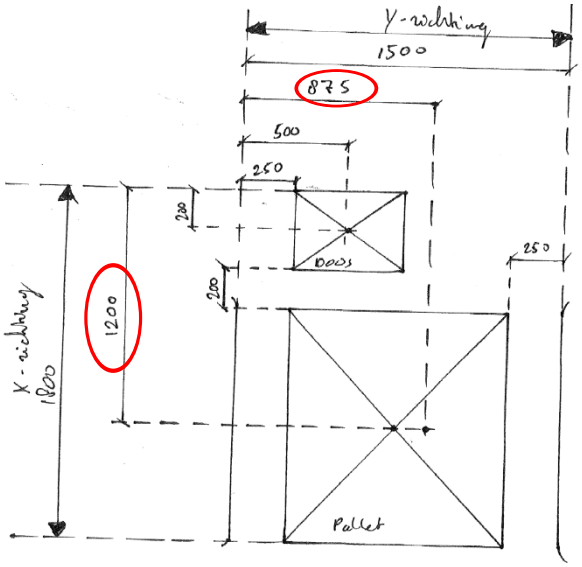
Een EUR2-pallet met de afmetingen L x B x H mm = 1200 x 1000 x 150 mm en een volgeladen hoogte van 2200 mm vanaf de grond gemeten.



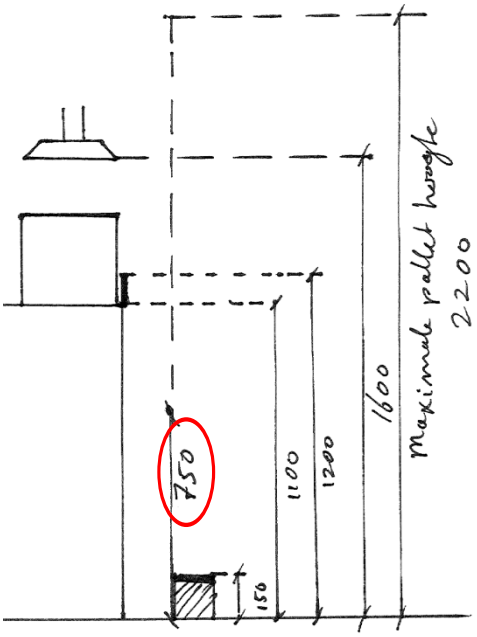
Figuur 14 Standaard afmetingen pallet

7.2 Standaard afmetingen van de palletizerfunctie

Na het bepalen van de standaard afmetingen van de doos en de pallet waarmee de palletizerfunctie werkt is een standaard plattegrond gemaakt waarin de palletizerfunctie werkt. De plattegrond geeft de afmetingen weer waarin de palletizer werkt in het XY vlak. Daarnaast zijn ook de standaard afmetingen voor het Z vlak bepaald. De standaard afmetingen waarin de palletizerfunctie werkt (figuren 15 en 16).



Figuur 15 Standaard afmetingen XY vlak. Alle maten zijn in millimeters.



Figuur 16 Standaard afmetingen in Z vlak. Alle afmetingen zijn in mm.

7.3 Standaard bewegingsprofiel

Nadat de standaard afmetingen in het XY vlak en Z vlak bepaalt zijn is het bewegingsprofiel voor de palletizerfunctie ontwikkelt. Het bewegingsprofiel is ontwikkelt als een gemiddelde beweging van de palletizerfunctie. De gemiddelde beweging betekent de beweging die in de X-, Y- en Z-richting het meest gemiddeld is. De posities van deze beweging is terug te vinden in de (figuren 15 en 16).

In de (figuren 15 en 16) is terug te zien dat de gemiddelde positie in het XY vlak net naast het middelpunt van de pallet valt. Het gemiddelde Z punt bevindt zich net iets boven een kwart van de totale hoogte van de pallet. De aanvoer van de dozen is geplaatst op de helft van de hoogte, waardoor de gemiddelde Z beweging op een kwart van de totale hoogte komt. Bij verdere detaillering van deze beweging blijkt dat dit niet dezelfde positie is als dat van een van de dozen op de pallet. In het XY vlak valt de gemiddelde beweging net links van het middelpunt van de doos op die positie. In het Z vlak blijkt dat de beweging net boven de tweede laag valt. De gemiddelde beweging is vervolgens aangepast naar de daadwerkelijke positie van de dozen. (zie figuur 18) De complete uitleg van het gemiddelde bewegingsprofiel zijn terug te vinden in Bijlage III.

Het bewegingsprofiel wordt gebruikt om de versnellingen uit te rekenen die horen bij de cyclustijd voor deze gemiddelde beweging. De gemiddelde beweging wordt berekend op een cyclustijd van vier seconden zoals wordt beschreven in het pakket van eisen en wensen. De berekening van de versnellingen van de verschillende bewegingen zijn terug te vinden in Bijlage III. De versnellingen die berekend bij de gemiddelde beweging horen worden vervolgens toegepast om het systeem mechanisch te berekenen. De versnellingswaardes worden toegepast op de uiterste standen van de palletizer, zodat er geen overbelasting plaatsvindt bij gebruik van de berekende versnellingen. Nadat het systeem mechanisch is doorberekend kan het bewegingsprofiel voor elke positie apart bekeken worden om tot een optimaal systeem te komen voor de elektrische componenten. De elektrische componenten zoals motors en motorcontrollers vallen buiten de systeemgrenzen.

De versnellingen die voortkomen uit de gemiddelde beweging:

De ax die voor de grootste kracht zorgt in de X richting voor de palletizerfunctie is:

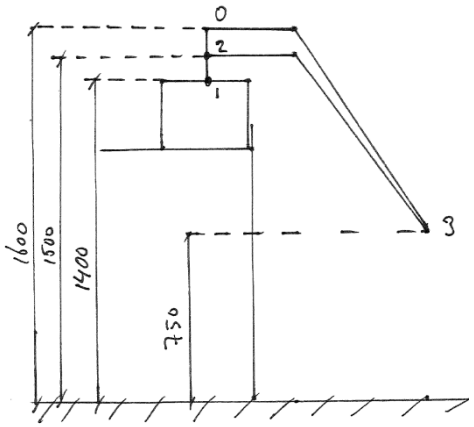
- 3,33 m/s^2

De ay die voor de grootste kracht zorgt in de Y richting voor de palletizerfunctie is:

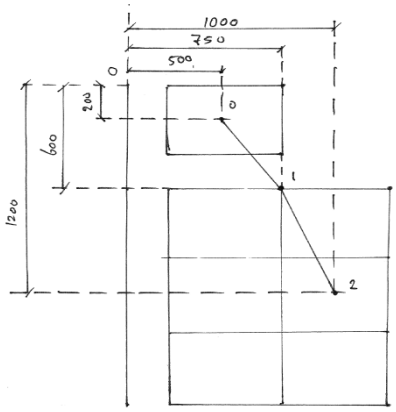
- 2,30 m/s^2

De az die voor de grootste kracht zorgt in de Z richting voor de palletizerfunctie is:

- 4,17 m/s^2



Figuur 17 Gemiddelde beweging in Z vlak
afmetingen in millimeters



Figuur 18 Gemiddelde beweging in XY vlak
afmetingen in millimeters

7.4 Systeemgrenzen en randvoorwaarden

Naar aanleiding van het vooronderzoek en de afbakening van het project zijn een aantal systeemgrenzen opgesteld voor het ontwerp van de standaardoplossing:

- De rotatie-unit met grijper wordt niet mee ontworpen omdat deze per klant bekeken moet worden.
- Het systeem wordt alleen mechanisch bepaald en niet elektrisch, dit houdt in dat het ontwerp alleen mechanische onderdelen bevat en geen motor en motorcontrollers.
- Het informatieaspect wordt eveneens buiten beschouwing gelaten.

Randvoorwaarden:

- De rotatie-unit met grijper wordt op advies van de experts vastgesteld op een blok met een homogeen verdeelde massa van 15kg en een hoogte van 150mm.
- De massa waarmee gerekend moet worden is 35 kg omdat dit in het zwaardere segment van de markt gevraagd wordt.
- De standaard oplossing kan niet bestaan uit een rotatie robot. Festo kan hier geen producten in aanbieden.

7.5 Pakket van eisen en wensen

De palletizerfunctie moet voldoen aan een aantal eisen. Deze eisen bepalen of de technische oplossing de palletizerfunctie kan vervullen. Deze eisen en wensen zijn opgesteld aan de hand van de standaarden die gekozen zijn, het vooronderzoek en de randvoorwaarden.

De technische oplossing moet voldoen aan een aantal eisen:

- Positioneer mogelijkheid op elk gewenste positie hebben
- Positioneernauwkeurigheid van minder dan 0,5mm
- Beschikbaar zijn in slaglengtes van minimaal 2200mm
- Moet een product van 35kg met een rotatie-unit van 15kg kunnen verplaatsen
- Moet minimaal een aan- en afvoer mogelijkheid hebben
- Moet een hogere snelheid dan 1 m/s kunnen behalen
- Mag in de Z richting niet een hogere versnelling dan 8 m/s^2 behalen
- Moet een cyclustijd van 5 seconden behalen
- Moet de belastingen kunnen weerstaan.

Wensen:

- Oppervlakte van de palletizerfunctie moet niet veel groter zijn dan de pallet zelf
- Het gewicht van de palletizerfunctie moet verspreid worden over meer dan 1 punt
- Toegankelijkheid van zoveel mogelijk verschillende kanten
- Aanschafkosten zo laag mogelijk houden
- Cyclustijd van 4 seconden.

8 Concepten generen

Dit hoofdstuk informeert over de wijze waarop de concepten gegenereerd worden. Nadat de concepten gegenereerd zijn wordt een selectie gemaakt welk concept verder uitgewerkt wordt.

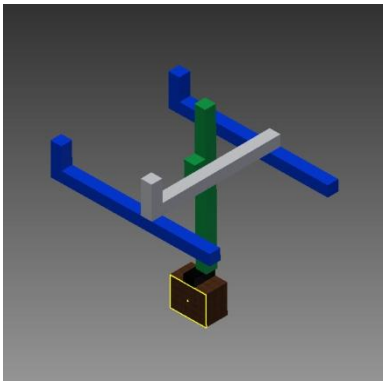
Het morfologisch overzicht is te vinden in bijlage????

8.1 Beschrijving concepten eerste ronde

Vier concepten zijn gegenereerd door middel van verschillende keuzes in het morfologisch overzicht. De vier keuzes worden weergegeven met de vier verschillende kleuren:

- Blauw Concept 1
- Rood Concept 2
- Geel Concept 3
- Groen Concept 4

Elk concept is gebaseerd op het XYZ portaal principe, maar gebruikt andere componenten om de functies van het XYZ portaal te vervullen. Elk concept ziet er hetzelfde uit in de algemene vorm, maar verschilt dus alleen in de daadwerkelijke uitvoering van de lineaire beweging.



Figuur 17 XYZ portaal

Concept 1:

Concept 1 bestaat uit pneumatische assen voor alle translaties. De zuigerstangloze pneumatische cilinders van Festo kunnen ingezet worden om deze lineaire beweging in te vullen.

Concept2:

Concept 2 gebruikt servo pneumatische assen voor alle translaties. Servo pneumatische assen werken hetzelfde als pneumatische assen, maar maken gebruik van een meetliniaal om de positie van de zuiger in de cilinder ten alle tije terug te kunnen koppelen aan een systeem dat de luchtinlaat regelt. Hierdoor kan door het regelen van de lucht aan beide kanten van de cilinder de positie van de zuiger tot op een bepaalde nauwkeurigheid geregeld worden.

Concept 3:

Concept 3 maakt gebruik van enkel elektrische assen met de standaard aandrijving door middel van een tandriem of spindel. Het gebruik van een spindel of tandriem wordt hier nog buiten beschouwing gelaten. Elektrische actuatoren maken gebruik van elektromotoren voor de aandrijving, waarbij de elektromotor aangestuurd wordt door een controller. De elektrische assen kunnen op elk willekeurig punt gepositioneerd worden.

Concept 4:

Concept 4 maakt eveneens gebruik van enkel elektrische assen, maar met een andere soort as voor de Z-richting. De Z-richting wordt ingevuld door middel van een zogenaamde Omega drive. De Omega drive is een elektrische as waarbij de het aandrijfhuis zich in de tandriem bevindt. Hierdoor beweegt de motor die bevestigd zit op het aandrijfhuis mee, of zoals deze vaak gebruikt wordt in XYZ portalen beweegt enkel het profiel van de as.

De concepten 3 en 4 zijn in de manier waarop zij invulling geven aan translaties nagenoeg hetzelfde. Het enige verschil zit in de Z-translatie, omdat later een andere manier van keuzeselectie gebruikt wordt vervalt concept 3 en worden concept 3 en 4 samengevoegd, waarbij de Z-richting beide mogelijkheden heeft.

Voor de keuze van het concept wordt gekeken naar het pakket van eisen en wensen (Bijlage III). Een drietal parameters die gebaseerd zijn op het pakket van eisen en wensen zijn opgesteld om de concepten te toetsen. parameters waaraan de concepten moeten voldoen. Door het toetsen van de concepten aan het pakket van eisen en wensen door middel van een puntentabel wordt objectief voor het beste concept gekozen. (Zie tabel 1) Voor de toetsing van de concepten.

Tabel 1 Selectietabel concepten 1e ronde

	Concepten		
Eisen	Concept 1	Concept 2	Concept 3&4
Positioneer mogelijkheden	--	++	++
Positioneer nauwkeurigheid	--	+	++
Beschikbaar in >2000mm lengte	++	--	++

De drie concepten die vergeleken worden bestaan uit drie verschillende methodes voor translatie: pneumatisch, servo pneumatisch en elektrisch.

Concept 1: Voldoet niet aan de eisen omdat dit concept geen positioneer mogelijkheden heeft die nauwkeurig genoeg zijn voor de palletizerfunctie.

Concept 2: Servo pneumatische actuatoren kunnen wel positioneren naar willekeurige posities, maar kunnen dit niet nauwkeurig genoeg voor de palletizerfunctie. De servo pneumatische actuatoren zijn niet beschikbaar in slaglengtes langer dan 2000mm en zijn dus ook geen optie voor de palletizerfunctie.

Concept 3 & 4: Elektrische actuatoren van concept 3&4 voldoen aan alle eisen. Elektrische actuatoren kunnen gepositioneerd worden op elk willekeurig punt. De positioneringnauwkeurigheid is hoog genoeg voor de palletizerfunctie en de elektrische actuatoren zijn beschikbaar in de benodigde lengte.

Conclusie voor de conceptkeuze is dat concept 3 & 4 gekozen wordt omdat deze het beste voldoet aan de gestelde eisen.

De elektrische actuatoren zijn in verschillende varianten beschikbaar. De twee hoofdtypes van Festo zijn de EGC en ELGA. De EGC variant is beschikbaar in een tandriem uitvoering en spindel. Met een aantal selectie parameters wordt een keuze gemaakt voor de EGC variant. (Zie tabel 2)

Tabel 2 Keuzetabel elektrische actuatoren

	Varianten elektrische actuatoren		
Eisen	EGC-TB	EGC-BS	ELGA-RF
Positioneer snelheid	++	-	++
Stijfheid van profiel	++	++	+
Belastings weerstand momenten	++	++	-
Kosten	+	-	++
Gewicht	+	-	++
Keuze	++	-	+

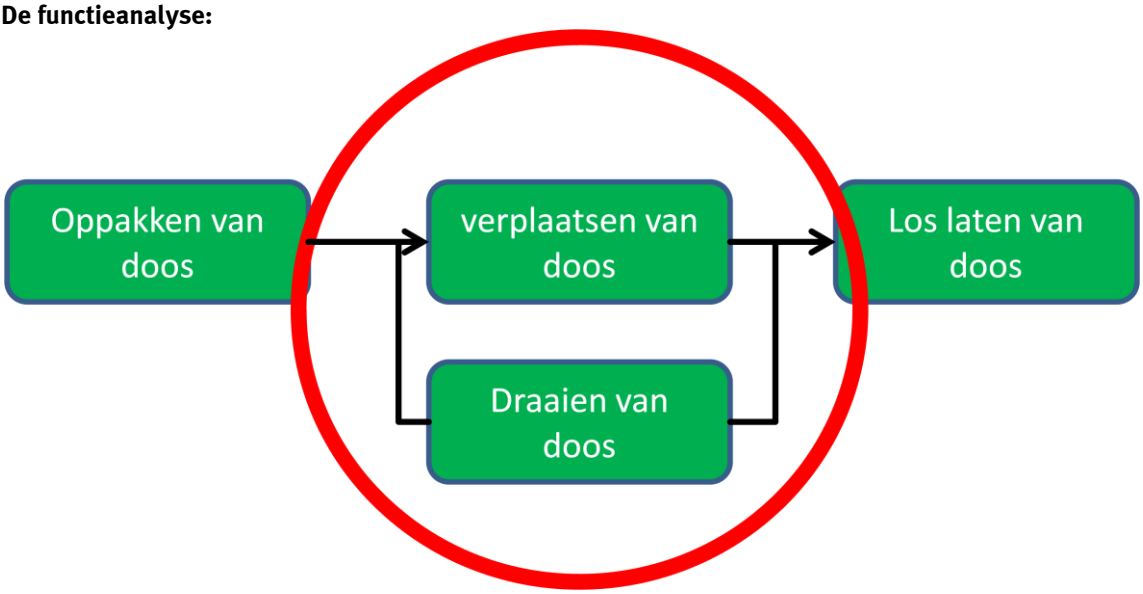
Nu bekend is welke Festo actuatoren gebruikt worden voor de palletizerfunctie kan gekeken worden hoe deze actuatoren de palletizerfunctie gaan invullen.

8.2 Concepten generen tweede ronde

De gedetailleerde functieanalyse heeft aangetoond welke functies binnen de palletizerfunctie nodig zijn. Deze functies zijn vervolgens ingevuld door verschillende componenten die de eerste concepten genereerde. Na het afwegen van deze concepten tegen een aantal parameters gebaseerd op het pakket van eisen en wensen is het concept 3&4 gekozen. Deze paragraaf beschrijft de verdere uitwerking van het concept 3&4. De paragraaf beschrijft hoe een verdere keuze is gemaakt tussen verschillende varianten van de concepten. Vervolgens wordt een selectie gemaakt van concepten door de concepten te toetsen aan het pakket van eisen en wensen.

Het concept dat vanuit het morfologisch overzicht is ontwikkelt is een XYZ portaal dat de translaties door middel van elektrische actuatoren invult. Het XYZ portaal is een portaal van drie lineaire assen, die op verschillende manieren samengevoegd kunnen worden. Om een juiste technische oplossing te vinden voor de palletizerfunctie is het nu nodig om de beste variant te kiezen van de verschillende configuratie mogelijkheden van het XYZ portaal. Voor de volgende ronde van concepten genereren wordt de functieanalyse van de onconventionele XYZ portaal variant (zie figuur 20) nogmaals gebruikt om de palletizerfunctie via verschillende configuraties van het XYZ portaal in te vullen en hierbij een weloverwogen keuze te kunnen maken van de configuraties die verder uitgewerkt kunnen worden.

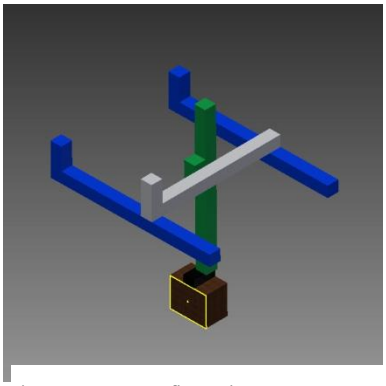
De functieanalyse:



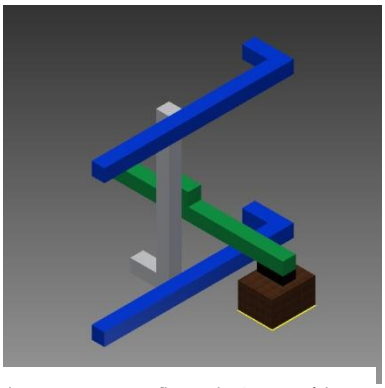
Figuur 18 Functieanalyse XYZ portaal palletizerfunctie

De functie van het verplaatsen van de doos kan met een XYZ portaal in verschillende configuraties. Via een brainstormsessie zijn de mogelijke configuraties bedacht. De configuraties worden aan de hand van de basis configuratie XYZ bepaald. Hierbij worden met kleuren de X,Y en Z-assen aangegeven en daarmee verschillende volgordes aangegeven. De verschillende configuraties die zijn bedacht:

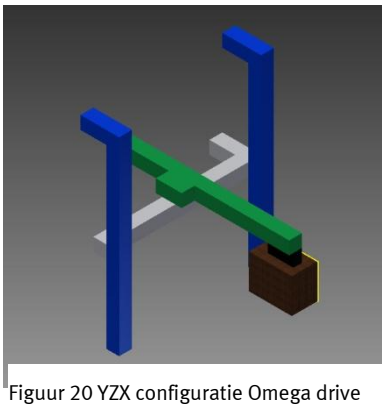
Configuraties:



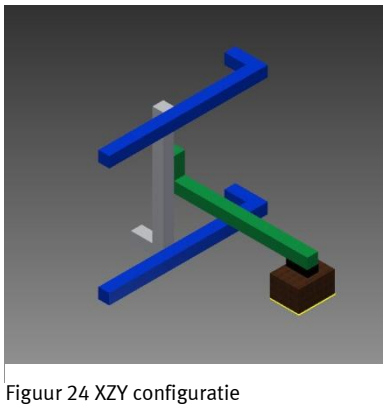
Figuur 21 XYZ configuratie



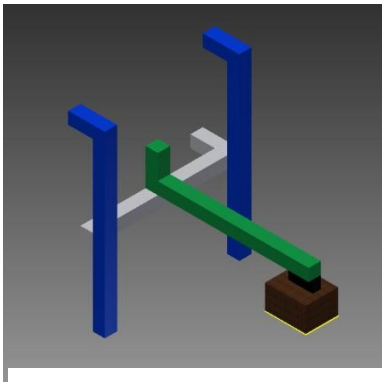
Figuur 19 XZY configuratie Omega drive



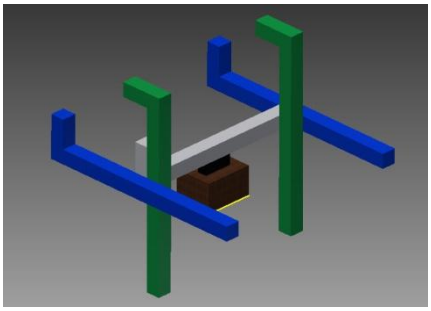
Figuur 20 YZX configuratie Omega drive



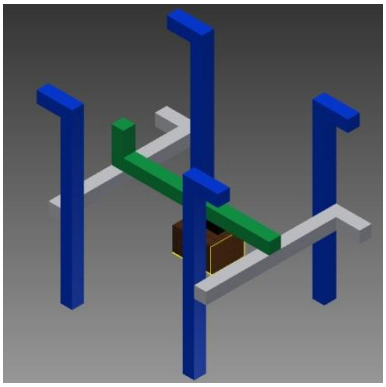
Figuur 24 XZY configuratie



Figuur 25 YZX configuratie



Figuur 26 XY2Z configuratie



Figuur 27 2YZ4X configuratie

8.3 Keuze voor concepten verantwoorden

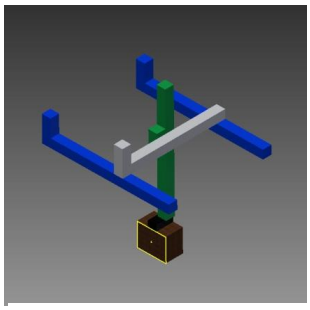
Om een verantwoorde keuze te maken welke configuraties geselecteerd kunnen worden om als concepten verder uit te werken worden ze getoetst aan het pakket van eisen en wensen (zie bijlage??). Veel eisen uit het pakket voldoen bij alle configuraties, daarom worden alleen de eisen gebruikt waarmee de configuraties zich onderscheiden. (Zie tabel 3)

Tabel 3 Selectie tabel portaal configuraties

	Configuraties						
Eisen	XYZ	XZY Omega drive	XZY	YZX Omega drive	YZX	XY2Z	2YZ4X
Moet de belasting kunnen weerstaan	+	+	++	--	--	++	++
Wensen							
Oppervlakte zo klein mogelijk	++	-	++	-	++	+	+
Toegankelijkheid zo groot mogelijk	++	+	+	+	+	-	-
Aanschafkosten zo laag mogelijk	++	+	+	-	-	+/++	--
Totaal							

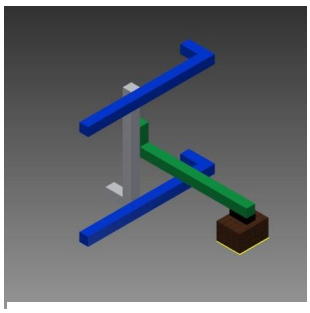
De selectie tabel laat zien dat drie configuraties het best voldoen aan het pakket van eisen en wensen. Deze drie configuraties worden gebruikt als concepten om verder uit te werken:

- Concept 1: XYZ portaal



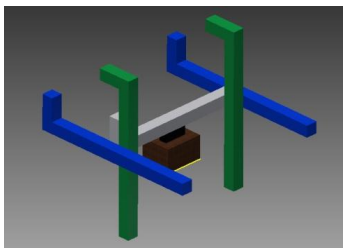
Figuur 21 Concept 1 XYZ portaal

- Concept 2: XZY portaal



Figuur 29 Concept 2 XZY portaal

- Concept 3: XY2Z



Figuur 22 Concept 3 XY2Z

8.4 Concepten berekenen

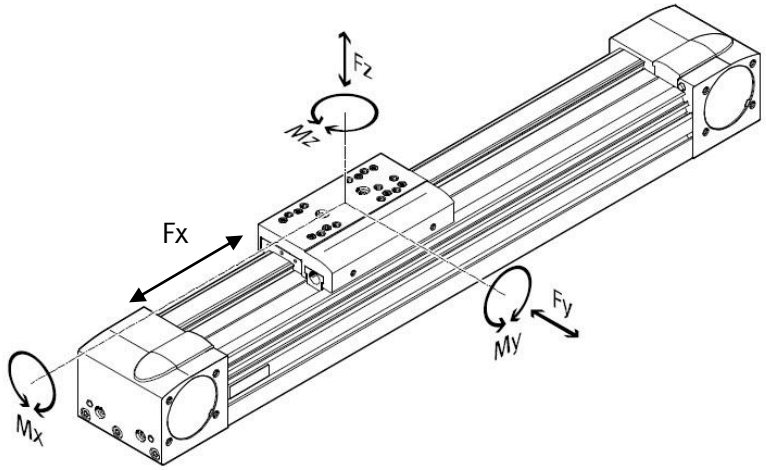
Door het opstellen van een standaard en het ontwikkelen van een gemiddeld bewegingsprofiel op de standaard afmetingen zijn de versnellingen waarmee de palletizerfunctieconcepten werken bekend. In deze paragraaf worden de verschillende geselecteerde concepten berekend op het gemiddelde bewegingsprofiel. Elk concept wordt met dezelfde standaard afmetingen en bewegingsprofiel berekend. Het hoofdstuk beschrijft per concept de belangrijkste punten en voor welke configuratie welke uiterste berekend zijn. Door middel van de resultaten kunnen de juiste elektrische actuatoren gekozen worden om het concept mee op te bouwen. Vervolgens kunnen de concepten met de gekozen elektrische actuatoren getoetst worden op de eisen en wensen van Festo. Om de berekeningen duidelijk te maken wordt eerst uitgelegd hoe de elektrische actuatoren belast kunnen worden en voor welke krachten de elektrische actuatoren het meest gevoelig zijn. Voor de uitgebreide berekeningen van de concepten (Zie bijlage IV)

De elektrische actuatoren in de palletizerfunctie worden statisch en dynamisch belast. De statische belasting wordt bepaald door de zwaartekracht. De dynamische belasting wordt bepaald door de versnellingskracht.

Zwaartekracht: $Fg \ = massa\ (m) \times valversnelling\ (g)$

Versnellingskracht: $Fa = massa\ (m) \times versnelling\ (a)$

Deze twee krachten bepalen samen alle belastingen in de palletizerfunctie op de elektrische actuatoren. De elektrische actuatoren waarmee gerekend wordt zijn allemaal van de EGC-TB serie van Festo. De EGC-TB is een elektrische actuator met een tandriem en een externe geleiding die gebruik maakt van een kogelomloop geleiding. (Z ie figuur 31) voor krachten die de dimensies van de as bepalen.



Figuur 31 Krachtenspel elektrische actuator EGC

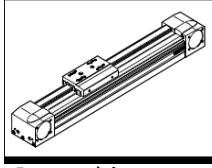
In figuur 31 Is te zien dat er rekening wordt gehouden met drie lineaire krachten en drie momenten:

- Fy: De kracht die op de loopwagen wordt uitgeoefend van de zijkant van de elektrische actuator
- Fz: De kracht die op de loopwagen wordt uitgeoefend van boven of als deze andersom hangt waaraan getrokken wordt aan de onderkant.
- Fx: Deze kracht wordt ook wel de Feed force genoemd dit is de maximale kracht die de elektrische actuator kan verplaatsen. Deze kracht bepaalt hiermee dus de maximale versnelling van een product afhankelijk van het gewicht van het product.

- Mz=My: De momenten My en Mz zijn hetzelfde omdat het alle twee momenten zijn die worden uitgeoefend op de lengte van de loopwagen.
- Mx= Het Mx moment is het moment dat op de breedte van de geleiding werkt. De breedte van de geleiding is vele malen kleiner dan de lengte van de geleiding waardoor het moment dat de geleiding kan hebben om de X-as vele malen kleiner is het moment My/Mz.

De waardes voor de EGC elektrische actuatoren:

Tabel 4 Maximale belastingwaardes voor de EGC

Version	Size	Working stroke [mm]	Speed [m/s]	Repetition accuracy [mm]	Feed force [N]	Guide characteristics				
						Forces and torques				
						Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Recirculating ball bearing guide										
	50	50 ... 1900	3	±0.08	50	650	650	3.5	10	10
	70	50 ... 5000	5	±0.08	100	1850	1850	16	132	132
	80	50 ... 8500	5	±0.08	350	3050	3050	36	228	228
	120	50 ... 8500	5	±0.08	800	6890	6890	144	680	680
	185	50 ... 8500	5	±0.1	2500	15200	15200	529	1820	1820

De tandriem van de as brengt de versnellingskracht die de motor opwekt over op de loopwagen die vervolgens het product in beweging brengt. De tandriem is daarom, ervan uitgaand dat de motor sterk genoeg is, de bepalende factor voor de versnelling die overgebracht kan worden op het te bewegen product. Om de palletizerfunctie te berekenen zijn een aantal bekenden nodig. De bekenden die nodig zijn:

- Massa
- Valversnelling
- Versnelling

De massa komt uit het pakket van eisen wensen. Maar dit geldt alleen voor de massa van het te verplaatsen product door de elektrische actuator die het product op de pallet plaatst. De massa's voor de overige elektrische actuatoren worden gevormd door de andere elektrische actuatoren. De eerste berekening van elk concept is dan ook de berekening van de elektrische actuator die het product op de pallet plaatst.

De valversnelling is een constante van 9,81m/s^2

De versnellingen komen uit de berekeningen voor het gemiddelde bewegingsprofiel (Zie Bijlage IV):

- ax voor de versnelling van de palletizerfunctie in de X richting
- ay voor de versnelling van de palletizerfunctie in de Y richting
- az voor de versnelling van de palletizerfunctie in de Z richting.

De ax die voor de grootste kracht zorgt in de X richting voor de palletizerfunctie is:

- 3,33 m/s^2

De ay die voor de grootste kracht zorgt in de Y richting voor de palletizerfunctie is:

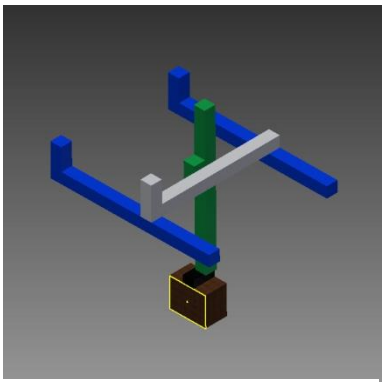
- 2,30 m/s^2

De az die voor de grootste kracht zorgt in de Z richting voor de palletizerfunctie is:

- 4,17 m/s^2

8.4.1 Berekening en uitwerking concept 1

Concept 1 is de XYZ variant en wordt gekenmerkt door een dubbele X-as waarop een Y-as heen en weer beweegt. De Z-as is verbonden aan de Y-as en verzorgt de beweging in de Z richting. De Z-as is ingevuld door een Omega drive. Een Omega drive heeft de aandrijving in de loopwagen zitten en kan op deze manier als Z-as alleen het profiel op en neer bewegen en hoeft dus minder massa te verplaatsen.



Figuur 32 Concept 1 XYZ portaal

De eerste as die berekend moet worden is de Z-as, omdat het gewicht van de Z-as van invloed is op de Feed force van de Y-as. De volledige berekening is terug te vinden in de Bijlage IV

$$FxZas = FgZas + FaZas + Fgdoos + Fadoos$$

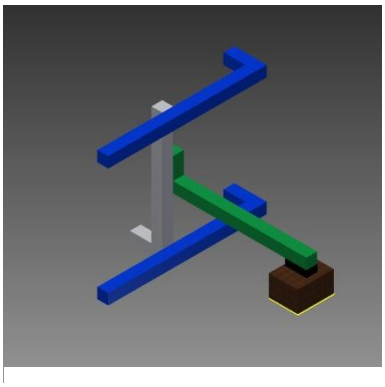
In de formule wordt het gewicht van de Z-as en van het product bij elkaar opgeteld waarna ook de versnellingskracht Fa van de as en van het product erbij opgeteld wordt. Dit is bij elkaar opgeteld de kracht die in de Z-as beschouwd wordt als de Fx oftewel de Feed force.

$$FxZas = 276{,}6 + 125{,}2 + 490{,}5 + 222 = 1114{,}4 \text{ N}$$

De XYZ variant gebruikt voor de Z-as een Omega drive. De Omega drive van Festo de DGEA heeft een maximale grote van 40 millimeter. Deze as kan een maximale Feed force van 1000N verwerken. Concept 1 voldoet daarmee niet aan de eisen en wensen. Concept 1 kan daarom afgeschreven worden.

8.4.2 Berekening en uitwerking concept 2

Concept 2 is de XZY variant en wordt gekenmerkt door dubbele X-assen die in het Z vlak geplaatst worden. Tussen de twee assen wordt een Z-as geplaatst. Op de loopwagen van de Z-as wordt vervolgens een Y-as geplaatst die de verplaatsing van het product in de Y richting verwerkt.



Figuur 23 Concept 2 XZY portaal

De Y-as is tevens de as die het product op de pallet plaatst en daarmee de eerste as die berekend kan worden. De resultaten uit (Bijlage IV) tonen aan dat de Y-as een EGC-120 variant moet worden omdat:

- $FxYas = 115\text{N}$
- $FyYas = 166{,}5\text{N}$
- $FzYas = 490{,}5\text{N}$
- $MxYas = 38{,}8\text{Nm}$
- $MyYas = 26{,}45\text{Nm}$

Het moment dat werkt om de X-as van de geleiding is in dit geval de bepalende factor. In tabel 4 is te zien dat de EGC-120 de lichtste as is die deze waarde aankan.

Nu de Y-as bekend is kan met de massa van de Y-as de volgende berekening gemaakt worden. De Z-as kan nu berekend worden. Om de Z-as te kunnen berekenen is eerst de resultante kracht van de Y-as en het product bepaald voor zowel de statische als de dynamische situatie. Aan de hand van de volgende formule is de locatie van de resultante bepaald:

$$x = \frac{F_1 \times x_1 + F_2 \times x_2 + F_3 \times x_3}{(F_1 + F_2 + F_3)}$$

De grote van de resultante wordt bepaald door de krachten bij elkaar op te tellen.

$$FR = F_1 + F_2 + F_3$$

Nadat de resultante bepaald was kon de Z-as berekend worden:

- $FxZas = 1219\text{N}$
- $FyZas = 86{,}4\text{N}$
- $FzZas = 290{,}6\text{N}$
- $MxZas = 278{,}4\text{Nm}$
- $MyZas = 38{,}8\text{Nm}$
- $MzZas = 1169\text{Nm}$

Bij de Z-as is ook het moment om de X-as van de geleiding de bepalende factor. In tabel 4 is te zien dat bij een Mx met deze waarde alleen en EGC-185 geschikt is. De Z-as wordt dan ook met een EGC-185 uitgevoerd.

Met de massa's van de Y- en Z-as kunnen vervolgens de X-assen berekend worden. Omdat afhankelijk van de hoogte van de Y-as in de Z richting de belasting groter of kleiner is in de X-assen is een maximale situatie berekend. Door middel van de standaardafmetingen is een minimale hoogte en een maximale hoogte berekend. (In Bijlage IV) Is de berekening voor de minimale en maximale waarde te vinden. De X-assen maken gebruik van Flexjoints(BijlageVI). Flexjoints zijn flexibele adapterplaten voor de verbinding van de Z-as aan de beide X-assen. Zonder het gebruik van de Flexjoints zou een te starre verbinding van de beide X-assen aan de Z-as een statisch overbepaald systeem veroorzaken. Dit betekent dat de toleranties waarin de assen gemonteerd mogen worden voor een goede levensduur extreem klein zouden zijn (›0,05mm). De Flexjoints geven een aantal extra vrijheidsgraden, hierdoor kunnen momenten niet worden opgevangen in de X en Z richting. Met de Flexjoints op de X-assen zijn de volgende belastingwaardes berekend voor de X-assen:

- $FxXas1 = 476\text{N}$
- $FxXas2 = 397{,}4\text{N}$
- $FyXas1 = 3160\text{N}$
- $FzXas1 = FzXas2 = 437{,}5\text{N}$
- $MyZas1 = MyZas2 = 278{,}4\text{Nm}$

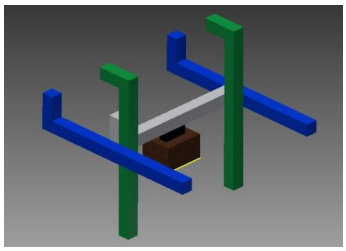
Zoals te zien is in de resultaten kan de onderste X-as (X-as 2) door de Flexjoints geen Fy belasting opvangen, dit houdt in dat de zwaartekracht van de Y- en Z-as beide op de X-as 1 komt te staan. Met de waardes die uit de berekening naar voren komen wordt duidelijk dat voor de X-assen gekozen moet worden voor EGC-120 assen. Deze assen kunnen de bepalende kracht, de Feed force Fx, verwerken en alle andere belastingen blijven ook binnen de maxima van de EGC-120.

Met de berekeningen van alle assen in de X, Y en Z richting zijn de assen bepaald. Voor het XZY concept moeten de volgende assen worden gebruikt:

- X-assen: De EGC-120-TB
- Y-as: De EGC-120-TB
- Z-as: De EGC-185-TB

8.4.3 Berekening en uitwerking concept 3

Concept 3 is de XY2Z variant die gekenmerkt wordt door de toepassing van twee Z-assen die de Y-as ondersteunt. In tabel 3 is te zien dat concept 3 alleen op kosten hoger kan scoren om een alternatief te zijn voor concept 2. De assen zullen berekend worden totdat met zekerheid gezegd kan worden of concept 3 duurder is dan concept 2.



Figuur 34 Concept 3 XY2Z portaal

De Y-as is de as die het product op de pallet plaatst en is daarom ook bij dit concept de enige as die een bekende te verwerken massa heeft.

De berekeningen in Bijlage IV Tonen aan dat de Y-as van concept 3 een EGC-120 variant moet zijn. De krachten en momenten die werken op de Y-as:

- $FxYas = 86{,}5\text{N}$
- $FyYas = 200\text{N}$
- $FzYas = 490{,}5\text{N}$
- $MxYas = 46{,}6\text{N}$
- $MyYas = 20{,}2\text{N}$

Het Mx moment is bepalend in dit geval voor de keuze van de as. Uit tabel 4 blijkt dat de EGC-120 de lichtste as is die dit moment aan kan.

Nu de Y-as bekend is kunnen de beide Z-assen berekend worden. Net zoals bij de X-assen in concept 2 worden bij de verbindingen van de Y-as met de beide Z-assen Felxjoints gebruikt om het systeem statisch bepaald te maken. Omdat het twee Z-assen zijn en de krachten op deze assen afhankelijk is van de positie moet gekeken worden naar de meest linker positie en meest rechter positie van het product. Nadat deze bepaalt zijn kunnen de reactiekrachten in de Z-assen bepaalt worden.

De resultaten van de berekeningen voor de Z-assen:

- $FxZas1 = 685{,}1\text{N}$
- $FxZas2 = 785{,}7\text{N}$
- $FyZas1 = 86{,}5\text{N}$
- $FyZas2 = 0\text{N}$
- $FzZas1 = 163{,}2\text{N}$
- $FzZas2 = 187{,}2\text{N}$

De bepalende factor voor de Z-assen is de Feed force (Fx) te zien is dat bij beide assen net onder de 800N zit. De keuze voor de beide Z-assen is dan ook de EGC-120.

De beide X-assen moeten nu bij elkaar goedkoper uitvallen dan de Z-as van concept 2. De Z-as in concept 2 is de enige as die anders is dan de tot nu toe geselecteerde assen voor concept 3. Voor de X-assen is één van de belangrijkste krachten de Feed force, omdat deze de krachten moet kunnen overwinnen van het product en de gewichten van de Y-, en Z-assen.

De resultaten van de X-as berekeningen:

- $FxXas1 = 304\text{N}$
- $FxXas2 = 354{,}5\text{N}$

De FxXas2 valt boven het maximum van de EGC-80 en de beide X-assen worden daarom dan ook EGC-120 varianten. Na een kosten berekening van de EGC-120 en de EGC-185 blijkt dat twee EGC-120 assen bij elkaar duurder in aanschaf zijn dan één EGC-185. Concept 3 is daarmee in de selectiecriteria zwakker dan concept 2.

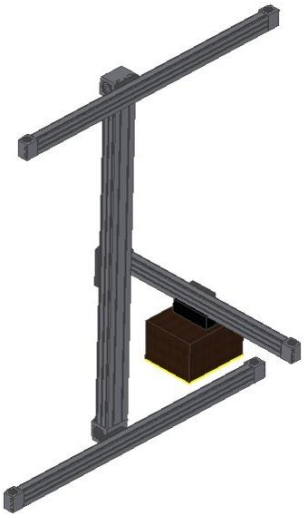
9 Uiteindelijke keuze voor standaardoplossing

Na een aantal selectierondes blijkt één concept de beste keuze voor Festo om uit te werken. Dit hoofdstuk beschrijft het uiteindelijke concept dat gekozen wordt als standaard technische oplossing voor de palletizerfunctie.

Het gekozen concept is de XZY portaal variant. De XZY portaal variant heeft dubbele X-assen in het Z vlak die verbonden worden door de Z-as. De Z-as ondersteund vervolgens de Y-as die op zijn beurt de Y translatie verzorgt. Door het koppelen van de drie lineaire assen kan het XZY concept alle posities in een drie dimensionale ruimte bereiken. Het XZY portaal heeft aan- en afvoer mogelijkheden vanaf drie verschillende kanten, de enige beperking van aan- en afvoer mogelijkheden ligt aan de achterkant van het portaal. De translaties worden verzorgd door elektrische actuatoren van het type EGC van Festo. De assen die zijn geselecteerd aan de hand van de berekeningen:

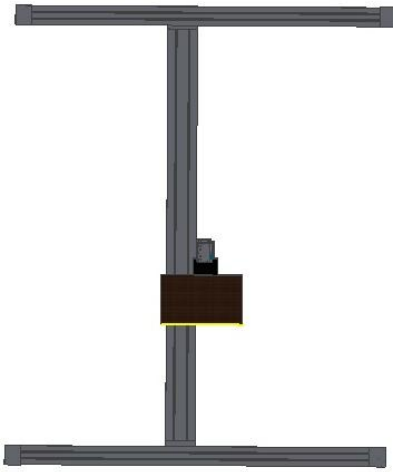
- X-assen: De EGC-120-1800-TB
- Y-as: De EGC-120-1000-250H-TB
- Z-as: De EGC-185-2200-TB

Het XZY portaal is nadat de assen bekend waren getekend in een 3D-modelleer programma om een beter idee te krijgen van het systeem:



Figuur 35 Globaal aanzicht XZY palletizer

Figuur 24 Zijaanzicht XZY portaal



Figuur 37 Vooraanzicht XZY palletizer

Figuur 25 Bovenaanzicht XZY palletizer

Het concept is getoetst aan het pakket van eisen en wensen waarbij het concept aan alle eisen moet voldoen en zo goed mogelijk aan de wensen. Bij de berekeningen is gebleken dat het XZY portaal aan alle eisen kan voldoen. Bij de wensen waren de kosten nog niet zeker en deze wens kon eventueel beter vervult worden door concept 3. Tijdens de berekeningen bleek echter dat ook de kosten van het XZY portaal lager uitvallen dan bij concept 3 het XY2Z portaal. De wensen waaraan het systeem moet voldoen:

- Oppervlakte van de palletizerfunctie moet niet veel groter zijn dan de pallet zelf:
    - De oppervlakte van het XZY portaal is net groter dan de pallet en aanvoer bij elkaar. Deze wens is dus voldaan.
- Het gewicht van de palletizerfunctie moet verspreid worden over meer dan 1 punt:
    - Het gewicht van de palletizerfunctie wordt verspreidt over de gehele lengte van de X-assen, ook aan deze wens is dus voldaan.
- Toegankelijkheid van zoveel mogelijk verschillende kanten:
    - Het XZY portaal heeft toegankelijkheid van drie verschillende kanten (zie figuur 38) namelijk vanaf beide zijkanten en de voorkant. Alleen het XYZ concept heeft hier een betere score, maar het XYZ concept kan niet voldoen aan de eisen.
- Aanschafkosten zo laag mogelijk houden:
    - De aanschafkosten zijn lager dan bij het Xy2Z concept, de wens is dus voldaan voor de mogelijke alternatieven die bestaan.
- Cyclustijd van vier seconden.
    - De cyclustijd van de gemiddelde beweging is vier seconden. Een controle berekening toont aan dat de uiteindelijke cyclustijd binnen de 5 seconden is(zie Bijlage IV) . De wens wordt niet voldaan maar de eis van 5 seconden wel.
    - De cyclustijd kan nog geoptimaliseerd worden door voor de elektrische componenten elke positie van de palletizer afzonderlijk te berekenen en vervolgens de belastingen gelijk te maken aan die van de gemiddelde beweging.

10 Conclusie en aanbevelingen

Dit hoofdstuk beschrijft welke conclusies getrokken kunnen worden aan de hand van het vooronderzoek en welke resultaten behaald zijn door de analyses en conceptontwikkelingen.

Uit het vooronderzoek blijkt dat de verpakkingsindustrie waarin de palletizerfunctie gebruikt wordt een zeer uiteenlopende markt is waar weinig gestandaardiseerd is. Daarnaast zijn de producten die verwerkt worden door de palletizerfunctie zo uiteenlopend dat er geen technische oplossing gevonden kan worden zonder een standaard op te stellen. Ook blijkt dat de palletizers die in de verpakkingsindustrie gebruikt worden onder te verdelen zijn in twee hoofdgroepen: de conventionele en onconventionele machines. Daarbij komt in de onconventionele machines een hybride vorm voor waarin beide vormen gecombineerd zijn.

De analyses die gemaakt zijn op het vooronderzoek tonen aan dat alle bekende palletizers terug te brengen zijn naar drie verschillende functieschema's. Deze functieschema's tonen aan dat de onconventionele palletizerfuncties de enige varianten zijn waarbij Festo een standaard oplossing kan aanbieden.

Na verschillende analysefases en selectierondes kan geconcludeerd worden dat met de standaarden die opgesteld zijn naar aanleiding van onderzoek naar de meest voorkomende situaties dat Festo als standaard oplossing voor de palletizerfunctie kan aanbieden de XZY portaal palletizer.

De XZY portaal palletizer voldoet aan alle eisen en wensen van die opgesteld zijn. De XZY portaal palletizer wordt opgebouwd uit:

- X-assen: De EGC-120-1800-TB
- Y-as: De EGC-120-1000-250H-TB
- Z-as: De EGC-185-2200-TB

Met behoudt van de standaarden kan de XZY portaal palletizer aangeboden worden als standaardoplossing voor gewichten tot 35kg en cyclustijden van vijf seconden.

Vervolgens zijn verschillende selectierondes gemaakt waaruit blijkt dat de onconventionele portaal palletizer het meeste potentieel bezit om door Festo ontwikkelt te worden als standaardoplossing voor een palletizerfunctie. De portaal palletizer blijkt daarna vele verschillende configuraties te hebben waarvan slechts één configuratie geschikt is voor Festo.

10.1 Aanbevelingen

De cyclustijd van de XZY portaal palletizer komt nu uit op 4,53 seconden. Het gekozen bewegingsprofiel is gebaseerd op de gemiddelde beweging en de versnellingen zijn bij de berekening over heel het gebied gelijk gehouden. De belastingen in de palletizer bestaat uit krachten en momenten. De momenten bij ingetrokken toestanden zijn kleiner vanwege de kleinere arm van de kracht. Om de cyclustijden te optimaliseren wordt aanbevolen om bij de selectie van de elektrische componenten de posities van de palletizer elk apart te bekijken. Door vervolgens de belastingen gelijk te maken aan de uiterste belastingen die berekend zijn kan een optimum bereikt worden in de cyclustijd van de palletizer en de elektrische componenten.

Hoewel nu gekozen is voor de XZY portaal palletizer is de hybride variant ook zeer interessant voor Festo. Een aanbeveling dient gegeven te worden voor verder onderzoek naar de hybride palletizer. De hybride palletizer combineert goede eigenschappen uit de beide hoofdvarianten: conventionele en onconventionele palletizers. De liftfunctie in de hybride palletizer kan ingevuld worden door de hybride lift die Festo heeft ontwikkeld en dit kan kosten besparingen voor klanten opleveren waardoor dit een goed verkoopbare oplossing kan zijn.

Literatuurlijst

[1] Verschillende varianten palletizers, bekeken op 27-02-2015
http://www.hixson-inc.com/_images/PalletizingEquip&Op_0304.pdf

[2] Robot versus conventional palletizers, bekeken op 02-03-2015
http://www.toptier.com/download/robot_vs_conventional_palletizer_white_paper.pdf

[3] Portaal palletizers, bekeken 06-03-2015
http://www.palsys.nl/nl/portaalrobots/

[4] Portaal palletizer T-gantry, bekeken op 09-03-2015
https://www.youtube.com/watch?v=2rXbEPur8X4

[5] Portaal palletizer eigenschappen, bekeken 10-03-2015
http://www.palsys.nl/user/file/p40-folder.pdf

[6] Hybride palletizer, bekeken op 23-03-2015
https://www.youtube.com/watch?v=9E8MGhBJTRw

[7] Portaal palletizer XY2Z variant, bekeken op 30-03-2015
https://www.youtube.com/watch?v=VWneP0faoPk

[8] Afmetingen Amerikaanse vouwdoos, bekeken op 25-04-2015
http://www.hodi.nl/shop/amerikaanse-dozen-enkelgolf/500-x-400-x-300-mm-amerikaanse-vouwdoos-bruin-b-go/178/1439

[9] Pallet afmetingen, leverancier van pallets, bekeken op 27-04-2015
http://www.hodi.nl/shop/amerikaanse-dozen-enkelgolf/500-x-400-x-300-mm-amerikaanse-vouwdoos-bruin-b-go/178/1439

[10] Standaarden van EPAL pallets, bekeken op 27-04-2015
http://www.epal-pallets.org/uk/produkte/vergleich.php

[11] Pallet hoogte, bekeken op 27-04-2015
http://newlandexpress.co.uk/faqs/

[12] Pallet hoogte, bekeken op 28-04-2015
http://www.loweslink.com/llmain/pubdocuments/vcpkg-palletizationshippingguidelines.pdf

[13] EGC Festo documentatie, bekeken op 01-05-2015
http://www.festo.com/cat/nl_nl/data/doc_engb/PDF/EN/EGC-TB_EN.PDF

Bijlage I Plan van aanpak

Plan van Aanpak

Technische oplossing voor de Palletizerfunctie binnen Festo

09.03.2015

Auteur: Peter-Jan Snellink
Studie: Werktuigbouwkunde
Studentnummer: 09095446

Contents

1. Begrippen en definities 44
2. Inleiding 45
3. Bedrijfsintroductie 45
3.1. Afdelingsintroductie 45
4. Achtergrond 46
5. Probleem- en doelstelling 47
5.1. Relevantie 48
5.2 Activiteiten 49
6. Planning 50
7. Project grenzen 52
8. Kwaliteitsbewaking 54
8.1 Risico's 54
9. Competenties ..... **Error! Bookmark not defined.**
I Bijlage ..... **Error! Bookmark not defined.**

1. Begrippen en definities

Machinefunctie:

Een gedeelte van de machine die in de functie analyse van de machine als een functie beschouwd kan worden. Deze machinefunctie is vaak opgedeeld in subfuncties die invulling krijgen door componenten. Een machinefunctie kan daarom vaak gezien worden als een samenbouw van verschillende componenten.

Palletizerfunctie:

De functie binnen een machine waarmee bedoelt wordt het stapelen of verzamelen van producten op een pallet.

Proactief engineeren:

Een systeem ontwikkelen van te voren kijkend naar de markt in plaats van wachtend op een specifieke klantaanvraag.

2. Inleiding

De opleiding werktuigbouwkunde wordt afgesloten met een afstudeeropdracht in de vorm van een stage bij een bedrijf. De student werkt binnen een vastgesteld termijn van zeventien weken een gekaderde opdracht uit. Een opdracht in een project vorm zoals deze moet altijd goed gepland en af gebakend worden. Dit document bevat het plan van aanpak voor de afstudeeropdracht.
Het document beschrijft de achtergrond van de opdracht en de daaruit voortkomende probleem- en doelstelling die samen de opdracht vormen. De afstudeeropdracht:
“Onderzoek de palletizerfunctie binnen verschillende industriesegmenten en ontwerp een technische oplossing binnen de gestelde parameters.” Voortkomend uit het probleem dat Festo geen directe oplossing heeft voor de palletizerfunctie.
Hoofdstuk 3, 4 en 5 bespreken het bedrijf waar de opdracht wordt uitgewerkt, de achtergrond van de opdracht en de probleem- en doestelling waaruit de opdracht voortkomt. Vervolgens bespreken hoofdstuk 6 en 7 de activiteiten die volbracht worden om de opdracht te voltooien en de planning van deze activiteiten in de komende weken. Tot slot bespreken hoofdstuk 8 en 9 de projectgrenzen welke de opdracht inkaderen en de competenties die behaald worden tijdens de uitvoering van deze afstudeeropdracht.

3. Bedrijfsintroductie

Festo is gespecialiseerd in de automatisering van ”Motion in Control”-processen in verschillende industrieën en wordt wereldwijd vertegenwoordigd in 176 landen. De ambitie van Festo is om als innovatieve partner, klanten in staat te stellen hun concurrentiekracht te verhogen door verregaande samenwerking op het gebied van re-engineering van bestaande machines en bij het ontwerpen van nieuwe machines. Festo heeft een assortiment van ruim 30.000 catalogus producten en Festo biedt automatiseringsoplossingen op maat voor meer dan 200 industriële sectoren. Het uitgebreide dienstenpakket varieert van advies en dienstverlening op ontwerpgebied tot en met logistieke en technische ondersteuning, en van services voor installatie en onderhoud tot en met training en opleiding van operators en technici.
Om dit alles te realiseren heeft Festo een groot hoofdkantoor in Duitsland waar jaarlijks meer dan zeven procent van de totale omzet wordt geïnvesteerd in onderzoek en ontwikkeling van nieuwe en bestaande producten. Door continue innovatie blijft Festo een van de belangrijkste in de markt en is Festo binnen Nederland marktleider in de pneumatische automatiseringsindustrie en bezit dan ook de grootste kennis op het gebied van pneumatische en elektrische automatisering.
Festo levert niet alleen maar de standaard componenten uit de catalogus, maar bedenkt en produceert samen met de klanten ook klantspecifieke oplossingen. Deze klantspecifieke oplossingen worden een steeds groter onderdeel van de omzet van Festo. De engineeringafdeling neemt een steeds prominentere plek in binnen Festo. Waar eerst de engineeringafdeling van het hoofdkantoor van Duitsland een zeer belangrijke rol speelde is de engineeringafdeling binnen Nederland een steeds belangrijkere afdeling en inmiddels onmisbaar.

3.1. Afdelingsintroductie

De opdracht wordt uitgevoerd binnen de engineeringafdeling van Festo Nederland. Deze afdeling bestaat uit kleine subafdelingen die elk een aspect van de Festo klantspecifieke oplossingen vertegenwoordigd. De afdeling bestaat uit een totaal van 23 werknemers waaronder twee groepsleiders en de engineeringmanager.

4. Achtergrond

Dit hoofdstuk beschrijft de achtergrond van de probleem- en doelstelling. De achtergrond vormt de doelstelling die vanuit Festo is opgesteld. Vervolgens vormt de bedrijfsdoelstelling de probleem- en doelstelling die door middel van de afstudeeropdracht wordt aangepakt.
De klanten van Festo zijn veelal machinebouwers. In de markten van tegenwoordig worden steeds hogere eisen gesteld aan de machines die de machinebouwers afleveren. Deze machines moeten vaak steeds sneller veranderen en aangepast worden, zodat de machine meer dan één type proces aan kan. Deze ontwikkeling binnen de markt van de machinebouwers heeft ook een directe invloed op de manier van werken en de vereiste kennis bij de deze machinebouwers. De machinebouwers zijn door deze ontwikkelingen steeds meer modulair gaan bouwen waardoor zij beter aan de eisen kunnen voldoen van hun klanten. De machines kunnen zij modulair opbouwen, omdat ze de machine steeds meer opbouwen uit functionele eenheden en machinefuncties. Deze functionele eenheden en machinefuncties hebben veelal een vastomlijnde specificatie die binnen de gehele doelmarkt van Festo grote overlappen vertoont.
Daarnaast worden klanten ook steeds meer gedwongen om in kleinere tijdseenheden de klant tevreden te stellen. Dit betekend een vraag vanuit de markt om efficiënter en sneller te werk gaan, waarbij kostbare tijd niet meer ingezet kan worden om al deze machinefuncties geheel uit te zoeken. Klanten besteden steeds vaker de ontwikkeling van bepaalde machinefuncties uit aan bedrijven die veel meer kennis hebben voor die machinefuncties. Kleinere klanten hebben vaak niet het kapitaal om ontwikkelingen van machinefuncties uit te besteden aan bedrijven als Festo.
Festo wil graag met de klant samen tot de beste oplossing komen en voorziet in de nieuwe ontwikkeling van de markt een mogelijkheid de klant daarbij te helpen. Festo zet de volgende stap met een marktgerichte bedrijfsstrategie. De ontwikkeling is vanuit de verkooprichting gestart om de klanten in plaats van componenten machinefuncties aan te bieden. Deze marktgerichte aanpak wordt nu uitgebreid naar de engineeringafdeling welke door middel van het onderzoeken en vervolgens ontwerpen van technische oplossingen voor deze machinefuncties de klanten kunnen helpen. Dit betekend dat werk vanuit de klant verschoven wordt naar Festo. Naar aanleiding van deze verandering in strategie en het voordeel dat Festo daarin ziet is de doelstelling van Festo:
“Verhoog de efficiëntie van de Sales- en Engineeringafdeling door middel van het aanbieden van functies en het proactief engineeren van deze functies.”
Festo kan zich niet in één keer bezig houden met een totale omzetting van de manier van engineering en doet dit stapsgewijs door steeds opnieuw een bepaalde machinefunctie te onderzoeken en uiteen te zetten. De machinefuncties worden bekeken vanuit verschillende industriegroepen en opgedeeld in functie eenheden welke in vele verschillende machines terugkomen.

5. Probleem- en doelstelling

De probleem- en doelstelling voor de afstudeeropdracht komen voort uit de achtergrond. Vanwege de verandering in bedrijfsstrategie heeft Festo de wens om machinefuncties aan te kunnen bieden aan de klanten.
Het probleem op dit moment is dat Festo geen directe technische oplossing kan bieden voor een van die vele machinefuncties, de palletizerfunctie. Festo heeft vele componenten in de catalogus, maar heeft geen direct product dat kan fungeren als palletizer. Op dit moment moet de aanvraag van een klant voor de invulling van de machinefunctie als de palletizer compleet opnieuw uitgewerkt worden. Dit kost een hoop tijd en geld welke beide niet gewenst zijn in de veranderende markt.
De doelstelling die voortkomt uit dit probleem is het kunnen aanbieden van een technische oplossing aan de klant voor de palletizerfunctie. Festo wil de klant, welke over het algemeen machinebouwers zijn, de machinefunctie palletizer kunnen aanbieden in de vorm van een technische oplossing met grotendeels Festo componenten. Dit kan gezien worden als het aanbieden van een module welke niet steeds opnieuw ge-engineerd dient te worden.
De opdracht die voortkomt uit deze probleem- en doelstelling:
“Onderzoek de palletizerfunctie binnen verschillende industriesegmenten en ontwerp een technische oplossing binnen de gestelde parameters”
Dit houdt in dat de palletizerfunctie onderzocht moet worden in alle industriesegmenten waar deze terug te vinden is. Hier wordt gekeken naar de randvoorwaarden van deze functie binnen de industriesegmenten en welke varianten van de palletizerfunctie bestaan. Hierbij wordt onderzocht welke parameters de palletizerfunctie definiëren. Met de gevonden parameters en randvoorwaarden wordt voor een bepaalde variant een technische oplossing ontworpen die hieraan voldoet. Optioneel worden niet één maar twee technische oplossingen ontwerpen één low cost en dan ander high value.
Hoofdvraag:

Hoe kan Festo een technische invulling geven aan de palletizerfunctie?
Deelvragen:

- Onderzoeksdeelvragen:
  - Wat is een palletizer en wat wordt gezien als palletizer functie?
  - Welke verschillende palletizers zijn op de markt en wat onderscheid ze van elkaar?
  - Welke parameters definiëren een palletizer en waar wordt een palletizer op geselecteerd?
  - Welke componenten heeft Festo in het portfolio?

  Methode van onderzoek:
  Literatuuronderzoek, expertinterviews en bedrijfsbezoeken.
- Analysedeelvragen:
  - Welke variant kan ingevuld worden door een Festo ontwerp?
  - Op welke parameterwaardes wordt de technische oplossing berekend?

- Ontwerpdeelvragen:
  - Wat voor concepten kunnen er bedacht worden?
  - Wat voor een concept technische oplossing wordt er gekozen?
  - Welke Festo componenten en hoe kunnen Festo componenten een invulling geven aan de berekende parameter waardes?
  - Voldoen de standaard producten van Festo en zo niet waarom niet?
  - Hoe kunnen de producten aangepast worden om wel te voldoen?

5.1. Relevantie

De uitkomst van de oplossing is zeer relevant voor Festo. Dit is een van de eerste machinefuncties die onderzocht en uiteengezet wordt. Zodra hier een technische oplossing voor een palletizerfunctie uitkomt, is dat niet alleen een voordeel vanwege het kunnen aanbieden van een complete functie eenheid voor een machine, maar heeft ook vele andere bijkomende voordelen:

- Klanten kunnen niet met een component lijst gaan winkelen bij concurrenten
- De engineeringafdeling bespaart kosten, omdat zij eenmalig een functie ontwikkelen en deze vervolgens met herhaling kunnen aanbieden
- Vanwege de besparing van kosten kan de prijs van de aangeboden functie omlaag en versterkt dit de positie van Festo binnen de markt
- Kleinere klanten die normaal gesproken de kosten niet kunnen dragen om een technische oplossing door Festo te laten ontwikkelen kunnen nu wel bediend worden met de ontwikkelde machinefuncties
- Door het aanbieden van een functie kan de klant zich bezighouden met andere aspecten van de machine en deze wellicht nog verder ontwikkelen waarbij zij de bespaarde waarde ook weer kunnen inzetten
- Dit alles houdt in dat Festo zijn positie versterkt en uitbreid, waarbij Festo tijdens de onderzoeken van de functies nog meer inzicht in de klanten creëren en meer kennis vergaren. De kennis kan weer verder ontwikkelt worden en zo kan Festo nog verder ontwikkelen als specialist in motion-in-control automatisering die de klant nog beter kan helpen
- De te ontwikkelen benaderingswijze is ook geschikt voor andere machinefuncties.

5.2 Activiteiten

Het volbrengen van bepaalde activiteiten is noodzakelijk om de opdracht succesvol af te ronden. In dit hoofdstuk wordt beschreven welke activiteiten volbracht moeten worden om tot een technische oplossing van een palletizerfunctie te komen. Deze opdracht is gebaseerd op een onderzoeks-, analyse-, berekenings- en ontwerpfase Het onderzoek gedeelte dat als eerste plaatsvindt is een belangrijke stap voor de fundering van de opdrachtuitwerking. In het onderzoek gedeelte wordt de palletizerfunctie onderzocht en uiteengezet. Hierbij worden een aantal relevant geachte variaties en randvoorwaarden bekeken. De opdracht wordt uitgevoerd voor een bedrijf die een wereldspeler is op het gebied van pneumatische en elektrische automatisering, daarom wordt ook aandacht besteed aan onderzoek binnen dit vakgebied.
Onderzoeksfase:

- Onderzoek naar de palletizerfunctie
- Welke verschillende componenten heeft Festo ter beschikking
- Onderzoek naar pneumatische en elektrische automatisering
- Welke parameters definiëren de palletizerfunctie
- Welke variaties in palletizerfuncties bestaan in de markt
- Welke randvoorwaarden zijn van belang bij een palletizerfunctie

Analysefase:

- Functieanalyse van de palletizerfunctie
- Analyseren van verschillende varianten van de palletizerfunctie
- Analyseren van de randvoorwaarden bij de verschillende industriesegmenten
- Analyseren van parameters
- Keuze maken van variant die uitgekozen wordt voor ontwerpfase

Berekeningsfase:

- Werk berekeningen uit van de definiërende parameters
- Werk berekeningen uit voor de gekozen variant van de palletizerfunctie en de gevonden randvoorwaarden

Ontwerpfase:

- Ontwerp aan de hand van de functieanalyse een technische oplossing
- Werk het ontwerp verder uit aan de hand van de berekende parameters
- Gebruik de randvoorwaarden voor een juist ontwerp.

6. Planning

Dit hoofdstuk laat een planning zien van de activiteiten die volbracht worden binnen de gestelde zeventien weken van de afstudeerstage.

Week 1:

- Start bij Festo. Opzetten van werkplek en introductie binnen Festo
- Opdrachtbespreking met bedrijfsmentor
- Introductie binnen Festo over werkwijze
- Uitbreiden van kennis over pneumatische automatisering en elektrische automatisering

Week 2:

- Oriënteren op huidige situatie
- Oriëntatie op engineersafdeling in verband met de opdracht
- Bespreking met engineers verantwoordelijk voor huidige werkwijze
- Uitbreiden van kennis over pneumatische automatisering en elektrische automatisering

Week 3:

- Oriënteren op industriegroepen
- Oriënteren op werkwijze van de industriegroepen binnen Festo
- Start onderzoek
- Uitbreiden van kennis over pneumatische automatisering en elektrische automatisering

Week 4-6:

- onderzoek naar palletizerfunctie
- Uitbreiden van kennis over pneumatische automatisering en elektrische automatisering
- Vaststellen van scala aan varianten
- Bezoeken afleggen bij klanten
- Interviewen betrokken experts

Week 7:

- Uitbreiden kennis van Festo assortiment en werking van producten

Week 8:

- Vaststellen hoofdfunctie
- Functieschema uitwerken voor deelfuncties binnen de palletizerfunctie
- Randvoorwaarden en parameters analyseren

Week 9-11:

- Variant van de palletizerfunctie kiezen van alle varianten die gevonden zijn
- Start van berekeningsfase met de uitwerking van de definiërende parameters
- Uitwerken van de randvoorwaarden horende bij de gekozen variant

Week 12-14:

- Uitwerken van ontwerp
- Keuze maken voor verschillende componenten voor de deelfuncties

Week 15-16:

- Berekeningen uitwerken voor de verschillende voorwaarden van de functie

Week 1-16:

- Documenteren van bevindingen en werkzaamheden

Week 17:

- Documentatie op orde maken, afmaken van scriptie verslag

7. Project grenzen

De projectgrenzen bepalen wat wel en niet binnen het project valt om misverstanden te voorkomen en niet af te dwalen van het doel. In dit hoofdstuk worden de projectgrenzen beschreven en de randvoorwaarden waar de afstudeerder en het bedrijf zich aan moet houden.
Projectgrenzen bestaan uit twee delen. Het eerste deel beschrijft wat de afstudeerder wel doet en het tweede deel beschrijft wat de afstudeerder niet doet.

Begin en einddatum

De begindatum voor de afstudeerperiode is 09-02-2015 en de einddatum van de afstudeerperiode is 05-06-2015.

Wat valt binnen de grenzen de afstudeerder:

- Onderzoek naar palletizerfunctie
- Het documenteren van de meest voorkomende varianten
- Het kiezen van de variant die uitgewerkt wordt
- Analyse van de gekozen variant en de benodigde berekeningen
- Berekeningen uitvoeren voor het mechanisch en waar mogelijk het elektrische gedeelte
- Het samenstellen van componenten tot een technische oplossing
- Uitbreiden van kennis over pneumatische en elektrische automatisering
- Oriëntatie naar de verschillende industriegroepen en de palletizerfunctie binnen deze industriesegmenten
- Uitwerking van de palletizerfunctie in een technische oplossing
- Indien nodig voor het creëren van een technische oplossing een component ontwikkelen of verbeteren.

Niet gedaan door afstudeerder:

- Uitgebreid marktonderzoek onder de klanten van Festo
- Alle mogelijke palletizers tot in detail documenteren
- Alle elektrische berekeningen uitvoeren
- Software schrijven voor de besturingen
- Detail tekeningen van de technische oplossing
- Ontwikkelen van software
- Ontwerpen van een machine in plaats van een machinefunctie.

Om het project op een zo goed mogelijke manier uit te werken moeten een aantal randvoorwaarden voldaan worden:

- Waar nodig moet de afstudeerder hulp kunnen inschakelen van zijn bedrijfsmentor als wel zijn afstudeercoach.
- De bedrijfsmentor moet een hoog genoeg niveau van opleiding hebben voor de ondersteuning
- Informatie die nodig is voor de volbrenging van het project moet te allen tijde gedeeld worden met de afstudeerder
- De informatie hoewel een groot gedeelte zelfstandig uitgezocht moet worden door de afstudeerder moet wel aangereikt worden aan de afstudeerder.
- Elke afdeling die betrokken is bij de ontwikkeling van de technische oplossing en dus betrokken is bij de opdracht uitwerking van de afstudeerder moet een volledige samenwerking bieden.
- De afstudeerder moet toegang hebben tot het database van producten van Festo en de technische gegevens van deze producten.
- De afstudeerder moet een werkplek binnen Festo hebben en waar nodig materiaal ter uitvoering van zijn opdracht.

8. Kwaliteitsbewaking

Het hoofdstuk kwaliteitsbewaking beschrijft hoe de kwaliteit van het project en de op te leveren producten wordt gewaarborgd. Dit is van belang voor de afstudeerder met een voldoende niveau dit project af te kunnen sluiten en voor het bedrijf om de bevindingen van de afstudeerder te kunnen gebruiken in toekomstige ontwikkellingen. Een aantal maatregelen waardoor de kwaliteit bewaakt blijft:

- Alle op te leveren producten worden door zowel de bedrijfscoach als door de afstudeercoach van commentaar voorzien.
- Tijdens de werkzaamheden tussendoor terugkoppeling vragen aan gesproken experts en bedrijfsmentor
- Tijdens de werkzaamheden kan er advies en hulp gevraagd worden aan experts binnen het bedrijf
- De software programma's die worden gebruikt worden door Festo aangeleverd en zijn programma's die van voldoende kwaliteit zijn voor de werkzaamheden.
- Bij te weinig kennis van producten en technieken investeerd de afstudeerder tijd om deze te verkrijgen en vraagt hulp bij experts.
- Terugkoppeling naar opdracht, plan van aanpak, programma van eisen, tussentijdse rapportage en conceptverslag.

8.1 Risico's

Tijdens het uitvoeren van het project zijn er risico's betrokken die het succes van het project bedreigen. Deze risico's zijn onder te verdelen in interne en externe risico's.

Interne risico's:

- Haalbaarheid van het project, het project doel is niet bereikbaar omdat deze te omvattend is.

Om dit risico te vermijden of een onvoldoende beoordeling te vermijden bij de afronding van de afstudeeropdracht, moet er tijdig en goed gecommuniceerd worden met de opdrachtgever en de hogeschool. Hier kan bijvoorbeeld bij de mondelinge verdediging van de opdracht goed worden toegelicht waarom het einddoel niet is bereikt, maar de doelen die bereikt zijn wel van genoeg kwaliteit zijn.

- De kennis van automatiseringstechnieken bij de afstudeerder is te laag.

De afstudeerder moet tijd besteden aan het vergroten van deze kennis en kan gebruik maken van Festo documentatie om zo dit risico te vermijden.

- Missen van deadlines in eigen planning

Een naleving van de deadlines zijn belangrijk. Dit risico kan vermeden voor door op tijd problemen te signaleren en verhelpen.

- Onvoldoende motivatie en inbreng van de afstudeerder

Het kan zijn dat door veranderingen binnen de opdracht of externe factoren de motivatie en/of inbreng van de afstudeerder te weinig is. Om dit voorkomen moet de student goed communiceren met de opdrachtgever en de hogeschool om dit tijdig te signaleren.

Externe risico's:

- Ziekte

Dit is een zeer moeilijk te vermijden risico, wel kan het werken vanuit huis bijdragen aan verhelpen van dit risico. Het van een bedrijfslaptop met de juiste software helpt hierbij.

- Veranderen van doelstelling en opdracht

Het kan zijn dat het probleem veel specifieker is dan in eerste instantie bedacht is. Waardoor de doelstelling en opdracht veranderen. Dit is een moeilijk risico om te vermijden, maar bij verandering moet er wel een goede verantwoording afgelegd worden. Dit laat zien dat de afstudeerder wel over genoeg competentie bevat, om in te zien waarom een opdracht verandert. Hierbij kan het wel voorkomen dat de tijd die voor het project staat in gevaar komt. Dit moet vervolgens goed gecommuniceerd worden aan Festo en aan de hogeschool.

- Onvoldoende begeleiding

Het kan voorkomen dat de bedrijfsbegeleider te druk of teveel afwezig is. Om dit te voorkomen is er een tweede begeleider die de taken kan overnemen.

- Onvoldoende medewerking van experts

Binnen Festo bevinden zich veel experts, hierdoor kan vaak uitgeweken worden naar andere experts. Toch is dit een onvermijdbaar risico.

- Onvoldoende duidelijke opdracht omschrijving

Dit risico kan de afstudeerder veel tijd kosten. Bij een onduidelijke opdracht omschrijving moet de afstudeerder het eerst duidelijk krijgen alvorens de opdracht door te zetten.

Bijlage II Vooronderzoek

Bijlage II Vooronderzoek

Vooronderzoek rapport

Vooronderzoek palletizerfunctie

06-05-2015

Auteur: Peter-Jan Snellink
Studie: Werktuigbouwkunde
Studentnummer: 09095446

1 Vooronderzoek

Een vooronderzoek dient als fundering van het project. Daarom is een goed vooronderzoek belangrijk voor het verdere verloop van het project. Voorafgaand aan het project is er geen kennis met betrekking tot palletizers en moet dus eerst goed ingelezen worden op het onderwerp alvorens vervolg stappen gezet kunnen worden in het vooronderzoek.

1.1 Literatuuronderzoek

Het onderzoek is gestart met een literatuuronderzoek om eerst een idee te krijgen van de systemen die op de markt zijn en welke verschillende varianten bestaan. Door zoekopdrachten op het internet zijn verschillende fabrikanten gevonden van palletizers (BRON). De fabrikanten van palletizers verduidelijken de werking van de palletizers door middel van beeldmateriaal. Door het bekijken van verschillende beeldmaterialen is veel kennis verschaft van de werking van verschillende systemen. BRON Na het inlezen over de palletizers kunnen gesprekken met experts gerichter plaatsvinden. Eerst worden de resultaten van het literatuur- en beeldmaterialenonderzoek verwerkt in uitgebreide beschrijvingen van de palletizers en hun werkwijze.

2 Hoe werken de bestaande palletizers?

De conventionele high infeed palletizer:

Figuur 26 High infeed palletizer

De productaanvoer van de high infeed variant vindt plaats door middel van een transport band die hoger dan de gewenste hoogte van een volle pallet geplaatst wordt. Bij de aanvoer van de producten is de positie van alle producten hetzelfde. De producten worden vervolgens wel of niet gedraaid door middel van een stootschot. Het stootschot kan een maximale hoekverdraaiing van 90 graden veroorzaken. Producten moeten dus van te voren al gedeeltelijk juist gepositioneerd worden, omdat anders twee stootschotten nodig zijn. De stootschotten werken wel met vele verschillende producten en product vormen. Het systeem gebruikt geen grippers en is daarom zeer veelzijdig in de verwerking van producten. De high infeed variant is dan ook een van de varianten van de palletizer die het meest flexibel is. Nadat de producten op de juist manier zijn gedraaid, worden de producten samen gebracht tot een rij. Het vormen van rijen is de eerste stap in het palletizen in de high infeed variant. De rijen zijn gevormd in een bepaalde configuratie die van te voren in de machine is ingevoerd. De gevormde rijen worden vervolgens op een vaak gladde ondergrond geduwd. Deze gladde ondergrond heeft een iets groter oppervlak dan de pallet en bevindt zich precies boven de pallet. De rijen worden op deze ondergrond geduwd totdat een volledige laag is gevormd. De volledige laag wordt vervolgens bij elkaar geduwd door simpele actuatoren. De laag is op dat moment juist gevormd. De pallet wordt tijdens het vormen van de laag omhoog gebracht tot net onder het oppervlak waar de laag gevormd is. De pallet wordt omhoog gebracht door een liftfunctie. De lift houdt de pallet op de juiste hoogte om de gevormde laag op de pallet te plaatsen. Daarna beweegt de lift naar beneden tot een hoogte waar een volgende laag geplaatst kan worden.

De high infeed palletizer kan een bijna continue stroom van producten aan, omdat de producten minimaal worden verplaatst. Vanwege deze hoge capaciteit wordt de high infeed palletizer vaak ingezet bij productielocaties met zeer hoge productie capaciteit. De high infeed variant neemt daarentegen wel veel vloer oppervlak in beslag vanwege de verschillende functies die achter elkaar plaatsvinden. De hoogte van de machine is iets hoger dan dat van een volgeladen omdat de producten van boven geladen worden. De high infeed variant kan wel meerdere verschillende producten hanteren, maar kan deze producten niet tegelijkertijd op een pallet stapelen, de zogeheten rainbowpallets.

De conventionele low infeed variant:

De productaanvoer van de low infeed variant vindt plaats op dezelfde hoogte als de pallet. Dit gebeurt dus op normaal hoogte niveau. Bij de aanvoer is de positie van alle producten hetzelfde. De producten worden vervolgens wel of niet gedraaid door middel van een stootschot zoals dit bij de high infeed variant ook gebeurt. Net zoals bij de high infeed geldt dat producten maximaal 90 graden gedraaid kunnen worden bij het gebruik van één stootschot. Vervolgens worden de producten na het wel of niet draaien wederom in rijen samen gevormd. Deze rijen worden daarna op een glad oppervlak geplaatst. Zoals bij de high infeed herhaalt deze stap zich totdat een volle laag zich heeft gevormd. De volle laag wordt vervolgens bij elkaar geperst. De liftfunctie in de low infeed variant bevindt zich onder de gevormde laag. De lift tilt de gevormde laag op en plaatst deze vervolgens boven het pallet oppervlak. Nadat de laag juist is gepositioneerd wordt de laag op de pallet toegevoegd.

Figuur 27 Low infeed palletizer

Het grote verschil met de high infeed variant is de manier waarop de liftfunctie in de palletizer werkt. De high infeed krijgt de producten boven de maximale pallet hoogte aangeleverd waarbij de low infeed variant de producten op normale vloer hoogte aangeleverd krijgt. De high infeed variant heeft de liftfunctie verwerkt in de lift die de pallet omhoog brengt en steeds een stap omlaag laat zakken. Bij de high infeed variant wordt eenmaal de weg van boven naar beneden afgelegd. De low infeed variant heeft een liftfunctie in de lift die de gevormde productlaag op de juist hoogte brengt. De lift in de low infeed variant maakt daarom steeds opnieuw de route van beneden naar boven en weer naar beneden. Doordat de low infeed variant een langere weg aflegt in de liftfunctie is deze variant langzamer en heeft daardoor minder capaciteit. Daarnaast is de oppervlakte van de machine ook groter dan de high infeed vanwege het vormen van lagen naast de pallet. De low infeed variant heeft daarom minstens twee keer de oppervlakte van een pallet nodig. De gewichtsverdeling is wel beter dan die van de high infeed variant door het grotere oppervlak. Zo is ook de hoogte van de machine lager dan de high infeed variant en is de maximale hoogte van de machine net iets meer dan dat van een volgeladen pallet.

Onconventionele robot variant:

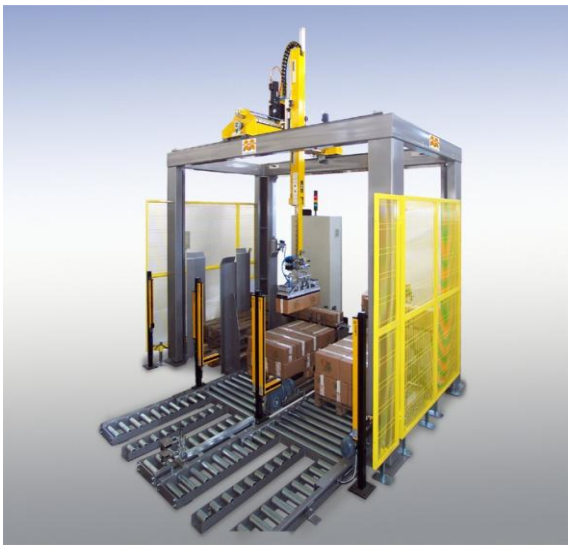
De aanvoer van producten kan bij de robot variant van alle kanten komen en heeft vaak de normale werkhoogte. Een hoogte die zich niet hoger bevindt dan de maximale plaatsingshoogte van een volle pallet kan gebruikt worden, maar dit biedt geen voordelen. De producten hoeven niet specifiek op een bepaalde manier gepositioneerd te worden alvorens de robot palletizer ze kan verwerken. De producten worden bij de robot variant direct door de 6-assige robot arm opgepakt. Het oppakken gebeurt met een grijper die vaak specifiek voor de eindgebruiker zijn productgroep is ontwikkeld. De meest voorkomende grijpers zijn vacuümgrijpers en radiaalgrijpers. Het grote verschil met de conventionele palletizers is dat de onconventionele robot palletizer de producten per stuk verwerkt. Hierbij wordt elk individueel product direct door de robotarm gepositioneerd en geplaatst op de pallet. De robotarm werkt met zes roterende assen die bij elkaar de robotarm een driedimensionale vrijheidsgraad geven in de vorm van bol. Vanwege de driedimensionale vrijheid maakt het bij de robot palletizer ook niet uit waar de aanvoer plaatsvindt. De robotarm verwerkt zelf de producten in verschillende hoogtes en een liftfunctie komt dus niet direct voor in de robot variant. Zoals terug te zien is in de werking van de robot variant verwerkt de robot variant de producten in minder stappen en in een directere manier dan de conventionele varianten. In feiten zijn de positioneringstappen zoals roteren en plaatsen in

Figuur 28 Robot palletizer

één stap verwerkt. De robot variant kan minder producten per minuut aan dan de conventionele varianten, omdat de robot variant elk product individueel verwerkt. De afgelegde weg met hetzelfde aantal producten is daarom vele malen groter bij de robot variant. Productielocaties die verschillende producten produceren en waar deze verschillende producten tegelijk geproduceerd worden, maar niet in te hoge aantallen, gebruiken vaak onconventionele varianten zoals de robot palletizer. De robot variant kan door de individuele aanpak van producten meerdere verschillende producten tegelijkertijd verwerken. Daarnaast is de grote bewegingsvrijheid van de robot variant een groot voordeel, omdat de producten van te voren niet specifiek gepositioneerd hoeven te worden. De oppervlakte die gebruikt wordt door de robot variant is significant kleiner dan de conventionele varianten. Het kleinere oppervlak en de concentratie van het hele systeem in één punt zorgt wel voor een zeer grote concentratie van het gewicht. De hoge concentratie van gewicht betekend meestal een benodigde versteviging van het grondoppervlak waar de robot palletizer geplaatst wordt.

Onconventionele XYZ portaal variant:

De XYZ portaal variant, hierna de XYZ variant genoemd, heeft een productaanvoer op normale werkhoogte. Bij de XYZ variant hoeven de producten niet op een bepaalde manier gepositioneerd te worden alvorens ze worden aangeleverd aan de palletizer. De XYZ variant heeft namelijk de mogelijkheid om de producten zelf te roteren. Het is wel gewenst om de producten recht aan te leveren en niet half gedraaid. De producten worden direct door de XYZ variant opgepakt door middel van een grijper. De grijper is vaak specifiek ontworpen voor de productgroep die verwerkt wordt door de eindgebruiker. De meest voorkomende grijpers zijn de vacuüm- en radiaalgrijper. De XYZ variant wordt vaak ook wel de robot palletizer genoemd, omdat de XYZ variant namelijk vele overeenkomsten met de robot variant heeft. Beide varianten verwerken de producten per stuk en verplaatsen de producten van aanvoer positie A naar positie B op de pallet. Het grote verschil in de beide varianten is de manier van transleren om de verplaatsing te voltooien. De robot variant maakt gebruik van een 6-assige robotarm welke alle assen in een roterende translatie gebruikt. De XYZ variant werkt met drie lineaire assen en één rotatie as, al deze assen gecombineerd creëren een driedimensionale vrijheidsgraad in de vorm van een kubus. Hierbij kan elk coördinaat in een XYZ-assenstelsel bereikt worden en kunnen de producten om hun eigen as geroteerd worden voor eventuele positionering van bijvoorbeeld de barcode. Dit betekent ook dat de XYZ variant zelf de hoogte van de producten kan verwerken en dat ook in deze variant geen op zichzelf staande liftfunctie nodig is. Zoals bij de robot variant kan de XYZ variant minder dozen per minuut aan dan de conventionele palletizer varianten. De XYZ variant kan wel meerdere productlijnen tegelijkertijd verwerken, omdat de XYZ variant de producten per stuk verwerkt kan de XYZ variant deze op verschillende pallets plaatsen. Een groot voordeel van de XYZ variant ten opzichte van de conventionele en robot variant is de compactheid van het systeem. De XYZ variant verwerkt de producten vanaf bovenaf en kan dus boven een pallet geplaatst worden. Als de XYZ variant boven een pallet geplaatst wordt neemt de XYZ variant niet veel meer plek in dan het pallet oppervlak. Een ander voordeel van de XYZ variant is de gewichtsverdeling, omdat de XYZ variant werkt met lineaire assen kan het hele systeem ondersteund worden door een frame dat het gewicht verdeelt over minstens twee punten. Bij de XYZ variant is vanwege de betere gewichtsverdeling vaak minder tot geen vloerversteviging nodig om een XYZ portaal palletizer te plaatsen.



Figuur 29 XYZ portaal palletizer

Onconventionele Hybride variant:

De hybride variant gebruikt, zoals het wordt hybride al doet vermoeden, een combinatie van twee hoofdvarianten van de palletizers. De producten worden aangeleverd via een verhoogde aanvoer zoals ook bij de high infeed variant. Deze high infeed maakt een snellere verwerking van producten mogelijk. De producten worden na de aanvoer opgevangen door een grijper die gepositioneerd wordt door middel van een XY portaal. Dit XY portaal bevindt zich bovenin de machine en kan door lineaire translaties elk willekeurig coördinaat binnen een XY vlak bereiken. Het XY portaal met de gripper positioneert vervolgens elk product in een XY vlak op een plaat die zich boven de pallet bevindt. Zoals bij de onconventionele varianten verwerkt ook de hybride variant de producten per stuk. De producten worden per stuk in een laag gepositioneerd, zodra de laag compleet is wordt de pallet op de juiste hoogte gebracht onder de gevormde laag en wordt de gevormde laag op de pallet geplaatst. De gripper in de hybride variant is vaak specifiek voor de eindklant ontworpen en heeft vaak meer dan alleen een grijpfunctie. Een rotatiemodule wordt ook vaak in de gripper verwerkt. Op de manier kan het XY portaal samen met de gripper elk product juist positioneren op de laag. Vervolgens kan de op zichzelf staande liftfunctie de mogelijkheid om de pallet op en neer te bewegen. De hoge invoer van producten zorgt ervoor dat de liftfunctie maar één keer de beweging omhoog hoeft te maken en daarna alleen nog maar de pallet hoeft te laten zakken. Dit zorgt uiteindelijk voor een snellere product verwerking dan de andere varianten behalve de high infeed variant. De snelle verwerking van producten, de veelzijdigheid aan producten die de hybride variant kan verwerken en het kleine vloeroppervlak van de hybride variant zorgt er voor dat er een behoorlijke markt is die deze variant aanschaft. Het oppervlak van de hybride variant wordt klein gehouden door het XY portaal dat dezelfde oppervlakte heeft als een te verwerken pallet. De hybride variant combineert veel voordelen van de beide hoofdvarianten zoals: klein vloeroppervlak, hoge verwerkingssnelheid, goede gewichtsverdeling, hoge positioneringnauwkeurigheid. Daarentegen zijn er ook nadelen zo zijn de vrijheden van het systeem beperkt ten op zichten van de andere onconventionele varianten. Zo kan de hybride variant maar één soort product tegelijkertijd verwerken. Dit betekend dat met een lagere snelheid dan bij de high infeed variant er nog steeds hetzelfde nadeel aanhangt.

Figuur 30 Hybride Palletizer

3 Interviews met experts

Voor het interview met experts op het gebied van de verpakkingsindustrie en handling systems is geen vast interview schema aangehouden. De gesprekken vormden zichzelf waarbij af en toe werd bijgestuurd op het moment dat er teveel werd afgedwaald van het onderwerp. Een aantal punten die besproken zijn:

- Hoe groot is de palletizermarkt en wie neemt de leiding in de markt?
- Hoe zijn standaarden verwerkt in de verpakkingsindustrie?
- Wat voor massa's worden gevraagd door gebruikers van palletizers?
- Klopt het dat de systemen onderverdeelt zijn in twee hoofdgroepen (conventioneel en onconventioneel)?
- Waar ligt volgens jullie het potentieel van Festo?
- Veel van de grijpers die ik heb gezien zijn zeer verschillend, is hier een standaard in te vinden?

De resultaten van het gesprek:

Er zijn vele verschillende palletizers op de markt. Na een aantal weken onderzoek is gebleken dat de markt voor de palletizer bedient wordt door vele verschillende machinebouwers. Sommige machinebouwers zijn groot en doen grote aantallen per jaar, maar ook zijn er kleine machinebouwers die elk maar een aantal machines per jaar afleveren en daarmee de vraag van de markt bedienen. Tot nu toe is er nog niet één groot bedrijf dat de daadwerkelijke leiding neemt in de markt van de palletizers. Vanwege deze marktverdeling is er nog niet een standaard ontstaan in de palletizer markt en is het dus lastig om direct een technische oplossing te ontwikkelen voor de palletizerfunctie.

De verpakkingsindustrie is een industrie die veelal direct te maken heeft met consumentengoederen. Consumentengoederen komen in elke denkbare: maten, vormen en gewichten voor. Het gebruik van standaarden in de verpakkingsindustrie is vanwege de grote variëteit van producten zeer lastig. Verpakkingsmaterialen hebben een aantal standaarden, maar hier wordt veelal vanaf geweken zodra het om grote aantallen gaat. De massa en dimensie van een product dat met een palletizer verwerkt wordt is dus voor bijna elke klant verschillend.

De massa's van producten loopt net zoveel uiteen als de producten zelf. Echter het zwaardere segment van palletizers kunnen massa's van 35kg verplaatsen. Deze palletizers kunnen vaak een cyclustijd behalen van ongeveer vijf seconden.

De palletizermarkt bestaat inderdaad uit twee segmenten: conventionele en onconventionele palletizers.

Festo is duidelijk heel sterk in lineaire bewegingen. Festo heeft daarom het meeste potentieel in de portaal palletizers. Robot palletizers zijn niet gewenst, omdat Festo daar niks in kan bieden.

Zoals al eerder vermeld de verpakkingsindustrie is een industrie waar geen product hetzelfde is als de ander. Om de producten bij onconventionele palletizers op te pakken zijn verschillende grijpers nodig voor bijna elk product. Bij de huidige machines worden de rotatie-units en grijpers per machine afgestemd op het te verwerken product. Sommige robot palletizers hebben een automatisch grijper wisselsysteem.

Literatuurlijst

[1] Verschillende varianten palletizers, bekeken op 27-02-2015
http://www.hixson-inc.com/_images/PalletizingEquip&Op_0304.pdf

[2] Robot versus conventional palletizers, bekeken op 02-03-2015
http://www.toptier.com/download/robot_vs_conventional_palletizer_white_paper.pdf

[3] Portaal palletizers, bekeken 06-03-2015
http://www.palsys.nl/nl/portaalrobots/

[4] Portaal palletizer T-gantry, bekeken op 09-03-2015
https://www.youtube.com/watch?v=2rXbEPur8X4

[5] Portaal palletizer eigenschappen, bekeken 10-03-2015
http://www.palsys.nl/user/file/p40-folder.pdf

Bijlage III Standaardenrapport

Bijlage III standaardenrapport

Standaardenrapport

Rapport over de standaarden die aangenomen worden in de berekeningen

31-05-2015

Auteur: Peter-Jan Snellink
Studie: Werktuigbouwkunde
Studentnummer: 09095446

Contents

1 Pakket van eisen en wensen 67
2 Standaardisatie van de palletizerfunctie 68
2.1 Standaardisatie van doos 68
2.2 Standaardisatie van pallet 69
2.3 Standaard afmetingen in XY vlak 70
2.4 Standaard afmetingen in het Z vlak 71
2.5 Standaard bewegingsprofiel 71
3 Systeemgrenzen en randvoorwaarden 74
Literatuurlijst 75

1 Pakket van eisen en wensen

De palletizerfunctie moet voldoen aan een aantal eisen. Deze eisen bepalen of de technische oplossing de palletizerfunctie kan vervullen. Deze eisen en wensen zijn opgesteld aan de hand van de standaarden die gekozen zijn(hoofdstuk 2) en interviews met experts op het gebied van palletizerfuncties.

De technische oplossing moet voldoen aan een aantal eisen:

- Positioneer mogelijkheid op elk gewenste positie hebben
- Positioneernauwkeurigheid van minder dan 0,5mm
- Beschikbaar zijn in slaglengtes van minimaal 2200mm
- Moet een product van 35kg met een rotatie-unit van 15kg kunnen verplaatsen
- Moet minimaal een aan- en afvoer mogelijkheid hebben
- Moet een hogere snelheid dan 1 m/s kunnen behalen
- Moet een minimale versnelling van 8 m/s^2 kunnen behalen
- Mag in de Z richting niet een hogere versnelling dan 8 m/s^2 behalen
- Moet de belastingen kunnen weerstaan voortkomend uit berekeningen.

Wensen:
- Oppervlakte van de palletizerfunctie moet niet veel groter zijn dan de pallet zelf
- Het gewicht van de palletizerfunctie moet verspreid worden over meer dan 1 punt
- Toegankelijkheid van zoveel mogelijk verschillende kanten
- Aanschafkosten zo laag mogelijk houden.

2 Standaardisatie van de palletizerfunctie

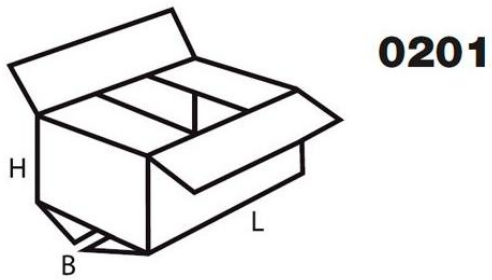
Zoals blijkt uit het vooronderzoek is de industrie waarin de palletizerfunctie werkt, de verpakkingsindustrie, een industrie van vele variabele. De verpakkingindustrie is sterk afhankelijk van de consumentenmarkt en de consumentenmarkt is een markt waarin uiterlijk van een product zeer zwaar meetelt. Doordat het uiterlijk van een product zo belangrijk is in de consumentenmarkt zijn standaarden in verpakkingen bijna onmogelijk te realiseren. Dit houdt in dat de verpakkingsindustrie geen enkele standaard hanteert met betrekking tot de verpakkingsmaterialen. Een gebruiker van een palletizer heeft vaak wel een beperkt aantal variaties op de verpakkingen die hij gebruikt, maar omdat de palletizerfunctie in dit geval ontwikkelt wordt zonder specifieke klantaanvraag zijn er geen eisen en wensen bekend van de verpakkingsmaterialen die gebruikt worden. Om de concepten van de palletizerfunctie door te rekenen, moeten een aantal standaarden worden gekozen om de berekeningen op uit te voeren. Dit rapport behandelt de standaarden die zijn opgesteld voor de palletizerfunctie waarmee alle uiteindelijke berekeningen uitgevoerd zijn. Eerst wordt het verpakkingsmateriaal van het product gekozen, waarna de pallet standaard gekozen wordt. Tot slot worden met de afmetingen van de doos en de pallet, standaard afmetingen berekend van het bewegingsprofiel van de palletizerfunctie.

2.1 Standaardisatie van doos

Om de producten van een eindgebruiker te verpakken wordt gebruik gemaakt van een kartonnen doos. Een kartonnen doos is veruit de meest gebruikte optie in de verpakkingsindustrie om producten te verpakken. In de markt van kartonnen dozen bestaan vele verschillende varianten en wordt er eigenlijk geen gebruik gemaakt van een internationale standaard. Een van de enige standaarden die terug te vinden is in de verpakkingsindustrie is FEFCO (Fédération Européenne des Fabricants de Carton Ondule). De FEFCO organisatie handelt in de belangen van de verpakkingsindustrie en heeft een standaard opgesteld voor dimensies van kartonnen dozen. Het meest voorkomende model is de FEFCO 0201 of wel de Amerikaanse vouwdoos; vier flappen aan de onder- en vier aan de bovenkant.

Bij navraag van een grote leverancier van Amerikaanse vouwdozen werd aangegeven dat de varianten 600 x 400 x 400 en 500 x 400 x 300 de meest verkochte varianten waren. Om zo dicht mogelijk bij de vele verschillende opties te blijven die de palletizerfunctie verwerkt kan het beste gekozen worden voor de kleinere variant van de twee meest voorkomende. Door een kleinere variant te kiezen wordt de palletizerfunctie meer op uiterste berekend dan bij een grotere doosafmeting. De keuze van de doos die gebruikt wordt voor de palletizerfunctie:

<u>Een Amerikaanse vouwdoos</u> met de standaardafmetingen van L x B x H = 500 x 400 x 300 mm



Figuur 31 Standaard Amerikaanse vouwdoos

2.2 Standaardisatie van pallet

De palletindustrie heeft wel standaarden die zijn vastgelegd in de International Organization for Standardization (ISO), maar vanwege de grote variaties in de verpakkingsindustrie wordt hier nog heel vaak in afgeweken. Dit betekend dat er geen wereldwijde stadaard pallet is. De ISO standaard 6780*: Flat pallets for intercontinental materials handling—Principal dimensions and tolerances* beschrijft zes verschillende standaard afmetingen voor pallets:

Tabel 5 ISO standaard 6780 pallet afmetingen

Afmetingen (L x B) millimeters	Ongebruikt oppervlak, ISO container	Meest gebruikt in
1219 x 1016	3.7%	Noord-Amerika
1200 x 1000	6.7%	Europa, Azië
1165 × 1165	8.1%	Australië
1067 × 1067	11.5%	Noord-Amerika, Europa, Azië
1100 × 1100	14%	Azië
800 × 1200	15.2%	Europa, EUR-pallet

In de tabel 1 is terug te zien dat verschillende pallets worden gebruikt op verschillende continenten.

Europa heeft door middel van de European Pallet Association (EPAL) een instantie die standaardisering van pallets verzorgd in Europa. Het gebruik van de EPAL pallets is inmiddels ook uitgebreid naar andere continenten zoals Azië, Noord-Amerika en Australië. De EPAL heeft een aantal verschillende pallet afmetingen in de standaard opgenomen:

Tabel 6 EPAL standaard pallet afmetingen

EUR-pallet type	afmetingen (L x B)
EUR, EUR 1	1200mm x 800mm
EUR 2	1200mm x 1000mm
EUR 6	800 mm × 600 mm

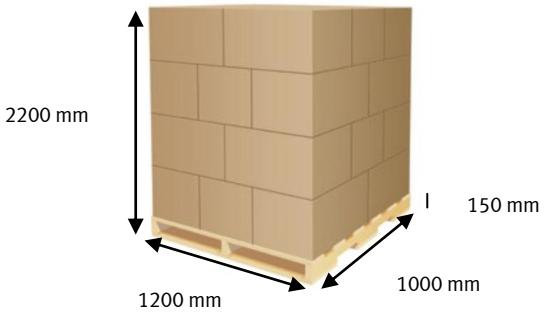
In tabel 2 is te zien dat de EPAL standaard ook directe ISO alternatieven kan bieden met dezelfde afmetingen. Ook valt op dat de EUR 2 pallet dezelfde afmetingen heeft als de ISO2 pallet die bijna gelijk is aan de pallet die standaard gebruikt wordt in Noord-Amerika (GMA-pallet) met de afmetingen L x B = 1219 x 1016 mm. Bij de keuze van een standaard pallet is het daarom handig om te kiezen voor een pallet die de afmetingen heeft van een pallet die gebruikt wordt in zowel Europa als in andere continenten. De pallets die het meest voorkomen in de verpakkingsindustrie:

- EUR-pallet: 1200 x 800 mm
- EUR2-pallet: 1200 x 1000mm
- GMA-pallet (standaard Noord-Amerikaanse pallet): 1219 x 1016 mm

Twee van de drie meest voorkomende pallets hebben nagenoeg dezelfde afmetingen en zijn beide groter dan de EUR-pallet. Om de palletizerfunctie zo breed mogelijk inzetbaar te maken is het beter om voor de palletkeuze een grotere pallet te nemen. Bij een grotere pallet zijn de uiterste waarmee de palletizerfunctie werkt groter dan bij de kleinere pallet. Door bij de berekeningen uit te gaan van grotere uiterste is de palletizerfunctie breder inzetbaar. De afmetingen van de standaard pallet wordt daarom gebaseerd op: De EUR2-pallet met de stadaardafmetingen van L x B x H (mm) = 1200 x 1000 x 150 (mm) (Zie figuur 2).

De maximale laadhoogte van pallets is in geen enkele standaard opgenomen. De laadhoogte van een pallet is afhankelijk van de wijze van transport. Vracht kan op verschillende manieren vervoert worden. De meest voorkomende wijze: Vrachtwagen, zeecontainer en luchtvracht. Vele luchtvaart maatschappijen hebben standaard maximale laadafmetingen, deze laadafmetingen zijn niet hoger dan 1600 mm. De maximale laadhoogte van zeecontainers is rond de 2400 mm. Bij transport door middel van vrachtwagens mag de maximale pallet hoogte bij veel transportbedrijven de maximale hoogte van 2000-2200 mm niet overschrijden.

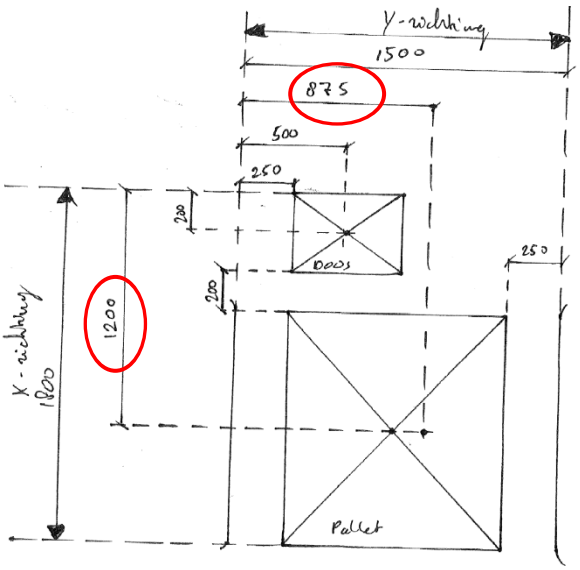
De maximale hoogte waarmee de palletizerfunctie werkt is 2200 mm. De 2200 mm hoogte is de meest omvattende hoogte voor de verschillende maximale hoogtes van volgeladen pallets. De grotere hoogte betekend dat er met grotere uiterste berekend wordt waardoor de berekende palletizerfunctie breder inzetbaar is.



Figuur 32 Standaard EUR2-pallet afmetingen

2.3 Standaard afmetingen in XY vlak

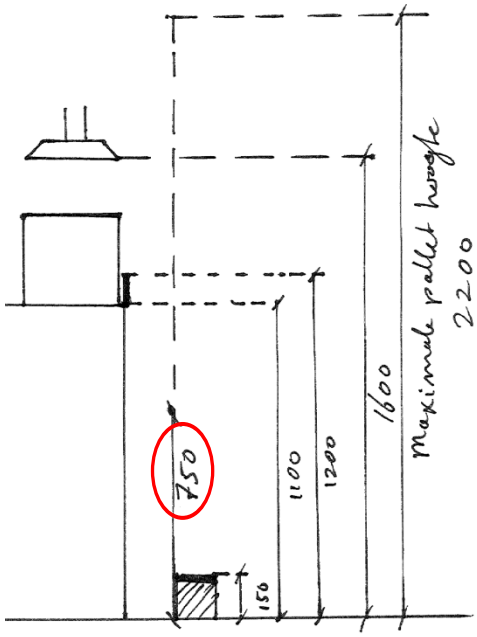
Na de standaardisatie van het verpakkingsmateriaal en de pallet kan een standaard ontworpen worden voor de standaardafmetingen van het werkveld van de palletizerfunctie in het XY vlak. De aanvoer van de producten wordt weergegeven met de afmetingen van de standaard doos. Tussen de aanvoer en de pallet is een kleine ruimte van 200mm gemaakt als werkruimte voor de palletizer. De beweging in de X richting is het meest kritisch voor de palletizerfunctie en om de palletizerfunctie zo breed mogelijk inzetbaar te maken is voor de standaard XY afmeting gekozen om de pallet met de lange zijde in de X richting te gebruiken. Ook is daarom de aanvoer van producten is in het verlengde van de lange kant van de pallet in de X richting geplaatst. Aan beide zijkanten van de pallet in de Y richting is een werkruimte van 250mm genomen voor palletizerfunctie voor het geval dat door een fout in de software de actuator naar zijn uiterste stand beweegt. Al deze afmetingen bij elkaar geeft de standaard XY afmeting.



Figuur 33 Standaard XY afmetingen alle afmetingen zijn in millimeter

2.4 Standaard afmetingen in het Z vlak

Met de standaardisatie van de pallet, verpakkingsmateriaal en de maximale laadhoogte van de pallet kan een standaard voor het Z vlak ontworpen worden. (Zie figuur 4) De maximale laadhoogte van de pallet is 2200 mm en dit is inclusief de pallet hoogte. De aanvoer van de producten is meegenomen in het ontwerp van de standaard Z afmetingen omdat dit van grote invloed is op de palletizerfunctie. De hoogte van de aanvoer is op 1100mm gesteld, zodat de palletizerfunctie een zo klein mogelijke afstand hoeft af te leggen in de Z richting. Als een veiligheidsmarge is de rustpositie van de grijper 200mm boven het product gesteld. Het product loop bij de aanvoer aan tegen een stootschot van 100mm, hier moet het product dus eerst overheen worden getild, voordat het product in de X of Y richting kan bewegen.



Figuur 34 Standaard Z afmetingen, alle afmetingen zijn in millimeters

2.5 Standaard bewegingsprofiel

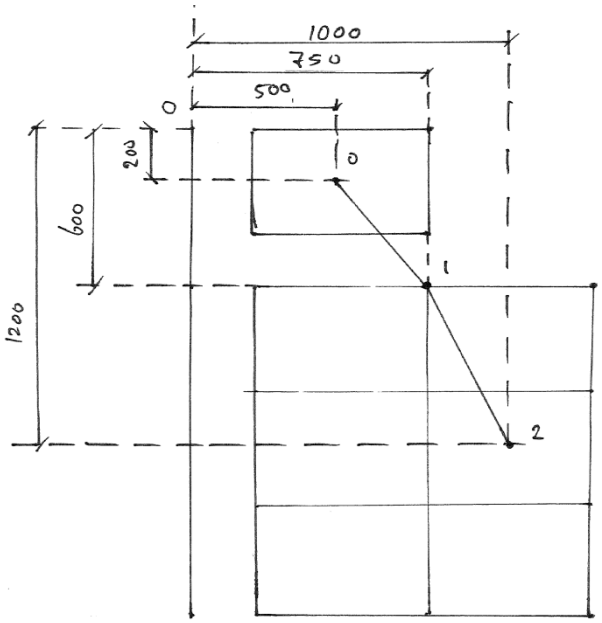
Om berekeningen te kunnen maken aan de palletizerfunctie moeten de versnellingen waarmee de palletizerfunctie werkt bekend zijn. De palletizerfunctie ondervindt namelijk belastingen van twee verschillende krachten:

Zwaartekracht: $Fg = massa \times valversnelling$
Versnellingskracht: $Fa = massa \times versnelling$

Deze krachten vormen daarbij belastingen door middel van momenten of krachten, dit betekend dat de positie van het product ook relevant is bij het bepalen van de belastingen.

$$Moment = kracht \times arm$$

De massa waarmee wordt gerekend is gesteld in het pakket van eisen en wensen. De valversnelling is een constante, maar de versnelling wordt bepaald door de cyclustijd van de palletizerfunctie. Des te sneller de palletizerfunctie een positie moet bereiken des te hoger zijn de versnellingen in die richting. Elk product heeft een andere positie op de pallet en daarom ook een ander bewegingsprofiel. Aan de hand van cyclustijden van het bereiken van deze verschillende posities kunnen versnellingen bepaald worden. Om het systeem mechanisch door te rekenen wordt eerst de gemiddelde beweging bepaald van de palletizer. Als de gemiddelde beweging berekend wordt aan de hand van de afmetingen van het systeem dan worden de rood omcirkelde waardes gevonden (zie figuur 3 en 4). De gemiddelde beweging valt niet op dezelfde plek als dat een doos mogelijk geplaatst kan worden als de standaard doos en pallet gebruikt worden. De doos voor de gemiddelde beweging is de eerste doos die ongunstiger uitvalt dan de gemiddelde beweging die berekend is. (Zie figuur 5 en 6) voor de daadwerkelijke gemiddelde beweging.



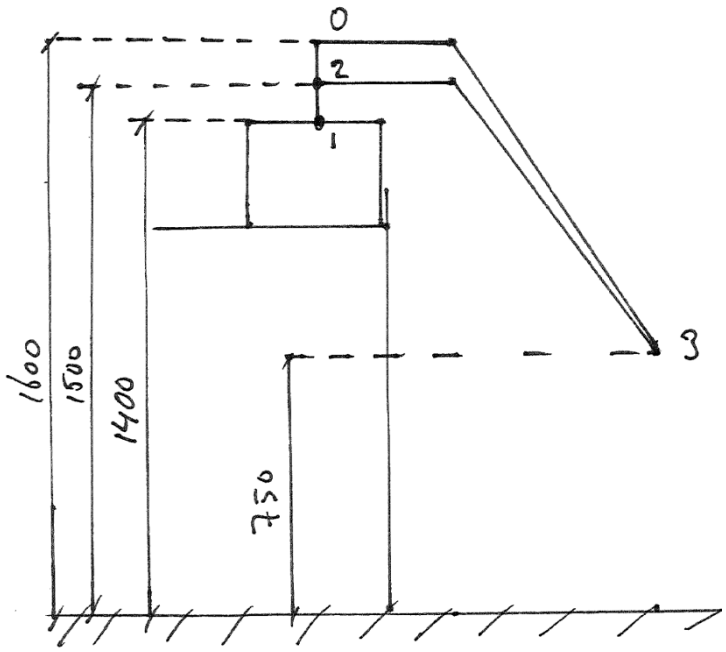
Figuur 35 Gemiddelde beweging in XY vlak

De gemiddelde beweging van het XY vlak valt net buiten het midden maar niet op de exacte plaats van een doos. Daarom wordt voor de daadwerkelijke gemiddelde beweging de doos gekozen die hier net buiten valt. Het middelpunt deze doos bevindt zich in de Y richting op 500mm van de startpositie. In de X richting bevindt het middelpunt zich op 1000mm van de start positie. Het bewegingsprofiel maakt in het XY vlak de volgende stappen:

- Positie 0 naar 1:
    - De start positie 0 bevindt zich op X=200mm en Y=500mm
    - De palletizerfunctie beweegt naar positie 1 op X=600mm en Y=750mm

- Positie 1 naar 2:
    - Op deze positie is de doos voorbij het aanvoerplatform.
    - De palletizerfunctie beweegt naar positie 2 op X=1200 en Y=100mm

Vervolgens beweegt de palletizerfunctie zich volgens dezelfde punten weer terug naar de 0 positie.



Figuur 36 Gemiddeld bewegingsprofiel Z vlak, afmetingen zijn in millimeters.

De gemiddelde beweging in het Z vlak gebeurt gedeeltelijk tegelijkertijd met de bewegingen in het XY vlak om tijdswinst te maken. De start positie van de palletizerfunctie is 0. De volgende stappen worden gemaakt:

- Van 0 naar 1: De beweging vindt als allereerste plaats en is om het product op te pakken.
- Van 1 naar 2: Om het product over het stootschot te tillen wordt het product eerst 100mm omhoog getild.
- Van 2 naar 3: Het product blijft eerst op positie 2 totdat in het XY vlak de positie 1 is bereikt, vervolgens beweegt het product in het Z vlak tegelijkertijd met de beweging van het XY vlak 1->2.
- Van 3 naar 0: Omdat de volgende doos al klaar kan staan moet de palletizerfunctie eerst terug naar de 0 positie om vervolgens pas weer boven het product bewogen te worden. Daarom wordt de palletizer in de Z richting van 3 naar 0 bewogen tegelijkertijd met de XY beweging die terug beweegt naar positie 1.

De gemiddelde beweging wordt vervolgens gebruikt om de versnellingen te bepalen die nodig zijn als deze gemiddelde beweging in vier seconden moet gebeuren. In het pakket van eisen en wensen stelt wordt een cyclus tijd van vijf seconden en als wens een cyclustijd van vier seconden. Om de concepten te toetsen aan de eisen en wensen wordt gekozen om de cyclustijd van de gemiddelde beweging op vier seconden te stellen. In Bijlage IV is te zien hoe berekend wordt welke versnellingen hiervoor nodig zijn. De versnellingen die horen bij deze gemiddelde beweging:

De ax die voor de grootste kracht zorgt in de X richting voor de palletizerfunctie is:

- 3,33 m/s^2

De ay die voor de grootste kracht zorgt in de Y richting voor de palletizerfunctie is:

- 2,30 m/s^2

De az die voor de grootste kracht zorgt in de Z richting voor de palletizerfunctie is:

- 4,17 m/s^2

3 Systeemgrenzen en randvoorwaarden

Naar aanleiding van het vooronderzoek en de afbakening van het project zijn een aantal systeemgrenzen opgesteld voor het ontwerp van de standaardoplossing:

- De rotatie-unit met grijper wordt niet mee ontworpen omdat deze per klant bekeken moet worden.
- Het systeem wordt alleen mechanisch bepaald en niet elektrisch, dit houdt in dat het ontwerp alleen mechanische onderdelen bevat en geen motor en motorcontrollers.
- Het informatieaspect wordt eveneens buiten beschouwing gelaten.

Randvoorwaarden:

- De rotatie-unit met grijper wordt op advies van de experts vastgesteld op een blok met een homogeen verdeelde massa van 15kg en een hoogte van 150mm.
- De massa waarmee gerekend moet worden is 35 kg omdat dit in het zwaardere segment van de markt gevraagd wordt.
- De standaard oplossing kan niet bestaan uit een rotatie robot. Festo kan hier geen producten in aanbieden.

Literatuurlijst

[1] Dozen leverancier voor Amerikaanse vouwdoos, bekeken op 25-04-2015
http://www.hodi.nl/shop/amerikaanse-dozen-enkelgolf/500-x-400-x-300-mm-amerikaanse-vouwdoos-bruin-b-go/178/1439

[2] Pallet afmetingen, leverancier van pallets, bekeken op 27-04-2015
http://www.chep.com/pallets/pallet_sizes/

[3] Standaarden van EPAL pallets, bekeken op 27-04-2015
http://www.epal-pallets.org/uk/produkte/vergleich.php

[4] Pallet hoogte, bekeken op 27-04-2015
http://newlandexpress.co.uk/faqs/

[5] Pallet hoogte, bekeken op 28-04-2015
http://www.loweslink.com/llmain/pubdocuments/vcpkg-palletizationshippingguidelines.pdf

Bijlage IV Berekeningsrapport

Bijlage IV Berekeningsrapport

Berekeningsrapport

Berekeningsrapport van geselecteerde concepten

31-05-2015

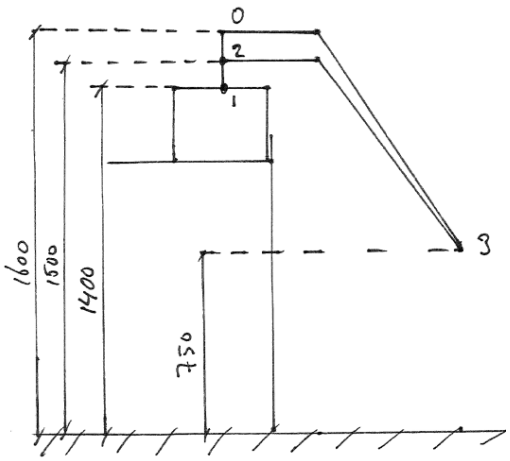
Auteur: Peter-Jan Snellink
Studie: werktuigbouwkunde
Studentnummer: 09095446

Contents

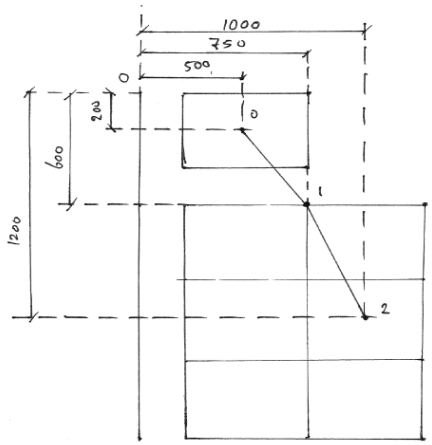
1 Berekeningen bewegingsprofiel 79
2 Berekeningsvoorwaarden 82
3 Berekeningen concept 1 XYZ portaal 83
3.1 Z-as concept 1 XYZ portal 84
4 Berekeningen concept 2 XZY 85
4.1 Y-as concept 2 XZY portaal 85
4.2 Z-as concept 2 XZY portaal 87
4.3 X-assen concept 2 XZY portaal 90
5 Concept 3 XY2Z portaal 95
5.1 Y-as concept 3 XY2Z 95
5.2 Z-assen concept 3 XY2Z 96
5.3 X-assen concept 3 XY2Z 103
6 Controle berekening cyclustijden 106

1 Berekeningen bewegingsprofiel

Het bewegingsprofiel is gebaseerd op een gemiddelde beweging die beschreven staat in het standaardenrapport Bijlage III. Vanuit de standaarden en de gekozen gemiddelde beweging zijn in het standaardenrapport de afmetingen van de gemiddelde beweging bepaald. Aan de hand de afmetingen(zie figuur 1 en 2) en de wens voor een vier seconden cyclustijd worden de versnellingen berekend.



Figuur 37 Gemiddelde beweding Z vlak



Figuur 38 Gemiddelde beweging XY vlak

De bewegingen in het bewegingsprofiel worden aan de hand van een snelheidsprofiel dat wordt gebruikt bij elektrische actuatoren berekend. Bekend zijn twee type snelheidsprofielen (ziefiguur??):

- Het driehoeksprofiel (plaatje)
- Het trapeziumprofiel (plaatje)

Het trapeziumprofiel wordt gekozen om de berekeningen van het bewegingsprofiel mee te maken. Het trapeziumprofiel is beter geschikt voor dynamische systemen zoals de palletizerfunctie vanwege een lagere jerk. Het trapeziumprofiel wordt steeds in drie delen gedeeld. Het eerste 1/3 deel is de versnelling, waarna het tweede 1/3 deel de maximum snelheid voortzet en als laatste het derde 1/3 deel de vertraging inzet. De formules voor het berekenen van een trapeziumprofiel:

$$Gemiddelde\ snelheid\ Vavg(m/s) = afstand\ \div tijd$$

$$Maximum\ snelheid\ Vmax(m/s) = 1{,}5 \times Vavg$$

$$Versnelling\ a(m/s^2) = \ 3 \times Vmax \div tijd$$

Aan de hand van de drie formules is in Excel een berekening gemaakt van de gemiddelde beweging en een vier seconden cyclustijd (zie tabellen 1 en 2)

Tabel 7 Versnellingswaardes X en Y richting

Trapezium Pos 0 -> 1

Waardes aY	
Vavg (m/s)	0,36
Vmax (m/s)	0,54
a (m/s^2)	2,30

Trapezium Pos 1 -> 2

Waardes aY	
Vavg (m/s)	0,28
Vmax (m/s)	0,42
a (m/s^2)	1,39

Trapezium Pos 2 -> 1

Waardes aY	
Vavg (m/s)	0,36
Vmax (m/s)	0,54
a (m/s^2)	2,30

Trapezium Pos 1 -> 0

Waardes aY	
Vavg (m/s)	0,50
Vmax (m/s)	0,75
a (m/s^2)	4,50

Trapezium Pos 0 -> 1

Waardes aX	
Vavg (m/s)	0,57
Vmax (m/s)	0,86
a (m/s^2)	3,67

Trapezium Pos 1 -> 2

Waardes aX	
Vavg (m/s)	0,67
Vmax (m/s)	1,00
a (m/s^2)	3,33

Trapezium Pos 2 -> 1

Waardes aX	
Vavg (m/s)	0,86
Vmax (m/s)	1,29
a (m/s^2)	5,51

Trapezium Pos 1 -> 0

Waardes aX	
Vavg (m/s)	0,80
Vmax (m/s)	1,20
a (m/s^2)	7,20

	Pos 0 -> 1			Pos 1 -> 2			Pos 2 -> 1			Pos 1 -> 0	
Afstand Y	0,25	m	Afstand Y	0,25	m	Afstand Y	0,25	m	Afstand Y	0,25	m
Afstand X	0,4	m	Afstand X	0,6	m	Afstand X	0,6	m	Afstand X	0,4	m
Tijd	0,7	s	Tijd	0,9	s	Tijd Zonder lading	0,7	s	Tijd Zonder lading	0,5	s

Tabel 8 Versnellingswaardes Z richting

Pos 0->1

Waardes aZ	
Vavg (m/s)	0,50
Vmax (m/s)	0,75
a (m/s^2)	5,63

Pos 1 ->2

Waardes aZ	
Vavg (m/s)	0,25
Vmax (m/s)	0,38
a (m/s^2)	2,81

Pos 2->3

Waardes aZ	
Vavg (m/s)	0,83
Vmax (m/s)	1,25
a (m/s^2)	4,17

Pos 3->0

Waardes aZ	
Vavg (m/s)	1,21
Vmax (m/s)	1,82
a (m/s^2)	7,81

Afstand 0->1	0,2	m	Tijd pos 0->1	0,4	s
Afstand 1->2	0,1	m	Tijd pos 1->2	0,4	s
Afstand 2->3	0,75	m	Tijd pos 2->3	0,9	s
Afstand 3->0	0,85	m	Tijd pos 3->0	0,7	s

De cyclustijd kan gecontroleerd worden:

$$Cyclustijd = Zpos\ 0 \rightarrow 1 + Zpos1 \rightarrow 2 + XYpos0 \rightarrow 1 + XYpos1 \rightarrow 2 + XYpos2 \rightarrow 1 + XYpos1 \rightarrow 0$$

$$Cyslustijd = 0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}7 + 0{,}9 + 0{,}7 + 0{,}5 = 3{,}6\ seconden$$

Deze cyclustijd houdt geen rekening met de tijd die het kost om het product te pakken en los te laten. Om het product los te laten en te pakken wordt voor beide bewegingen 0,2 seconden bij de cyclustijd opgeteld.

$$Totale\ cyclustijd = 3{,}6 + 0{,}2 + 0{,}2 = 4{,}0\ seconden$$

Nu de versnellingen bekend zijn en de cyclustijd gecontroleerd is kunnen de versnellingen worden bepaald die bepalend zullen zijn voor het systeem en waar mee gerekend moet worden.

De Y beweging heeft twee bewegingen met lading en twee bewegingen zonder lading. De maximale versnelling in de bewegingen:

- Met lading: 2,30 m/s^2
- Zonder lading: 4,50 m/s^2

De massa bij de bewegingen:

- Met lading: 50kg
- Zonder lading: 15kg

Omdat de versnellingskracht wordt bepaald door de massa en de versnelling moet beide worden uitgerekend om te kijken welke de hoogste waarde heeft:

- $Met\ lading = F = massa \times versnelling = 50 \times 2{,}3 = 115\text{N}$
- $Zonder\ lading = F = massa \times versnelling = 15 \times 4{,}5 = 67{,}5\text{N}$

De versnelling met lading genereert een grotere kracht en is dus de versnelling waarmee het systeem mechanisch bepaald moet worden voor de krachten in de Y richting.

Maximale Y versnelling: 2,30m/s^2

De X beweging heeft ook twee bewegingen met lading en twee bewegingen zonder lading. De X en Y beweging vinden steeds tegelijkertijd plaats. De waardes van de X bewegingen moeten ook bekeken worden aan de locaties. Bij de beweging van positie 0-›1 wekt de X beweging minder kracht op dan bij de beweging van de positie 1-›2. De X beweging van posistie1-›2 kan namelijk plaatsvinden in de meest uiterste stand, waarbij de beweging van positie 0-›1 alleen maar tot maximaal de helft plaatsvindt. De maximale waardes van de bewegingen:

- $Met\ lading = F = massa \times versnelling = 3{,}33 \times 50 = 166{,}5\text{N}$
- $Zonder\ lading = F = massa \times versnelling = 7{,}20 \times 15 = 108\text{N}$

Maximale X versnelling: 3,33m/s^2

De Z beweging heeft net zoals de X en Y beweging twee bewegingen met een lading en twee zonder lading. De maximale waardes:

- Met lading: 4,17m/s^2
- Zonder lading: 7,81m/s^2

De hoogste versnellingskracht:

- $Met\ lading = F = massa \times versnelling = 50 \times 4{,}17 = 208{,}5\text{N}$
- $Zonder\ lading = F = massa \times versnelling = 15 \times 7{,}81 = 117{,}2\text{N}$

Maximale Z versnelling: 4,17m/s^2

2 Berekeningsvoorwaarden

Dit rapport beschrijft voor de drie geselecteerde concepten: concept 1 XYZ, concept 2 XZY en concept 3 XY2Z de berekeningen die gemaakt zijn en de uitkomsten daarvan. Op basis van deze uitkomsten zijn elektrische actuatoren van Festo gekozen, waarmee het concept uitgewerkt kan worden.

Eerst worden de berekeningsvoorwaarden kort aangehaald, waarna de concepten worden berekend. De berekeningen worden gedaan aan de hand van de standaarden die zijn opgegeven in het standaardenrapport (Bijlage III) en het pakket van eisen en wensen (Bijlage III). Het standaardenrapport en het pakket van eisen en wensen geven de voorwaarden aan waarmee de palletizerfunctie berekend moet worden: de standaardafmetingen van de palletizerfunctie, de massa's en de versnellingen.

De slaglengte van de elektrische actuatoren:
- X-as: 1800mm
- Y-as: 1000-1200mm met 250mm of 500mm reserve slag.
- Z-as: 2200mm

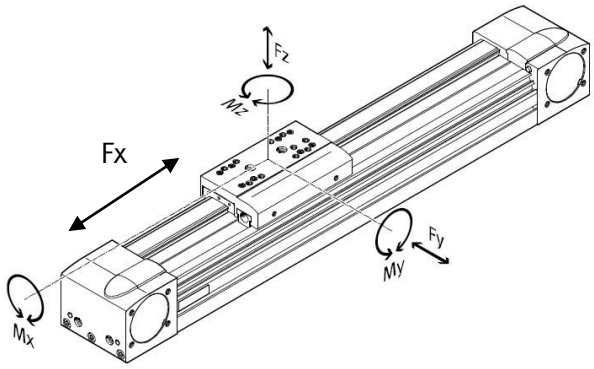
De massa van het product(doos):
- Rotatiemodule: 15kg
- Doos: 35kg
- Doos totaal: 50kg

De versnellingen:
- X richting: ax= 3,33 m/s^2
- Y richting: ay= 2,30 m/s^2
- Z richting: az= 4,17 m/s^2

De elektrische actuatoren waarmee gerekend wordt in de concepten:

- EGC-TB: de EGC-TB is een elektrische actuator die werkt met een tandriem en een externe geleiding die gebruik maakt van een kogelomloopgeleiding (zie bijlage V)

De EGC-TB elektrische actuator heeft een kogelomloopgeleiding waardoor de as grotere momenten op de loopwagen kan weerstaan dan andere elektrsiche actuatoren die met een roller- of glijgeleiding werken. De EGC-TB kan op zes verschillende manieren belast worden (zie figuur 3)



Figuur 39 De belastingsmogelijkheden EGC actuator

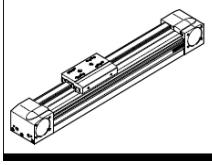
De zes verschillende belastingen op de EGC-TB zijn onder te verdelen in twee groepen: de lineaire en moment krachten. De zes krachten:

- Fy: De kracht die op de loopwagen wordt uitgeoefend van de zijkant van de elektrische actuator
- Fz: De kracht die op de loopwagen wordt uitgeoefend van boven of als deze andersom hangt waaraan getrokken wordt aan de onderkant.
- Fx: Deze kracht wordt ook wel de Feed force genoemd dit is de maximale kracht die de elektrische actuator kan verplaatsen. Deze kracht bepaalt hiermee dus de maximale versnelling van een product afhankelijk van het gewicht van het product

- Mx: Het Mx moment is het moment dat op de breedte van de geleiding werkt. De breedte van de geleiding is vele malen kleiner dan de lengte van de geleiding waardoor het moment dat de geleiding kan hebben om de X-as vele malen kleiner is dan het moment My/Mz.
- Mz=My: De momenten My en Mz zijn hetzelfde omdat het alle twee momenten zijn die worden uitgeoefend op de lengte van de loopwagen.

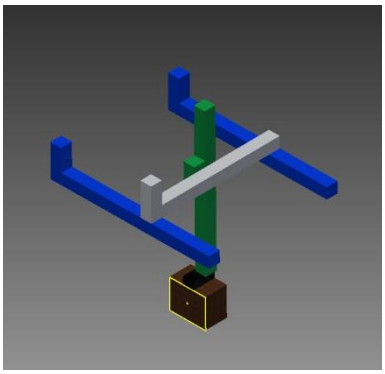
De waardes van de maximale belastingen voor de elektrische actuator EGC-TB:

Tabel 9 Maximale belastingen EGC-TB

Version	Size	Working stroke [mm]	Speed [m/s]	Repetition accuracy [mm]	Feed force [N]	Guide characteristics				
						Forces and torques				
						Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Recirculating ball bearing guide										
	50	50 ... 1900	3	±0.08	50	650	650	3.5	10	10
	70	50 ... 5000	5	±0.08	100	1850	1850	16	132	132
	80	50 ... 8500	5	±0.08	350	3050	3050	36	228	228
	120	50 ... 8500	5	±0.08	800	6890	6890	144	680	680
	185	50 ... 8500	5	±0.1	2500	15200	15200	529	1820	1820

3 Berekeningen concept 1 XYZ portaal

Concept 1 is de XYZ variant en wordt gekenmerkt door een dubbele X-as waarop een Y-as heen en weer beweegt. De Z-as is verbonden aan de Y-as en verzorgt de beweging in de Z richting. De Z-as is ingevuld door een Omega drive. Een Omega drive heeft de aandrijving in de loopwagen zitten en kan op deze manier als Z-as alleen het profiel op en neer bewegen en hoeft dus minder massa te verplaatsen. De Omega drive van Festo is de DGEA. De DGEA heeft andere eigenschappen dan de EGC-TB (zie figuur 3)



Figuur 41 Concept 1 XYZ portaal

Figuur 40 Omega drive DGEA

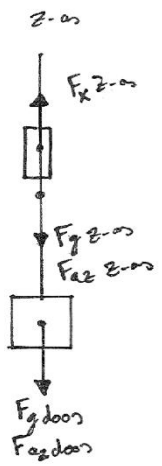
Voor de berekeningen van de Z-as worden de gegevens van de DGEA gebruikt (zie tabel 4).

Tabel 10 Belastingswaarde DGEA

General technical data				
Size		18	25	40
Constructional design		Cantilever axis with toothed belt drive		
Guide		Recirculating ball bearing guide		
Mounting position		Any		
Max. working (effective) load, horizontal[2)]	[kg]	6	15	40
Max. working load, vertical	[kg]	10	20	50
Max. feed force F_x	[N]	230	400	1000
Max. speed	[m/s]	3		
Max. acceleration[3)]	[m/s²]	50		
Repetition accuracy	[mm]	< ±0.05		

3.1 Z-as concept 1 XYZ portal

Om concept 1 te berekenen moet als eerste de Z-as berekend worden. Het vrijlichaamsschema van de Z-as (zie figuur 6).



Figuur 42 Vrijlichaamsschema Z-as

De massa van de as zelf is nodig om de berekening compleet te maken. De massa van het te verplaatsen product is bekend:

Massa doos = 50kg

De zwaartekracht (Fg) van de doos is hiermee uit te rekenen:

Massa (m) = 50kg
Valversnelling (g) = 9,81 m/s²

$$Fg = m \times g$$
$$Fg = 50 \times 9{,}81 = 490{,}5\text{N}$$

De Fz= 490,5N dit betekend dat alleen de DGEA-40 de last kan dragen. Voor de verdere berekening wordt de DGEA-40 gebruikt.

Massa (m) Doos	50	kg
Valversnelling (g)	9,81	m/s²
Versnelling Z richting (az)	4,17	m/s²

$$Massa\ Zas = basis\ massa + massa\ per\ 100mm\ slaglengte$$
$$Massa\ Zas = 6{,}2 + 1 \times 22 = 28{,}2kg$$

$FgZas = m \times g$
$FgZas = 28{,}2 \times 9{,}81 = 276{,}6\text{N}$

$FazZas = m \times az$
$FazZas = 28{,}2 \times 4{,}17 = 117{,}6\text{N}$

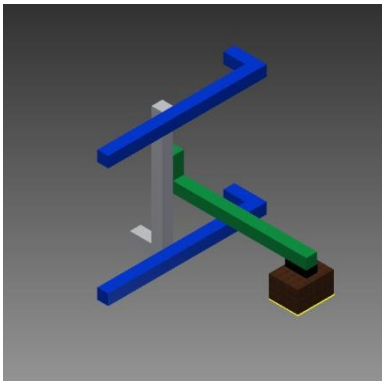
$Fazdoos = m \times az$
$Fazdoos = 50 \times 4{,}17 = 208\text{N}$

$FxZas = Fzdoos + FzZas + FazZas + Fazdoos$
$FxZas = 490{,}5 + 276{,}6 + 117{,}6 + 208 = 1093{,}2\text{N}$

De Fx (Feed force) van de Z-as is 1093,2N in tabel 4 is te zien dat de maximale Feed force 1000N is. Dit betekend dat de DGEA Z-as is niet mogelijk is en dat de andere assen niet berekend hoeven te worden.

4 Berekeningen concept 2 XZY

Concept 2 is de XZY variant en wordt gekenmerkt door dubbele X-assen die in het Z vlak geplaatst worden. Tussen de twee X-assen wordt een Z-as geplaatst. Op de loopwagen van de Z-as wordt vervolgens een Y-as geplaatst die de verplaatsing van het product in de Y richting verwerkt.

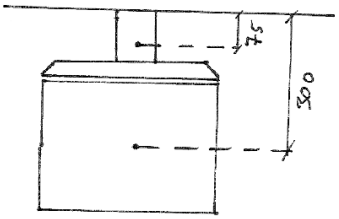


Figuur 43 Concept 2 XZY portaal

4.1 Y-as concept 2 XZY portaal

De eerste as die berekend kan worden is de Y-as. De Y-as is de as die het product op de pallet plaatst en is daarom de enige as met een bekende te verplaatsen massa.

Om deze berekening te maken moet het zwaartepunt van de doos met de rotatie-unit combinatie uitgerekend worden.



Figuur 44 Vrijlichaamsschema doos met rotatie-unit

Massa (m) doos = 35kg
Massa (m_2) rotatie-unit = 15kg
Zwaartepunt afstand tot Y-as doos = 300mm
Zwaartepunt afstand tot Y-as rotatie-unit = 75mm

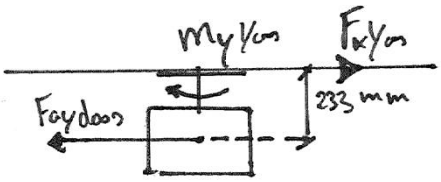
Afstand zwaartepunt tot Y-as resultante:

$$X = \frac{m_1 \times x_1 + m_2 \times x_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$X = \frac{35 \times 300 + 15 \times 75}{(35 + 15)} = 232{,}5mm$$

In het vervolg worden de doos en rotatie-unit niet meer gescheiden, maar als een geheel gezien met:

Massa doos (m) = 50kg
Zwaartepunt = 233mm



Figuur 45 Vrijlichaamsschema Y-as

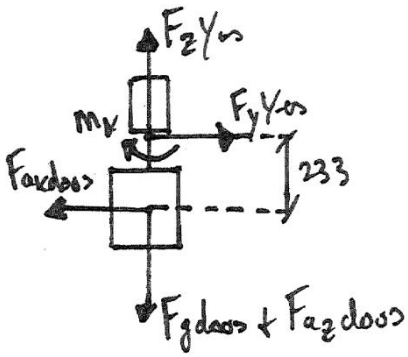
Versnelling Y richting (ay) = 2,30 m/s^2

Feed force van de Y-as:

$\sum Fx = 0: -Faydoos + FxYas = 0$
$FxYas = Faydoos = massa \times versnelling\ Y\ richting(ay)$
$FxYas = Faydoos = 50 \times 2{,}30 = 115\text{N}$

Moment MyY-as:

$MyYas = Faydoos \times arm$
$MyYas = 115 \times 0{,}233 = 26{,}45\text{Nm}$



Figuur 46 Vrijlichaamsschema Y-as vooraanzicht

$Massa\ doos\ =\ 50\text{kg}$
$Zwaartepunt\ afstand\ =\ 233mm = 0{,}233\text{m}$
$Versnelling\ in\ de\ X\ richting\ (ax)\ =\ 3{,}33\ \text{m/s}^2$
$Versnelling\ in\ de\ Z\ richting\ (az)\ = 4{,}17\ \text{m/s}^2$
Fy op de geleiding Y-as:

$\sum Fx = 0: -Faxdoos + FyYas = 0$
$FyYas = Faxdoos = massa \times versnelling\ ax$
$FyYas = Faxdoos = 50 \times 3{,}33 = 166{,}5\text{N}$

Moment MxYas:

$MxYas = Faxdoos \times arm$
$MxYas = 166{,}5 \times 0{,}233 = 38{,}8\text{Nm}$

Fz op de geleiding Y-as:

$\sum Fz = 0: \; -Fgdoos + FzYas - Fazdoos = 0$
$FzYas = Fgdoos + Fazdoos = m \times g + m \times az = 50 \times 9{,}81 + 50 \times 4{,}17$
$FzYas = Fgdoos + Fazdoos = 50 \times 9{,}81 + 208{,}5 = 699\text{N}$

De belastingen op de Y-as zijn bekend:

$FxYas = 115\text{N}$
$FyYas = 166{,}5\text{N}$
$FzYas = 699\text{N}$
$MxYas = 38{,}8\text{Nm}$
$MyYas = 26{,}45\text{Nm}$

De Mx waarde is in dit geval bepalend. In tabel 3 is te zien dat de EGC-80 Mx waarde net te laag is voor deze toepassing. Daarom wordt voor de Y-as gekozen voor een EGC-120-TB. De slaglengte van de Y-as wordt afgestemd op de standaard XY afmetingen uit Bijlage III, omdat de Y-as in het XZY portaal aan een kant wordt ondersteund wordt de slaglengte de maximale pallet breedte plus de werkruimte tussen de pallet en de palletizer:

Slaglengte Y-as = 1250mm. Waarvan 1000mm werk slaglengte en 250mm reserve slaglengte.

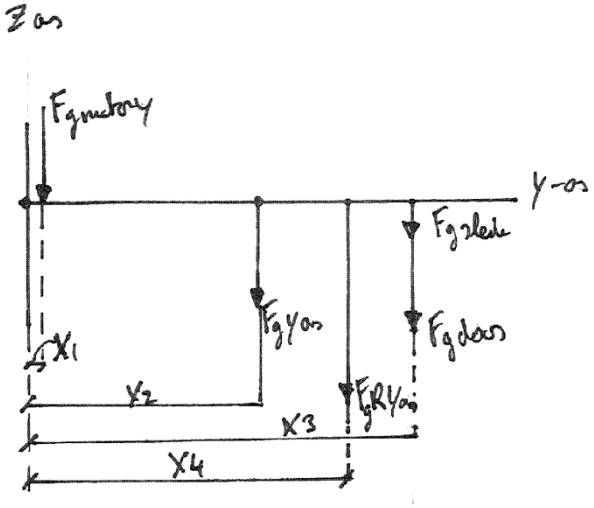
<u>Y-as: EGC-120-1250-TB</u>

Nu de variant en de slaglengte bekend is van de Y-as kan de massa van de Y-as bepaald worden.

$Massa\ Y - as = basisgewicht + gewicht\ per\ 10mm\ slaglengte$
$Massa\ Y - as = 10{,}5 + 0{,}15 \times 125 = 29{,}3kg$

4.2 Z-as concept 2 XZY portaal

Met massa van de Y-as kan de Z-as berekend worden. Voordat de berekeningen van de Z-as gemaakt kunnen worden moet eerst de resultante van de Y-as met: het product en motor, worden berekend. Bij de berekening van de resultante kracht en positie van deze kracht is de positie van doos nodig. De positie van de doos wordt bij de verdere berekeningen op de uiterste positie genomen van de Y-as. Zij bijlage?? Figuur?? voor de uiterste positie van het product op de pallet. De berekening van de positie van het zwaartepunt van de doos op de Y-as.



Figuur 47 Vrijlichaamsschema Y-as t.b.v. resultante

Omdat de zwaartepunten van de Y-as slede en doos op hetzelfde punt liggen worden deze samengenomen en de massa's bij elkaar opgeteld.
$Massa\ motor\ = 8\text{kg}$ (bepaald met behulp van expert)
$Massa\ Yas\ (zonder\ slede) = 29{,}3 - 2{,}18 = 27{,}1\text{kg}$

$Massa\ doos(plus\ slede) = 50 + 2{,}18 = 52{,}18\text{kg}$

Afstand zwaartepunt:
X_1= 0,1m
X_2=0,798m
X_3=1,173m

Zwaartekracht:

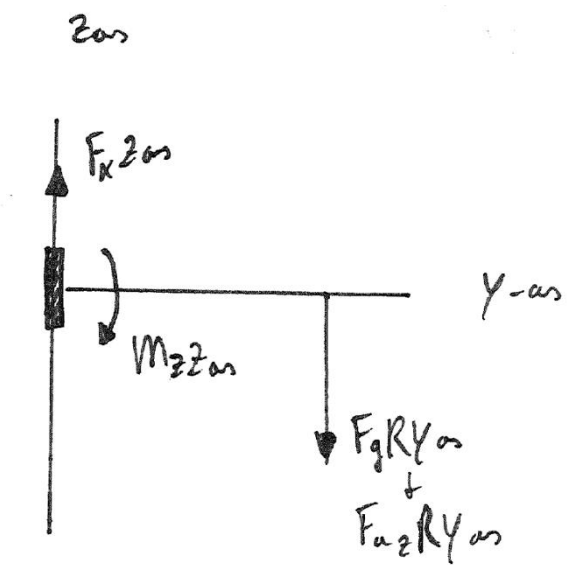
$Fgmotor(F_1) = m \times g = 8 \times 9{,}81 = 78{,}5\text{N}$
$FgYas(F_2) = m \times g = 27{,}1 \times 9{,}81 = 265{,}5\text{N}$
$Fgdoos(F_3) = m \times g = 52{,}18 \times 9{,}81 = 512\text{N}$

Afstand zwaartepunt resultante: X_4

$$X_4 = \frac{F_1 \times x_1 + F_2 \times x_2 + F_3 \times x_3}{(F_1 + F_2 + F_3)} = \frac{78{,}5 \times 0{,}1 + 265{,}5 \times 0{,}798 + 512 \times 1{,}173}{(78{,}5 + 265{,}5 + 512)} = 0{,}958m$$

Resultante zwaartekracht van Y-as:

$FgRYas = F_1 + F_2 + F_3 = 78{,}5 + 265{,}5 + 512 = 856\text{N}$



Figuur 48 Vrijlichaamsschema Z-as

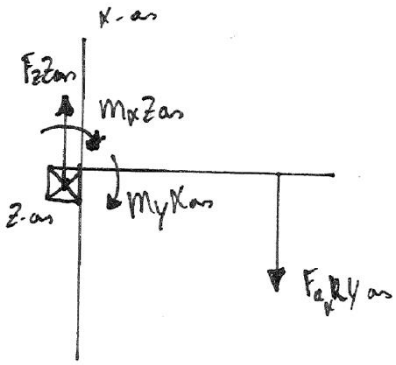
$Resultante\ FgRYas = 856\text{N}$
$FgRYas\ afstand\ tot\ Zas = 0{,}958m$
$Versnelling\ Z\ richting(az) = 4{,}17m/s2$
Resultante versnellingskracht in Z richting:
$FazRYas = (FgRYas \div g) \times az = 856 \div 9{,}81 \times 4{,}17 = 364\text{N}$

Feed Force Z-as:

$\sum Fz = 0: -FgRYas - FazRYas + FxZas = 0$
$FxZas = FgRYas + FazRYas = 856 + 364 = 1219\text{N}$

Moment Mz op geleiding Z-as:

$MzZas = FazRYas \times arm + FgRYas \times arm$
$MzZas = 364 \times 0{,}958 + 856 \times 0{,}958 = 1169\text{Nm}$



Figuur 49 Vrijlichaamsschema Z-as bovenaanzicht

$Versnelling\ X\ richting(ax) = 3{,}33\ \mathrm{m/s^2}$

Resultante versnellingskracht in X richting:
$FaxRYas = (FgRYas \div \mathrm{g}) \times \mathrm{ax} = 856 \div 9{,}81 \times 3{,}33 = 290{,}6\mathrm{N}$

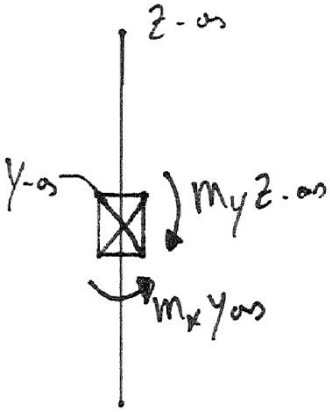
Moment Mx op geleiding Z-as:

$MxZas = FaxRYas \times arm$
$MxZas = 290{,}6 \times 0{,}958 = 278{,}4\mathrm{Nm}$

Fz Z-as:

$\sum Fy = 0: -FaxRYas + FzZas = 0$
$FzZas = FaxRYas = 290{,}6\mathrm{N}$

Fy Z-as:
$\sum Fx = 0: -FxYas + FyZas = 0$
$FyZas = FxYas = 115\mathrm{N}$



Figuur 50 Vrijlichaamsschema Z-as vooraanzicht

Moment My op geleiding Z-as:

$MyZas = MxYas = 38{,}8\mathrm{Nm}$

Alle belastingen van de Z-as zijn nu bekend:

$FxZas = 1219\mathrm{N}$
$FyZas = 86{,}4\mathrm{N}$
$FzZas = 290{,}6\mathrm{N}$
$MxZas = 278{,}4\mathrm{Nm}$
$MyZas = 38{,}8\mathrm{Nm}$
$MzZas = 1169\mathrm{Nm}$

De Feed force (Fx) en het Mz moment zijn bepalend bij de keuze van de Z-as. Met de bekende waardes kan uit tabel 3 gehaald worden dat voor de Z-as de EGC-185-TB de enige keuze is.

Z-as: EGC-185-2200-TB

Nu de as en de slaglengte van de Z-as bekend zijn kan de massa van de Z-as berekend worden.

$$Massa\ Z-as = basisgewicht + gewicht\ per\ 10\ mm\ slaglengte$$
$$Massa\ Z-as = 32{,}6 + 0{,}300 \times 220 = 98{,}6\text{kg}$$

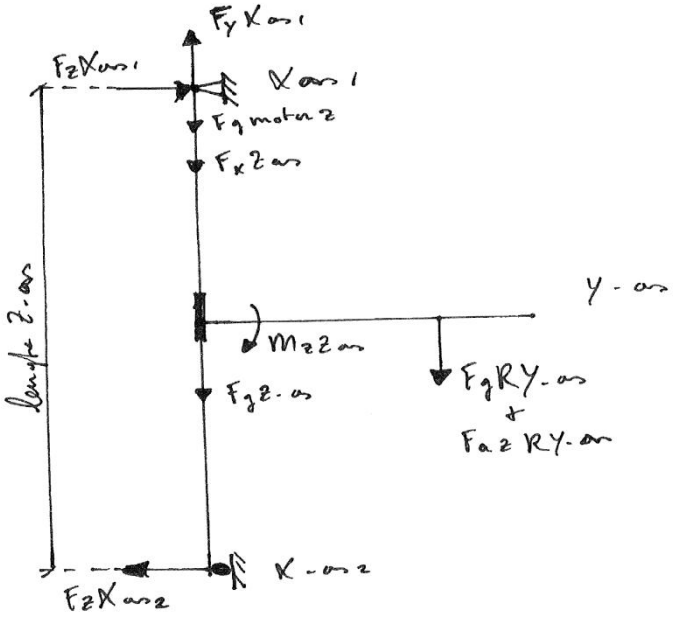
4.3 X-assen concept 2 XZY portaal

De Z-as wordt op de loopwagens van de X-assen geplaatst. Vanwege de zeer hoge stijfheid van het profiel van de Z-as en het inklemmen van de Z-as op beide X-assen ontstaat een statisch overbepaald systeem. Daarbij kan door de rekbaarheid in de tandriemen en een afwijking in de positionering van de X-assen een zeer zware belasting ontstaan op de loopwagens van de X-assen. De zeer hoge belastingen zorgen voor een verkorting van de levensduur van de assen. Om het statisch overbepaalde systeem statisch bepaald te maken en daarbij meteen mogelijke afwijkingen in positionering van de X-assen op te vangen worden Flexjoints gebruikt. Flexjoints zijn flexibele verbindingsplaten die als een set geplaatst worden op de beide X-assen. De Flexjoints zorgen voor een aantal bewegingsvrijheden van de verbindingen van de Z-as op de X-assen. Voor de verdere berekeningen van de Z-as wordt uitgegaan van het gebruik van Flexjoints als verbinding van de Z-as op de X-assen.

De slaglengte bepaald de daadwerkelijke lengte van de Z-as, door middel van de informatie uit Bijlage V kan de daadwerkelijke lengte van de Z-as bepaald worden:

$$Lengte\ Z-as = Basis\ lengte + slaglengte = 612 + 2200 = 2812mm$$

Nu de lengte van de Z-as bekend is kunnen de belastingen op de X-assen bepaald worden.



Figuur 51 Vrijlichaamsschema X-assen zijaanzicht

$$FgRYas = 856\text{N}$$
$$FgZas = massa \times g = 98{,}6 \times 9{,}81 = 967\text{N}$$
$$MzZas = 1169\text{Nm}$$
$$FxZas = 1219\text{N}$$

Omdat de krachten bij de Z-as en de X-assen niet aan het uiteinden van de Z-as aanvangen, maar in het midden van de verbinding moet de lengte gecorrigeerd worden.
$$Lengte\ Z-as = 2812 - 140 = 2672\text{mm}$$
$$Massa\ motorZas = 12\text{kg}$$
$$FgmotorZas = massa \times g = 12 \times 9{,}81 = 117{,}7\text{N}$$

Fz belasting op beide X-assen:

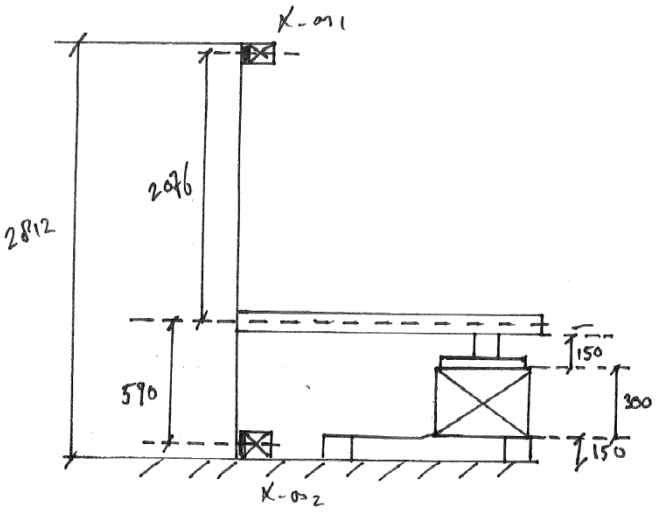
$$FzXas1 = FzXas2 = MzZas \div lengte\ Z - as$$
$$FzXas1 = FzXas2 = 1169 \div 2{,}672 = 437{,}5\text{N}$$

Fy belasting op beide X-assen:

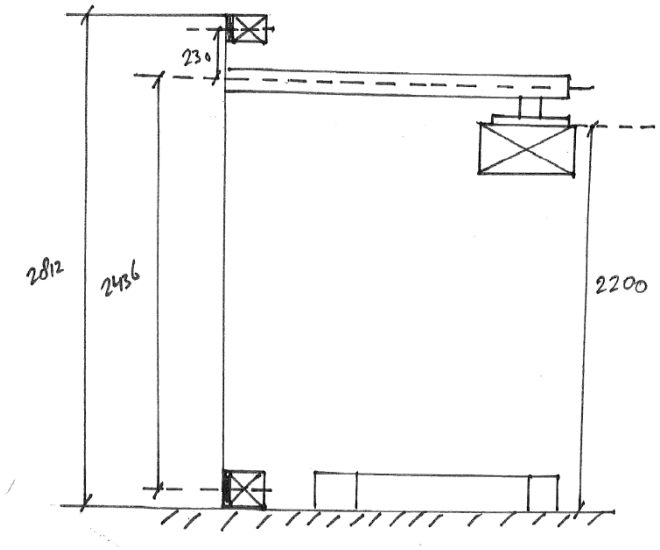
De Flexjoints zorgen bij één van beide X-assen voor een vrijheidsgraad extra, zodat één X-as geen Fy belasting kan opvangen. In het concept is gekozen voor een extra vrijheidsgraad op de onderste X-as.

$$\sum Fy = 0:\ \ FyXas1 - FgZas - FgRYas - FxZas - FgmotorZas = 0$$
$$FyXas1 = FgZas + FgRYas + FxZas - FgmotorZas$$
$$FyXas1 = 967 + 856 + 1219 + 117{,}7 = 3160\text{N}$$

Voor het berekenen van de Feed force (Fx) van de X-assen moet de uiterste situatie eerst bekeken worden. De uiterste situatie voor de belasting van de X-assen vindt plaats als de belasting zo dicht mogelijk bij één van de X-assen komt. Dit houdt in dat er twee uiterste situaties bestaan: de laagste doos en de hoogste doos plaatsen. Deze uiterste situaties zijn terug te vinden (zie figuren 16 en 17)

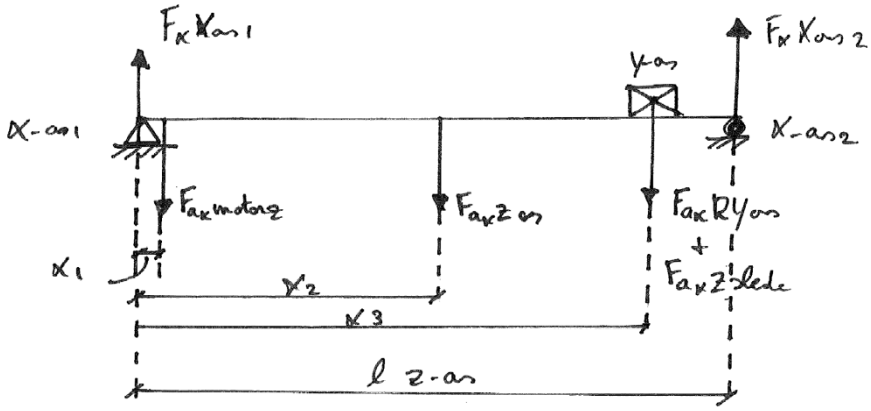


Figuur 52 Laagste situatie van palletizer



Figuur 53 Hoogste situatie van palletizer

Nu de uiterste belastingssituaties van de X-assen bekend zijn kan aan de hand van vrijlichaamsschema's (zie figuren 18 en 19) de Feed force (Fx) berekend worden.



Figuur 54 Vrijlichaamsschema laagste situatie

X_1= 0,1m
X_2=1,336m
X_3=2,076m

$Massa\ slede\ Zas = 6{,}5\text{kg}$
$Massa\ Zas\ zonder\ slede = 98{,}6 - 6{,}5 = 92{,}1\text{kg}$
$Massa\ motorZas = 12\text{kg}$
$Versnelling\ in\ X\ richting(ax) = 3{,}33m/s^2$

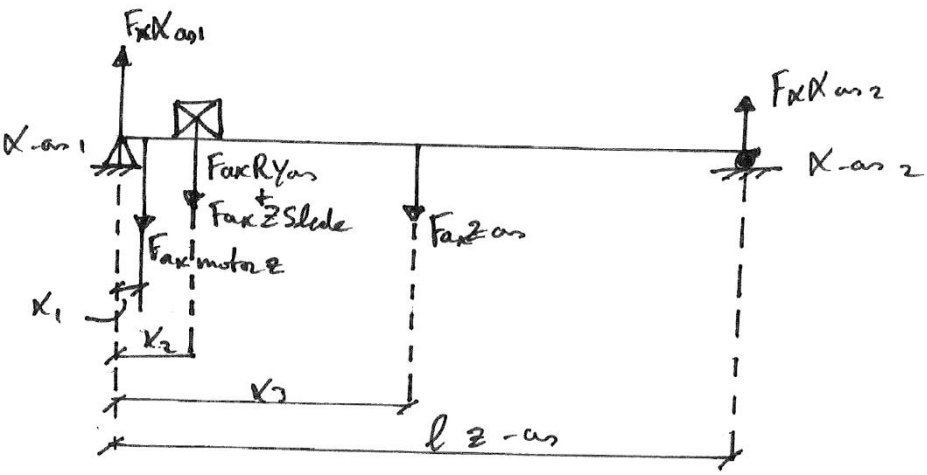
$FaxZas = massa \times ax = 92{,}1 \times 3{,}33 = 306{,}7\text{N}$
$FaxsledeZas = massa\ \times ax = 6{,}5 \times 3{,}33 = 21{,}6\text{N}$
$FaxmotorZas = massa \times ax = 12 \times 3{,}33 = 40\text{N}$
$FaxRYas = 290{,}6\text{N}$
$Lengte\ Zas = 2672mm = 2{,}672m$

Fx belasting op X-as2:

$\sum MXas1 = 0$: $FxXas2 \times lengte\ Zas - (FaxRYas + FaxsledeZas) \times X_3 - FaxZas \times X_2 - FaxmotoZas \times X_1 = 0$

$$FxXas2 = \frac{(FaxRYas + FaxsledeZas) \times X_3 + FaxZas \times X_2 + FaxmotorZas \times X_1}{lengte\ Z - as}$$

$$FxXas2 = \frac{(290{,}6 + 21{,}6) \times 2{,}076 + 306{,}7 \times 1{,}336 + 40 \times 0{,}1}{2{,}672} = 397{,}4\text{N}$$



Figuur 55 Vrijlichaamsschema hoogste situatie

Fx belasting op X-as1:

X_1= 0,1m
X_2=0,23m
X_3=1,336m

Afstand tot Xas2:

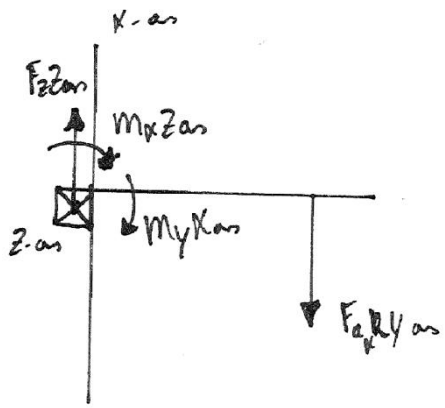
$X_1 afstand\ tot\ Xas2 = 2{,}672 - 0{,}1 = 2{,}572m$
$X_2 afstand\ tot\ Xas2 = 2{,}672 - 0{,}23 = 2{,}432m$
$X_3 afstand\ tot\ Xas2 = 2{,}672 - 1{,}336 = 1{,}336m$

Vanaf hier wordt verder gerekend met de afstand tot Xas2.

$\sum MXas2 = 0: -FxXas1 \times lengte\ Z - as + (FaxRYas + FaxsledeZas) \times X_2 + FaxZas \times X_3 + FaxmotoZas \times X_1 = 0$

$$FxXas1 = \frac{(FaxRYas + FaxsledeZas) \times X_2 + FaxZas \times X_3 + FaxmotorZas \times X_1}{lengte\ Z - as}$$

$$FxXas1 = \frac{(290{,}6 + 21{,}6) \times 2{,}432 + 306{,}7 \times 1{,}336 + 40 \times 2{,}572}{2{,}672} = 476\text{N}$$



Figuur 56 Vrijlichaamsschema X-as bovenaanzicht

My moment op geleiding X-assen:

$MxZas = 278{,}4\text{Nm}$

$MyZas = MxZas = 278{,}4\text{Nm}$

Alle belastingen in de X-assen zijn nu bekend:
$FxXas1 = 476\text{N}$
$FxXas2 = 397{,}4\text{N}$
$FyXas1 = 3160\text{N}$
$FzXas1 = FzXas2 = 437{,}5\text{N}$
$MyZas1 = MyZas2 = 278{,}4\text{Nm}$

De Feed force en de Fz belasting is bij de X-assen bepalend voor de keuze van de variant. In tabel 3 Is te zien dat met een Feed force tussen de 475N en 530N de EGC-120 de lichtste keuze is. Daarnaast is de Fz belasting ook binnen de grenzen van de EGC-120.

X-assen: EGC-120-1900-TB

Nu alle assen van concept 2 XZY portaal berekend zijn en alle assen bekend zijn, kan het concept verder getoetst worden aan het pakket van eisen en wensen.

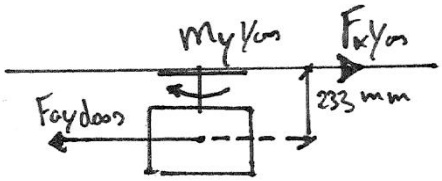
X-assen: EGC-120-1900-TB
Y-as: EGC-120-100-200H-TB
Z-as: EGC-185-2200-TB

5 Concept 3 XY2Z portaal

Concept 3 XY2Z bestaat uit een Y-as die wordt ondersteund door twee Z-assen. De Z-assen worden door middel van 2 X-assen voortbewogen. Omdat dit concept ook weer combinaties heeft van twee assen die parallel moeten lopen wordt bij dit concept ook gebruik gemaakt van Flexjoints (bijlage??). De Flexjoints worden toegepast op de verbinding van de Y-as naar de Z-as en de verbinding van de Z-assen naar X-assen.

5.1 Y-as concept 3 XY2Z

De Y-as heeft als enige as genoeg bekende om berekend te worden.



Figuur 57 Vrijlichaamsschema Y-as

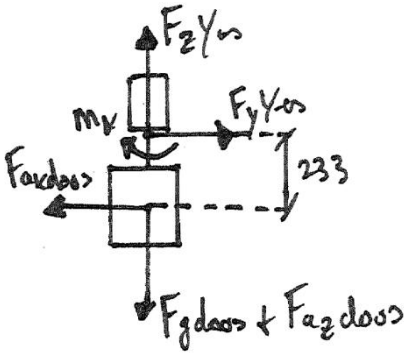
Feed force (Fx) van de Y-as:

$Massa\ doos = 50\text{kg}$
$Afstand\ zwaartepunt\ tot\ Yas = 233mm = 0{,}233m$
$Versnelling\ in\ de\ Y\ richting\ (ay) = 2{,}30\ m/s^2$
$Faydoos = massa\ \times ay = 50 \times 2{,}30 = 115\text{N}$

$\sum Fx = 0: -Faydoos + FxYas = 0$
$FxYas = Faydoos = 115\text{N}$

My moment op geleiding van de Y-as:

$MyYas = Faydoos\ \times arm = 115 \times 0{,}233 = 26{,}8\text{N}$



Figuur 58 Vrijlichaamsschema Y-as vooraanzicht

Fz belasting op Y-as:

$Fgdoos = massa \times g = 50 \times 9{,}81 = 490{,}5\text{N}$
$Versnelling\ in\ Z\ richting = 4{,}17\ \text{m/ s}^2$
$\sum Fz = 0: -Fgdoos + FzYas - Fazdoos = 0$
$FzYas = Fgdoos + Fazdoos = m \times g + m \times az = 50 \times 9{,}81 + 50 \times 4{,}17$
$FzYas = Fgdoos + Fazdoos = 50 \times 9{,}81 + 208{,}5 = 699\text{N}$

Fy belasting op Y-as:

$Versnelling\ in\ X\ riching = 4{,}0\ m/s^2$
$Faxdoos = massa \times ax = 50 \times 4{,}0 = 200\text{N}$

$\sum Fx = 0: \; -Faxdoos + FyYas = 0$
$FyYas = Faxdoos = 200\text{N}$

Mx moment op Y-as:

$Afstand\ tot\ zwaarteunt\ Faxdoos = 233\text{mm} = 0{,}233\text{m}$

$MxYas = Faxdoos \times arm = 200 \times 0{,}233 = 46{,}6\text{N}$

Alle belastingen in de Y-as zijn nu bekend:

$FxYas = 86{,}5\text{N}$
$FyYas = 200\text{N}$
$FzYas = 699\text{N}$
$MxYas = 46{,}6\text{N}$
$MyYas = 20{,}2\text{N}$

Het Mx moment op de geleiding van de Y-as is de bepalende factoor voor de keuze van de variant. Het Mx moment kan bij de EGC-120 worden opgevangen, maar is net te hoog voor de EGC-80. Voor de Y-as wordt daarom gekozen voor de EGC-120. De slaglengte van de Y-as wordt bepaald op 1000mm (zie Bijlage III) met aan beide zijde een reserveslag van 250mm om de ruimte tussen de pallet en de palletizerfunctie te overbruggen.

Y-as: EGC-120-1000-500-TB

5.2 Z-assen concept 3 XY2Z

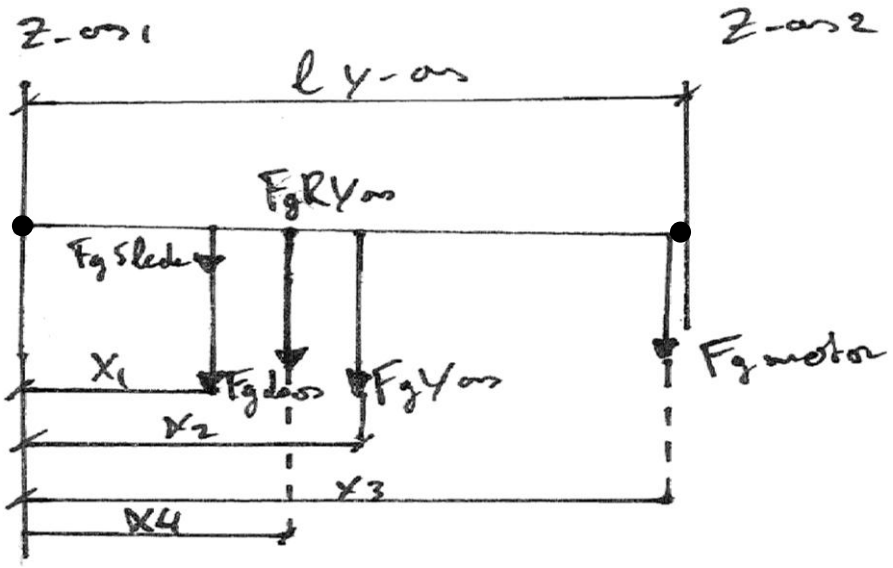
Y-as is verbonden aan de beide Z-assen door middel van Flexjoints. De Flexjoints geven een aantal vrijheidsgraden waardoor het systeem statisch bepaald is. Nu de Y-as bekend is kan de massa bepaald worden, zodat de Z-assen berekend kunnen worden.

$Massa\ Yas = basisgewicht + gewicht\ per\ 10mm\ slaglengte$
$Massa\ Yas = 10{,}5 + 0{,}150 \times 150 = 33\text{kg}$
$Lengte\ Yas = basislengte + slag = 446 + 1500 = 1946\text{mm}$

Omdat de krachten van Y-as op de helft van de eindkappen (zie Bijlage V) aanvangen moet de lengte gecorrigeerd worden:

$Lengte\ Yas = 1946 - 50 - 50 = 1846\text{mm}$

De Z-assen zijn aan beide zijde van de Y-as gemonteerd. Dit betekent dat de positie van het product van invloed is op de belastingen in de Z-assen. Om de belastingen juist te bepalen moeten de uiterste situaties berekend worden. De uiterste situaties voor de belastingen zijn als het product zich zo dicht mogelijk bij een Z-as bevindt. (Zie Bijlage III) In dit rapport worden de waardes gebruikt om de positie van de resultante kracht te berekenen.



Figuur 59 Vrijlichaamsschema Y-as t.b.v. resultante Y-as

Eerst wordt de resultante berekend bij de uiterste situatie voor Zas1:

$Massa\ Yas(zonder\ slede) = 33 - 2{,}18 = 30{,}8\text{kg}$
$Massa\ doos\ (plus\ slede) = 50 + 2{,}18 = 52{,}18\text{kg}$
$Massa\ motorYas = 8\text{kg}$

Afstand zwaartepunt:

$X_1 = 0{,}673\text{m}$
$X_2 = 0{,}923\text{m}$ Omdat de as homogeen is het zwaartepunt in het midde n van de as $= 1846 \div 2$
$X_3 = 1{,}746\text{m}$

Zwaartekracht:

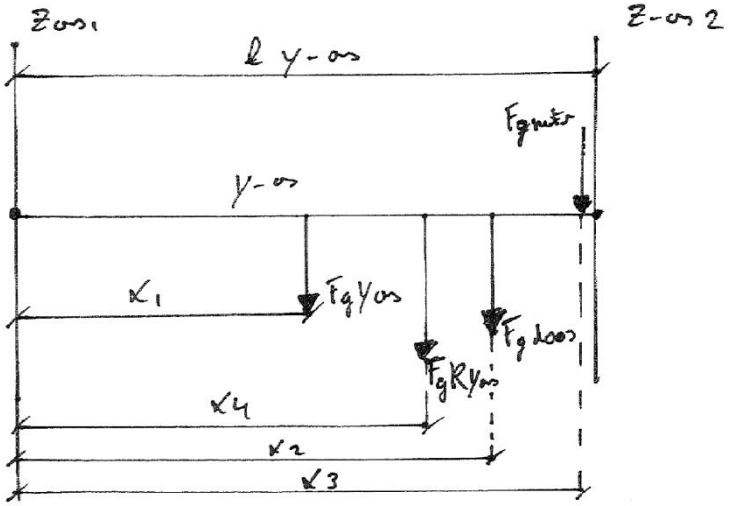
$Fgdoos(F_1) = massa \times g = 52{,}18 \times 9{,}81 = 512\text{N}$
$FgYas(F_2) = massa \times g = 30{,}8 \times 9{,}81 = 302{,}3\text{N}$
$FgmotorYas(F_3) = massa \times g = 8 \times 9{,}81 = 78{,}5\text{N}$

Afstand zwaartepunt resultante: X_4

$$X_4 = \frac{F_1 \times X_1 + F_2 \times X_2 + F_3 \times X_3}{(F_1 + F_2 + F_3)}$$

$$X_4 = \frac{512 \times 0{,}673 + 302{,}3 \times 0{,}923 + 78{,}5 \times 1{,}746}{(512 + 302{,}3 + 78{,}5)}$$
$$X_4 = 0{,}852\text{m}$$

$$FgRYas1 = F_1 + F_2 + F_3 = 512 + 287{,}6 + 78{,}5 = 892{,}8\text{N}$$



Figuur 60 Vrijlichaamsschema Y-as t.b.v. van resultante Y-as

De resultante positie en grote voor de uiterste situatie van Z-as2:

De zwaartekracht waardes blijven hetzelfde, alleen de posities veranderen:

$FgYas(F_1) = massa \times g = 30{,}8 \times 9{,}81 = 302{,}3\text{N}$
$Fgdoos(F_2) = massa \times g = 52{,}18 \times 9{,}81 = 512\text{N}$
$FgmotorYas(F_3) = massa \times g = 8 \times 9{,}81 = 78{,}5\text{N}$

Afstand zwaartepunten:

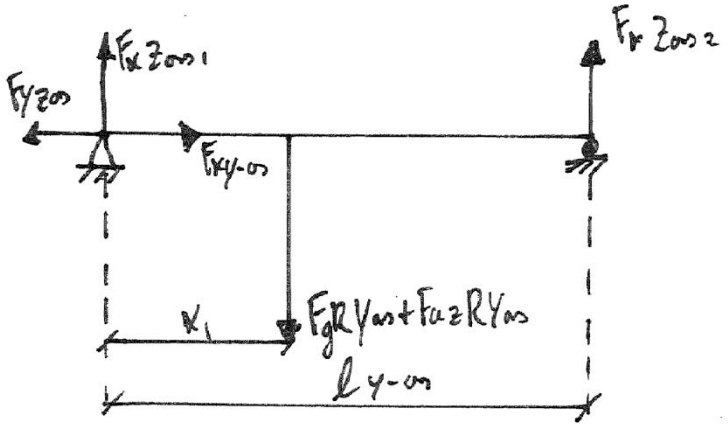
$X_1 = 0{,}923\text{m}$
$X_2 = 1{,}173\text{m}$
$X_3 = 1{,}746\text{m}$

Afstand zwaartepunt resultante: X_4

$$X_4 = \frac{F_1 \times X_1 + F_2 \times X_2 + F_3 \times X_3}{(F_1 + F_2 + F_3)}$$

$$X_4 = \frac{302{,}3 \times 0{,}923 + 512 \times 1{,}173 + 78{,}5 \times 1{,}746}{(302{,}3 + 512 + 78{,}5)}$$
$$X_4 = 1{,}14\text{m}$$

$$FgRYas2 = F_1 + F_2 + F_3 = 302{,}3 + 512 + 78{,}5 = 892{,}8\text{N}$$



Figuur 61 Vrijlichaamsschema Z-assen vooraanzicht situatie 1

$Versnelling\ in\ Z\ richting\ (az) = 4{,}17\ m/\ s^2$
$FgRYas = 892{,}8\text{N}$
$FazRYas = (FgRYas \div g) \times az = (892{,}8 \div 9{,}81) \times 4{,}17 = 379{,}5\text{N}$
$X_1 = 0{,}852\text{m}$
$Afstand\ resultante\ tot\ Zas2 = lengte\ Yas - X_1 = 1{,}846 - 0{,}852 = 0{,}994\text{mm}$
$Lengte\ Yas = 1{,}846\text{m}$

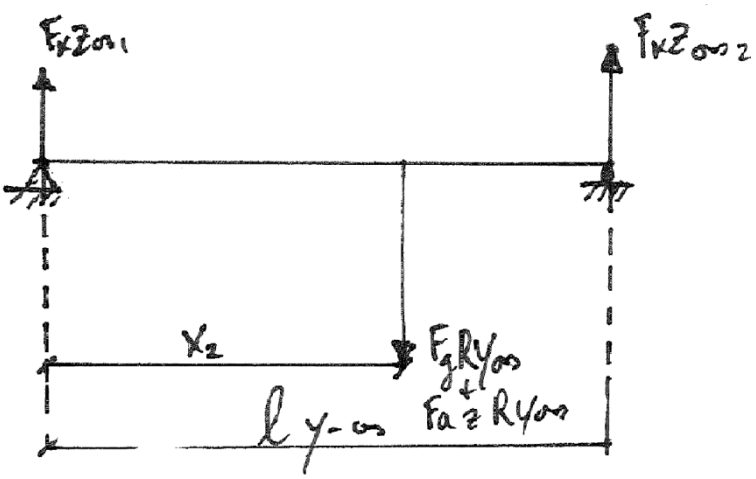
FxZas1 situatie 1:

$$\sum MZas2 = 0:\ -FxZas1 \times 1{,}846 + (FgRYAS + FazRYas) \times 0{,}994 = 0$$

$$FxZas1 = \frac{(892{,}8 + 379{,}5) \times 0{,}994}{1{,}846} = 685{,}1\text{N}$$

FxZas2 situatie 1:

$$\sum Fy = 0:\ FxZas2 + FxZas1 - FgRYas - FazRYas = 0$$
$$FxZas2 = 892{,}8 + 379{,}5 - 685{,}1 = 587\text{N}$$



Figuur 62 Vrijlichaamsschema Z-assen vooraanzicht situatie 2

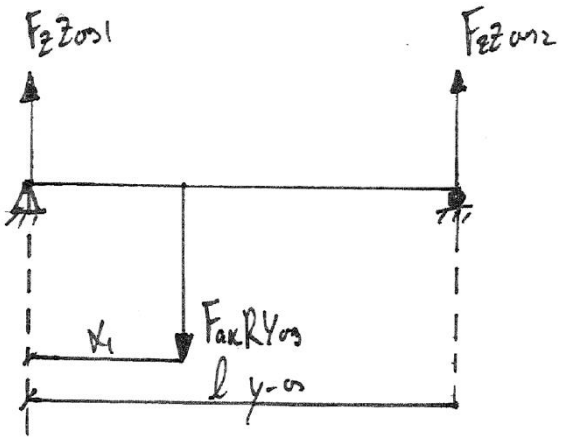
$Versnelling\ in\ Z\ richting\ (az) = 4{,}17\ m/\ s^2$
$FgRYas = 892{,}8\text{N}$
$FazRYas = (FzRYas \div g) \times az = (892{,}8 \div 9{,}81) \times 4{,}17 = 379{,}5\text{N}$
$X_1 = 1{,}14\text{m}$
$Lengte\ Yas = 1{,}846\text{m}$

FxZas2 situatie 2:

$$\sum MZas1 = 0:\ FxZas2 \times 1{,}846 - (FgRYAS + FazRYas) \times 1{,}14 = 0$$

$$FxZas2 = \frac{(892{,}8 + 379{,}5) \times 1{,}14}{1{,}846} = 785{,}7\text{N}$$

Omdat bij situatie 1 berekend is dat FxZas2 daar 587N is, is nu aangetoond dat de maximale Fx waarde van Zas2 785,7N is. De maximale waarde van FxZas1 is dan 685,1N.



Figuur 63 Vrijlichaamsschema Z-assen bovenaanzicht situatie 1

Bij de bepaling van de Fz krachten op de geleiding van de Z-assen worden dezelfde resultante gebruikt als zijn uitgerekend voor de Fx krachten.

$Versnelling\ in\ X\ richting\ (ax) = 3{,}33\ m/\ s^2$
$FaxRYas = (FgRYas \div g) \times az = (892{,}8 \div 9{,}81) \times 3{,}33 = 303{,}1\text{N}$
$X_1 = 0{,}852\text{m}$
$Afstand\ resultante\ tot\ Zas2 = lengte\ Yas - X_1 = 1{,}846 - 0{,}852 = 0{,}994\text{mm}$
$Lengte\ Yas = 1{,}846\text{m}$

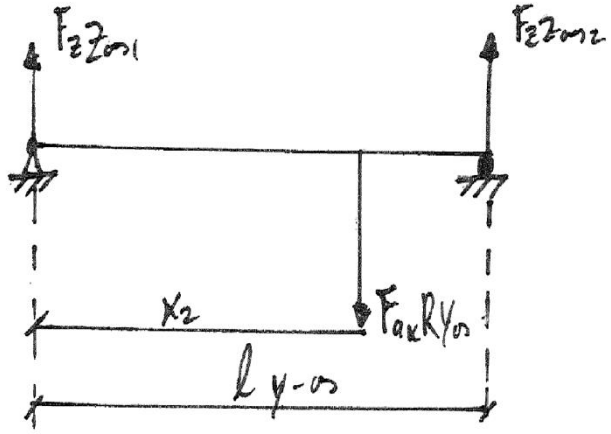
FzZas1 situatie 1:

$$\sum MZas2 = 0:\ -FzZas1 \times 1{,}846 + FaxRYas \times 0{,}994 = 0$$

$$FzZas1 = \frac{303{,}1 \times 0{,}994}{1{,}846} = 163{,}2\text{N}$$

FzZas2 situatie 1:

$$\sum Fy = 0:\ FzZas2 + FzZas1 - FaxRYas = 0$$
$$FzZas2 = 303{,}1 - 163{,}2 = 139{,}9\text{N}$$



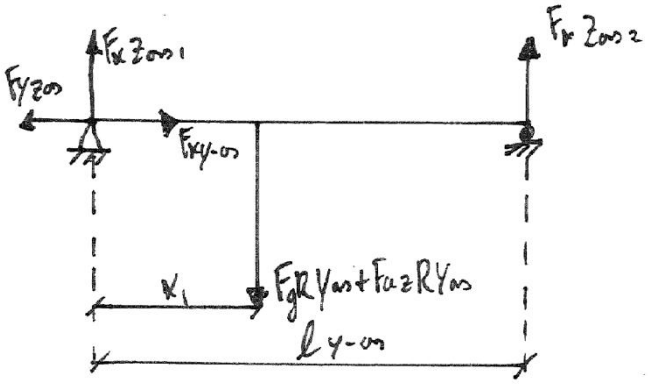
Figuur 64 Vrijlichaamsschema Z-assen bovenaanzicht situatie 2

$Versnelling\ in\ X\ richting\ (ax) = 3{,}33\ m/\ s^2$
$FaxRYas = (FgRYas \div g) \times az = (892{,}8 \div 9{,}81) \times 3{,}33 = 303{,}1\text{N}$
$X_1 = 1{,}14\text{m}$
$Lengte\ Yas = 1{,}846\text{m}$

$$\sum MZas1 = 0:\ FzZas2 \times 1{,}846 - FaxRYas \times 1{,}14 = 0$$

$$FzZas2 = \frac{303{,}1 \times 1{,}14}{1{,}846} = 187{,}2\text{N}$$

Omdat bij situatie 1 berekend is dat FzZas2 daar 139,9N is, is nu aangetoond dat de maximale Fz waarde van Zas2 187,2 N is. De maximale waarde van FzZas1 is dan 163,2N.



Figuur 65 Vrijlichaamschema Z-assen t.b.v. FyZas

FxYas=86,5N

$\sum Fx = 0:\ -FyZas1 + FxYas = 0$
$FyZas1 = FxYas = 86{,}5\text{N}$

Alle krachten op de Z-assen zijn nu bekend:

$FxZas1 = 685{,}1\text{N}$
$FxZas2 = 785{,}7\text{N}$
$FyZas1 = 86{,}5\text{N}$
$FyZas2 = 0\text{N}$
$FzZas1 = 163{,}2\text{N}$
$FzZas2 = 187{,}2\text{N}$

De Feed force (Fx) is bij de Z-assen bepalend voor de as selectie. De Fx waardes zijn bij allebei de assen onder het maximum van de EGC-120, maar boven die van de EGC-80. Dit betekent dat voor de Z-assen EGC-120 gekozen worden.

5.3 X-assen concept 3 XY2Z

De Y-as en Z-assen zijn bekend. Deze assen zijn tot nu toe niet anders dan bij het concept 2, om lagere kosten te realiseren voor concept 3 moeten X-assen goedkoper uitvallen dan de EGC-185-2200-TB uit concept 2. Omdat de Feed force in dit systeem met hoge waarschijnlijkheid de bepalende factor is wordt deze als eerst uitgerekend.

De lengte van de Z-assen wordt bepaald door de slaglengte van 2200mm die benodigd is voor de afmetingen van de palletizer.

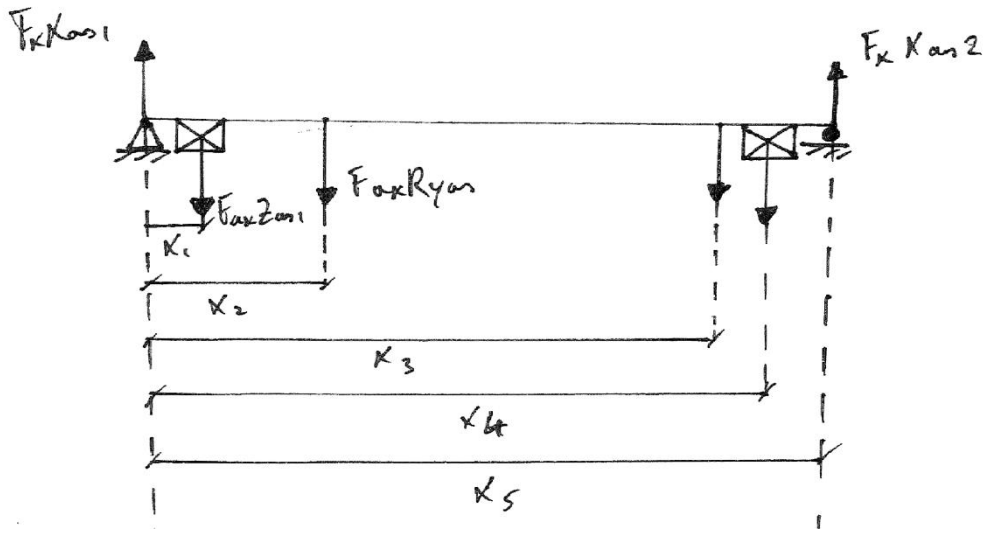
De totale lengte van de Z-assen:

$$Lengte\ Zassen = basislengte + slaglengte = 446 + 2200 = 2646mm$$

Met de lengte is de massa van de Z-assen te bepalen:

$$Massa\ Zassen = basisgewicht + gewicht\ per\ 10mm\ slaglengte = 10{,}5 + 0{,}15 \times 220 = 43{,}5\text{kg}$$

Omdat de Z-assen buiten de X-assen gepositioneerd zijn en de krachten aanvangen in het midden van de X-assen moet de breedte van de X-assen bij de totale lengte van de Y-as opgeteld worden. (bijlage??)



Figuur 66 Vrijlichaamsschema X-assen bovenaanzicht

$Afstand\ tussen\ Xas1\ en\ Xas2(X_5) = lengte\ Yas + 50 + 50 = 2046\text{mm}$
$Versnelling\ in\ X\ richting\ (ax) = 3{,}33\ m/\ s^2$
$FaxRYas = (FgRYas \div g) \times ax = (892{,}8 \div 9{,}81) \times 3{,}33 = 303{,}1\text{N}$
$FaxZas1 = FaxZas2 = massa \times ax = 43{,}5 \times 3{,}33 = 144{,}6\text{N}$
$Massa\ motorZas = 10\text{kg}$
$FaxmotorZas = massa \times ax = 10 \times 3{,}33 = 33{,}3\text{N}$

$X_1 = 0{,}1\text{m}$
$X_2 = 0{,}992\text{m}$ (De resultante ligt op 0,892m vanaf aanvangspunt van de Z-as, plus 100mm voor X-as)
$X_3 = 1{,}846\text{m}$
$X_4 = 1{,}946\text{m}$
$X_5 = 2{,}046\text{m}$

$X_1\, afstand\ tot\ Xas2 = X_1{}' = 2{,}046 - 0{,}1 = 1{,}946\text{m}$
$X_1\, afstand\ tot\ Xas2 = X_2{}' = 2{,}046 - 0{,}992 = 1{,}054\text{m}$
$X_1\, afstand\ tot\ Xas2 = X_3{}' = 2{,}046 - 1{,}846 = 0{,}2\text{m}$
$X_1\, afstand\ tot\ Xas2 = X_4{}' = 2{,}046 - 1{,}946 = 0{,}1\text{m}$

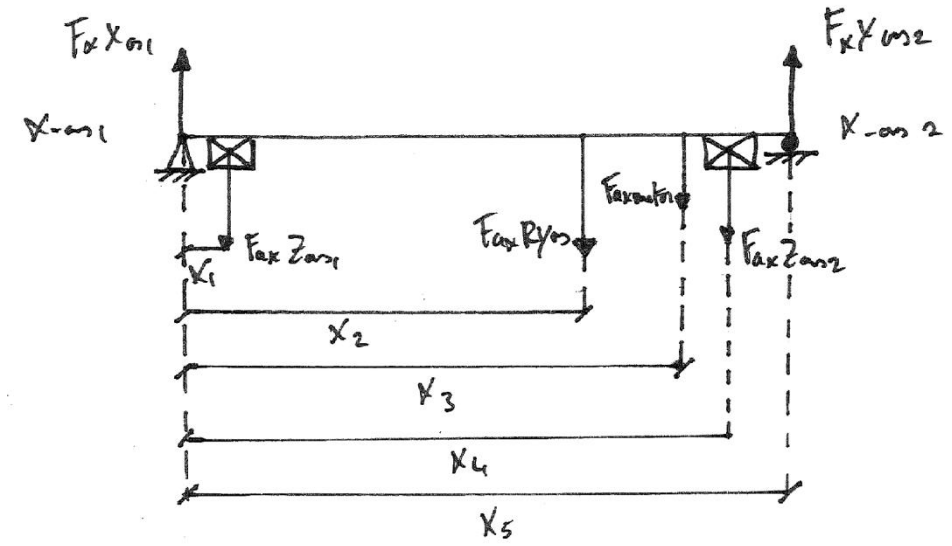
Fx Xas1 situatie 1:

$$\sum MXas2 = 0: \quad -FxXas1 \times X_5 + FaxZas1 \times X_1' + FaxRYas \times X_2' + FaxmotorZas \times X_3' + FaxZas2 \times X_4' = 0$$

$$FxXas1 = \frac{144{,}6 \times 1{,}946 + 303{,}1 \times 1{,}054 + 33{,}3 \times 0{,}2 + 144{,}6 \times 0{,}1}{2{,}046}$$
$$FxXas1 = 304\text{N}$$

FxXas2 situatie 1:

$$\sum Fy = 0: \ FxXas1 + FxXas2 - FaxZas1 - FaxZas2 - FaxRYas - FaxmotorZas = 0$$
$$FxXas2 = 144{,}6 + 144{,}6 + 303{,}1 + 33{,}3 - 304 = 321{,}6\text{N}$$



Figuur 67 Vrijlichaamsschema X-assen bovenaanzicht

$Afstand\ tussen\ Xas1\ en\ Xas2 = lengte\ Yas + 50 + 50 = 2046\text{mm}$
$Versnelling\ in\ X\ richting\ (ax) = 3{,}33\ m/s^2$
$FaxRYas = (FgRYas \div g) \times ax = (892{,}8 \div 9{,}81) \times 3{,}33 = 303{,}1\text{N}$
$FaxZas1 = FaxZas2 = massa \times ax = 43{,}5 \times 3{,}33 = 144{,}6\text{N}$
$Massa\ motorZas = 10\text{kg}$
$FaxmotorZas = massa \times ax = 10 \times 3{,}33 = 33{,}3\text{N}$

$X_1 = 0{,}1\text{m}$
$X_2 = 1{,}214\text{m}$ (De resultante ligt op 1,14m vanaf aanvangspunt van de Z-as, dus plus 100mm voor X-as)
$X_3 = 1{,}846\text{m}$
$X_4 = 1{,}946\text{m}$
$X_5 = 2{,}046\text{m}$

FxXas 2 situatie 2:

$$\sum MXas1 = 0: \quad FxXas2 \times X_5 - FaxZas1 \times X_1 - FaxRYas \times X_2 - FaxmotorZas \times X_3 - FaxZas2 \times X_4 = 0$$

$$FxXas2 = \frac{144{,}6 \times 0{,}1 + 303{,}1 \times 1{,}214 + 33{,}3 \times 1{,}846 + 144{,}6 \times 1{,}946}{2{,}046}$$

$$FxXas2 = 354{,}5\text{N}$$

$$\sum Fy = 0: \; FxXas1 + FxXas2 - FaxZas1 - FaxZas2 - FaxRYas - FaxmotorZas = 0$$

$$FxXas1 = 144{,}6 + 144{,}6 + 303{,}1 + 33{,}3 - 354{,}5 = 271{,}1\text{N}$$

De maximale Feed force (Fx) van beide X-assen is nu bekend.

$FxXas1 = 304\text{N}$
$FxXas2 = 354{,}5\text{N}$

Met deze waarde kan uit tabel 3 gehaald worden dat de X-assen minstens een EGC-120 moeten worden. De slaglengte van de X-assen is 1800mm. Twee EGC-120-1800-TB assen zijn in aanschafprijs duurder dan een EGC-185-2200-TB. Concept 3 had als enige mogelijke voordeel de aanschafprijs. Nu dit voordeel ook vervalt is concept 2 een betere keuze. Er wordt niet meer verder gerekend aan concept 3.

6 Controle berekening cyclustijden

Om te controleren of de cyclustijd van 4 seconden die bij de gemiddelde beweging gesteld is ook daadwerkelijk wordt gehaald is een controleberekening uitgevoerd. De pallet configuratie bestaat uit zes lagen met elk zes dozen. De dozen zijn constant op dezelfde manier geplaatst. Eerst wordt de laag van de gemiddelde laag berekend. Hierna volgen de andere lagen waarbij, om verwarring te voorkomen, alleen de veranderde data ten opzichte van de gemiddelde beweging wordt vermeld.

Laag 2:

De laag van de gemiddelde beweging is in de hoogte de tweede laag. De Z waarde op deze hoogte is 750mm. De cyclustijd voor doos 4 (zie tabel 1 en 2)in deze laag is berekend in hoofdstuk 1. Omdat de versnellingen gelijk moeten blijven zijn de cyclustijden voor de dozen 1, 2 en 3 ook gelijk aan vier seconden. Bij elk van deze dozen verander de Z waarde namelijk niet en omdat de X en Y beweging in het tweede gedeelte van de beweging tegelijkertijd plaatsvindt als de Z beweging kan hier niks in worden aangepast. Bij de dozen 5 en 6 verandert wel de X beweging. De cyclustijd moet dus gecontroleerd worden voor de verlengde X beweging.

Tabel 11 Cyclustijden voor XY beweging 2e laag doos 5 en 6

	Pos 0 -> 1		Pos 1 -> 0			Pos 1 -> 2		Pos 2 -> 1	
Afstand pos1 Y	0,25	m	0,25	m	Afstand pos2Y	0,25	m	0,25	m
Afstand pos1 X	0,4	m	0,4	m	Afstand pos2 X	1	m	1	m
Tijd	0,7	s	0,5	s		1,16	s	0,9	s

De afstand van de X beweging is van positie 1 naar 2 van 0,6 m naar 1,0 meter gegaan. Dit heeft als gevolg dat de tijden zijn toegenomen.

De originele berekening voor de cyclustijd van de gemiddelde beweging:

$$Cyclustijd = Zpos\ 0 \rightarrow 1 + Zpos1 \rightarrow 2 + XYpos0 \rightarrow 1 + XYpos1 \rightarrow 2 + XYpos2 \rightarrow 1 + XYpos1 \rightarrow 0$$

$$Cyslustijd = 0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}7 + 0{,}9 + 0{,}7 + 0{,}5 = 3{,}6\ seconden$$

De vernieuwde waardes worden ingevuld:

$$Cyslustijd = 0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}7 + 1{,}16 + 0{,}9 + 0{,}5 = 4{,}06\ seconden$$

De oppak en loslaattijd erbij gerekend:

$$Totale\ cyclustijd = 4{,}06 + 0{,}2 + 0{,}2 = 4{,}46\ seconden$$

Voor laag 2 geeft dit dus de volgende resultaten:

Tabel 12 Cyclustijden laag 2

Doos 1 t=4 sec	Doos 2 t=4 sec
Doos 3 t=4 sec	Doos 4 t=4 sec
Doos 5 t=4,46	Doos 6 t=4,46

De daadwerkelijk gemiddelde cyclustijd van laag 2:

$$Daadwerkelijke\ cyclustijd = \frac{4 \times 4 + 2 \times 4{,}46}{6} = 4{,}15\ seconden$$

Laag 1:

Laag 1 is de onderste laag op de pallet. Deze heeft een Z waarde 300mm lager ligt dan laag 2. De versnellingen in de Z richting zijn bepalend hier omdat deze de enige zijn die veranderen. De waardes voor doos 1, 2, 3 en 4:

Tabel 13 cyclustijden voor Z beweging in 1e laag voor doos 1, 2, 3 en 4

Afstand 0->1	0,2	m	Tijd pos 0->1	0,4	s
Afstand 1->2	0,1	m	Tijd pos 1->2	0,4	s
Afstand 2->3	1,05	m	Tijd pos 2->3	1,06	s
Afstand 3->0	1,15	m	Tijd pos 3->0	0,81	s

Pos 2->3 en pos 3->0 vinden tegelijkertijd plaats met de XY beweging 1->2 en 2->1. De vernieuwde cyclustijd voor laag 1 doos 1, 2, 3 en 4.

$$Cyslustijd = 0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}7 + 1{,}06 + 0{,}81 + 0{,}5 = 3{,}87\ seconden$$

De oppak en loslaattijd erbij gerekend:

$$Totale\ cyclustijd = 3{,}87 + 0{,}2 + 0{,}2 = 4{,}27\ seconden$$

Omdat deze tijd 4,27 s lager is dan de 4,47 s van de uiterste X beweging kan nu gesteld worden dat voor laag 1 de cyclustijden zijn:

Tabel 14 Cyclustijden laag 1

Doos 1 t=4,27 sec	Doos 2 t=4,27 sec
Doos 3 t=4,27 sec	Doos 4 t=4,27 sec
Doos 5 t=4,46	Doos 6 t=4,46

De daadwerkelijk gemiddelde cyclustijd van laag 1:

$$Daadwerkelijke\ cyclustijd = \frac{4 \times 4{,}27 + 2 \times 4{,}46}{6} = 4{,}33\ seconden$$

Laag 3:

Laag drie bevindt zich 300mm boven laag 2. Dit betekent dat de Z waarde met 300mm afneemt. Omdat de versnellingen gelijk moeten blijven en de XY afstanden van dozen 2, 3, 4, 5 en 6 niet veranderen, wordt alleen de tijd van doos 1 aangepast. Omdat de Z waarde maar ook de X en Y waarde kleiner zijn dan bij de gemiddelde beweging worden beide bewegingen aangepast.

Tabel 15 Cyclustijden Z beweging laag 3 doos 1

Afstand 0->1	0,2	m	Tijd pos 0->1	0,4	s
Afstand 1->2	0,1	m	Tijd pos 1->2	0,4	s
Afstand 2->3	0,45	m	Tijd pos 2->3	0,7	s
Afstand 3->0	0,55	m	Tijd pos 3->0	0,56	s

De Z beweging blijkt bepalend te zijn voor de cyclustijden bij doos 1. Pos 2->3 en pos 3->0 vinden tegelijkertijd plaats met de XY beweging 1->2 en 2->1. De vernieuwde cyclustijd voor laag 3 doos 1:

$$Cyslustijd = 0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}7 + 0{,}7 + 0{,}56 + 0{,}5 = 3{,}26\ seconden$$

De oppak en loslaattijd erbij gerekend:

$$Totale\ cyclustijd = 3{,}26 + 0{,}2 + 0{,}2 = 3{,}66\ seconden$$

De nieuwe cyclustijden voor laag 3:

Doos 1 t=3,66 sec	Doos 2 t=4,00 sec
Doos 3 t=4,00 sec	Doos 4 t=4,00 sec
Doos 5 t=4,46	Doos 6 t=4,46

<u>De daadwerkelijk gemiddelde cyclustijd van laag 3</u>:

$$Daadwerkelijke\ cyclustijd = \frac{3{,}66 + 3 \times 4{,}00 + 2 \times 4{,}46}{6} = 4{,}10\ seconden$$

Laag 4:

Laag 4 bevindt zich 300 mm boven 3. Dit betekent dat de Z waarde met 300mm afneemt. Omdat de versnellingen gelijk moeten blijven en de XY afstanden van dozen 2, 3, 4, 5 en 6 niet veranderen, wordt alleen de tijd van doos 1 aangepast. Omdat de Z waarde maar ook de X en Y waarde kleiner zijn dan bij de gemiddelde beweging worden beide bewegingen aangepast.

Omdat de Z beweging nog 150mm hoeft te zakken is nu de X beweging bepalend voor de berekening van de cyclustijd:

Tabel 16 Cyclustijden Z beweging van laag 4 doos 1

	Pos 0 -> 1		Pos 1 -> 0			Pos 1 -> 2		Pos 2 -> 1	
Afstand pos1 Y	0	m	0	m	Afstand pos2Y	0	m	0	m
Afstand pos1 X	0,4	m	0,4	m	Afstand pos2 X	0,2	m	0,2	m
Tijd	0,7	s	0,5	s		0,52	s	0,41	s

De vernieuwde cyclustijd voor doos 1 in laag 4:

$$Cyslustijd = 0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}7 + 0{,}52 + 0{,}41 + 0{,}5 = 2{,}93\ seconden$$

De oppak en loslaattijd erbij gerekend:

$$Totale\ cyclustijd = 2{,}93 + 0{,}2 + 0{,}2 = 3{,}33\ seconden$$

De nieuwe cyclustijden voor laag 4:

Doos 1 t=3,33 sec	Doos 2 t=4,00 sec
Doos 3 t=4,00 sec	Doos 4 t=4,00 sec
Doos 5 t=4,46	Doos 6 t=4,46

<u>De daadwerkelijk gemiddelde cyclustijd van laag 4</u>:

$$Daadwerkelijke\ cyclustijd = \frac{3{,}33 + 3 \times 4{,}00 + 2 \times 4{,}46}{6} = 4{,}04\ seconden$$

Laag 5:

Laag 5 bevindt zich 300 mm hoger dan laag, dit betekent dat laag 5 zich op een hoogte van 1650mm begeeft. De uitgangspositie van de Z-as is 1500mm dit betekent dat de Z beweging niet meer tegelijk ingezet kan worden met de XY beweging. Voor laag 5 en 6 moet dus een ander bewegingsprofiel worden gemaakt. Het nieuwe bewegingsprofiel moet wel berekend worden met dezelfde versnellingen om de belastingen gelijk te houden. De afstanden die afgelegd moeten worden veranderen in essentie niet alleen de vorm van bewegen. Daarnaast kan de XY beweging nu na het behalen van de juiste Z waarde in een keer gebeuren in plaats van de twee stappen die het in de gemiddelde beweging maakt. De afgelegde Z beweging voor laag 5 en 6 is bij beide lager dan bij de gemiddelde beweging.

Met de huidige informatie kan berekend worden dat de daadwerkelijke cyclustijd voor laag 1 tot en met 4:

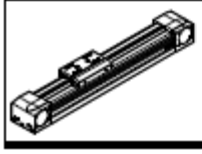
$$Cyclustijd\ laag\ 1\ tot\ en\ met\ 4 = \frac{4{,}15 + 4{,}33 + 4{,}10 + 4{,}04}{4} = 4{,}16\ seconden$$

Om de cyclustijd van de gehele pallet boven de 5 seconden te krijgen moeten laag 5 en 6 een gemiddelde hebben hoger dan 6,7 seconden. Aangezien het dezelfde afstanden zijn maar in een andere vorm kan veilig gesteld worden dat de cyclustijd van de palletizerfunctie binnen de vijf seconden blijft.

Bijlage V EGC documentatie

Characteristic values of the axes

The specifications shown in the table are maximum values.
The precise values for each of the variants can be found in the relevant technical data in the catalogue.

Version	Size	Working stroke [mm]	Speed [m/s]	Repetition accuracy [mm]	Feed force [N]	Guide characteristics: Forces and torques Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Recirculating ball bearing guide										
	50	50 ... 1900	3	±0.08	50	650	650	3.5	10	10
	70	50 ... 5000	5	±0.08	100	1850	1850	16	132	132
	80	50 ... 8500	5	±0.08	350	3050	3050	36	228	228
	120	50 ... 8500	5	±0.08	800	6890	6890	144	680	680
	185	50 ... 8500	5	±0.1	2500	15200	15200	529	1820	1820

Toothed belt axes EGC-TB-KF, with recirculating ball bearing guide

FESTO

Technical data

Weight [g]					
Size	50	70	80	120	185
Basic weight with 0 mm stroke[1]					
EGC-...-GK/-GP	620	1850	3000	10500	32600
EGC-...-GV/-GQ	–	2470	3900	12600	36800
Additional weight per 10 mm stroke	19	44	62	150	300
Moving load					
EGC-...-GK/-GP	130	370	620	2180	6500
EGC-...-GV/-GQ	–	550	900	2730	7720
Additional slide					
EGC-...-KL/-KR	80	300	550	2000	6000
Clamping unit					
EGC-...-1H...-PN	–	–	700	2300	4900
EGC-...-2H-PN	–	–	1300	4000	8300

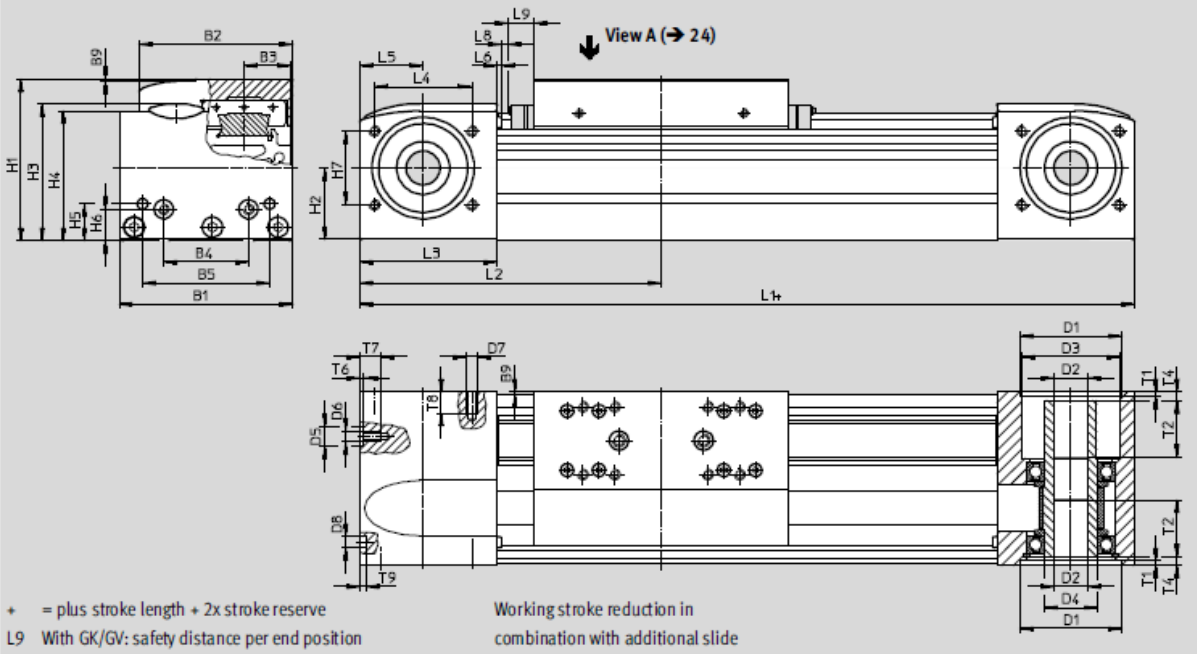
1) Incl. slide

Toothed belt axes EGC-TB-KF, with recirculating ball bearing guide

Technical data

FESTO

Dimensions Download CAD data ➔ www.festo.com



+ = plus stroke length + 2x stroke reserve

L9 With GK/GV: safety distance per end position
With GP/GQ: dimension for wiper seal ➔ 18
With GK-C/GV-C: dimension for adapter ➔ 29

Working stroke reduction in combination with additional slide ➔ 18

Size	B1	B2	B3	B4	B5	B9	D1 ∅ H7	D2 ∅ H7	D3 ∅	D4 ∅	D5 ∅ H7	D6
50	48	39	11.5	20	35	1	27	8	20	15	–	M4
70	69	58.6	16.5	30	45	1	38	10	28	20	–	M5
80	82	72.6	22	40	60	1	48	16	46.5	25	9	M5
120	120	107	33	80	40	1	62	23	59	35	–	M8
185	186	169	53	120	80	1	95	32	90	60	–	M10

Size	D7	D8 ∅ H7	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	L1		L2	
										GK	GV	GK	GV
50	M3	5	42.5	16.5	37.6	35.5	10.5	10.5	18	155	–	77.5	–
70	M5	5	64	28	53.7	50.8	13	13	29	246	346	123	173
80	M5	5	76.5	34.5	65	61.5	17.5	15	35	286	386	143	193
120	M6	9	111.5	51.6	95.9	91.1	22	22	54	446	546	223	273
185	M8	9	172.5	80.5	152.6	143	25	25	80	612	712	306	356

Size	L3	L4	L5	L6	L8	L9	T1	T2	T4	T6	T7	T8	T9
50	40	26	20	1.8	3	–	1.5	–	5.9	–	7	8	3.1
70	57.5	36	27.5	1.8	3	10.5	2.1	18	7.15	–	10	12	3.1
80	65	46	30	2	3	13	2.1	27	4	2.1	10	10	3.1
120	100	64	50	2	3	18	3.1	29.5	4	–	16	14	2.1
185	140	80	70	2	3	21	2.8	34.5	4	–	20	17	2.1

Bijlage VI Flexjoints

Flexible X/Y-adapterplates for gantry systems

Problem description

3D Gantry systems built-up with EGC axis are critical to install and occasionally show a reduced service life. The benefit of highly rigid extrusion profiles that reduce the need for supporting frames has consequences on the bearing loads in the statically over determined design

of the gantry systems. Problems with service life can be expected when one of these errors occur:

-Inadequate mounting (tolerances > 0,05mm)

non parallelity

axis positioned out of vertical plane

-Axis rotated out of vertical plane

-Thermal expansion problems with steel machine frames

$$\alpha_{axis} \neq \alpha_{machine\ frame}$$

Result:

Overloading and excessive wear of bearings

Potential damage of guide rail

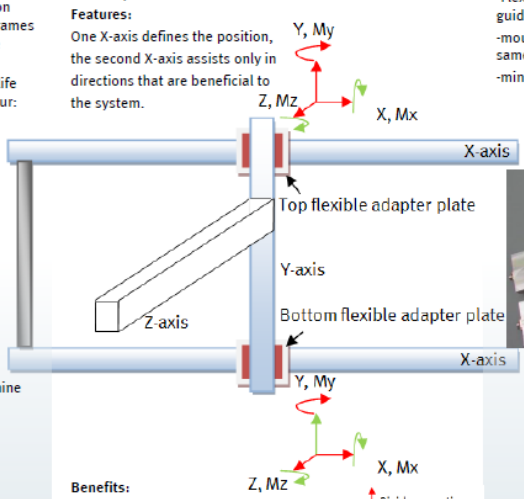
Loss of service life

Solution

The way to overcome these problems is to introduce flexibility between connection of X- and Y-axis.

Features:

One X-axis defines the position, the second X-axis assists only in directions that are beneficial to the system.



Benefits:

Increased robustness of system

Less installation effort

Less installation time

Rigid connection

Flexible connection

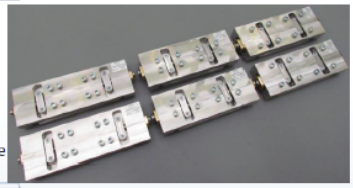
Design criteria

-one X-axis bears all the Fy load

-Flexible adapter plates dimensioned on full X-axis guide loadablitiy

-mounting hole configuration of flexible adapter the same as the EGC-slide

-minimal built-in height



Photos: flexible adapterplate EGC-80/120/185
by Customer Solutions NL
Bart van Let & Bob van der Ree

Final design (WIP) via Marc Hammeley
Price/availability via Marc Hammeley --> F_NL

CS_NL / Bob van der Ree Universal Adapter plate 11.03.2015 1