

TESTBANK VOOR HYDRAULISCHE COMPONENTEN

Afstudeerverslag



Student

Jonathan Vermeul

Jonathan.Vermeul@outlook.com

Studentnummer:

Dana SAC Benelux

Dion Turken

De Haagse Hogeschool

Bram van der Vlugt

Edwin de Wit



DE HAAGSE
HOGESCHOOL

25-3-2022

Voorwoord

Dit afstudeerverslag is het eindrapport van mijn afstudeerstage voor de hbo-opleiding werktuigbouwkunde aan De Haagse Hogeschool. Dit project is uitgevoerd in opdracht van Dana SAC Benelux.

Mijn stagebegeleider, Dion Turken, heeft de ontwerpopdracht gegeven en aangegeven wat hij voor ogen had. Dit heb ik vertaald naar de hoofdvragen en deelvragen. Na het inventariseren van de eisen en het analyseren van de oude situatie ben ik het ontwerpproces gestart. Gedurende het proces heb ik de hoofdvraag en deelvragen kunnen beantwoorden. Tijdens de stage heb ik geregeld met Dion en Michel ideeën uitgewisseld wat de voortgang ten goede is gekomen.

Graag wil ik Dana SAC Benelux bedanken voor de mogelijkheid om dit project uit te voeren. Ik wil mijn begeleiders Dion Turken (Dana SAC Benelux) en dhr. A. van der Vlugt (Haagse Hogeschool) bedanken voor de feedback gedurende het proces. Verder dank aan het detacheringsbureau Connetix voor het vinden van dit project. Tot slot wil ik Nicole Opdam bedanken voor de hulp bij de opmaak en het afdrukken en inbinden.

Jonathan Vermeul

Hoofddorp, 25-03-2022

Samenvatting

Het testen van hydraulische componenten en samenstellingen wordt gedaan op een gedateerde testbank welke niet voldoet aan de huidige veiligheidseisen en -normen. Het doel van de afstudeerstage is het creëren van een veilige werkomgeving voor de tester. Daarbij wordt de volgende vraag gesteld: “Hoe wordt de nieuwe testbank vormgegeven zodat de operator veilig zijn werk kan doen?”

Voor dit project wordt de methode grotendeels gevolgd zoals omschreven in het boek Methodisch ontwerpen van J.C.F. de Beer (2009).

Eerst is het probleem gedefinieerd. Daarna is een programma van eisen opgesteld. Vervolgens is geanalyseerd wat de huidige functies van de testbank zijn en welke eisen de opdrachtgever stelt. Op basis van deze functieanalyse is een hydraulisch schema gemaakt voor de nieuwe testbank. Aan de hand van het schema en de eisen zijn componenten geselecteerd.

Dit project heeft geresulteerd in een 3D ontwerp van een nieuwe testbank. Een frame met daarin hydraulisch gestuurde ventielen die door middel van een handbediend stuursysteem goed en veilig te bedienen zijn met de deuren van de afscherming dicht. Het aflezen van druk en debiet kan van duidelijke displays. De filterelementen zijn te vervangen via een deur onder het werkblad waar de te testen objecten op vast gezet kunnen worden. Groter onderhoud en reparatie kan worden uitgevoerd via losneembare panelen aan de achterzijde.

Het ontwerp is zodanig gemaakt dat het eenvoudig is aan te passen naar elektrisch gestuurde richtingsventielen. De bediening kan dan gedaan worden met drukknoppen, schakelaars, muis of zelfs een touchscreen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Inhoudsopgave	iii
Figurenlijst	iv
Begrippenlijst	v
Symbolenlijst	v
1. Inleiding	1
1.1. Context van het bedrijf	1
1.2. Probleemstelling	1
1.3. Doelstelling	1
1.4. Hoofdvraag en deelvragen	3
1.5. Methode	3
2. Probleemdefinitie	4
2.1. Probleemverkenning	4
2.2. Programma van eisen	5
2.3. Functieanalyse	6
3. Ontwerpen	7
3.1. Hoofdfunctie ontwerp	7
3.2. Deelfunctie ontwerp	9
3.3. Morfologisch overzicht	13
3.4. Conceptkeuze	15
4. Detaillering	17
5. Advies	24
6. Competenties	25
7. Conclusie	28
Literatuurlijst	29
Bijlage A: Bedrijfsbeoordeling afstuderen Werktuigbouwkunde	
Bijlage B: Hydraulisch schema	
Bijlage C: Component specificaties	
1. Filter specificaties	
2. Pomp specificaties	
3. Smoorventiel specificaties	
4. Richtingsventiel specificaties	
5. Manometer specificaties	
6. Debietmeter specificaties	
7. Aansluiting specificaties	
8. Fixatie specificaties	
9. Afscherming specificaties	

Figurenlijst

Figuur 1.1: Proportionele richtingsventielen	1
Figuur 1.2: Axiale zuigermotor	1
Figuur 1.3: Foto van de huidige situatie	2
Figuur 1.4: Foto van de huidige testbank	2
Figuur 1.5: Projectfasering volgens Methodisch ontwerpen	3
Figuur 1.6: Projectfasering in dit verslag	3
Figuur 2.1: Functieboom	6
Figuur 3.1: Systeem voor het testen van een ventiel	7
Figuur 3.2: Systeem voor het testen van een motor of pomp	8
Figuur 3.4: Hydraforce Handle options	10
Figuur 3.5: Buisveermanometer	11
Figuur 3.6: Digitale manometer	11
Figuur 3.7: Druktransmitter	11
Figuur 3.8: Snelspanner horizontaal	12
Figuur 3.9: T-gleuf	12
Figuur 3.10: Morfologisch overzicht	13
Figuur 3.11: Nummering van de eisen	15
Figuur 3.12: Weegfactor bepaling	15
Figuur 3.13: Beoordelingsmatrix	16
Figuur 4.1: Brevini H1V	18
Figuur 4.2: Hydraulisch vermogen	19
Figuur 4.3: Debiet - drukval diagram	19
Figuur 4.4: Parker 372 slang	20
Figuur 4.5: Parker 421SN slang	20
Figuur 4.6: Adapter en slangfitting	21
Figuur 4.7: Testobject fixatie	21
Figuur 4.8: PMMA versus PC	22
Figuur 4.9: Geleiderail en -slede	22
Figuur 4.10: Dined afmetingen selectie	23
Figuur 4.11: Dined afmetingen data	23
Figuur 4.12: Basisafmetingen frame	23
Figuur 6.1: Competentieroos	27

Begrippenlijst

Begrip	Definitie/verklaring
Flow	Debiet, volumestroom
High Pressure	Hoge druk, tot 690 bar
HIPS	Hoge Impact Polystyreen, thermoplastisch polymeer
HPV	Hydraulisch Proportioneel Ventiel
Medium Pressure	Middel druk, tot 450 bar
NBR	Nitrilbutadiëenrubber, of kortweg nitril
PC	Polycarbonaat, thermoplastisch polymeer
PETG	Polyethyleentereftalaatglycol, thermoplastisch polymeer
PMMA	Polymethylmethacrylaat, of kortweg acrylaat, thermoplastisch polymeer
PVC	Polyvinylchloride, thermoplastisch polymeer
Tester	Persoon die de testbank bedient
Testobject	Het object dat getest wordt

Symbolenlijst

Symbol	Grootheid	Eenheid	Symbol
A	oppervlakte	vierkante meter vierkante millimeter	m^2 mm^2
B	belastingsgraad	-	-
k	stroomcoëfficiënt	-	-
l	lengte	meter millimeter	m mm
m	massa	kilogram	kg
n	toerental	rotaties per minuut	rpm
P	vermogen	kilowatt	kW
p	druk	bar	bar
Q	debiet	liter per minuut	l/min
T	temperatuur	graden Celsius	°C
V	volume	liter	L
V_g	slagvolume	kubieke centimeter	cm^3
Δ - (Delta)	verschil	-	-
η - (eta)	efficiëntie rendement	-	-
ρ - (rho)	dichtheid	kilogram per kubieke meter gram per kubieke centimeter	kg/m^3 g/cm^3

1. Inleiding

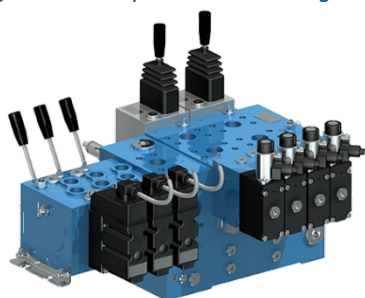
1.1. Context van het bedrijf

Het bedrijf in Alphen aan den Rijn is in 2017 overgenomen door Dana Incorporated, voor die tijd was het onderdeel van de Brevini Group S.p.A. als Brevini Power Transmission en Brevini Fluid Power. Nu is Brevini een merknaam van Dana.

Dana SAC Benelux is het service, verkoop- en kenniscentrum van Noordwest-Europa voor Dana Off-Highway producten. Zij houden zich bezig met oplossingen voor het aandrijven van voertuigen en machines. De productgroepen zijn Drivetrain Systems, Fluid Power, Power Transmission en Winches. Deze producten worden onder andere toegepast in de scheepvaart, landbouw, mijnbouw en entertainment.

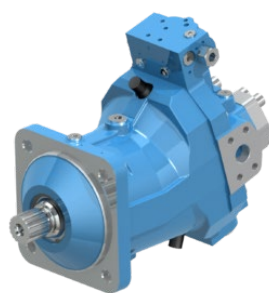
Onder de productgroep Fluid Power vallen onder andere Proportionele richtingsventielen (HPV's) zoals in Figuur 1.1 (Dana, Brevini Valves), pompen en motoren zoals de axiale zuigermotor in Figuur 1.2 (Dana, Brevini Motors).

Figuur 1.1: Proportionele richtingsventielen



Noot. Herdrukt van "Brevini valves", door Dana.
Geraadpleegd van https://www.dana-sac-benelux.com/product_brevini_valves/

Figuur 1.2: Axiale zuigermotor



Noot. Herdrukt van "Brevini motors", door Dana.
Geraadpleegd van https://www.dana-sac-benelux.com/brevini_motors/

De begeleider namens Dana SAC Benelux is Dion Turken. Hij is sinds 2012 werkzaam bij het bedrijf als Hydraulic System Engineer en heeft daar sinds mei 2021 de functie van Manager Engineering bij.

1.2. Probleemstelling

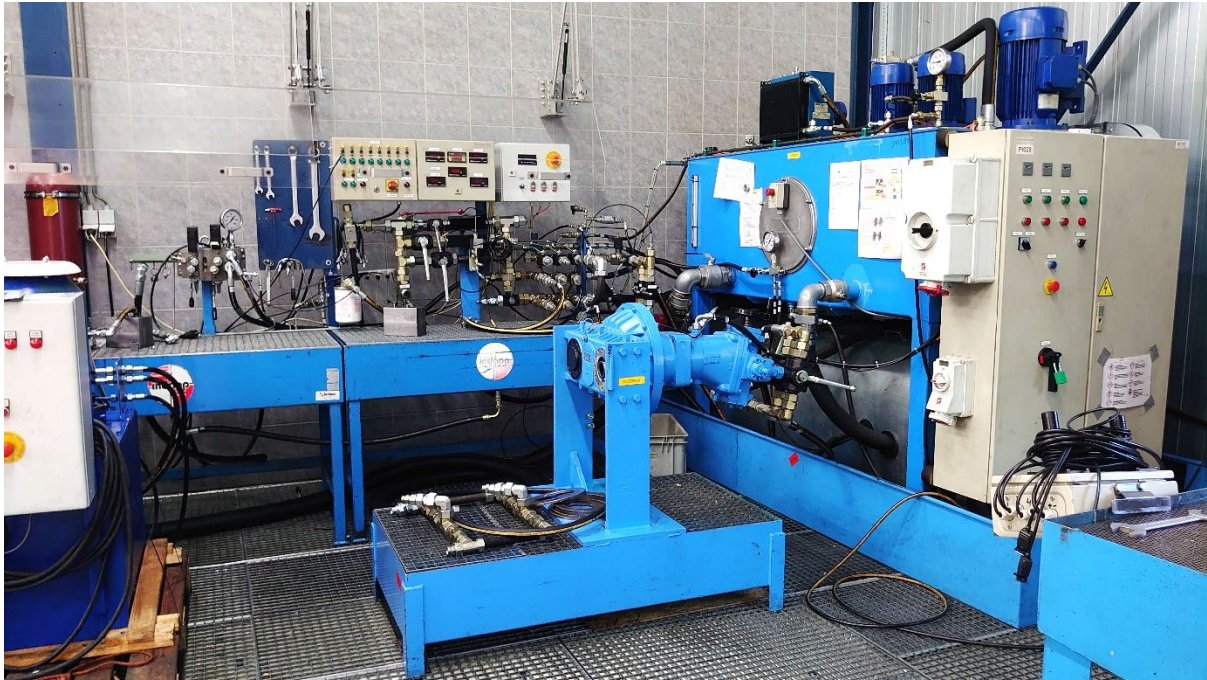
Het testen van hydraulische componenten en samenstellingen wordt gedaan op een gedateerde testbank welke niet voldoet aan de huidige veiligheidseisen en -normen.

Het te testen onderdeel is niet afgeschermd, bij de bediening van de testbank komt men met handen en armen langs het te testen onderdeel. Veel aansluitingen zijn richting de operator gericht. De bewegingsvrijheid van de operator wordt beperkt door het reservoir die rechts van de operator staat en de hydraulische motor/pomp die achter de operator staat. Zodra de zojuist genoemde motor/pomp aangesloten wordt met een slang, loopt deze links van de operator boven de grond en vormt struikelgevaar. Figuur 1.3 en Figuur 1.4 op de volgende bladzijde geven de huidige situatie weer.

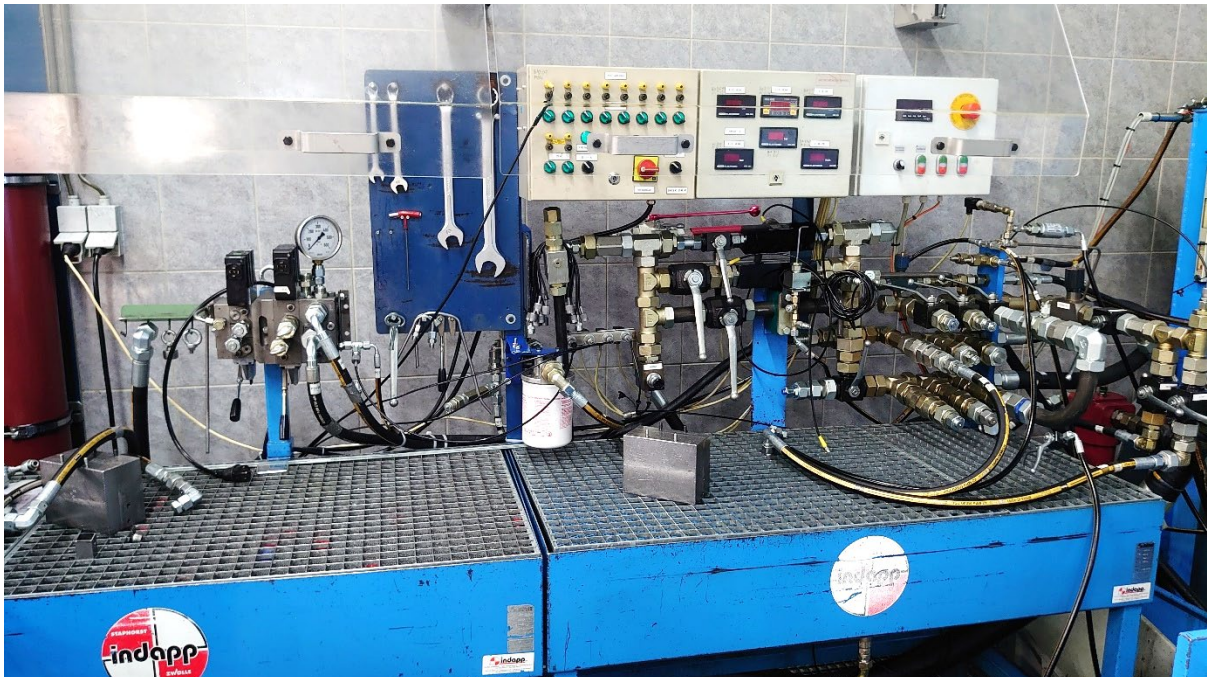
1.3. Doelstelling

Het doel van de afstudeerstage is het creëren van een veilige werkomgeving voor de tester.

Figuur 1.3: Foto van de huidige situatie



Figuur 1.4: Foto van de huidige testbank



1.4. Hoofdvraag en deelvragen

De hoofdvraag van dit verslag is:

Hoe wordt de nieuwe testbank vormgegeven zodat de operator veilig zijn werk kan doen?

Daarbij zijn dit de deelvragen:

- Wat zijn de specificaties en functies van de huidige testbank?
- Wat zijn de eisen en wensen voor de nieuwe testbank?
- Hoe wordt onderhoud en reparatie aan de testbank uitgevoerd?
- Wat zijn de aanbevelingen en uitbouwmogelijkheden?

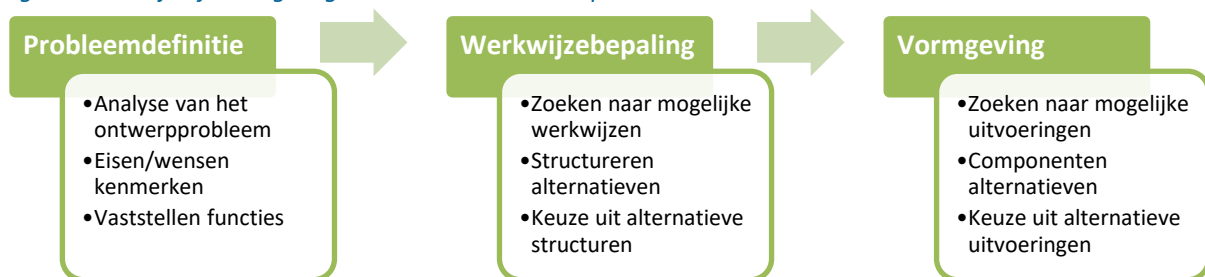
1.5. Methode

Voor dit project wordt de methode grotendeels gevolgd zoals omschreven in het boek *Methodisch ontwerpen* van J.C.F. de Beer (2009).

Het ontwerpproces wordt in het boek opgedeeld in drie fases: probleem-definiërende fase, werkwijze-bepalende fase en vormgevende fase. Buiten dit ontwerpproces is nog een realisatiefase.

Elke fase is vervolgens ingedeeld in drie punten zoals te zien in Figuur 1.5.

Figuur 1.5: Projectfasering volgens Methodisch ontwerpen

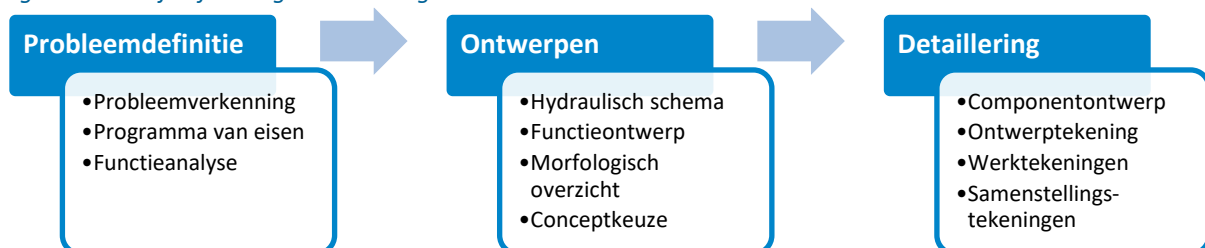


Hier wordt afgeweken van het boek en wordt het proces ingedeeld in de volgende fases: probleemdefinitie, ontwerp en detaillering. Zie Figuur 1.6.

In de ontwerpfase wordt het systeem ontworpen op basis van de functies, vervolgens worden de onderdelen ontworpen die in het systeem gebruikt moeten worden. Per functie kunnen meerdere ontwerpen gemaakt worden, deze worden in een morfologisch overzicht geplaatst. Het overzicht resulteert in meerdere concepten die op basis van de eisen beoordeeld worden zodat de beste gekozen kan worden.

Het gekozen concept wordt uitgewerkt in de detailleringfase. Hier worden de onderdelen uitgewerkt zodat ze besteld en/of gemaakt kunnen worden. Dat houdt in dat ze gedefinieerd worden door materiaal, afmetingen en toleranties. Ook de samenstellingen worden ingedeeld en op tekening gezet zodat een monteur de samenstellingen kan bouwen.

Figuur 1.6: Projectfasering in dit verslag



Onderwerpen die aan bod komen zijn een programma van eisen, functieanalyse, functieontwerp, conceptontwerpen (drie stuks), conceptkeuze, detaillering en advies.

2. Probleemdefinitie

Op basis van het doel wordt het probleem geanalyseerd en de eisen geformuleerd ook worden de functies en deelfuncties vastgelegd. De uitkomst hiervan wordt als hulpmiddel gebruikt in de toetsing en selectie van onderdelen en concepten.

2.1. Probleemverkenning

Om het probleem en de context helder te krijgen wordt gebruik gemaakt van de 5W2H tool. Hierbij wordt antwoord gegeven op vragen die beginnen met de woorden wie, wat, waar, wanneer, waarom, hoe en hoeveel.

- De vraag beginnend met “wie” verheldert de doelgroep.
- De vragen beginnend met “wat” maken het probleem concreet.
- Antwoord op de vraag beginnend met “waar” geeft fysieke context over de testbank.
- De vragen met “wanneer” geven een beeld over de tijd.
- De vragen met “waarom” gaan over de oorzaak.
- De vragen met “hoe” geven een oplossingsrichting aan.
- De vraag “hoeveel” kwantificeert het probleem.

Wie komt er in aanraking met de testbank?

De tester gebruikt de testbank om testobjecten te testen. Zo controleert de tester of de testobjecten niet lekken en naar behoren werken.

De onderhoudsmonteur voert onderhoud uit aan de testbank. De monteur vervangt filters en controleert de werking van de testbank.

De werkplaats- en veiligheidsmanagers komen indirect in aanraking met de testbank. Zij dragen verantwoordelijkheid voor een veilige werkomgeving.

De kwaliteitsmanager komt ook indirect in aanraking. Deze manager is erbij gebaat dat de tests gedaan worden om kwaliteit van de testobjecten te controleren.

Wat zijn precies de problemen?

De huidige testbank biedt te weinig bescherming voor de tester en vormt daarmee een veiligheidsrisico.

De huidige testbank bevat veel kogelkranen waarvan niet direct duidelijk is wat ze afsluiten.

De onderhoudsmonteur kan niet goed bij de filters, veiligheidsventielen en regelaars.

Waar bevindt de testbank zich?

De testbank staat in het Service and Assembly Centre in Alphen in den Rijn achter in de werkplaats. De temperatuur in de werkplaats varieert tussen de 15°C en 25°C en heeft een luchtvochtigheid die overeenkomt met het Nederlandse klimaat.

Wanneer is het probleem ontstaan?

De testbank is in de afgelopen 25 jaar gegroeid tot wat het nu is.

Wanneer moet het probleem opgelost zijn?

Het probleem moet zo spoedig mogelijk opgelost worden.

Waarom moet het probleem opgelost worden?

Er kunnen ernstige verwondingen opgelopen worden. Een dunne straal hydraulische olie onder hoge druk kan bijvoorbeeld vingers los van de hand snijden of zich in de bloedbaan werken.

Hoe is het probleem nu opgelost?

De tijdelijke oplossing is een acrylaat (Plexiglas/Perspex) of polycarbonaat (Lexan/Markolon) plaat die bescherming kan vormen tegen spuitende olie. De testbank bevat een hoop kogelkranen op verschillende plekken waarvan niet direct duidelijk is wat ze precies afsluiten, deze hebben een stickertje erop met een steekwoord.

Hoeveel testbanken zijn er?

Het gaat om één testbank. Maar dit project kan als pilot dienen om op andere locaties van Dana ook een soortgelijke testbank te gaan gebruiken.

Hoeveel wordt deze testbank gebruikt?

De testbank wordt 5 tot 10 maal per week gebruikt.

2.2. Programma van eisen

De eisen die gesteld worden aan de testbank kunnen onderverdeeld worden in de onderwerpen functionaliteit, veiligheid, ergonomie, onderhoud, levensduur en kosten.

Functionaliteit

- De verschillende testobjecten moeten te fixeren zijn.
- De testbank moet met een hydraulische druk tot 400 bar kunnen functioneren voor het testen van ventielen.
- De testbank moet met voldoende hydraulisch debiet kunnen functioneren voor het testen van hydraulische motoren.
- De olietemperatuur moet tussen de 45 en 50 °C blijven.
- De oliezuiverheid moet NAS 1638: klasse 6 of beter zijn.

Veiligheid

- De testbank moet een noodstop hebben.
- De testbank moet een drukbeveiliging hebben.
- De testbank moet een afscherming hebben tegen spuitende olie.
- De testbank moet te gebruiken zijn zonder gehoorbescherming.

Ergonomie

- De manometers en debietmeters moeten goed afleesbaar zijn.
- De bediening van de testbank moet eenduidig en eenvoudig zijn.
- De houding van de tester moet goed zijn.

Onderhoud

- De testbank moet eenvoudig en goed schoon te maken zijn.
- De filterelementen moeten eenvoudig te vervangen zijn.

Levensduur

- De testbank moet bestendig zijn tegen hydraulische olie.
- De testbank moet corrosiebestendig zijn.
- De testbank moet slijtvast zijn.
- Kwaliteit.
- Repareerbaarheid.
- Bedrijfszekerheid.
- Modulaire opbouw.
- Compatibiliteit.
- Onderhoud.
- Kwetsbare delen.
- Vervangbaarheid van kwetsbare delen.
- Hergebruik.
- Oppervlaktebehandeling.

Kosten

- Om kosten te drukken moeten zoveel mogelijk onderdelen hergebruikt worden.
- De begroting in het verslag vormt de basis van de budgetaanvraag.

Voorschriften

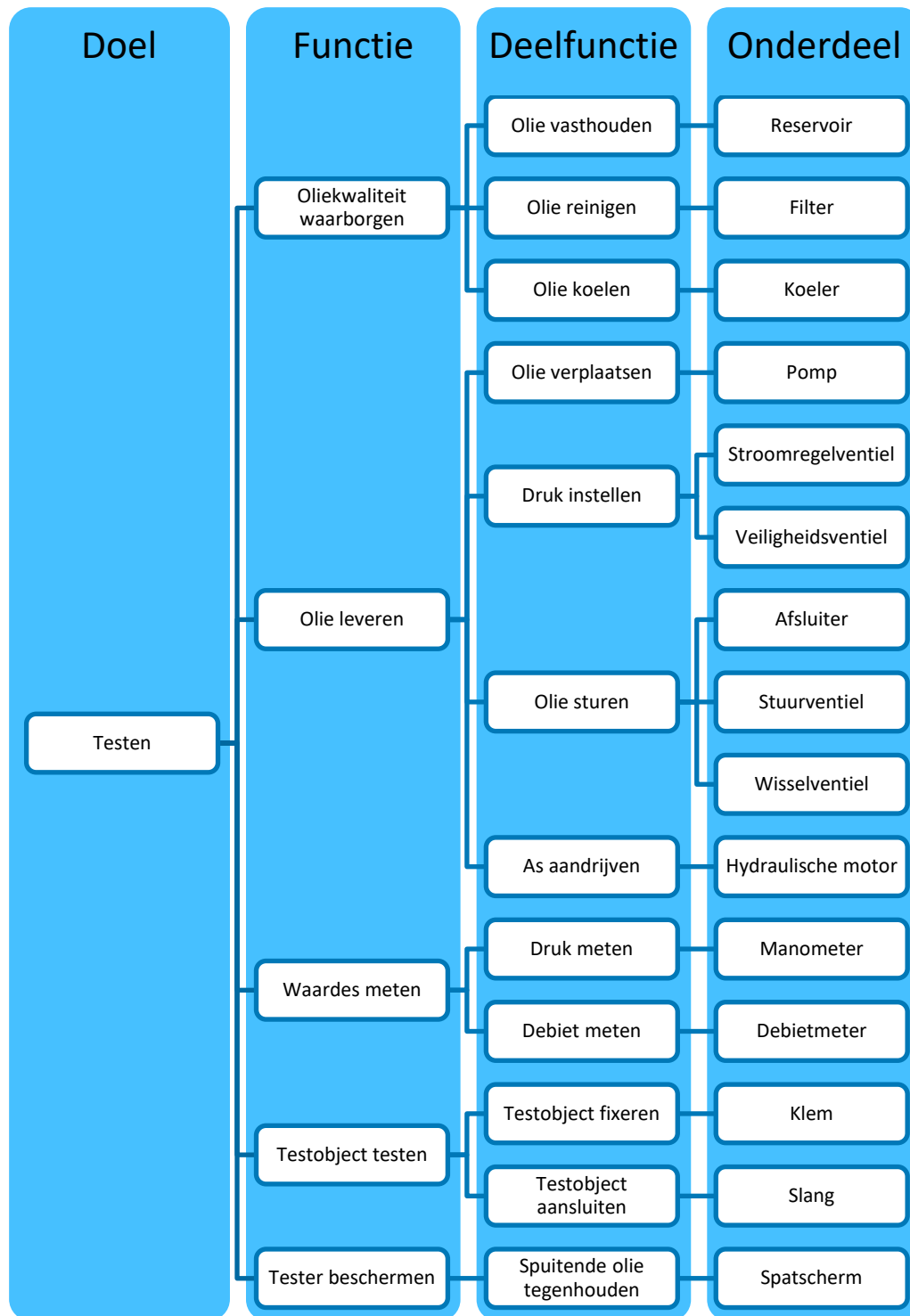
- De testbank moet voldoen aan de Machinerichtlijn.

2.3. Functieanalyse

“De functie van de technische installatie is het geheel aan activiteiten, handelingen of behandelingen die door of aan de inrichting moeten plaatsvinden om het gestelde doel te bereiken.” (De Beer, 2009, p. 54)

Een veel gebruikte methode om de functies in kaart te brengen is de functieboom. Voor de hydraulische testbank is deze boom weergegeven in Figuur 2.1.

Figuur 2.1: Functieboom



Testen van een motor of pomp

In Figuur 3.2 is een systeem weergegeven voor het testen van een motor of pomp.

In het geval dat er een pomp getest wordt fungeert motor-pomp MP1 als motor en drijft het testobject aan. MP1 wordt dan aangedreven door variabele verplaatsingspomp P1, diens druk en debiet wordt geregeld met smoorventiel TV1 en de lastdetectie na het smoorventiel. De Ls-lijn kan drukloos gemaakt worden door het openen van ventiel VLS1.

Stuurklep DCV1 wordt geplaatst zodat P1 in verbinding komt met stuurklep DCV2. Stuurklep DCV2 bepaalt de draairichting van de motor MP1.

Met stuurklep DCV3 kan worden bepaald welk debiet gemeten wordt door debietmeter FM1. Terugslagkleppen CV1 en CV2 zorgen dat de olie alleen richting het filter F1 kan stromen.

Wanneer de druk in het systeem te hoog wordt gaan veiligheidsventielen RV1 open, dit zorgt ervoor dat de druk afneemt en er geen componenten kapotgaan met alle veiligheidsrisico's die daarbij komen kijken.

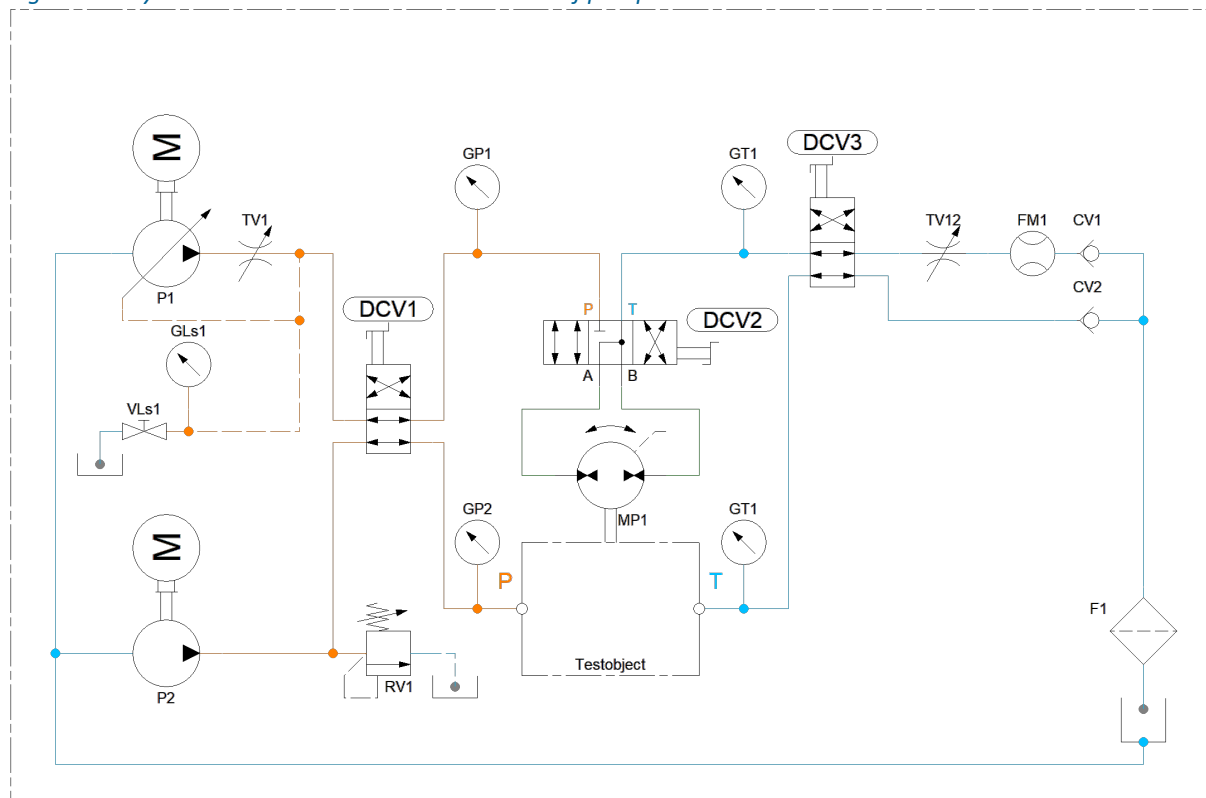
De druk in het systeem wordt gemeten door de manometers GP1, GP2, GT1, GT2 en GLs1. Dit is ter indicatie voor de tester en voor op het testrapport.

De olie gaat tenslotte via retourfilter F1 weer terug naar het reservoir.

In het geval dat er een motor getest wordt fungeert motor-pomp MP1 als pomp die aangedreven wordt door het testobject.

Pomp P1 voorziet de motor van oliedruk en -debiet. Om cavitatie in MP1 te voorkomen wordt pomp P2 als opvoerpomp gebruikt.

Figuur 3.2: Systeem voor het testen van een motor of pomp



Testen van een ventiel, motor of pomp

De testbank moet zowel ventielen als motoren/pompen kunnen testen, dus de voorgaande schema's moeten gecombineerd worden. Het resultaat met hydraulisch gestuurde richtingsventielen is te vinden in Bijlage B: Hydraulisch schema.

3.2. Deelfunctie ontwerp

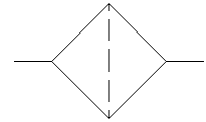
Voor elke deelfunctie uit de functieanalyse worden functievervullers ontworpen. Vaak zijn dit bestaande producten of ideeën.

Olie vasthouden

Het vasthouden van olie wordt gedaan door een reservoir.

Olie reinigen

Het reinigen van olie wordt gedaan door het gebruik van filters. Hier zijn verschillende opties voor. De plaats in het systeem is vooral bepalend voor het filter.



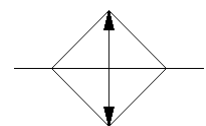
Bosch Rexroth heeft een duidelijke definitie van elk van deze soort filters:

- 1) *Zuigfilter, komt alleen nog voor in oude systemen. Dit relatief grofmazig filter beschermt de pomp enkel tegen het opzuigen van “bouten en moeren” in de tank.*
- 2) *Persfilter, zit in het hogedrukgedeelte van het systeem en voor het stuurcircuit, is vanwege de hoge drukken robuust uitgevoerd en geeft bescherming aan kostbare en vuilgevoelige componenten voor proportionaal- of servo-hydrauliek.*
- 3) *Retourfilter, filtert alle olie die terugkomt uit het hydraulisch systeem en voorkomt dat particles van slijtage en vuil terug naar de tank gaan (om vervolgens dan weer opgezogen te worden door de pomp).*
- 4) *Offline filter, filtert zeer fijnmazig onafhankelijk van het hydraulisch systeem de olie in de tank al dan niet met een separate pomp-motorgroep.*
- 5) *Veiligheidsfilter, sommige componenten zijn voorzien van een veiligheids of boostfilter.*
- 6) *Beluchtingsfilter, filter lucht en voorkomt stofdeeltjes in de tank. Filters met silicagel drogen of conditioneren tevens de lucht.*
- 7) *Vulfilter, vooral de kleinere hydraulische aggregaten hebben nog wel een vulopening met een vulfilter. Bij grotere aggregaten wordt een T-stuk geplaatst voor het retourfilter zodat bij het (bij)vullen de olie gefilterd in de tank komt. (Bosch Rexroth, sd)*

De huidige testbank heeft in het systeem een retourfilter. Het reservoir heeft een beluchtingsfilter. De lekbak heeft een zuigfilter voor de pomp om de pomp te beschermen.

Olie koelen

Koelen van een hydraulisch systeem kan worden gedaan met een ‘offline’ koeler. Dit houdt in dat er een separaat koelsysteem is die de olie uit het reservoir koelt zonder het hoofdsysteem verder te beïnvloeden.



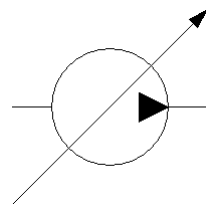
Het koelen kan ook gedaan worden met een ‘inline’ koeler. Dit houdt in dat de koeler deel uitmaakt van het hoofdsysteem en alleen de olie gekoeld wordt die door het systeem gaat. Wanneer het hoofdsysteem weinig doorstroom heeft is er maar weinig olie die gekoeld wordt en is er minder controle over de temperatuur in het reservoir.

Olie verplaatsen

Bij hydrauliek wordt olie verplaatst met verdringerpompen. Daarbij is het debiet onafhankelijk van de druk tenzij de pomp een variabel slagvolume heeft.

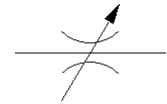
De typen pompen die gebruikt kunnen worden zijn onder andere axiale plunjerpompen, radiale plunjerpompen, tandwielpompen of schroefpompen.

Dana heeft zelf axiale plunjerpompen en tandwielpompen in het assortiment.



Druk instellen

In de huidige testbank wordt de druk ingesteld door middel van een smoorventiel. De lastdetectie van de pomp reguleert vervolgens zijn slag in functie van de werkdruk. De regeling vergelijkt de druk voor en na het smoorventiel en past de slag aan om een constant drukverschil over het smoorventiel te realiseren.



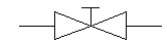
De druk kan ook met een “Electro-hydraulic pump control” gedaan worden.

Het principe: een zwenkhoeksensor op de bedieningszuiger en een afzonderlijke en/of aangesloten drukopnemer registreren de actuele debiet- en drukwaarden. Na vergelijking met de gespecificeerde opdrachtwaarden voert de besturing alle debiet-, druk- en koppelbegrenzingstaken uit en stuurt een opdrachtwaarde door naar de klep (Endres, 2018).

De retourdruk wordt handmatig ingesteld met een smoorventiel.

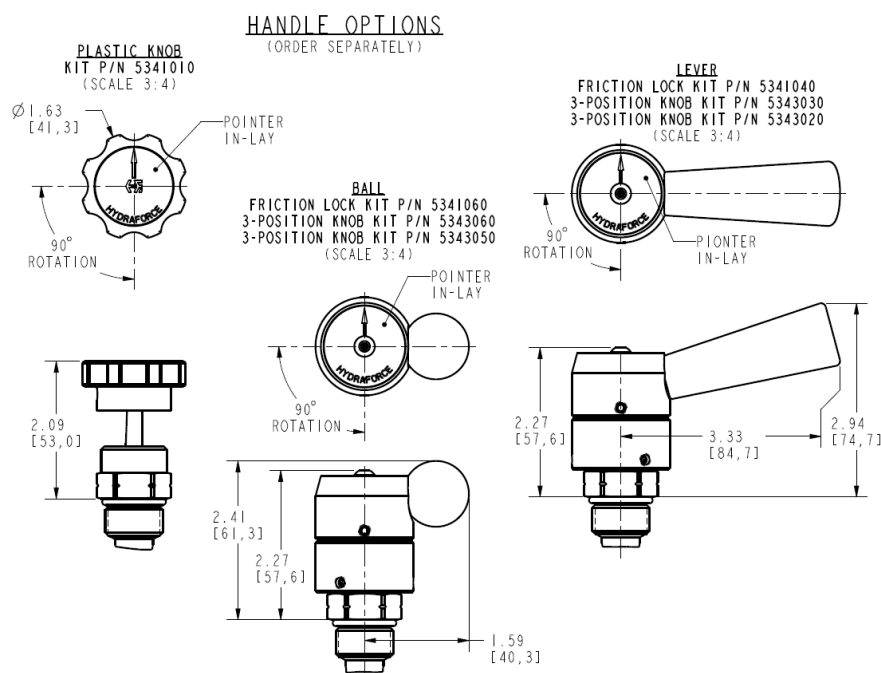
Stroomrichting bepalen

De huidige testbank maakt veel gebruik van kogelkranen. Er is geen onderlinge afhankelijkheid, een kraan kan open staan ongeacht de stand van andere kranen.



Een ventiel kan wel afhankelijkheid bewerkstelligen. Een ventiel kan bediend worden met de hand, hydraulisch of elektrisch. Handbediend zijn er verschillende handgrepen/knoppen zoals te zien in Figuur 3.3 (Hydraforce, Handle options).

Figuur 3.3: Hydraforce Handle options



Noot. Herdrukt van “Handle options” door Hydraforce. Geraadpleegd van https://www.hydraforce.com/globalassets/product-images/mr10-47x_handles2.gif

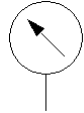
Echter zijn handbediende ventielen niet geschikt om grote debieten te sturen. Om aan de eis van het maximale debiet te voldoen kunnen handbediende ventielen in combinatie met hydraulisch aangestuurde ventielen worden gecombineerd. De werking is dan vergelijkbaar met een relais. Een kleine stroom wordt gebruikt om een grote stroom te schakelen, maar dan met oliestroom in plaats van elektriciteit.

As aandrijven

De huidige testbank maakt gebruik van een hydraulische motor die hergebruikt kan worden. Een andere optie is om een elektromotor met een regelaar te gebruiken.

Druk meten en aflezen

Het meten en aflezen van druk wordt gedaan met analoge manometers, digitale manometers of druktransmitters. Voorbeelden zijn weergegeven in Figuur 3.4 (Wika, Buisveermanometer), Figuur 3.5 (Wika, Digitale manometer) en Figuur 3.6 (Wika, Druktransmitter). Bij een manometer wordt de druk direct weergegeven. Bij een transmitter wordt een elektrisch signaal gegeven welke als input van een computer gebruikt kan worden of op een display getoond kan worden.



Figuur 3.4: Buisveermanometer



Noot. Herdrukt van "Buisveermanometer", door Wika. Geraadpleegd van https://www.wika.nl/upload/WIKA_T_humbnails/Product-Detail-Large/PIC_PR_PG23CP_de_de_68223.jpg.png

Figuur 3.5: Digitale manometer



Noot. Herdrukt van "Digitale manometer", door Wika. Geraadpleegd van https://www.wika.nl/upload/WIKA_T_humbnails/Product-Detail-Large/PIC_PR_CPG500_de_de_38252.jpg.png

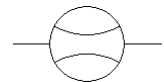
Figuur 3.6: Druktransmitter



Noot. Herdrukt van "Druktransmitter", door Wika. Geraadpleegd van https://www.wika.nl/upload/WIKA_T_humbnails/Product-Detail-Large/PIC_PR_A_10_de_de_2942.jpg.png

Debiet meten en aflezen

Debiet wordt gemeten met een debietmeter. Hier zijn verschillende principes voor. De meest voorkomende zijn turbinemeters en drukverschilmeters.



Bij een turbinemeter komt de olie langs een turbine of schoep die gaat roteren door de stroming van de olie. De rotatie wordt gemeten en vertaald naar een analoge elektrisch signaal. Om dit signaal te lezen is een display nodig.

Bij een drukverschilmeter wordt de druk voor en na een restrictie gemeten. Het gemeten verschil kan worden vertaald naar een elektrisch signaal dat uit te lezen is met een display. Bij dit principe wordt het verband tussen drukverschil en debiet afgeleid van de wet van Bernoulli.

$$Q = k \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

Q = debiet [l/min]
 k = stroomcoëfficiënt [–]
 Δp = drukverschil [bar]
 ρ = dichtheid [kg/m³]

Testobject aansluiten

Het testobject wordt aangesloten door middel van slangen en adapters. Het gebruik van snelkoppelingen biedt in deze situatie geen voordeel.

Testobject fixeren

Wanneer er druk op slangen komt te staan probeert de slang zich te strekken, dit kan ervoor zorgen dat het testobject verplaatst en/of om rolt. Dit vormt een veiligheidsrisico. Ook is het erg onhandig bij het afstellen van de betreffende ventielen wanneer deze los ligt.

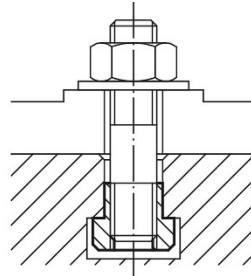
Om het testobject te fixeren kan op heel veel verschillende manieren. De voorkeur gaat uit naar een veilige, snelle manier en met voorkeur zonder gereedschap. Oplossingen die meteen te binnen schieten zijn snelspanners zoals in Figuur 3.7 (Onkenhout) en een werkblad met T-gleuven zoals in Figuur 3.8 (Kipp).

Figuur 3.7: Snelspanner horizontaal



Noot. Herdrukt van "Snelspanner horizontaal", door Onkenhout. Geraadpleegd van <https://www.onkenhout.nl/access-solutions/handgrepen-bediendelen/snelspanners/snelspanners-horizontaal.html>

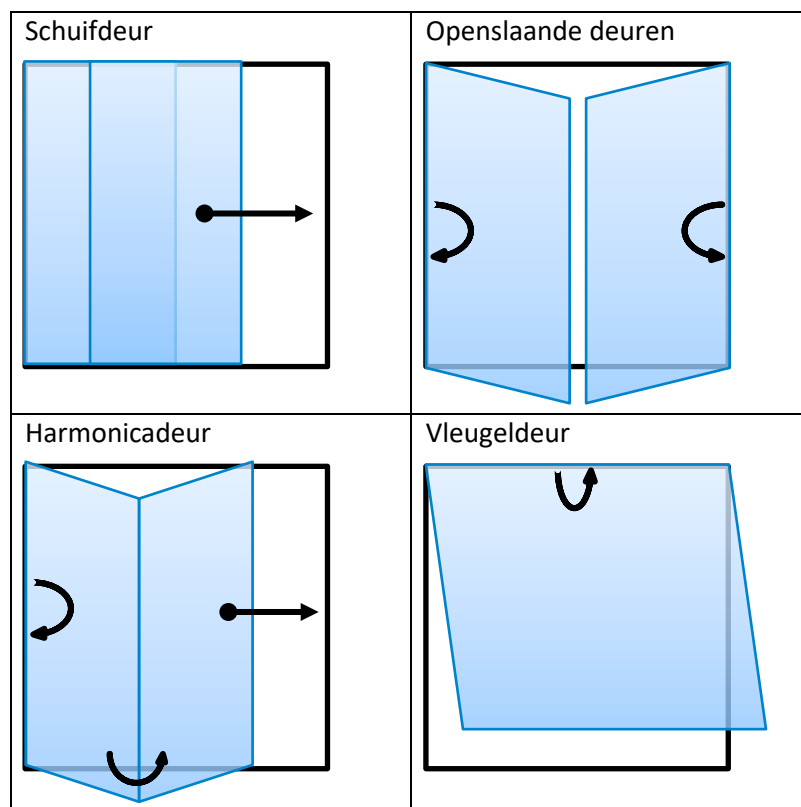
Figuur 3.8: T-gleuf



Noot. Herdrukt van "Moeren voor T-gleuven", door Kipp. Geraadpleegd van <https://www.kippcom.nl/nl/nl/Producten/Bediendelen-Normelementen/Machineelementen-installatie-elementen/K0377-Moeren-T-gleuven.html>

Afschermen

Het afschermen van het testobject om de tester te beschermen tegen eventuele spuitende olie of weg schietende onderdelen kan gedaan worden met een deur in verschillende uitvoeringen zoals hieronder weergegeven.



3.3. Morfologisch overzicht

“Een goed hulpmiddel bij het combineren van oplossingen van functies en/of deelfuncties tot een structuur is het morfologisch overzicht.” (De Beer, 2009, p. 76)

In Figuur 3.9 staan de eerdergenoemde deelfuncties met verschillende functievervullers. Door deze functievervullers met elkaar te verbinden worden structuren ofwel concepten aangegeven.

Figuur 3.9: Morfologisch overzicht

Functie	1	2	3	4	5
Olie vasthouden	Reservoir				
Olie reinigen	Retourfilter	Persfilter			
Olie koelen	Offline koeler	Inline koeler			
Olie verplaatsen	Variabele verplaatsings pomp	Vaste verplaatsings pomp			
Druk instellen	Handbediend smoorventiel	Elektrische drukregeling			
Stroomrichting bepalen	Kogelkranen	Hydraulisch gestuurde ventielen	Elektrisch gestuurde ventielen		
As aandrijven	Hydraulische motor	Elektromotor			
Druk meten en aflezen	Buisveermanometer	Digitale manometer	Druktransmitter en display	Druktransmitter en monitor	
Debiet meten en aflezen	Display op kast	Display op afleespaneel	Monitor		
Testobject fixeren	Zware blokken	T-gleuf	Snelspanner	Boutgaten	
Afschermen	Scherf	Schuifdeuren	Openslaande deuren	Harmonica-deuren	Vleugel-deuren

Concept 1, blauw —.

Concept 2, rood —.

Concept 3, groen —.

In het morfologisch overzicht zijn drie concepten aangegeven, deze worden hier toegelicht.

Concept 1: Huidige testbank

Dit concept bouwt voort op de huidige testbank zoals dat de afgelopen 20 jaar ook is gegaan. De grootste problemen worden getackeld met minimale kosten.

De huidige kogelkranen worden gebruikt, maar op een andere locatie geplaatst om meer overzicht te hebben. De onderdelen kunnen achter een plaat worden geplaatst om de leiding- en slangenloop te verbergen, dit scheelt ook met het schoonmaken en -houden van de testomgeving.

Het fixeren van de testobjecten kan verbeterd worden door de zware blokken te voorzien van een klem zodat het testobject er niet vanaf kan vallen wanneer er druk op de slangen komt te staan.

Het afschermen kan worden verbeterd door een scherm te monteren aan de testbank.

Concept 2: Hydraulisch

Voor dit concept wordt het hele systeem herzien. De bediening wordt gedaan door ventielen aan de voorkant van de testbank die te bedienen zijn als het testobject is afgeschermd. De ventielen zijn op een logische volgorde geplaatst om bediening overzichtelijk te maken.

Plaatwerk zorgt ervoor dat onderdelen netjes weggewerkt zijn en dat de testbank goed schoon te maken en houden is.

Het fixeren van het testobject wordt gedaan door gebruik te maken van een tafelblad voorzien van T-gleuven en klemmen. Deze combinatie zorgt ervoor dat onderdelen van alle maten te klemmen zijn zodat het testobject niet verplaatst tijdens het testen.

Het afschermen wordt gedaan met harmonicadeuren, een combinatie tussen een schuifdeur en een openslaande deur. Een schuifdeur kan niet geheel geopend worden en een openslaande deur heeft maakt een grote radius. De harmonicadeuren hebben deze nadelen niet.

Concept 3: Elektronisch

Dit concept lijkt sterk op concept 2, maar maakt gebruik van een computer die de besturing en aflezing van de testbank mogelijk maakt. Om dit concept werkend te krijgen is meer expertise met elektronica en programmatuur nodig.

3.4. Conceptkeuze

Om van de eerder aangegeven concepten de beste te kiezen en verder uit te werken is het nodig om de concepten goed te beoordelen. Hiervoor wordt de Kesseling-methode gebruikt. Hier zijn de toetsingscriteria afkomstig uit het programma van eisen en wensen. Dit zijn enkel de variabele eisen, dat zijn eisen die in verschillende mate kunnen voldoen. Bij vaste eisen is geen variatie mogelijk.

Figuur 3.10: Nummering van de eisen

Nr.	Eis	Toelichting
1	Fixeren	De verschillende testobjecten moeten te fixeren zijn.
2	Druk	De testbank moet met een hydraulische druk tot 400 bar kunnen functioneren voor het testen van ventielen.
3	Debiet	De testbank moet met voldoende hydraulisch debiet kunnen functioneren voor het testen van hydraulische motoren.
4	Olietemperatuur	De olietemperatuur moet tussen de 45 en 50°C blijven.
5	Olieuiverheid	De olieuiverheid moet NAS 1638: klasse 6 of beter zijn.
6	Afscherming	De testbank moet een afscherming hebben tegen spuitende olie.
7	Geluid	De testbank moet te gebruiken zijn zonder gehoorbescherming.
8	Afreesbaarheid	De manometers en debietmeters moeten goed afreesbaar zijn.
9	Bediening	De bediening van de testbank moet eenduidig en eenvoudig zijn.
10	Houding	De houding van de tester moet goed zijn.
11	Schoonmaak	De testbank moet eenvoudig en goed schoon te maken zijn.
12	Onderhoud	De filterelementen moeten eenvoudig te vervangen zijn.
13	Kosten	Er moeten zoveel mogelijk onderdelen hergebruikt worden.

De gestelde eisen staan in de eerste kolom van Figuur 3.11 geformuleerd, de tweede kolom kent een nummer toe. Dit nummer komt ook in de eerste rij terug. Wanneer de eis in de kolom belangrijker is dan de eis in de rij, wordt een 1 ingevuld, anders een 0. Zo is te zien dat eis 1 minder belangrijk is dan eis 2. Deze waarden in de rij worden opgeteld en vormen de score aan de rechter kant van de matrix. De volgende stap is het bepalen van een weegfactor. Om dat te doen wordt er de volgende rekeneenheid gebruikt: $\frac{\text{Hoogste weegfactor}}{\text{Score}}$. De hoogste weegfactor is 4 en de laagste is nooit kleiner dan 1. De score wordt vermenigvuldigd met de rekeneenheid om de weegfactor te bepalen. Er wordt afgerond op hele getallen.

Figuur 3.11: Weegfactor bepaling

Eis	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Score	Weeg-factor
Fixeren	1	-	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	10	3
Druk	2	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	4
Debiet	3	0	0	-	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	7	2
Olietemperatuur	4	0	0	0	-	0	0	1	1	0	1	1	1	1	6	2
Olieuiverheid	5	0	0	0	1	-	0	1	1	0	1	1	1	1	7	2
Afscherming	6	1	0	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	11	4
Geluid	7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	1
Afreesbaarheid	8	0	0	1	0	0	0	1	-	1	1	1	1	1	7	2
Bediening	9	0	0	1	1	1	0	1	0	-	1	1	1	1	8	3
Houding	10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-	1	1	1	4	1
Schoonmaak	11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	1	1	3	1
Onderhoud	12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-	1	2	1
Kosten	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1

Nu de weegfactoren van de eisen berekend zijn kunnen de concepten worden beoordeeld met behulp van de beoordelingsmatrix in Figuur 3.12. De concepten worden per eis beoordeeld met een score op een schaal van 1 tot en met 4. Deze scores worden vermenigvuldigd met de bijbehorende weegfactor en opgeteld. Dit vormt de totaalscore van de verschillende concepten.

Figuur 3.12: Beoordelingsmatrix

Eis	Nr.	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Ideaal	Weeg- factor
Fixeren	1	1	4	3	4	3
Druk	2	2	3	4	4	4
Debiet	3	2	2	2	4	2
Olietemperatuur	4	1	2	2	4	2
Oliezuiverheid	5	3	3	3	4	2
Afscherming	6	1	4	4	4	4
Geluid	7	2	2	2	4	1
Af leesbaarheid	8	2	3	4	4	2
Bediening	9	1	3	4	4	3
Houding	10	3	4	4	4	1
Schoonmaak	11	2	3	3	4	1
Onderhoud	12	2	3	3	4	1
Kosten	13	4	3	1	4	1
Σ		26	39	39	52	
Σ_{wf}		47	84	88	108	

Uit de totaalscore is te concluderen dat concept 3 de beste is met slechts 4 punten verschil. Toch is er gekozen om door te gaan met concept 2. De reden hiervoor is het ontbreken van expertise op het gebied van elektronica en programmeren.

4. Detaillering

Het doel van deze fase is het uitwerken en detailleren van het gekozen concept. Tot op het niveau waar de voorbereiding van de productie kan starten. In deze fase wordt aangetoond dat het concept aan alle ontwerpcriteria voldoet.

Reservoir

Het reservoir valt buiten de kaders van dit project, om toch een richtlijn te geven voor een vervolgproject kan het volgende worden gezegd.

Bouwdienst Rijkswaterstaat (2005) heeft een duidelijke methode om het minimale reservoirvolume te bepalen voor hydraulische bewegingswerken. De testbank valt niet binnen het toepassingsgebied van deze norm, maar het geeft wel een richtlijn die goed gebruikt kan worden.

$$\begin{aligned}V_{basis} &= 3 \times \text{debiet van de pompen} \\V_{reserve} &= 1 \times \text{debiet van de pompen} \\V_{pendel} &= \text{maximale fluctuatie in het reservoir} \\V_{lucht} &\geq 15\% \text{ van totale inhoud} \\V_{reservoir} &= V_{basis} + V_{reserve} + V_{pendel} + V_{lucht}\end{aligned}$$

Dit kan worden samengevat in de volgende formule:

$$V_{reservoir} \geq (V_{basis} + V_{reserve} + V_{pendel}) \cdot \left(1 + \frac{0.15}{1 - 0.15}\right)$$

Dit kan herschreven worden naar:

$$V_{reservoir} \geq (4Q_{pompen} + V_{pendel}) \cdot \left(1 + \frac{0.15}{1 - 0.15}\right)$$

Q = debiet [l/min]

V = volume [L]

Het debiet van de pompen wordt uitgerekend in de betreffende paragraaf. In de testbank is er geen sprake van een pendelvolumen, dit is vooral van toepassing bij gebruik van cilinders.

Dit resulteert in het volgende volume:

$$V_{reservoir} \geq 4 \cdot 240 \cdot \left(1 + \frac{0.15}{1 - 0.15}\right) = \mathbf{1130 \text{ L}}$$

Filter

De olie die gebruikt wordt is een minerale hydraulische olie die voldoet aan DIN 51524-3.

In het programma van eisen staat gespecificeerd dat de oliezuiverheid NAS 1638: klasse 6 of beter moet zijn. Dit komt overeen met ISO 4406 code 17/15/12.

Uit ISO 4406 is op te maken dat er per milliliter vloeistof maximaal de volgende vervuiling mag zijn:

- 640-1300 deeltjes groter of gelijk aan $4 \mu\text{m}$,
- 160-320 deeltjes groter of gelijk aan $6 \mu\text{m}$,
- 20-40 deeltjes groter of gelijk aan $14 \mu\text{m}$.

Om aan deze eis te kunnen voldoen kan er een filter gebruikt worden met een filtratie rating van $3 \mu\text{m}$. Dit is erg fijn en zorgt voor een hoge drukval. Een meer gebruikelijke oplossing is om een grover filter te gebruiken en te zorgen dat de olie er vaker doorheen gaat om de olie te reinigen.

Het retourfilter is op dit moment een Hydac RF 950 filterhuis met $10 \mu\text{m}$ filterelement, deze wordt hergebruikt.

Om de debietmeters te beschermen wordt een persfilter gebruikt; een Hydac DF 330 filterhuis met een $5 \mu\text{m}$ filterelement. Dit verandert niet.

De specificaties van deze filters zijn te vinden in Bijlage C:1.

De filterelementen moeten met enige regelmaat vervangen worden. Om dit onderhoud snel en eenvoudig te kunnen uitvoeren is het van belang dat de filters goed te bereiken zijn. Daarom wordt het filter onder het werkblad geplaatst, bereikbaar via een deurtje aan de gebruikerszijde van de testbank.

Koeler

De koeler valt net als het reservoir buiten de kaders van dit project, om toch een richtlijn te geven voor een vervolgproject kan het volgende worden gezegd.

Met het bekende motorvermogen, het gebruikelijke rendement en een grove inschatting van de belastingsgraad kan de warmte die gegenereerd wordt als volgt berekenend worden:

$$P_{warmte} = P_{motor} \cdot B \cdot (1 - \eta).$$

P_{warmte} = warmtevermogen [kW]

P_{motor} = motorvermogen [kW]

B = belastingsgraad [–]

η = rendement [–]

$$P_{warmte} = 75 \cdot 0.8 \cdot (1 - 0.65) = 21 \text{ kW}$$

De testbank genereert 21 kW aan warmte bij een belastingsgraad van 80%. Voor meer of minder intensief gebruik kan de belastingsgraad aangepast worden.

De koeler moet in staat zijn om dit vermogen te koelen.

Pomp

De huidige testbank gebruikt een Brevini H1V pomp zoals weergegeven in Figuur 4.1 (Dana, Brevini Pumps), dit is een axiale zuigerpomp met verstelbaar slagvolume van maximaal 160cc, een maximale werkdruk van 350 bar en piekdruk van 450 bar.

De pomp wordt aangedreven door een elektromotor met een vermogen van 75 kW die met 1500 omwentelingen per minuut draait. Met deze informatie kan het maximale debiet berekend worden volgens de volgende formule:

$$Q = \frac{V_g \cdot n}{1000} = \frac{160 \cdot 1500}{1000} = 240 \text{ l/min}$$

Q = debiet [l/min]

V_g = slagvolume [cm³]

n = toerental [rpm]

Voor het hydraulisch vermogen geldt de volgende formule:

$$P = \frac{p \cdot Q}{600} \cdot \eta = \text{constant}$$

P = vermogen [kW]

p = druk [bar]

Q = debiet [l/min]

η = rendement [–]

Het theoretisch vermogen is gelijk aan het vermogen van de elektromotor. Maar er zijn verliezen, zo wordt een deel van het vermogen omgezet in warmte. Een efficiëntie van 90% resulteert in een vermogen van 67,5 kW. De bijbehorende drukken en debieten zijn weergegeven in Figuur 4.2.

Bij een druk van 350 bar kan de pomp theoretisch 128,6 l/min leveren, met 90% efficiëntie is dat 115,7 l/min.

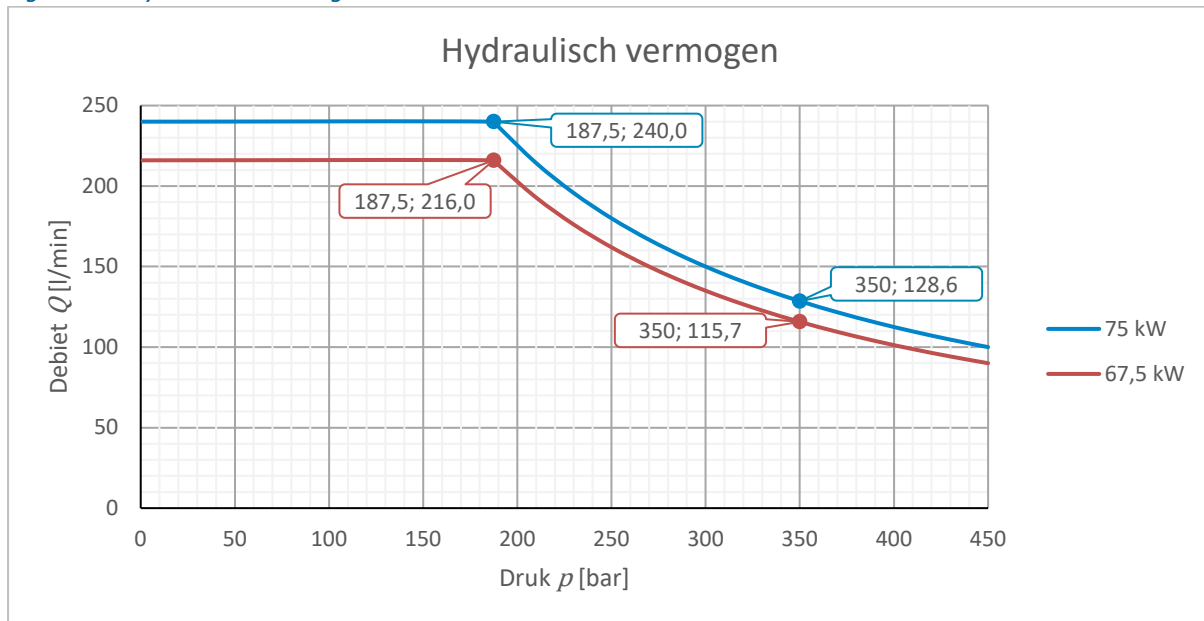
De huidige pomp wordt hergebruikt, specificatie in Bijlage C:2.

Figuur 4.1: Brevini H1V



Noot. Herdrukt van "Brevini H1V", door Dana. Geraadpleegd van https://www.dana-sac-benelux.com/wp-content/uploads/2019/11/6-axial-piston-pump-variable-displacement-open-loop_H1V_SEO.pdf

Figuur 4.2: Hydraulisch vermogen



Smoorventiel

De functie van het smoorventiel wordt overgenomen door een proportioneel ventiel. Door het ventiel gedeeltelijk te openen creëert dit een drukverschil waar de lastdetectie van de pomp mee kan regelen. Het gedeeltelijk openen van het ventiel wordt gedaan door de druk in het stuursignaal in te stellen tussen de 4,5 en 15 bar met een smoorventiel; de CVR06-V1 van Dana Brevini. Dit ventiel heeft een regelbereik van 2 tot 30 bar.

De retourdruk wordt handmatig ingesteld met een smoorventiel. Dit smoorventiel moet geschikt zijn voor de maximale druk en debiet. Het huidige smoorventiel, de Hydac DV-25, voldoet met een maximale druk van 350 bar en debiet tot 300 l/min.

Specificaties van de smoorventielen zijn te vinden in Bijlage C:3.

Richtingsventielen

Zoals in 3.2 Deelfunctie ontwerp uitgelegd wordt er gebruik gemaakt van gestuurde richtingsventielen. Dat zorgt ervoor dat er een hoofdsysteem met hydraulisch gestuurde ventielen en een stuursysteem met handbediende ventielen gebruikt wordt.

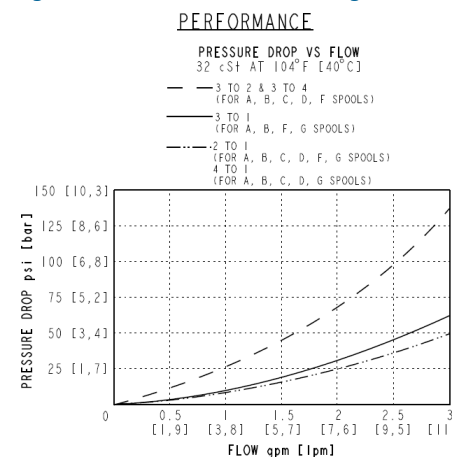
Voor de handbediende ventielen is gekozen voor ventielen van HydraForce hendels die duidelijk aangeven in welke stand ze staan. Dit is de MR10 reeks met de MR10-40 en MR10-47D. Deze ventielen kunnen een druk aan van 241 bar. Voor het debiet wordt verwezen naar het diagram zoals hier te zien in Figuur 4.3 (Hydraforce, Performance). Het diagram heeft op de horizontale as het debiet aangegeven van 0 tot 11,4 l/min. Op de verticale as staat de drukval over het ventiel.

De specificaties zijn te vinden in Bijlage C:4.

Voor de hydraulisch gestuurde ventielen is gekozen voor ventielen uit het eigen assortiment van Dana, de Brevini HPV77 ventielen. Deze ventielen worden ingesteld op een maximale werkdruk van 350 bar. De grootste plunjer heeft een maximaal druk-gecompenseerd debiet van 190 l/min.

De specificaties van de HPV-ventielen zijn te vinden op www.dana-sac-benelux.com/product_brevini_valves/.

Figuur 4.3: Debiet - drukval diagram



Noot. Herdrukt van "Handle options" door Hydraforce. Geraadpleegd van https://www.hydraforce.com/globalassets/product-images/mr10-47x_perf.gif

Manometers

De druk wordt gemeten met een druktransmitter, de waarde wordt getoond op een display. Het is vooral van belang dat de druk op de juiste plaats gemeten wordt om nuttige informatie weer te geven. De druktransmitter moet de maximale druk kunnen verdragen en weergeven. De HDA 4745-A-0400 heeft een meetbereik tot 400 bar en een nauwkeurigheid van 0,25%.

De specificaties zijn te vinden in Bijlage C:5.

Debietmeters

Het maximale debiet is belangrijk voor het selecteren van een geschikte debietmeter. De pomp levert een theoretisch maximaal debiet van 240 l/min. Dat maakt debietmeters tot 300 l/min geschikt.

Er is gekozen voor een analoge- en digitale debietmeter. Het analoge signaal wordt op een display getoond, het digitale signaal wordt opgeslagen om een grafiek mee te plotten indien gewenst.

Van de Hydac EVS 3100-A-0300 en Parker SCFT-300-02-02 debietmeters zijn de specificaties te vinden in Bijlage C:6.

Displays

De displays worden met de druktransmitter erbij besteld. De displays moeten op een duidelijke locatie met eenduidige titel worden geplaatst. Bij Frame wordt aangegeven wat een goede locatie is voor de displays.

Aansluitingen

Dana gebruikt slangen en slangfittingen van Parker met een Ermeto Original (EO) aansluiting, deze hebben metrische draad.

Hogedruk slangen

De Parker 372 slang heeft een binnenlaag van NBR, 3 lagen gevlochten staaldraad en een mantel van synthetisch rubber. Deze slang wordt aanbevolen voor algemene hydraulische toepassingen met hoge druk en een temperatuurbereik van -40°C tot 100°C.

Specificaties van de Parker 372-12:

- Maximale werkdruk 350 bar.
- Binnendiameter $\varnothing 19.1\text{mm}$.
- Buitendiameter $\varnothing 32.2\text{mm}$.
- Minimale buigradius 260mm.

Deze slang wordt gebruikt met de 70-serie fittingen.

Figuur 4.4: Parker 372 slang



Noot. Herdrukt van "Catalogue 4400/UK" door Parker. Geraadpleegd van <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/221303565759/>

Medium-druk slangen

De Parker 421SN slang heeft een binnenlaag van NBR, 1 laag gevlochten staaldraad en een mantel van synthetisch rubber. Deze slang wordt aanbevolen voor algemene hydraulische toepassingen met medium druk en een temperatuurbereik van -40°C tot 100°C.

Specificaties van de Parker 421SN-6:

- Maximale werkdruk 180 bar.
- Binnendiameter $\varnothing 9.5\text{mm}$.
- Buitendiameter $\varnothing 17.4\text{mm}$.
- Minimale buigradius 130mm.

Deze slang wordt gebruikt met de 48-serie fittingen.

Figuur 4.5: Parker 421SN slang



Noot. Herdrukt van "Catalogue 4400/UK" door Parker. Geraadpleegd van <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/221303566110/>

Het inlaatgedeelte van een HPV41 ventiel is leverbaar met 3/4" BSPP of 1 1/16"-12 UN aansluiting. En van een HPV77 ventiel met 1" BSPP of 1 5/16"-12 UN.

Om de slangen aan te sluiten op de ventielen is een adapter nodig zoals in Figuur 4.6 weergegeven. Parker heeft een ruim assortiment aan adapters die hiervoor gebruikt worden.

Specificaties van de slangen en slangfittingen zijn te vinden in Bijlage C:7, de specificaties van de adapters zijn te vinden in Parker catalogus 4100.

Hydraulische motor

De huidige hydraulische motor is een H2V motor-pomp met een handmatig aanpasbaar slagvolume van maximaal 160cc. Deze wordt hergebruikt, maar voorzien van hydraulisch instelbaar slagvolume zodat dit aan de bedienzijde van de testbank ingesteld kan worden.

Fixatie

Voor het fixeren van het testobject, bijvoorbeeld een HPV-ventiel, is veel verstelmogelijkheid nodig.

Een HPV41 met een enkele inlaat, 1 werkgedeelte en een eindplaat heeft een totale lengte van 200 mm. En een combinatie van 7 HPV77 plus 7 HPV41 werkgedeeltes met aan beide zijde een eigen inlaat en een midden eindplaat heeft een totale lengte van 991 mm. Dat is een verschil van 791 mm in totale lengte.

De variatie bij deze HPV-ventielen is vooral in de lengterichting, in de breedte is maar weinig verschil. Dat maakt het gebruik van een T-gleuf (ISO 299) erg geschikt.

Om het gebruik van gereedschap tijdens het testen te beperken is gekozen voor een klemstelsel dat met de hand te gebruiken is. Een excenterhefboom is een handige oplossing om het testobject te klemmen. Specificatie in Bijlage C:8.

Afscherming

Voor de afscherming is gekozen voor het concept van de harmonicadeuren. Een harmonicadeur combineert de eigenschappen van een schuifdeur met die van een openslaande deur. Dus ook de componenten; een geleider en scharnieren. Specificaties van de betreffende delen zijn te vinden in Bijlage C:9.

Raam

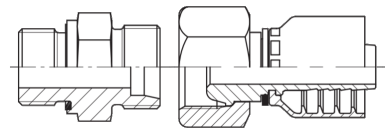
Het is noodzakelijk dat de afscherming transparant is, zodat de tester kan zien wat er gebeurt. Er moet een transparant materiaal gekozen worden. Transparante materialen zijn glas, acrylaat (PMMA), polycarbonaat (PC), PETG, PVC en HIPS.

Glas is erg breekbaar en daardoor minder geschikt in deze werkomgeving.

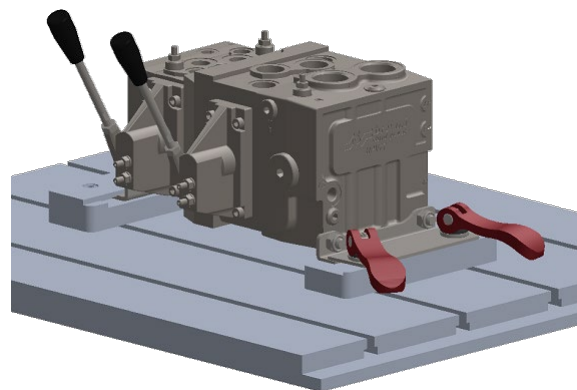
Van de kunststoffen zijn acrylaat en polycarbonaat goed beschikbaar in plaat. Om een goede keuze tussen deze twee materialen te kunnen maken moeten ze met elkaar vergeleken worden.

Figuur 4.8 is gevuld met data uit de materialendatabase van plastifab (Plastifab, sd). Uit de figuur is te lezen dat de buigmodulus, welke vergelijkbaar is met de elasticiteitsmodulus, vele malen groter is bij PMMA. Deze parameter zegt iets over de weerstand tegen vervorming, buigen in dit geval. Maar alleen bij het elastisch vervormen. Met andere woorden: er is meer energie nodig om een plaat van PMMA te buigen dan een plaat van PC.

Figuur 4.6: Adapter en slangfitting



Figuur 4.7: Testobject fixatie



De rekken van de materialen zijn lastig met elkaar te vergelijken. Uit de figuur is te lezen dat PMMA na 10% rek plastisch gaat vervormen, wat deze rek is bij PC is niet bekend. Verder is te lezen dat PC bij een rek van 110% breekt, wat deze rek is bij PMMA is niet bekend.

De slagvastheid is een belangrijke parameter als de afscherming de tester moet beschermen tegen een losgeschoten onderdeel. PC heeft ongeveer 24 maal betere slagvastheid.

Figuur 4.8: PMMA versus PC

Eigenschap	PMMA	PC
Treksterkte, vloeigrens	63 MPa	62 MPa
Buigmodulus	3,303 MPa	2,34 MPa
Buigsterkte	125 MPa	93 MPa
Rek, vloeigrens	10 %	
Rek, breekpunt		110 %
Hardheid, Rockwell R	94	118
Hardheid, Rockwell M	91 %	70 %
Slagvastheid, Izod	37,95 J/m	910 J/m
Verwekingstemperatuur, Vicat	99 °C	154 °C
Dichtheid	1180 kg/m ³	1200 kg/m ³
Waterabsorptie	<0,30 %	0,15 %

Chemische compatibiliteit met hydraulische olie is erg belangrijk. PMMA en PC kunnen beide goed tegen minerale olie.

Uiteraard is er een prijsverschil tussen de materialen. Op kunststofplatenshop.nl zijn de volgende prijzen gegeven voor 6 mm dikke heldere platen: € 73,26/m² voor PMMA en € 92,31/m² voor PC.

Hoewel de prijs van PC hoger ligt is dit het vanwege de slagvastheid wel waard.

Geleiderail en -slede

Voor het schuivende deel van de harmonicadeur wordt gebruik gemaakt van een geleiderail en -slede. De situatie is weergegeven in Figuur 4.9.

Omdat men een kraan wil gebruiken om grotere ventielen op het werkblad te plaatsen kan de geleiderail alleen aan de onderzijde worden toegepast.

Er is gekozen voor catalogusdelen van igus, de drylin N geleiderail en -slede. Dit is een compacte oplossing met een polymeer glijlager. Dit houdt in dat er weinig onderdelen nodig zijn.

Scharnier

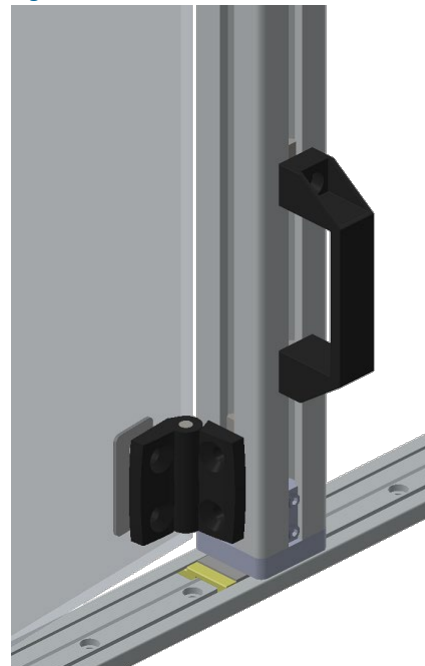
Voor het scharnierende deel kunnen simpele scharnieren gebruikt worden.

Er is gekozen voor scharnieren van Kipp omdat ze een groot assortiment hebben en ook voor andere onderdelen een oplossing hebben. Dit reduceert het aantal verschillende leveranciers.

Handgreep

De handgreep is een catalogusdeel van Kipp. Het is laag geplaatst om een niet te groot moment te introduceren op de geleide slede.

Figuur 4.9: Geleiderail en -slede



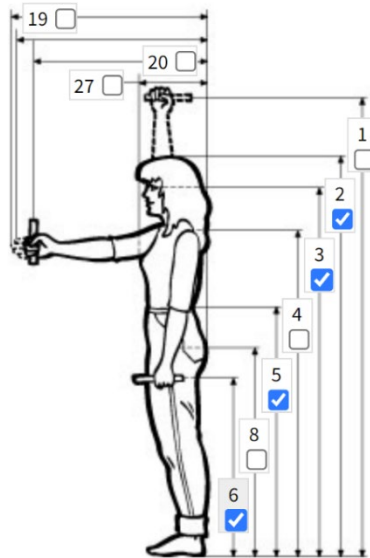
Frame

Om van al deze functievervullers een geheel te maken is een frame en beplating nodig. Inclusief lekbakken om gemorste en eventueel gelekte olie op te vangen.

Het frame moet groot genoeg zijn om alle componenten te kunnen bevatten met de componenten op een ergonomisch verantwoorde plaats.

Voor de ergonomie van de testbank is gebruik gemaakt van de Dined database (Dined, sd). De gekozen doelgroep (population) zijn Nederlandse volwassen mannen van 20 tot 60 jaar oud. In Figuur 4.10 is visueel gemaakt welke afmetingen geselecteerd zijn. In Figuur 4.11 staat weergegeven welke waarde bij de afmeting hoort bij de betreffende doelgroep.

Figuur 4.10: Dined afmetingen selectie



Figuur 4.11: Dined afmetingen data

populations	Dutch adults 20–60, male	
measures	mean	sd
Stature (mm)	1817	83
Eye height, standing (mm)	1705	81
Elbow height, standing (mm)	1134	59
Fist height, standing (mm)	817	47

Met de informatie uit Dined kunnen belangrijke maten voor het frame worden bepaald. Zo kunnen de displays van de manometers en debietmeters iets onder ooghoogte worden geplaatst voor een comfortabele hoogte. Er is af te lezen dat de ooghoogte 1705 mm van de grond is.

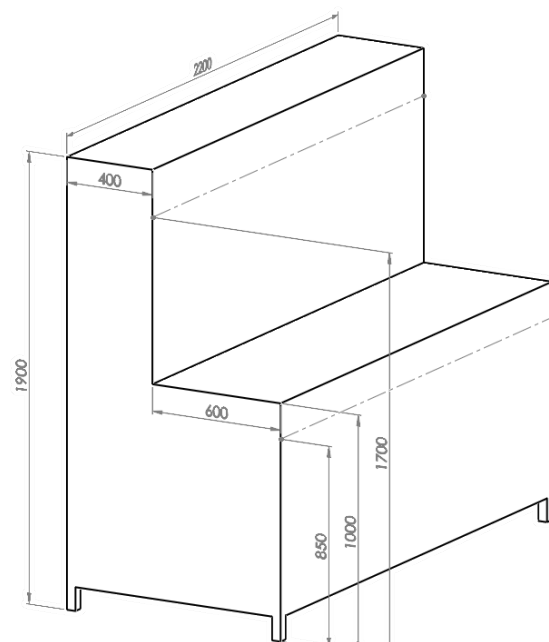
Figuur 4.12: Basisafmetingen frame

Voor de hoogte van het werkblad is gezocht naar andere bronnen. Zo is volgens Izaa een afstand tussen ellebooghoogte en het werkblad van 12 centimeter ideaal. (Ergonomie keuken: Izaa, sd). In dit geval is dat $1134 - 120 = 1014$ mm. Dit wordt naar beneden afgerond vanwege de hoogte van de componenten zelf.

Voor de bedienknoppen is het verstandig om niet lager dan de vuisthoogte van 817mm te gaan zodat er niet gebukt hoeft te worden om de testbank te bedienen.

Verder is er genoeg ruimte nodig op het werkblad en in de testbank voor de componenten. Dit alles geeft de basisafmetingen van het frame zoals te zien in Figuur 4.12.

De achterzijde wordt bereikbaar gehouden voor montage, onderhoud en reparatie door middel van losneembare panelen.



De voorzijde onder het werkblad is bereikbaar met deurtjes, via een van de deurtjes is het retourfilter te bereiken. Verder kan deze ruimte worden gebruikt voor opslag indien gewenst.

Het frame en plaatwerk kan gemaakt worden van staal S235. Het dient dan wel gespoten te worden tegen corrosie en voor esthetiek.

Voor het frame is gekozen voor vierkante buis 40x40x3mm. Het plaatwerk is 2mm dik. De deuren en losneembare panelen zijn 1,5mm dik.

5. Advies

De hydraulisch gestuurde richtingsventielen kunnen worden aangepast naar elektrisch gestuurde richtingsventielen. De bediening kan dan gedaan worden met drukknoppen, schakelaars, muis of zelfs een touchscreen.

Bij het toevoegen van elektra kan ook gedacht worden aan een breekcontact die de druk in het systeem begrensd als het contact verbroken is. Op deze manier kan alleen de maximale druk bereikt worden met de deuren gesloten. Verder kan ook een voetpedaal worden toegevoegd met dezelfde functie. Het voetpedaal moet ingedrukt worden om druk op te bouwen. In geval van nood moet het loslaten van het voetpedaal al genoeg zijn om de druk te lozen.

Het systeem kan worden geautomatiseerd door een geprogrammeerd programma te doorlopen die past bij het te testen product. De instellingen voor druk en het debiet zijn dan bijvoorbeeld gekoppeld aan het ordernummer. De tester krijgt op een scherm te zien wat hij moet doen, wanneer dat gedaan is drukt hij op 'Volgende' tot de test afgerond is.

6. Competenties

In onderstaande tabel staan alle competenties, deze zijn vertaald voor deze opdracht.

Competentie	Startniveau	Eindniveau
1. Analyseren	3	3
Analyse gemaakt van de werking van de huidige testbank door middel van het bestuderen van het oude hydraulisch schema, het uitvoeren van een test op de testbank en het doen van een functieanalyse met behulp van een functieboom. Zie H2.3 en Figuur 2.1. Zelfstandig selecteren van relevante complexe en onbekende aspecten uit een ongestructureerde context met betrekking tot de complexe vraagstelling. Zelfstandig formuleren van een heldere probleemstelling, doelstelling en opdracht aan de hand van onbekende, complexe en ongestructureerde wensen van de klant in een multidisciplinaire context. Zelfstandig opstellen van een programma van eisen in een multidisciplinaire context en dit vast kunnen leggen. Zelfstandig modelleren van een bestaand onbekend(e) en complex(e) product, proces of dienst in een multidisciplinaire context. Aard van de taak: Complex, ongestructureerd, verbetert methoden en past normen aan de situaties aan. Aard van de context: Onbekend; complex, multidisciplinair in de praktijk. Mate van zelfstandigheid: Zelfstandig.		

2. Ontwerpen	3	3
Ontwerpen van een veilige testbank volgens Methodisch ontwerpen. Zie H1.5, 2.2, 3 en 4. Zelfstandig in staat zijn om vanuit de opgestelde eisen een onbekende en complexe concept-oplossing te bedenken en te kiezen in een multidisciplinaire context. Maken van gedetailleerde complexe ontwerpen aan de hand van de gekozen onbekende en complexe en concept-oplossing in een multidisciplinaire context. Zelfstandig rekening kunnen houden met de onbekende en complexe maakbaarheid en testbaarheid van het ontwerp in een multidisciplinaire context. Het zelfstandig verifiëren van het complexe ontwerp aan de hand van het complexe programma van eisen in multidisciplinaire context. Zelfstandig selecteren van de juiste onbekende en complexe ontwerp-hulpmiddelen in een multidisciplinaire context. Zelfstandig opstellen van de documentatie ten behoeve van het complexe product, de complexe dienst of het complexe proces in een onbekende of multidisciplinaire context. Aard van de taak: Complex, ongestructureerd, verbetert methoden en past normen aan de situaties aan. Aard van de context: onbekend; complex, multidisciplinair in de praktijk. Mate van zelfstandigheid: Zelfstandig		

Competentie	Startniveau	Eindniveau
3. Realiseren	2	2
Valt niet binnen de grenzen van dit project.		

4. Beheren	2	2
Valt niet binnen de grenzen van dit project.		

5. Managen	1	1
Valt niet binnen de grenzen van dit project.		

6. Adviseren	2	2
Na het maken van een ontwerp is er nog advies gegeven voor uitbreiding van de testbank. Zoals elektronica, digitalisering en automatisering. Zie H5. Zich zelfstandig inleven in de onbekende en complexe positie van de (interne of externe) klant in een multidisciplinaire omgeving. Zelfstandig verhelderen van de onbekende en complexe behoefte van de opdrachtgever in een multidisciplinaire omgeving. Indien nodig onder begeleiding in overleg met relevante partijen de bekende en complexe klantbehoefte vertalen naar technisch & economisch haalbare oplossingen in een multidisciplinaire omgeving. Indien nodig onder begeleiding kunnen onderbouwen van een onbekend en complex advies en de klant hiervan overtuigen in een multidisciplinaire omgeving. Aard van de taak: Complex, ongestructureerd, verbetert methoden en past normen aan de situaties aan. Aard van de context: Onbekend; complex, multidisciplinair in de praktijk. Mate van zelfstandigheid: Zelfstandig.		

7. Onderzoeken	2	2
Gebruik maken van geschikte methoden en technieken m.b.t. het vergaren en beoordelen van informatie. Het stellen van hoofd- en deelvragen, het doen van een probleemverkenning en het beantwoorden van de gestelde hoofd- en deelvragen. Zie H1.4, 2.1 en 7. Zelfstandig de doelstellingen van een gewenst onderzoek vanuit de onbekende en complexe vraagstelling opstellen in een multidisciplinaire context. Zelfstandig (wetenschappelijke) literatuur en eigen/andere informatiebronnen selecteren en verkrijgen om zich verder in de onbekende en complexe vraagstelling te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen kunnen valideren in een multidisciplinaire context.		

Zelfstandig de resultaten samenvatten, structureren en interpreteren en conclusies trekken in relatie tot de onbekende en complexe onderzoeksvraag in een multidisciplinaire context.

Indien nodig onder begeleiding bekende en complexe resultaten te rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard.

Op basis van de verkregen resultaten de gekozen onbekende en complexe aanpak kritisch evalueren en aanbevelingen te doen voor vervolgonderzoek in een multidisciplinaire context.

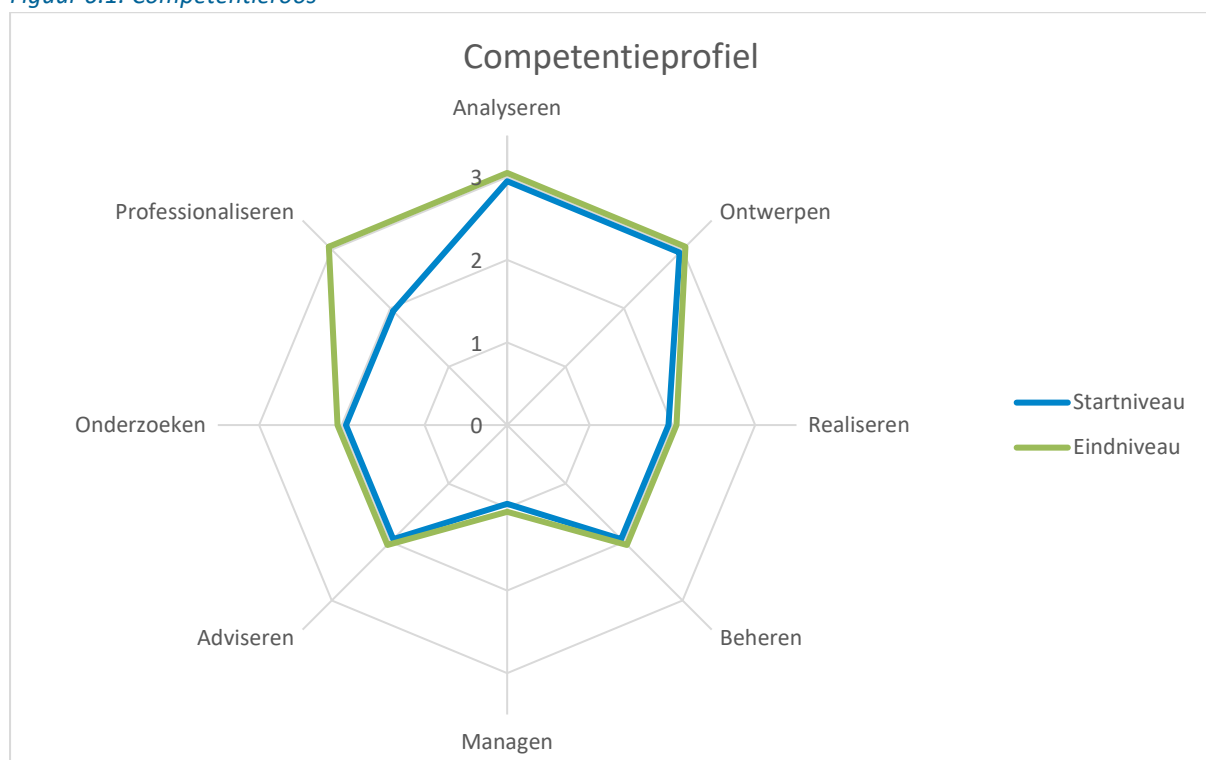
Aard van de taak: Complex, gestructureerd, past bekende methoden aan wisselende situaties aan.

Aard van de context: Bekend; complex, monodisciplinair, in de praktijk onder begeleiding.

Mate van zelfstandigheid: Begeleiding indien nodig.

Competentie	Startniveau	Eindniveau
8. Professionaliseren	2	3
Zich zelfstandig flexibel opstellen in uiteenlopende onbekende en complexe beroepssituaties in een multidisciplinaire context. Op constructieve wijze zelfstandig onbekende en complexe feedback kunnen geven en ontvangen, zowel op gedrag als inhoud in een multidisciplinaire context. Rapportage van ontwerptraject. Aard van de taak: Onbekend, complex, verbetert methoden en past normen aan de situaties aan. Aard van de context: Onbekend; complex, multidisciplinair in de praktijk. Mate van zelfstandigheid: Zelfstandig.		

Figuur 6.1: Competentieroos



7. Conclusie

In dit hoofdstuk wordt beknopt antwoord gegeven op de hoofdvraag en deelvragen zoals die gesteld zijn in hoofdstuk 1.4.

Hoe wordt de nieuwe testbank vormgegeven zodat de operator veilig zijn werk kan doen?

De nieuwe testbank moet worden vormgegeven met een frame. In dat frame hydraulisch gestuurde ventielen die door middel van een handbediend stuursysteem goed en veilig te bedienen zijn met de deuren van de afscherming dicht. Het aflezen van druk en debiet kan van duidelijke displays.

Wat zijn de specificaties en functies van de huidige testbank?

De huidige testbank heeft als hoofdfunctie het testen van hydraulische ventielen, pompen en motoren.

Wat zijn de eisen en wensen voor de nieuwe testbank?

De nieuwe testbank moet vooral veilig zijn en 350 bar druk kunnen leveren. De druk moet afleesbaar zijn zodat dit genoteerd kan worden op het testrapport. Er is een grote wens om zoveel mogelijk gebruik te maken van onderdelen uit de eigen catalogus vanwege prijs en de kennis en ervaring met de onderdelen.

Hoe wordt onderhoud en reparatie aan de testbank uitgevoerd?

Onderhoud kan worden gedaan vanaf de voorzijde van de testbank door de filterelementen te vervangen. Reparatie kan worden gedaan vanaf de achterzijde van de testbank door de losneembare panelen los te nemen. Op deze manier is er goede toegang tot alle onderdelen.

Wat zijn de aanbevelingen en uitbouwmogelijkheden?

Het is mogelijk om de testbank uit te bouwen door de hydraulisch gestuurde richtingsventielen aan te passen naar elektrisch gestuurde richtingsventielen. De bediening kan dan gedaan worden met drukknoppen, schakelaars, muis of zelfs een touchscreen.

Met elektra kan de druk gelimiteerd worden met een breekcontact op de deuren en op een voetpedaal.

Het systeem kan worden geautomatiseerd door een geprogrammeerd programma te doorlopen die past bij het te testen product.

Literatuurlijst

- Bosch Rexroth. (sd). *Bosch Rexroth: Olie management*. Opgeroepen op 11 2021, van Bosch Rexroth website: <https://www.boschrexroth.com/nl/nl/olie-management/>
- Bouwdienst Rijkswaterstaat. (2005). *NBD 06000 Eisen voor hydraulische bewegingswerken*.
- Dana. (sd). *Brevini Motors*. Opgeroepen op 11 2021, van Dana SAC Benelux website: https://www.dana-sac-benelux.com/brevini_motors/
- Dana. (sd). *Brevini Pumps*. Opgeroepen op 11 2021, van Dana SAC Benelux website: https://www.dana-sac-benelux.com/wp-content/uploads/2019/11/6-axial-piston-pump-variable-displacement-open-loop_H1V_SEO.pdf
- Dana. (sd). *Brevini Valves*. Opgeroepen op 11 2021, van Dana SAC Benelux website: https://www.dana-sac-benelux.com/product_brevini_valves/
- Dana. (sd). *Rough Terrain Crane*. Opgeroepen op 11 2021, van Dana SAC Benelux website: https://www.dana-sac-benelux.com/productgroep_brevini_fluid_power/
- De Beer, J. (2009). *Methodisch ontwerpen*. Den Haag, Nederland: Sdu uitgevers bv.
- Dined database tool. (sd). (TU Delft) Opgeroepen op 12 2021, van Dined website: <https://dined.io.tudelft.nl/en/database/tool>
- Endres, M. (2018, 05 19). Pump control - simple or intelligent? *Rexroth blog*. Opgeroepen op 01 2022, van <https://community.boschrexroth.com/t5/Rexroth-Blog/Pump-control-simple-or-intelligent/ba-p/274>
- Ergonomie keuken: Izaa. (sd). (Izaa) Opgeroepen op 12 2021, van Izaa website: <http://www.izaa.nl/ergonomie-keuken/>
- Hydraforce. (sd). *Handle options*. Opgeroepen op 01 2022, van https://www.hydraforce.com/globalassets/product-images/mr10-47x_handles2.gif
- Hydraforce. (sd). *Performance*. Opgeroepen op 01 2022, van https://www.hydraforce.com/globalassets/product-images/mr10-47x_perf.gif
- ISO. (2010). *ISO 4413 Hydraulic fluid power - General rules and safety requirements for systems and their components*. Norm, International Organisation for Standardisation.
- Kipp. (sd). *Moeren voor T-gleuven*. Opgeroepen op 01 2022, van <https://www.kippcom.nl/nl/nl/Producten/Bediendelen-Normelementen/Machineelementen-installatie-elementen/K0377-Moeren-T-gleuven.html>
- Onkenhout. (sd). *Snelspanner horizontaal*. Opgeroepen op 01 2022, van <https://www.onkenhout.nl/access-solutions/handgrepen-bediendelen/snelspanners/snelspanners-horizontaal.html>
- Parker. (sd). 372. Opgeroepen op 02 2022, van <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/221303565759/>
- Parker. (sd). 4215N. Opgeroepen op 02 2022, van <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/221303566110/>
- Plastifab. (sd). *Compare Plastics*. Opgeroepen op 02 2022, van Plastifab website: https://www.plastifab.ca/compare-plastics/?select_1=330&select_2=260&select_3=&select_4=&submit=Compare
- Wika. (sd). *Buisveermanometer*. Opgeroepen op 01 2022, van https://www.wika.nl/upload/WIKA_Thumbnails/Product-Detail-Large/PIC_PR_PG23CP_de_de_68223.jpg.png

Wika. (sd). *Digitale manometer*. Opgeroepen op 01 2022, van
https://www.wika.nl/upload/WIKA_Thumbnails/Product-Detail-Large/PIC_PR_CPG500_de_de_38252.jpg.png

Wika. (sd). *Druktransmitter*. Opgeroepen op 01 2022, van
https://www.wika.nl/upload/WIKA_Thumbnails/Product-Detail-Large/PIC_PR_A_10_de_de_2942.jpg.png

Bijlage A: Bedrijfsbeoordeling afstuderen Werktuigbouwkunde

Studentnaam:	Jonathan Vermeul		
Studentnummer:	12075760		
Studiejaar:	2021-2022	Shift:	2
Periode:	November 2021	t/m	Maart 2022
Bedrijf:	Dana SAC Benelux		
Bedrijfsbegeleider:	Dion Turken		

A. Beoordeling algemeen functioneren

Met onderstaande items wordt het functioneren van de student binnen het bedrijf beoordeelt.

Functioneren	Beoordeling
Inzicht	V/G
Systematische aanpak	G
Kwaliteit gegevensverzameling	V/G
Kwaliteit (tussen)rapportage	G
Theoretische kennis	G
Praktisch inzicht	V/G
Nauwkeurigheid/zorgvuldigheid	V/G
Houding en optreden	G
Zelfstandigheid	G/U
Werktempo	G
Totale beoordeling	G

U = Uitstekend
G = Goed
V = Voldoende
T = Twijfelachtig
O = Onvoldoende

Toelichting:

Er is een grote mate van zelfstandigheid beloofd, dat is inderdaad wat ik heb gekregen.

B. Beoordeling vanuit het competentieprofiel

De Haagse Hogeschool werkt, vanaf september 2015, met het landelijke competentieprofiel Bachelor of Engineering. In Hoofdstuk 6 van dit verslag staat beschreven welke competenties van toepassing zijn op dit afstudeertraject.

Competentie	Startniveau	Eindniveau	Beoordeling
1. Analyseren	3	3	G
2. Ontwerpen	3	3	G
3. Realiseren	2	2	n.v.t.
4. Beheren	2	2	n.v.t.
5. Managen	1	1	n.v.t.
6. Adviseren	2	2	V/G
7. Onderzoeken	2	2	n.v.t.
8. Professionaliseren	2	3	G

U = Uitstekend

G = Goed

V = Voldoende

T = Twijfelachtig

O = Onvoldoende

Toelichting:

Binnen deze afstudeeropdracht liggen de competenties Ontwerpen en Adviseren niet in elkaars verlengde. Omtrent de competentie Ontwerpen heeft Jonathan het gewoon goed gedaan. In samenwerking met mijzelf en ook Michel heeft Jonathan het plaatje in ons hoofd vormgegeven. Doordat Jonathan dit goed heeft opgepakt is de competentie Adviseren iets ondergeschoven geraakt, maar is nog altijd rekening gehouden met verbeteren en uitbreidingsmogelijkheden voor het ontwerp.

Eindoordeel

Hier wordt het eindoordeel gegeven in de vorm van een cijfer (1-10), af te ronden op 0,5.

Cijfer 8

Toelichting:

Algehele indruk is gewoon goed!

Ondertekening

Naam: Dion Turken	Handtekening:	Datum: 23-03-2022
--------------------------	---------------	--------------------------