Project stoplogs

Afstudeerscriptie Tim van Dijk – GDF SUEZ

29-08-2013

Projectinformatie

Document:	Afstudeerscriptie
Auteur:	Tim van Dijk
Studentnummer:	09005382
Inleverdatum:	29-08-2013
Versie:	3.3

Afstudeerperiode:	29 april 2013 – 30 augustus 2013	
Bedrijf:	GDF SUEZ Energie Nederland N.V.	
Opdrachtgever:	dhr. M. van den Hatert	(Hoofd onderhoud W)
Begeleiding bedrijf:	dhr. R. van Raalte	(Senior technische specialist W)
	dhr. G. de Ridder	(Technisch specialist W)
	dhr. M. van den Hatert	(Hoofd onderhoud W)
Begeleiding HHS:	dhr. R.F. Meijs	

Gezien door: Op datum:

…… ……

Handtekening:

Voorwoord

Dit rapport is geschreven door Tim van Dijk, student werktuigbouwkunde, als onderdeel van een afstudeeropdracht. Dit project is in opdracht van GDF SUEZ Energie Nederland uitgevoerd voor de afdeling onderhoud werktuigbouwkunde. De opdrachtgever van deze afdeling is dhr. M. van den Hatert. Tim van Dijk is begeleidt door dhr. R van Raalte en dhr. G. de Ridder van GDF SUEZ Nederland en dhr. R.F. Meijs van de Haagse Hogeschool.

Ik wil bovenstaande personen bedanken voor hun bijdrage en begeleiding. Verder wil ik de gehele afdeling onderhoud bedanken voor hun tijd en hulp. Daarnaast wil ik graag GDF SUEZ Energie Nederland als organisatie bedanken voor het ter beschikking stellen de faciliteiten om het project te kunnen uitvoeren. Ten slotte wil ik iedereen bedanken waarmee ik gedurende de afstudeerperiode mee te maken heb, omdat zij mij vanaf het begin van de stageperiode met open armen hebben ontvangen en geholpen.

Rotterdam Maasvlakte, augustus 2013

Samenvatting

De kolengestookte energie centrale van GDF SUEZ op de Maasvlakte wordt gekoeld met zeewater uit de Mississippihaven. Het zeewater wordt ingenomen via twee identieke koelwatersystemen. In dit zeewater bevinden zich organismen als mosselen, zeepokken en dergelijken die zich vast kunnen hechten binnen de koelwatersytemen. Om dit te voorkomen wordt 4 keer per jaar gebruik gemaakt van thermoshocken. Hiervoor moet een koelwatersysteem afgesloten worden met schotten (zogenaamde stoplogs). Daarnaast wordt een koelwatersysteem één keer per jaar leeg gepompt voor inspectie en onderhoud.

Om het afsluiten en leegpompen van de koelwaterinstallatie efficiënter te laten verlopen zijn 3 concepten geformuleerd uit een reeks mogelijkheden welke zijn voortgekomen uit een brainstormsessie. Door de methode van Kesselring toe te passen is van deze 3 concepten één concept naar voren gekomen en verder uitgewerkt tot een definitief ontwerp.

Het uitgewerkte ontwerp bevat drijflichamen die aan stoplogs bevestigd worden. Hiermee kunnen de stoplogs afzinken en drijven (inlaat afsluiten en openen) door de drijflichamen te vullen en leeg te pompen met water. Het leegpompen van de stoplogs wordt gedaan door een interne dompelpomp. Vullen van de stoplogs is mogelijk door kleppen in de stoplog te openen.

Het mogelijke drijfvermogen van de stoplogs wordt beperkt door de constructie rond de koelwaterinlaat. Om de stoplogs toch drijvend te kunnen maken zijn deze van een ander materiaal geconstrueerd. Door middel van een berekening van de interne spanningen in de stoplog is het meest geschikte materiaal gekozen dat zowel licht als sterk is; epoxyhars versterkt met koolstofvezel (CFRP). Dit materiaal is bovendien corrosiebestendig.

Het leegpompen van de koelwaterinstallatie wordt grotendeels gedaan door de hulpkoelwaterpomp. Het overige water zal vanaf 2 punten weg gepompt moeten worden, doordat er een scheiding in de leeg te pompen ruimte zit. Één gedeelte zal door de dompelpompen in de stoplogs weg gepompt worden. Het andere gedeelte zal door een andere dompelpomp vanuit de koelwaterput weg gepompt worden. Deze laatste dompelpomp kan uit de put gehaald worden aan een handlier, zodat deze niet constant in zeewater staat en eventueel ook ergens anders ingezet kan worden. Bij plaatsing van de dompelpomp in de put zorgt een automatisch koppelsysteem ervoor dat aankoppelen op de stijgleiding moeiteloos gaat.

De terugverdientijd van dit project is gesteld op 2 jaar. Ondanks de hoge initiële kosten voor de uitvoering van het uitgewerkte ontwerp zal de terugverdientijd 0,94 jaar bedragen. Hoge kosten worden vooral veroorzaakt door (gedeeltelijk) stil liggen van de centrale. Deze tijd wordt grotendeels teruggebracht met dit ontwerp.

Om het project te kunnen realiseren zullen tot slot nog een aantal onderzoeken gedaan moeten worden naar de langdurige effecten van chemische- en milieu-aspecten op het materiaal van de stoplogs. Ook zal bekeken moeten worden of de componenten van het ontwerp voldoende capaciteit hebben als blijkt dat het afsluiten van het koelwatersysteem vaker zal moeten gebeuren.

Inhoudsopgave

Lijst met begrippen 6
Eenheden en grootheden 6
1. Inleiding 7
2. De opdracht 8
2.1 Doelstelling 8
2.2 Opdrachtomschrijving 8
2.3 Eisen en wensen 8
2.4 Analyse van de opdracht 9
2.5 Projectgrenzen 10
3. Huidige situatie 11
3.1 Afsluiten van het koelwatersysteem 11
3.2 Leeg- en volpompen van het koelwatersysteem 12
4. Concepten 13
4.1 Morfologisch overzicht 13
4.2 Drie concepten 13
4.3 Beoordeling van 3 concepten 18
4.4 Toelichting conceptkeuze 19
5. Uitwerking afsluiten van de koelwaterinlaat 20
5.1 De werking van 'drijvende stoplogs' 20
5.2 Analyse werking drijvende stoplogs 21
5.3 Sterkteberekening 22
5.4 Overige componenten stoplog 24
5.4.1 Drijflichamen 24
5.4.2 Dompelpomp t.b.v. het leegpompen van de stoplog 24
5.4.3 Kleppen in de stoplogs 25
5.5 Definitief ontwerp 27
6. Uitwerking leegpompen van het koelwatersysteem 28
6.1 Werking van het pompsysteem 28
6.2 Analyse van de werking van het pompsysteem 28
6.3 Toebehoren voor het pompsysteem 29
6.3.1 Dompelpomp voor het leegpompen van de koelwaterput 29
6.3.2 Handmatige wormwiel lier 30
7. Kosten 31
7.1 Kosten huidige situatie 31
7.2 Kosten ontwerp drijvende stoplogs met dompelpompen 32

7.3 Terugverdientijd 33
8. Conclusie en aanbevelingen 34
8.1 Conclusie 34
8.2 Aanbevelingen 34
Bronnen 35
Boeken 35
Internet 35

Lijst met begrippen

Begrip	Afkorting/symbool	Betekenis
Stoplog		Schotten voor het afsluiten van de koelwaterinlaat of -uitlaat.
Thermoshocken		In korte tijd opwarmen.
Morfologisch overzicht		Overzicht van de mogelijkheden per deelfunctie.
Methode van Kesselring		Kiezen van een concept aan de hand van eisen en wensen.
Normaal Amsterdams Peil	NAP	Referentiehoogte voor hoogtemetingen in Nederland
Isentroop materiaal		Een materiaal met in alle richtingen dezelfde eigenschappen
Rechte hoek	∟	Hoek van 90°
Roestvast staal	rvs	Staal met toevoegingen die invloeden van corrosie verminderen
AISI 316 rvs		RVS: 16% chroom, 10% nikkel, 2% molybdeen.
Carbonfiber reinforced polymer	CFRP	Polymeer versterkt met koolstofvezels.
Chloor-bleekloog	NaOCl	

Eenheden en grootheden

Eenheid	Betekenis eenheid	Grootheid	Betekenis grootheid
m	Meter	s, h, d, r, x of l	Lente, hoogte, diameter, radius, afstand
m^2	Vierkante meter	A	Oppervlakte
m^3	Kubieke meter	V of I	Volume of inhoud
L	Liter	V of I	Volume of inhoud
s	Seconde	t	Tijd
m/s	-	v	Snelheid
m/s^2	-	a of g	Versnelling
m^3/s	-	Φ_V	Volumestroom
L/s	-	Φ_V	Volumestroom
kg	Kilogram	m	Massa
kg/m^3	-	ρ	Dichtheid
N	Newton	F	Kracht
Nm	Newtonmeter	M	Moment
°C	Graden Celsius	T	Temperatuur
bar	Bar	p	Druk
N/m^2	-	p	Druk
MPa	Megapascal	p	Druk

1. Inleiding

GDF SUEZ is één van de grootste energieprocenten ter wereld. Op de Maasvlakte in Rotterdam is in 2009 gestart met de nieuwbouw van een kolen-biomassa centrale. Deze centrale gaat bruto 800MW leveren met een rendement tot 47%, waarmee deze centrale één van de schoonste en meest efficiënte kolen-biomassa centrales ter wereld is. Naast kolen kan tot 50% biomassa mee gestookt worden. Ook is rekening gehouden met eventuele CO2 afvang en opslag. Het is de bedoeling dat de centrale eind 2013 in gebruik genomen gaat worden.

De centrale verhit water tot stoom onder hoge druk en temperatuur. Met deze stoom wordt een stoomturbine aangedreven die op zijn beurt een generator aandrijft voor elektriciteitsproductie. In de stoomturbine wordt de stoom maximaal uitgeput naar een bijna absoluut vacuüm om een zo hoog mogelijk rendement te halen. Vervolgens wordt de uitgeputte stoom gecondenseerd in condensors. De condensors worden gekoeld met zeewater uit de koelwaterinstallatie. Deze installatie bestaat uit twee identieke koelwatersystemen.

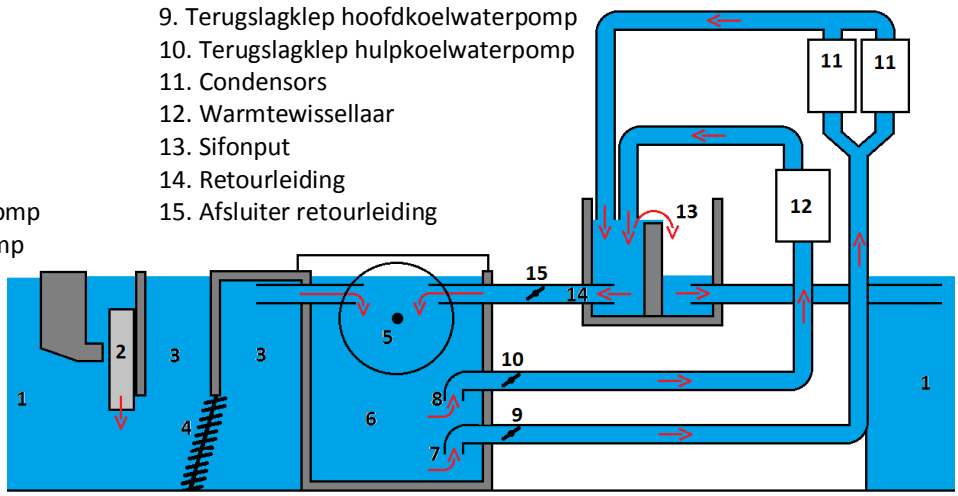
Omdat het zeewater organismen als mossels, oesters en zeepokken bevat die de koelwatersystemen kunnen vervuilen wordt er gebruik gemaakt van thermoshocken. Hierbij wordt een koelwatersysteem afgesloten met schotten (stoplogs) (2 per koelwatersysteem) en wordt het zeewater in het systeem opgewarmd tot 43 ^{o}C. Hierdoor zullen zeeorganismen loslaten van de onderdelen in het koelwatersysteem. Thermoshocken vindt 4 keer per jaar plaats per koelwatersysteem. Een toelichting op het proces van thermoshocken is te vinden in Bijlage I. (Een alternatief voor thermoshocken wordt momenteel onderzocht (bijlage I).)

Naast thermoshocken wordt een koelwatersysteem 1 keer per jaar leeg gepompt voor inspectie en onderhoud. Om deze werkzaamheden uit te kunnen voeren zullen de koelwaterput en koelwaterinlaat droog gelegd moeten worden (figuur 2.1). Het merendeel van het water wordt weggepompt door de hulpkoelwaterpomp. Het overige zeewater wordt met een dompelpomp verpompt.

In de huidige situatie worden de stoplogs verplaatst met een gehuurde kraan en het koelwatersysteem (gedeeltelijk) leeg- en volgepompt met een gehuurde dompelpomp.

In figuur 2.1 is een schets te vinden van het koelwatersysteem. In bijlage II is een flowschema, een overzichtsfoto, een tekening van het bovenaanzicht en een tekening van het zijaanzicht te vinden van het koelwatersysteem.

1. Zee
2. Stoplog
3. Koelwaterinlaat
4. Grofvuilfilter
5. Trommelzeef
6. Koelwaterput
7. Hoofdkoelwaterpomp
8. Hulpkoelwaterpomp
9. Terugslagklep hoofdkoelwaterpomp
10. Terugslagklep hulpkoelwaterpomp
11. Condensors
12. Warmtewissellaar
13. Sifonput
14. Retourleiding
15. Afsluiter retourleiding



Figuur 2.1 Schets van de koelwaterinstallatie

2. De opdracht

In dit hoofdstuk wordt het doel van dit project geformuleerd en de opdracht beschreven. Daarnaast is een pakket van eisen en wensen opgesteld en is de aard van de opdracht geanalyseerd door de functies waaraan een concept moet voldoen te beschrijven samen met de externe factoren die een concept kunnen beïnvloeden. Tot slot is een afbakening van de opdracht gemaakt waarin de grenzen van het project zijn vastgesteld.

2.1 Doelstelling

Het afsluiten en leegpompen van het koelwatersysteem efficiënter laten verlopen door dit proces te versnellen en te vergemakkelijken.

2.2 Opdrachtomschrijving

De opdracht is om een definitief ontwerp uit te werken van een permanente opstelling waarmee de koelwaterinlaat afgesloten kan worden. Hierbij moet rekening worden gehouden met de mogelijke plaatsing van een chloor-bleekloogïnstallatie (bijlage I). Tevens zal er een definitief ontwerp uitgewerkt worden van een opstelling om de koelwaterput en koelwaterinlaat leeg te pompen voor inspectie- en onderhoudswerkzaamheden. Hierbij mogen geen grote aanpassingen gedaan worden aan de huidige constructie.

Uit een drietal concepten zal een definitief ontwerp gekozen worden. Dit ontwerp zal onderbouwd moeten worden met kosten, terugverdientijd, (constructie)tekeningen en berekeningen.

2.3 Eisen en wensen

Om het projectresultaat goed te kunnen omschrijven is een lijst van eisen en wensen opgesteld. Deze lijst is opgesteld in overleg met de technisch specialisten van de afdeling onderhoud werktuigbouwkunde en het hoofd onderhoud werktuigbouwkunde van de centrale Rotterdam, Maasvlakte.

Eisen:

1. Er mogen geen grote structurele aanpassingen gedaan worden aan de huidige situatie.
2. De terugverdientijd mag niet meer als 2 jaar bedragen.
3. Het ontwerp moet makkelijk en veilig bediend kunnen worden.
4. Beide koelwatersystemen moeten minimaal 4 keer per jaar afgesloten worden.
5. Het afsluiten van een koelwatersysteem mag niet meer als 1 uur duren.
6. Het openen van een koelwatersysteem mag niet meer als 1 uur duren.
7. Een koelwatersysteem moet na afsluiten binnen 2 uur leeg gepompt kunnen worden.
8. Een koelwatersysteem moet na werkzaamheden binnen 2 uur gevuld kunnen worden met water.
9. Bij betreding van een koelwatersysteem moet de veiligheid gegarandeerd zijn.
10. Het concept moet zeewater, spatwater en regenwaterbestendig zijn.
11. Het hele ontwerp mag niet te zwaar zijn i.v.m. de onderliggende constructie.
12. Het concept moet het koelwatersysteem waterdicht afsluiten (max. lekkage 7,64 L/s per systeem).
13. Er moet gebruik gemaakt worden van materialen die niet of zeer weinig zullen corroderen.
14. Bij assemblage van een concept moet rekening gehouden worden met de beperkte ruimte rond de koelwaterinstallatie
15. Er moet rekening gehouden worden met het plaatsen van een chloor-bleekloogïnstallatie.

Wensen:

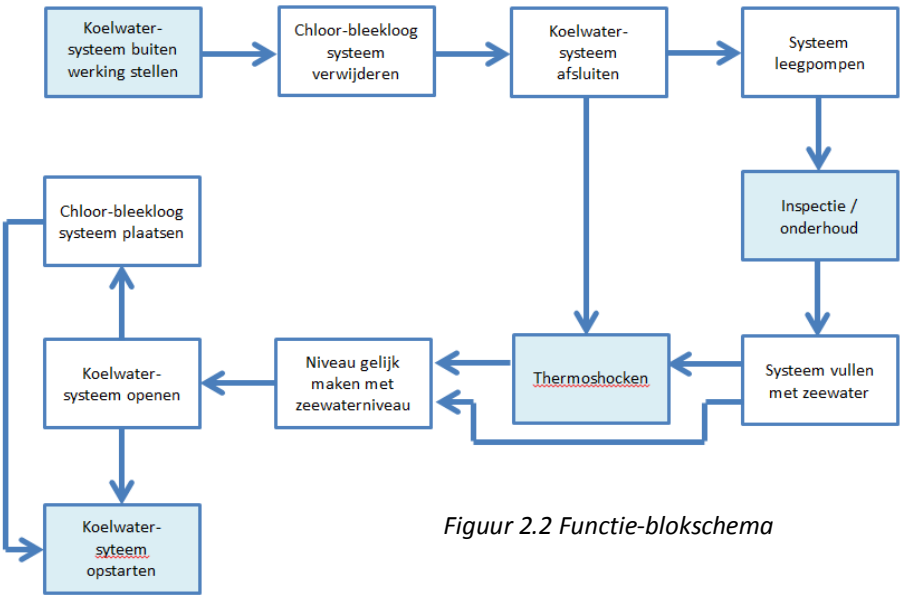
1. Het ontwerp moet door zo weinig mogelijk mensen bediend kunnen worden.
2. Bij plaatsen en verwijderen van een ontwerp moet de hijsjuk van de huidige stoplogs gebruikt kunnen worden.
3. Het systeem moet betrouwbaar zijn.
4. Het systeem moet zo min mogelijk onderhoud vergen.
5. Er moet zo min mogelijk op de kade gebouwd worden.
6. Bij gebruik van een pomp moet deze ook op andere plekken inzetbaar kunnen zijn.
7. Bij gebruik van een hijssysteem moet deze ook voor andere doeleinden te gebruiken zijn.

2.4 Analyse van de opdracht

In deze paragraaf wordt een analyse van de functies waaraan een concept moet voldoen beschreven. Daarnaast worden externe factoren beschreven waar rekening mee gehouden moet worden.

Functie analyse

Wanneer een koelwatersysteem wordt afgesloten en leeggepompt zullen verschillende functies vervult moeten worden. Deze functies zijn schematisch weergegeven in figuur 2.2 De functies welke van belang zijn voor dit project zijn wit gekleurd.



Figuur 2.2 Functie-blokschema

Het afsluiten van een koelwatersysteem gebeurd door 2 schotten te plaatsen in sleuven voor de koelwaterinlaat. Een chloor-bleekloogsysteem gebruikt frames die in dezelfde sleuven geplaatst worden. Deze frames zullen dus eerst verwijderd moeten worden voordat stoplogs geplaatst kunnen worden. Wanneer dit gebeurd is wordt het koelwatersysteem afgesloten.

De koelwaterput en koelwaterinlaat staan na afsluiten vol met zeewater. Om inspectie en onderhoud in deze ruimtes mogelijk te maken zal het water weg gepompt moeten worden. Omdat de put en inlaat in verbinding met elkaar staan met door een kanaal hoger als de bodem van beide ruimtes, zullen beide ruimtes apart leeg gepompt moeten worden. 1 koelwatersysteem heeft dus 2 punten waarvan gepompt moet worden.
Bij de keuze voor een geschikte pomp om de koelwaterput en koelwaterinlaat leeg te pompen zal rekening gehouden moeten worden met de maximale aanzuighoogte (hoogteverschil tussen wateroppervlak en hart van de pomp). Bij grotere hoogtes zal een pomp de aanzuigleiding vacuüm trekken. De maximale aanzuighoogte van zeewater is theoretisch beperkt tot 10 meter (bij standaard luchtdruk 1013 mbar) (bijlage IXa). Echter zal dit in de praktijk minder zijn. De bodem van de koelwaterput en inlaat liggen dieper dan 10 meter. Bij gebruik van een pomp zal dus een pomp op de bodem van de put geplaatst moeten worden.

Vullen van de inlaat en put zal wel vanaf één punt kunnen, aangezien het waterniveau in deze ruimtes hoger moet liggen als het verbindingskanaal.

Voordat een afsluiting van het koelwatersysteem verwijderd kan worden zal het waterniveau in de put en inlaat gelijk gemaakt moeten worden aan dat van de haven. Een afsluiting zal anders niet verwijderd kunnen worden, doordat er een grote druk op komt te staan bij een niveauverschil.

Externe factoren
Bij uitvoering van de functies van een concept zal rekening gehouden moeten worden met de beperkte ruimte vanwege omliggende constructies en de ligging van de koelwaterinlaat aan de kade. Met het havenbedrijf is afgesproken dat GDF SUEZ zo weinig mogelijk aan de kade mag aanbrengen. Als dit desondanks noodzakelijk is kan toestemming gevraagd worden d.m.v. een constructietekening.

Ook zal met aangroei van bijvoorbeeld algen, zeepokken en mosselen en het aanspoelen van zand rekening gehouden moeten worden.

In het hele koelwatersysteem wordt gebruik gemaakt van zeewater. Een concept zal corrosiebestendig moeten zijn.

Omdat de koelwaterinlaat aan een kade ligt welke in open verbinding staat met zee, zal het waterniveau in de haven sterk variëren. Hierdoor zal ook de waterdruk bij de koelwaterinlaat niet constant zijn. De getijden variëren van -1,61 mNAP bij laag-laag water tot +2,95 mNAP bij hoog-hoog water (bijlage III).

2.5 Projectgrenzen

Dit project bestaat uit het afsluiten van de koelwaterinlaat (punt 2 in figuur I) en het leegpompen van de koelwaterput en koelwaterinlaat (punt 3 en 6 in figuur I). Alle hulpmiddelen die daarbij komen kijken (bijvoorbeeld een takel) horen ook bij het project. Hierbij mogen geen grote structurele aanpassingen gedaan worden aan de huidige situatie.

De constructie van de chloor-bleekklooginstallatie hoort niet bij dit project. Wel zal er rekening gehouden moeten worden met de plaatsing van deze constructie.

Secundaire onderdelen als stroomkabels en waterleidingen horen niet bij dit project. Deze onderdelen zullen naar wens van het bedrijf aangelegd kunnen worden.

Het project zal gedetailleerd uitgewerkt worden. Dat wil zeggen dat naast een ontwerp ook leveranciers en kosten bepaald worden.

De einddatum van dit project is 30 augustus 2013.

3. Huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe in de huidige situatie het koelwatersysteem wordt afgesloten en leeg gepompt.

3.1 Afsluiten van het koelwatersysteem

Een koelwatersysteem wordt 4 keer per jaar afgesloten, zodat thermoshocken kan plaatsvinden. Om te voorkomen dat de centrale volledig stil ligt, zullen beide koelwatersystemen niet gelijktijdig afgesloten worden. Het proces voor het afsluiten van het koelwatersysteem is hieronder beschreven.

In de sleuven waarin de stoplogs geplaatst worden kan vervuiling als mosselen, zeepokken en zand zich ophopen. Deze worden daarom eerst geïnspecteerd door een duiker van een extern bedrijf.

Vervolgens worden de chloor-bleekloogframes verwijderd uit het eerste koelwatersysteem. Dit gebeurt met een gehuurde kraan die de frames na afkoppelen van de leidingen naast de koelwaterinlaat plaatst.

Vervolgens zullen stoplogs in de sleuven geplaatst worden van het eerste koelwatersysteem. Dit gebeurt met een hijsjuk. Door een pen uit deze hijsjuk te trekken is het mogelijk om de stoplog te ontkoppelen wanneer deze de bodem van de sleuf raakt. Als dit het geval is zal de hijsjuk weer omhoog gebracht worden en begint de hijsprocedure opnieuw voor de volgende stoplog. Ten slotte zal de hijsjuk teruggeplaatst worden in de stellage waar ook de stoplogs opgeslagen worden wanneer deze niet in gebruik zijn. De koelwaterinlaat is nu afgesloten en thermoshocken kan plaatsvinden.

Na thermoshocken van het eerste systeem zullen de chloor-bleekloogframes uit het tweede koelwatersysteem verwijderd worden met behulp van een kraan. Vervolgens worden de stoplogs verplaatst van het 1^{e} naar het 2^{e} koelwatersysteem. Thermoshocken van het 2^{e} systeem zal vervolgens plaatsvinden. Ook zullen de chloor-bleekloogframes van het 1^{e} systeem terug geplaatst worden.

Na thermoshocken van het 2^{e} systeem worden de stoplogs uit de sleuven verwijderd en geplaatst in het daarvoor bestemde opslagframe. Ook worden de chloor-bleekloogframes terug in de sleuven voor de koelwaterinlaat geplaatst.

In totaal zal er dus 3 keer een kraan nodig zijn per keer dat het koelwatersysteem afgesloten moet worden. Jaarlijks wordt een kraan dus 12 keer gehuurd.

Benodigdheden voor het afsluiten van het koelwatersysteem zijn:

- Stoplogs
- Hijsjuk
- Kraan met toebehoren
- Steiger (voor geleiding van de stoplogs)
- Duiker
- Personeel van GDF SUEZ
- Vergunningen

Figuur 3.1 Verplaatsen van stoplog

3.2 Leeg- en volpompen van het koelwatersysteem

1 keer per jaar wordt het koelwatersysteem geïnspecteerd en wordt er eventueel onderhoud aan gepleegd. Hiervoor worden de inlaat en put leeg gepompt nadat thermoshocken heeft plaatsgevonden. Het koelwatersysteem is dan nog afgesloten. Het proces voor het leeg- en volpompen van het koelwatersysteem is hieronder beschreven.

Het grootste gedeelte van het koelwatersysteem wordt leeg gepompt met de hulpkoelwaterpomp. Met een gehuurde dompelpomp wordt de rest verpompt. Deze wordt geplaatst met behulp van een verreiker of met de hand. Wanneer de inlaat leeg gepompt is zal de pomp verplaatst worden naar de koelwaterput die ook wordt leeg gepompt. Het systeem is nu leeg en inspecties en onderhoud kunnen uitgevoerd worden.

Wanneer werkzaamheden in het systeem klaar zijn wordt de dompelpomp in de sifonput of in de zee geplaatst en wordt de koelwaterput en inlaat volgepompt. Ten slotte wordt de pomp uit de sifonput of zee gehaald en zal dezelfde procedure plaatsvinden voor het 2^{e} koelwatersysteem.

In totaal zal de pomp dus 10 keer verplaatst worden.

Benodigdheden voor het leegpompen van het koelwatersysteem zijn:

- Dompelpomp
- Slangen en koppelingen
- Steiger (om bij de putten te komen)
- Verreiker
- Personeel van GDF SUEZ
- Vergunningen

4. Concepten

In dit hoofdstuk worden verschillende mogelijkheden voor het afsluiten en leegpompen van het koelwatersysteem aangedragen aan de hand van een brainstormsessie die heeft plaatsgevonden. De resultaten van deze brainstormsessie zijn te vinden in bijlage IV. Van de mogelijkheden is een morfologisch overzicht gemaakt. Tijdens de brainstormsessie zijn ook 3 concepten samengesteld uit de mogelijkheden. Door deze 3 concepten te beoordelen op fabricage en functionele eisen met behulp van de Kesselringmethode is één concept naar voren gekomen welke verder is uitgewerkt.

Aanwezig bij de brainstormsessie waren:

- Dhr. R. van Raalte Technisch specialist W
- Dhr. M. Bewier Technisch specialist E
- Dhr. A. Jens Productietechnicus
- Dhr. R. van Hoorn Onderhoudstechnicus W
- Dhr. R. Hendriks Onderhoudstechnicus W
- Dhr. T. van Dijk Afstudeerder

4.1 Morfologisch overzicht

Het morfologisch overzicht is geplaatst in bijlage V. In het morfologisch overzicht is een overzicht te zien van de mogelijkheden voor de verschillende functies. Een drietal concepten is hieruit gekomen na bespreking in de vorm van een brainstormsessie.
Veel concepten voor het afsluiten van de koelwaterinstallatie zijn afgevallen, omdat deze in strijd zijn met de eis dat er geen grote structurele aanpassingen aan de huidige situatie gedaan mogen worden (bijvoorbeeld 2^{e} sleuf maken). Ook zijn een aantal concepten afgevallen vanwege de kosten of het gewicht van een dergelijke constructie (bijvoorbeeld kraanschip of kraan op trein). Tot slot zijn er ook een aantal concepten afgevallen vanwege de beperkte ruimte rond de koelwaterinstallatie (bijvoorbeeld rijdende frames op de bodem van de put).
Voor het leegpompen zijn ook veel ideeën afgevallen, vanwege de beperkte aanzuighoogte die veel pompen maximaal kunnen halen (bijlage IXa) en het feit dat de ruimte rond het koelwatersysteem beperkt is.

4.2 Drie concepten

Uit de brainstomsessie zijn 3 concepten naar voren gekomen voor het afsluiten en leegpompen van het koelwatersysteem. Voor deze 3 concepten is een globale werking beschreven. Ook voor- en nadelen worden per concept genoemd.

Concept 1 (rood), Drijvende stoplogs

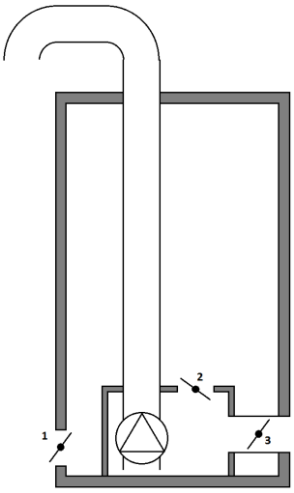
1. De chloor-bleekklooginstallatie wordt buiten de sleuven geplaatst, zodat chloor-bleekloog voor de stoplogs ingespoten wordt.
2. Er zullen stoplogs ontworpen worden, welke drijflichamen bevatten (figuur 4.1). Hierdoor zullen de stoplogs kunnen drijven en zinken, waardoor een groot hijsmechanisme overbodig wordt. De drijflichamen worden gevuld met behulp van kleppen in de stoplog, waardoor deze zal zinken en het systeem afsluiten.
3. Het koelwatersysteem wordt grotendeels leeg gepompt m.b.v. de hulpkoelwaterpomp. Een dompelpomp in de stoplog pompt het overige water uit de inlaat. Het leegpompen van de put gebeurd met dompelpompen (zie leegpompen koelwatersysteem).
4. Vullen van de inlaat en put gaat door kleppen in de stoplog te openen.
5. Het niveau achter de stoplogs gelijk maken aan dat van de haven gaat vanzelf. De stoplogs zullen niet meer afsluiten wanneer het niveau achter de stoplogs hoger wordt als het zeewaterniveau.
6. Met behulp van een vaste dompelpomp in de stoplogs worden de drijflichamen leeg gepompt, waardoor de stoplogs weer gaan drijven. Deze pomp is tevens gebruikt om de koelwaterinlaat leeg te pompen.

Voordelen

- Snel
- Relatief goedkoop
- Stoplogs staan niet in de weg
- Geen grote aanpassingen aan de constructie nodig
- Geen grote lasten op de huidige constructie
- Functie leegpompen inlaat wordt vervuld met dezelfde pomp als die voor het leegpompen van de stoplog
- Geen of licht (hulp)hijsmechanisme nodig
- Pompen staan niet constant in zeewater
- Pompen zijn makkelijk uitwisselbaar
- Geen vervuiling in sleuven van organismen

Nadelen

- Stoplogs hangen deels in het water
- Nieuwe stoplogs nodig
- Minimaal 4 dompelpompen nodig (1 per stoplog)



Figuur 4.1 Concept 1, Drijvende stoplogs

Concept 2 (geel), Portaalkraan

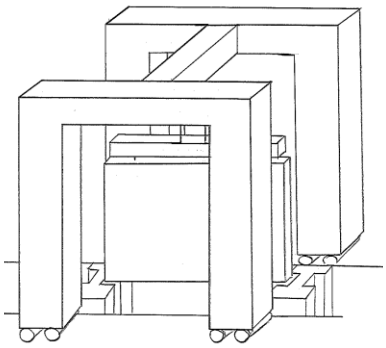
1. Een portaalkraan verwijdert de chloor-bleekloogframes uit de sleuven en zet deze in een opslagframe naast de koelwaterinlaat.
2. Een portaalkraan rijdt over rails op de rand van de putten (figuur 4.2). Deze portaalkraan kan met de aanwezige hijsjuk de huidige stoplogs verwijderen en plaatsen. Wanneer de stoplogs niet in gebruik zijn zullen deze in een opslagframe naast de koelwaterinlaat geplaatst worden.
3. Het leegpompen van de installatie gebeurd met dompelpompen (zie leegpompen koelwatersysteem).
4. Volpompen van de inlaat en put gaat door de kleppen in de stoplog te openen.
5. Niveau achter de stoplogs gelijk maken aan dat van de haven gaat vanzelf. De stoplogs zullen niet meer afsluiten wanneer het niveau achter de stoplogs hoger wordt als het zeewaterniveau.
6. De portaalkraan hijst de stoplogs uit de sleuven en verplaatst deze naar een opslagframe.
7. De portaalkraan zet de chloor-bleekloogframes weer in de sleuven.

Voordelen

- Stoplogs worden volledig verwijderd
- Maar één hijsmechanisme nodig
- De portaalkraan kan ook gebruikt worden om een dompelpomp te plaatsen
- Huidige stoplogs worden gebruikt
- Dezelfde stoplogs kunnen ook gebruikt worden in de uitlaat
- Geen vervuiling in sleuven van organismen

Nadelen

- Onderhoudsgevoelig
- Zware constructie
- Grote constructie
- Dure constructie
- Grote aanpassingen aan het opslagframe



Figuur 4.2 Concept 2, Portaalkraan

Concept 3 (groen), Vast hijsinstallatie

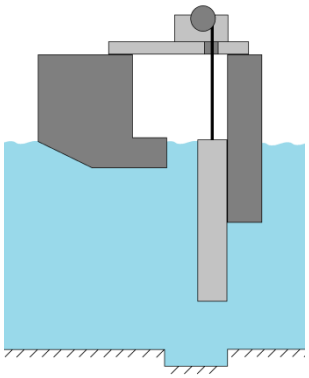
1. De chloor-bleekklooginstallatie wordt buiten de sleuven geplaatst, zodat chloor-bleekloog voor de stoplogs ingespoten wordt.
2. De stoplogs zullen in de sleuven blijven hangen aan kabels (figuur 4.3). Met een elektrische lier kunnen de stoplogs omhoog en omlaag gelaten worden en zo de koelwaterinlaat blokkeren. De stoplogs zullen bij dit concept niet uit de sleuven verwijderd worden.
3. Het leegpompen van de installatie gebeurd met dompelpompen (zie leegpompen koelwatersysteem).
4. Vullen van de inlaat en put gaat door kleppen in de stoplog te openen.
5. Het niveau achter de stoplogs gelijk maken aan dat van de haven gaat vanzelf. De stoplogs zullen niet meer afsluiten wanneer het niveau achter de stoplogs hoger wordt als het zeewaterniveau.
6. De stoplogs hangen aan kabels in de sleuven. Met de elektrische lier kunnen de stoplogs omhoog gehaald worden.

Voordelen

- Hijsmechanisme is snel
- Huidige stoplogs worden gebruikt
- Mechanisme neemt weinig ruimte in beslag
- Mechanisme is relatief licht
- Geen vervuiling in sleuven van organismen

Nadelen

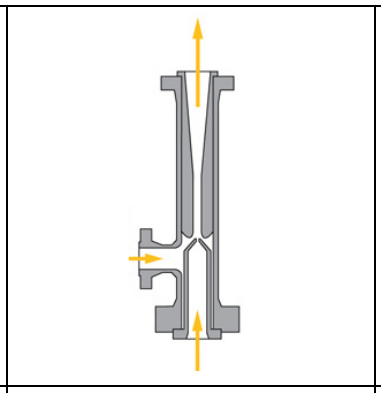
- Vergt tamelijk veel onderhoud
- Stoplogs zijn moeilijk te verwijderen uit de inlaat
- Druk op omliggende constructie is groot
- Minimaal 4 hijsmechanismen nodig
- Blokkering is nodig om te voorkomen dat de stoplogs vallen bij falen van de hijsinstallatie

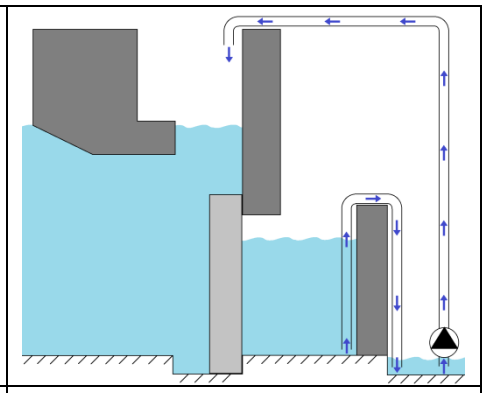


Figuur 4.3 Concept 3, Vaste hijsinstallatie

Leegpompen van het koelwatersysteem
Het grootste gedeelte van de installatie wordt leeggepompt met de hulpkoelwaterpomp. De rest van het water zal op een andere manier verpompt moeten worden. In bijlage IXa is berekend dat de maximale aanzuighoogte voor een pomp theoretisch 10 meter is. Omdat de koelwaterinlaat en koelwaterput dieper zijn, zullen pompen niet vanaf de rand van de put kunnen pompen. Hierdoor is het aantal opties voor het leegpompen van het systeem beperkt. Uit een drietal opties (geselecteerd tijdens de brainstormsessie) is een keuze gemaakt. Deze opties zijn: dompelpomp, ejector en hevelinstallatie.

Figuur 4.4 Dompelpomp


Figuur 4.5 Ejector


Figuur 4.6 Hevelinstallatie

Een dompelpomp wordt op de bodem van de inlaat en put geplaatst (figuur 4.4).

Voordelen
- Simpel
- Makkelijk uitwisselbaar
- Goedkoop

Nadelen
- Corrosiegevoelig
- Kunnen het systeem ingezogen worden

Een ejector wordt op de bodem van de inlaat en put geplaatst (figuur 4.5).

Voordelen
- Kan vanaf de rand van de put pompen
- Ejector zelf heeft geen bewegende delen

Nadelen
- Grote ejector nodig om de juiste capaciteit te halen
- De put kan niet volledig geleegd worden
- Duur
- Medium onder druk nodig

Een hevelinstallatie wordt geplaatst tussen de inlaat en de put (figuur 4.6).

Voordelen
- Minder pompen nodig

Nadelen
- Er is een pomp nodig die de put of de inlaat leegpompt
- De hevelleiding moet vacuüm getrokken worden
- Pomp moet hoge capaciteit hebben

Omdat een ejector zeer groot moet zijn om de juiste capaciteit te halen en daardoor erg duur wordt zal deze optie afvallen om te gebruiken in het ontwerp. Ook de hevelinstallatie is tamelijk duur, omdat deze extra componenten nodig heeft, zoals een vacuümpomp. Daarnaast zal een pomp bij een hevelinstallatie een zeer grote capaciteit moeten hebben, omdat deze de inlaat en de put leeg moet pompen. Er is daarom gekozen om gebruik te maken van dompelpompen. Deze zijn goedkoop en snel uitwisselbaar.

4.3 Beoordeling van 3 concepten

In dit hoofdstuk zijn 3 concepten gekozen. In deze paragraaf wordt een afweging gemaakt tussen deze 3 concepten door middel van de methode van Kesselring. Ieder concept wordt hierbij beoordeeld op verschillende functionele criteria(tabel 4.1) en fabricage criteria (tabel 4.2) welke zijn opgesteld uit het pakket van eisen en wensen. Afhankelijk van de relevantie zijn weegfactoren voor de eisen meegenomen in de beoordeling. De weegfactoren zijn gebaseerd op de eisen en wensen van de opdrachtgever. Het concept met de hoogste beoordeling zal in theorie het beste concept moeten zijn en zal verder uitgewerkt worden. In bijlage VI is een beschrijving van de criteria te vinden.

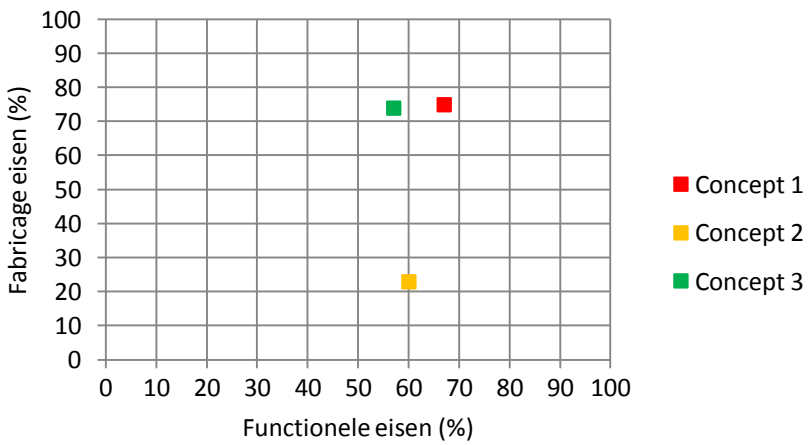
Functionele eisen	Weeg factor	Concept 1 (Drijvende stoplogs)		Concept 2 (Portaalkraan)		Concept 3 (Vaste hijsinstallatie)		Ideaal
		Waardering	Met weegfactor	Waardering	Met weegfactor	Waardering	Met weegfactor	
Betrouwbaarheid	4	4	16	3	12	3	12	20
Veiligheid	5	3	15	3	15	4	20	25
Onderhoud	3	4	12	2	9	2	6	15
Snelheid	2	5	10	2	4	3	6	10
Ergonomie	1	2	3	2	2	4	4	5
Complexiteit	2	4	8	3	6	3	6	10
Levensduur	3	3	9	4	12	3	9	15
Veelzijdigheid	3	1	3	3	9	2	6	15
Integratie van taken	2	4	8	3	6	1	2	10
Totaal		**30**	**84**	**25**	**75**	**25**	**71**	**125**
Totaal %			**67%**		**60%**		**57%**	**100%**

Tabel 4.1 Kesselring tabel Functionele eisen

Fabricage eisen	Weeg factor	Concept 1 (Drijvende stoplogs)		Concept 2 (Portaalkraan)		Concept 3 (Vaste hijsinstallatie)		Ideaal
		Waardering	Met weegfactor	Waardering	Met weegfactor	Waardering	Met weegfactor	
Kosten	5	3	15	1	5	4	20	25
Aanpassingen	4	3	12	1	4	4	16	20
Materiaal	2	4	8	2	4	3	6	10
Afmetingen	2	5	10	1	2	4	8	10
Gewicht	3	5	15	1	3	3	9	15
Totaal		**20**	**60**	**6**	**18**	**19**	**59**	**80**
Totaal %			**75%**		**23%**		**74%**	**100%**

Tabel 4.2 Kesselring tabel Fabricage eisen

In grafiek 4.1 zijn de resultaten van de beoordeling van de concepten te zien. Hierin is te zien dat concept 1(rood), drijvende stoplogs de beste score heeft en dus ook verder uitgewerkt zal worden.



Grafiek 4.1 Functionele eisen vs Fabricage eisen

4.4 Toelichting conceptkeuze

De keuze is gevallen op concept 1, Drijvende stoplogs. De belangrijkste redenen hiervoor zijn het beperkt aantal aanpassingen dat aan de constructie gedaan hoeft te worden en de lage krachten die op de constructie van het koelwatersysteem worden uitgeoefend. Ook het feit dat het een onconventioneel concept is heeft een belangrijke rol gespeeld in de beslissing.

Een verplaatsing van de inspuiting van het chloor-bleekloog naar een plaats eerder in het systeem is gekozen, omdat hierdoor ook de sleuven voor de stoplogs schoon gehouden kunnen worden.

Drijvende stoplogs zijn gekozen, omdat de portaalkraan en elektrische lieren uit concept 2 en 3 veel onderhoud vergen en erg zwaar zijn (als de stoplogs opgetild worden). Hierdoor zal de constructie van het koelwatersysteem onder een te grote belasting komen te staan. Bovendien kunnen de pompen de gebruikt worden om de stoplogs te laten drijven ook gebruikt worden om de koelwaterinlaat leeg te pompen.

Er is voor een systeem met dompelpompen gekozen, omdat een ejector zeer groot moet zijn om voldoende capaciteit te kunnen leveren. Bovendien heeft een ejector een medium onder hoge druk nodig. Een hevelinstallatie in niet gekozen, omdat er dan een zeer grote pomp gebruikt moet worden om de juiste capaciteit te halen. En het hevelsysteem zal vacuüm getrokken moeten worden. Daarnaast kunnen dompelpompen ook ergens anders ingezet worden en zijn dompelpompen makkelijk uitwisselbaar.

Door kleppen in de stoplogs te openen zullen de inlaat en put gevuld worden. Dit is simpel en erg snel.

5. Uitwerking afsluiten van de koelwaterinlaat

In dit hoofdstuk wordt het gedeelte van het concept uitgewerkt dat de koelwaterinlaat afsluit. Deze uitwerking bestaat uit een uitleg van de werking van drijvende stoplogs, de analyse van deze werking, een sterkteberekening, een uitleg van de benodigde toebehoren en een definitief ontwerp.

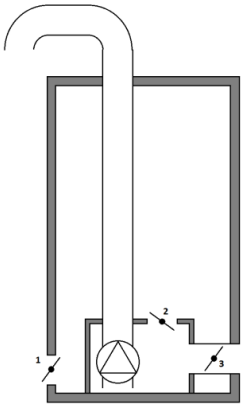
5.1 De werking van 'drijvende stoplogs'

Aan de stoplogs worden drijflichamen bevestigd welke gevuld kunnen worden met water. Wanneer de drijflichamen vol met water staan zullen de stoplogs zinken. Wanneer de drijflichamen leeg zijn zullen de stoplogs gaan drijven. Hieronder zijn de stappen beschreven die uitgevoerd worden wanneer een koelwatersysteem wordt afgesloten en geopend. In tabel 5.1 zijn de standen van de kleppen en de pomp gegeven voor elke stap. Ook zijn schetsen gemaakt waarin te zien is wat er bij iedere stap gebeurd.

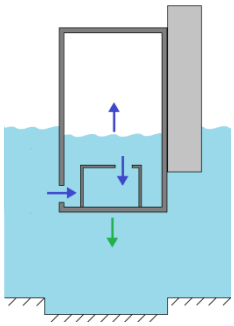
1. De drijflichamen van de stoplog zijn gevuld met lucht, waardoor de stoplog blijft drijven. Door kleppen 1, 2 en 3 te openen wordt de stoplog gevuld met water en zal deze zal zinken (figuur 5.2).
2. Eenmaal gezonken zal klep 2 gesloten worden en de pomp gestart worden. Hierdoor zal de koelwaterinlaat leeggepompt worden zonder dat de stoplogs worden geleegd (figuur 5.3). Klep 1 blijft open staan. Mocht er namelijk een lek ontstaan in de stoplog aan de kant van de inlaat of in klep 2 zal de stoplog langzaam leeglopen en zal zijn drijfvermogen toenemen. Hierdoor wordt de afsluiting van de inlaat opgeheven.
3. Wanneer de koelwaterinlaat volledig leeg is leeggepompt wordt de pomp uitgezet en worden kleppen 2 en 3 gesloten. 1 blijft open staan om dezelfde reden als bij stap 2. Als de koelwaterput ook is leeg gepompt (hoofdstuk 6) kan het koelwatersysteem betreden worden (figuur 5.4).
4. Na vrijgeven van het koelwatersysteem wordt deze weer gevuld met water door kleppen 1, 2 en 3 te openen (figuur 5.5). Bij deze stap is het belangrijk dat eerst klep 1 geopend en gecontroleerd wordt op de stand en dan pas 2 en 3 worden geopend. Wanneer klep 1 niet geopend zou zijn zou het drijfvermogen van de stoplog namelijk afnemen terwijl er nog een niveauverschil is tussen de zijde voor de stoplog en achter de stoplog, waardoor grote wrijvingskrachten ontstaan.
5. Vervolgens worden kleppen 1 en 3 gesloten en wordt de pomp aangezet, zodat de stoplog wordt leeggepompt en gaat drijven (figuur 5.6).
6. Ten slotte worden alle kleppen gesloten en wordt de pomp uitgeschakeld.

Stap	Beschrijving	Klep 1	Klep 2	Klep 3	Pomp
1	Stoplogs laten zinken	Open	Open	Open	Uit
2	Inlaat leegpompen	Open	Dicht	Open	Aan
3	Werkzaamheden put	Open	Dicht	Dicht	Uit
4	Inlaat vullen	Open	Open	Open	Uit
5	Stoplogs laten drijven	Dicht	Open	Dicht	Aan
6	Stoplogs in rust	Dicht	Dicht	Dicht	Uit

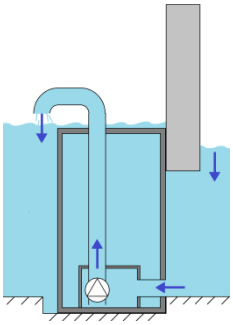
Tabel 5.1 Stand kleppen en pomp per stap



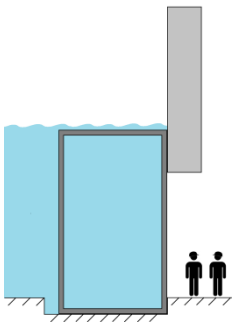
Figuur 5.1 Klepnummers



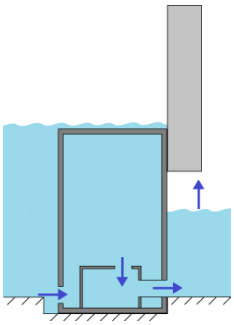
Figuur 5.2 Stap 1



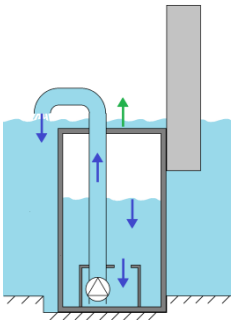
Figuur 5.3 Stap 2



Figuur 5.4 Stap 3



Figuur 5.5 Stap 4

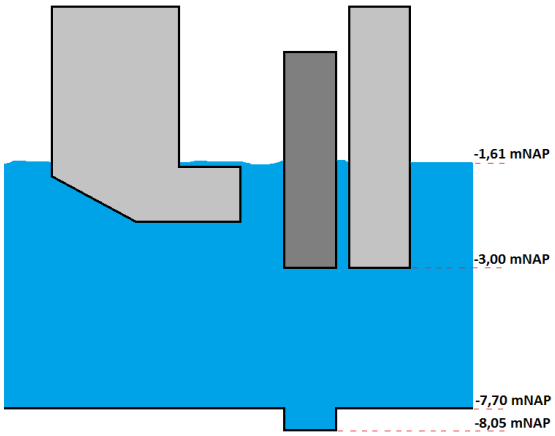


Figuur 5.6 Stap 5

5.2 Analyse werking drijvende stoplogs

Om stoplogs te laten drijven zal het gewicht van het verplaatste water groter moeten zijn als het gewicht van de stoplogs (Wet van Archimedes).

De hoogte waarop de stoplogs zullen drijven is afhankelijk van het zeewaterniveau. De stoplogs mogen niet voor de doorgang van de koelwaterinlaat hangen, ook niet bij het laagst mogelijke waterpeil (-1,61 mNAP) (bijlage III). Dit betekent dat maximaal 1,39 m van de stoplogs onder water mag zijn (figuur 5.7). De beschikbare oppervlakte van de sleuf is 1,64375 m^2. De maximale waterverplaatsing en het maximale gewicht van de stoplogs is hierdoor:



Figuur 5.7 Waterniveau t.o.v. stoplogs

V_{max} = max. waterverplaatsing [m^3] A_{sleuf} = oppervlakte sleuf [m^2] h_{kolom} = hoogte verplaatste waterkolom bij -1,61 mNAP [m]	 1,644 1,39	$V_{max} = A_{sleuf} \cdot h_{kolom}$ $V_{max} = 1{,}644 \cdot 1{,}39 = 2{,}285\ m^3$
m_{max} = max. gewicht stoplog [kg] $\rho_{zeewater}$ = dichtheid zeewater [kg/m^3]	 1024	$m_{max} = \rho_{zeewater} \cdot V_{zeewater}$ $m_{max} = 1024 \cdot 2{,}285 = 2340\ kg$

De huidige stoplogs hebben een gewicht van 4670 kg. De waterverplaatsing die mogelijk is, is dus onvoldoende om de huidige stoplogs te kunnen laten drijven. Om toch drijvende stoplogs te realiseren zijn een aantal opties mogelijk. Een toelichting op deze opties is te vinden in bijlage VII.

1. Huidige stoplogs lichter maken.
2. Ruimte voor de stoplogs breder maken, zodat de verplaatste waterkolom vergroot kan worden.
3. Toelaten dat de stoplogs voor de inlaat hangen bij lage waterstand en opvoeren van de stromingssnelheid om dezelfde capaciteit te houden.
4. Toelaten dat de stoplogs voor de inlaat hangen bij lage waterstand en minder vermogen leveren om dezelfde stromingssnelheid te houden.
5. Drijflichamen gedeeltelijk onder de kademuur plaatsen (eventueel inklapbaar).
6. Wanneer stoplogs drijven bij hoger waterniveau de stoplogs vergrendelen.
7. Gedeelte van het gewicht van de stoplogs opvangen met een takel.
8. Nieuwe stoplogs van ander materiaal construeren.

Gekozen optie.

Er is gekozen voor optie 8: Nieuwe stoplogs van een ander materiaal construeren.
In de koelwateruitlaat worden dezelfde stoplogs gebruikt als bij de koelwaterinlaat. De huidige stoplogs zullen daarom niet aangepast kunnen worden zonder dat er nieuwe voor in de plaats komen. Ook mag de huidige constructie niet aangepast worden en zullen de stoplogs niet voor de koelwaterinlaat mogen hangen.
De keuze voor het materiaal is gemaakt aan de hand van een berekening in paragraaf 5.3 en het feit dat het materiaal corrosiebestendig moet zijn.

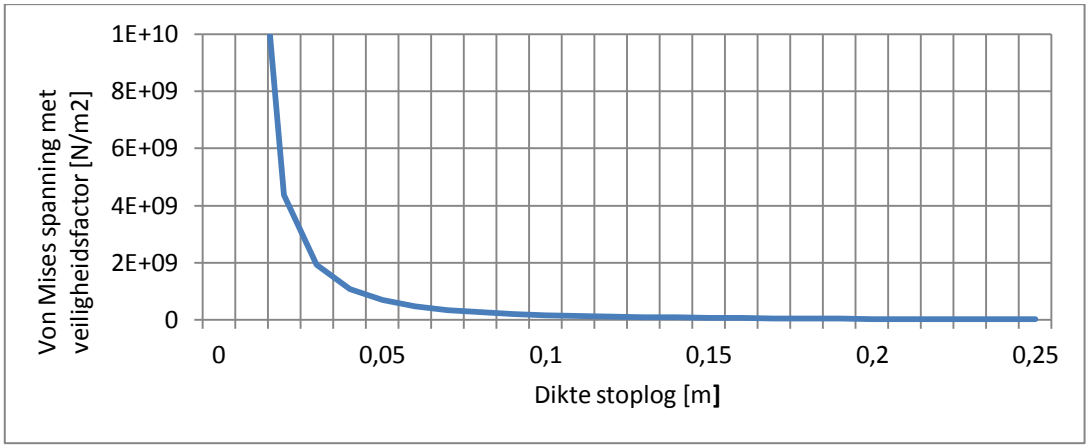
5.3 Sterkteberekening

In paragraaf 5.2.1 is berekend dat er in de huidige sleuven van de koelwaterinlaat een maximaal drijfvermogen is te behalen van 2340 kg (bij laag-laag water). In deze paragraaf wordt het materiaal bepaald dat de juiste eigenschappen heeft, waardoor dit drijfvermogen bereikt kan worden terwijl de stoplogs niet plastisch zullen vervormen.

Of een materiaal sterk genoeg is en niet plastisch zal vervormen, is afhankelijk van twee soorten spanningen: de vloeispanning en de Von Mises spanning. De vloeispanning is de maximale spanning die in een materiaal kan voorkomen zonder dat het plastisch zal vervormen. Dit is een materiaalconstante.

Wanneer een kracht op een onderdeel wordt uitgeoefend zal er een meerdimensionaal spanningsspel optreden in het onderdeel. De Von mises spanning is een resultante van dit meerdimensionale spanningsspel. De Von Mises spanning is afhankelijk van de afmetingen van het materiaal en de krachten die erop uitgeoefend worden.

Door de Von Mises spanning te vergelijken met de vloeispanning kan bepaald worden of onderdeel plastisch zal vervormen. Een onderdeel zal plastisch vervormen wanneer de Von Mises spanning groter is als de vloeispanning van het materiaal. In bijlage IXd en excel is een berekening gemaakt voor de maximale Von Mises spanning in een stoplog. In grafiek 5.1 is de maximale Von Mises spanning uitgezet tegen de dikte van een stoplog. Hierin is een veiligheidsfactor meegenomen van 1,978 (dezelfde veiligheidsfactor die gebruikt is voor de constructie van de huidige stoplogs).



Grafiek 5.1 Maximale Von Mises spanning uitgezet tegen de dikte van de stoplog

In tabel 5.2 is de minimale dikte bepaald als gevolg van de vergelijking van de maximale Von Mises spanning (met veiligheidsfactor) met de vloeispanning van verschillende materialen. Aan de hand van de dichtheid van het materiaal is het minimale gewicht berekend waarbij de stoplog niet plastisch zal vervormen.

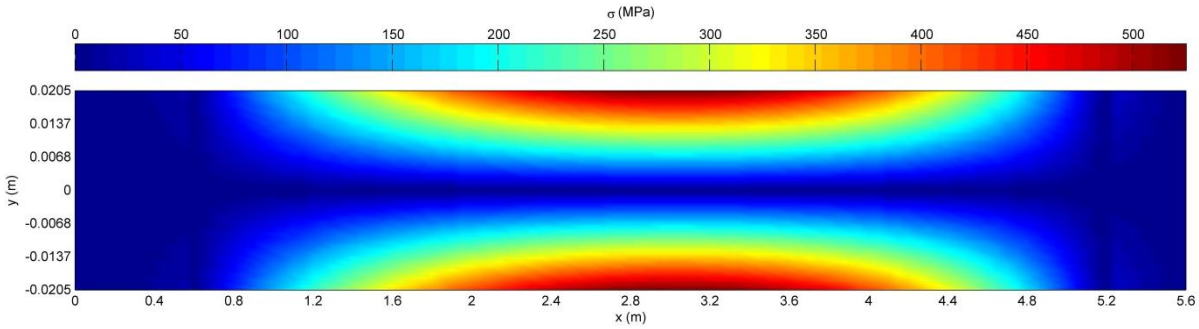
Materiaal	Max. toelaatbare spanning [N/m^2]	Dichtheid ρ [kg/m^3]	Minimale dikte stoplog d [m]	Volume stoplog L·b·d [m^3]	Gewicht stoplog [kg]
Ongelegeerd staal (0,9% gew. C)*	$6{,}00 \cdot 10^8$	7800	0,055	1,2166	9489
Roestvast staal ferritisch (AISI 446)**	$3{,}45 \cdot 10^8$	7500	0,072	1,5926	11945
Aluminiumlegering $AlZn_5Mg_2$	$5{,}00 \cdot 10^8$	2800	0,060	1,3272	3716
Magnesiumlegering $MgAl_3Zn_1$ (plaat)	$1{,}20 \cdot 10^8$	1800	0,120	2,6544	4778
Titaniumlegering $TiAl_6V_4$	$8{,}25 \cdot 10^8$	4400	0,047	1,0396	4574
CFRP***	$10{,}50 \cdot 10^8$	1600	0,041	0,9069	1451

Tabel 5.2 Dikte en gewicht van stoplog per materiaal

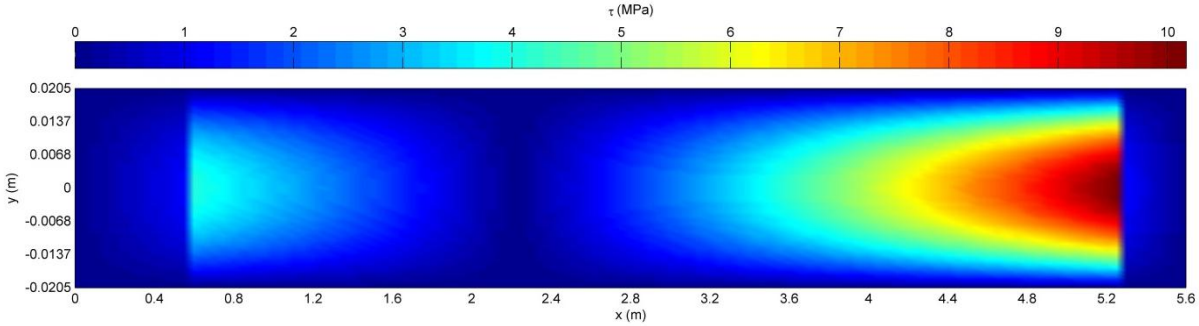
* Ongelegeerd staal waarvan 0,9% van het gewicht bestaat uit koolstof.
** Bevat 23 tot 27 gewichtsprocent chroom
*** Carbon Fibre Reinforced Polymer (Koolstofvezel versterkte kunststof).
Epoxy met continu hoge sterkte koolstofvezel versterking (0, +- 45, 90), quasi isotropische opbouw

Het materiaal waarmee de stoplog het lichtst gefabriceerd kan worden is CFRP (koolstofvezel versterkte kunstof). Omdat de vloeispanning voor deze stof gelijk is aan de spanning waarbij het materiaal bezwijkt, is deze laatste waarde in de berekening gebruikt. De dikte van de stoplog wordt dan 0,041 m. Het gewicht van de stoplog is 1451 kg.

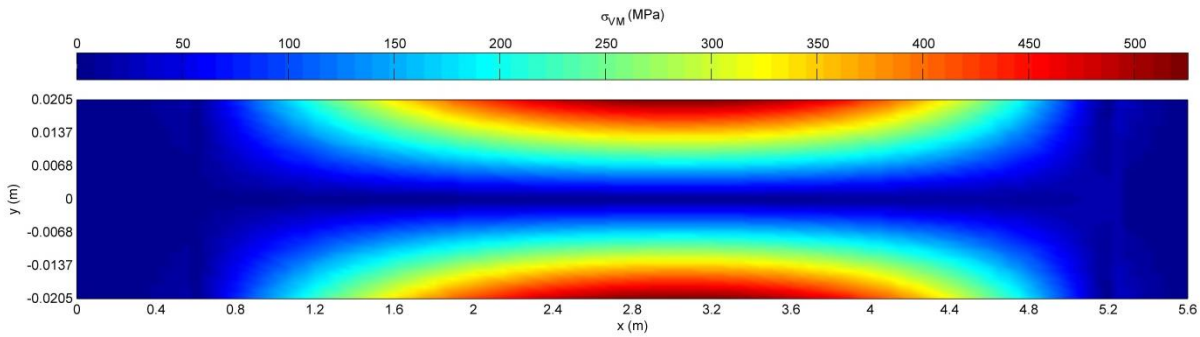
In figuur 5.8 t/m 5.10 is een grafische weergave gemaakt met het computerprogramma Matlab van het verloop van de trek-, schuif-, en Von Mises spanning in een stoplog van CFRP met een dikte van 0,041 m en een veiligheidsfactor van 1,978.
(In de berekening van de Von Mises spanning zijn spanningen aangegeven in N/m^2. In deze grafische weergaves zijn deze spanningen aangegeven in MPa. 1 MPa is 10^6 N/m^2.)



Figuur 5.8 Absolute trekspanning in de stoplog



Figuur 5.9 Absolute schuifspanning in de stoplog



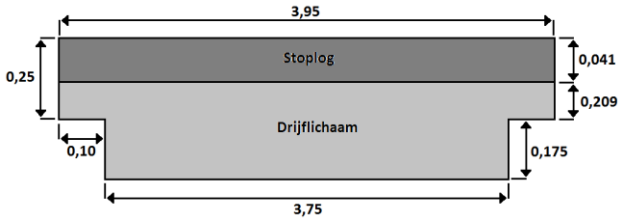
Figuur 5.10 Von Mises spanning in de stoplog

5.4 Overige componenten stoplog

Om het concept drijvende stoplogs mogelijk te maken zijn een aantal componenten nodig. Deze componenten worden in deze paragraaf beschreven.

5.4.1 Drijflichamen

De afmetingen van de stoplog zijn (Lxbxd) 5,6x3,95x0,041. De afmetingen van de sleuf zijn te vinden in figuur 5.11 Drijflichamen kunnen een maximale breedte hebben van 0,425-0,041=0,379 m. De oppervlakte van het materiaal is 4,718·1,39 = 6,56 m^3 (figuur 5.11). Voor de drijflichamen wordt hetzelfde materiaal van dezelfde dikte gebruikt als voor de stoplogs. De hoeveelheid materiaal benodigd voor de drijflichamen is dus 6,56·0,041 = 0,269 m^3, goed voor 430 kg.



Figuur 5.11 Bovenaanzicht stoplog met drijflichaam

Om de stoplog te kunnen vullen met water zal de aanwezige lucht in het drijflichaam moeten kunnen ontsnappen. Een ontluchting zal hiervoor aangebracht worden. Deze ontluchting zal tevens gebruikt worden om lucht in de stoplog te laten bij het leegpompen van de stoplog.

5.4.2 Dompelpomp t.b.v. het leegpompen van de stoplog

De dompelpompen die de stoplogs en de koelwaterinlaat leegpompen worden geplaatst in een holle ruimte in de stoplogs. Omdat de stoplogs een beperkte dikte hebben (vanwege de breedte van de sleuven), is maximale grootte van de dompelpompen beperkt. Deze ruimte wordt bepaald door de dikte van de stoplog en de dikte van de wand van het drijflichaam en bedraagt: 0,475-0,041-0,041=0,393 m. Een dompelpomp mag dus een maximale diameter hebben van 393 mm.
Daarnaast is het belangrijk dat de koelwaterinlaat binnen 2 uur leeg gepompt kan worden. De inhoud van de inlaat is 295 m3 wanneer deze gedeeltelijk is leeggepompt met de hulpkoelwaterpomp (bijlage IXb). Bij gebruik van twee pompen (2 stoplogs) in de inlaat moet één pomp dus een capaciteit hebben van $295/4 = 74\ \mathrm{m^3/h}\ (20{,}6\ \mathrm{L/s})$. Omdat de opvoerhoogte groter wordt naarmate het niveau in de inlaat lager wordt zal de bovengenoemde capaciteit aangehouden worden. Dit is de minimale capaciteit tijdens het leegpompen van de inlaat.

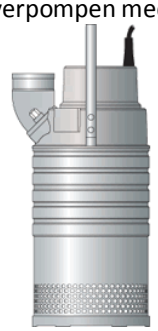
De eisen aan de dompelpomp in de stoplogs zijn:

- Corrosie bestendig (zeewater)
- Opvoerhoogte van minimaal 15 meter
- Pomp staat 12 meter onder water
- Pomp moet een laag gewicht hebben
- Minimale capaciteit 74 m^3/h
- Maximale diameter 0,393 m

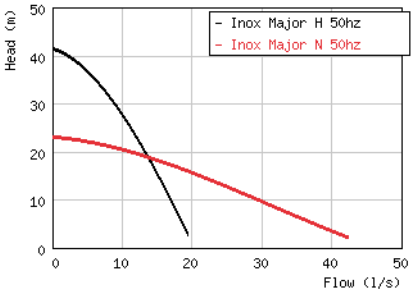
Pompkeuze:

Functie:	Leegpompen stoplogs en koelwaterinlaat
Merk / type:	Grindex Major Inox N
Maximale opvoerhoogte:	20 m
Maximale onderdompeling:	20 m
Gewicht:	77 kg
Capaciteit (opvoerhoogte 13 m):	± 85 m^3/h (23,6 L/s) (figuur 5.12)
Maximale vloeistofdichtheid:	1100 kg/m^3
Afmetingen (hoogte x diameter):	665 x 280 mm (breedte met aansluiting: 330 mm)
Aansluiting:	4 inch (102 mm)
Benodigd vermogen:	7,3 kW
Snelheid:	2840 rpm
Max. grootte vervuiling:	8,5 mm

Deze pomp is uitermate geschikt voor corrosieve vloeistoffen. Onderdelen welke in contact staan met het te verpompen medium zijn van AISI 316 roestvast staal of beter.



Figuur 5.12 Dompelpomp Grindex Major Inox



Figuur 5.13 Pompcurve Grindex Major Inox

Leverancier:	Eekels
Adres:	Koopliedenweg 25 2991 LN Barendrecht
Tel.:	+31 (0) 180 69 69 69
Email:	info@eekels.nl
Website:	http://www.eekels.eu/nl

5.4.3 Kleppen in de stoplogs

Om er voor te zorgen dat het water in de koelwaterinlaat zo veel mogelijk wordt weggepompt zal klep 3 zo laag mogelijk bij de bodem van de inlaat geplaatst moeten worden. De sleuf waar de stoplog in staat is 0,35 m dieper als de bodem van de inlaat. De klep heeft een diameter van 200 mm (bijlage IXc). Het middelpunt van de klep zal dus op 0,45 m hoogte (t.o.v. de onderkant van de stoplog) geplaatst worden.

De hoogte voor het gat van klep 1 is minder van belang voor de stroming van het water. Het is alleen belangrijk dat deze klep altijd volledig onderwater is gedompeld, dus minimaal op 1,19 meter vanaf de onderkant van de stoplog. Ook mag deze klep niet uitkomen in de ruimte waar de dompelpomp in de stoplog is geplaatst.

Wanneer openingen voor kleppen in een materiaal worden aangebracht wordt het onderdeel verzwakt. Om te voorkomen dat de constructie als gevolg hiervan bezwijkt wordt het materiaal rond de gaten dikker gemaakt.

Omdat de stoplogs zijn ontworpen om een ruimte waarin gewerkt wordt af te sluiten van een waterkolom is veiligheid zeer belangrijk. In de stoplog bevinden zich openingen welke afgesloten worden met kleppen. Om de stoplogs zo veilig mogelijk te maken is het van belang dat wanneer een klep faalt er geen direct gevaar optreed. Tijdens werkzaamheden zal klep 1 altijd open blijven staan, zodat bij een lek naar de droge zijde de stoplog nooit leeg kan lopen. Door een aparte kamer te maken in het drijflichaam ten hoogte van klep 3 met daarin de dompelpomp, is het aantal kleppen tussen de zee en de koelwaterinlaat 2. Deze ruimte deelt het drijflichaam in tweeën. Om het drijflichaam volledig leeg te kunnen pompen zal er een tweede klep geplaatst moeten worden tussen de ruimte voor de dompelpomp en de rest van het drijflichaam (zie paragraaf 5.5).

Een eis aan het systeem is dat het binnen 2 uur gevuld moet kunnen worden. De inhoud van de inlaat (één koelwatersysteem) is 2664 m^3 bij hoog-hoog water en 1551 m^3 bij laag-laag water. Bij gebruik van 2 stoplogs met ieder 3 kleppen in serie zullen deze kleppen dus ieder een capaciteit moeten hebben van $2664/4 = 666\ \mathrm{m^3/h}\ (185\ \mathrm{L/s})$ bij hoog-hoog water en $1551/4 = 388\ \mathrm{m^3/h}\ (108\ \mathrm{L/s})$ bij laag-laag water.

De eisen voor kleppen en hun regelsystemen in de stoplogs zijn:

- Waterproof (de kleppen en hun regeling worden onderwater ingezet)
- Corrosiebestendig (zeewater)
- Minimale binnendiameter van 200 mm
- Elektrisch geregeld

Keuze klep:

Functie:	Kleppen in de stoplogs
Merk / type:	Smith 8'' rvs gatevalve
Binenndiameter:	DN 200 (8'')
Materiaal:	RVS

Figuur 5.14 Smith 8'' gatevalve

Leverancier:	Flowserve Industrial Valves
Adres:	Cypresbaan 63, 2908 LT Capelle a/d IJssel
Tel.:	010 – 284 11 00
Email:	info@econosto.com
Website:	https://www.econosto.nl/

Keuze regelsysteem:

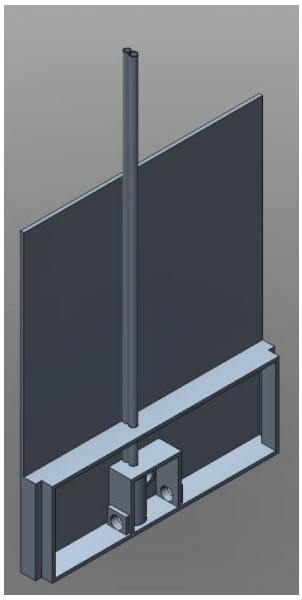
Functie:	Kleppen in de stoplogs
Merk / type:	Flowserve Limitorque L120 series

Figuur 5.15 Flowserve Limitorque L120 series

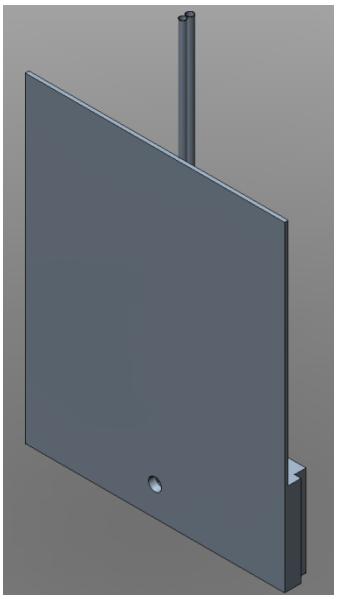
Leverancier:	Flowserve Industrial Valves
Adres:	Rechtzaad 17, 4703 RC Roosendaal
Tel.:	+31 (0) 165 598 800
Email:	fcbinfo@flowserve.com
Website:	http://www.flowserve.com/

5.5 Definitief ontwerp

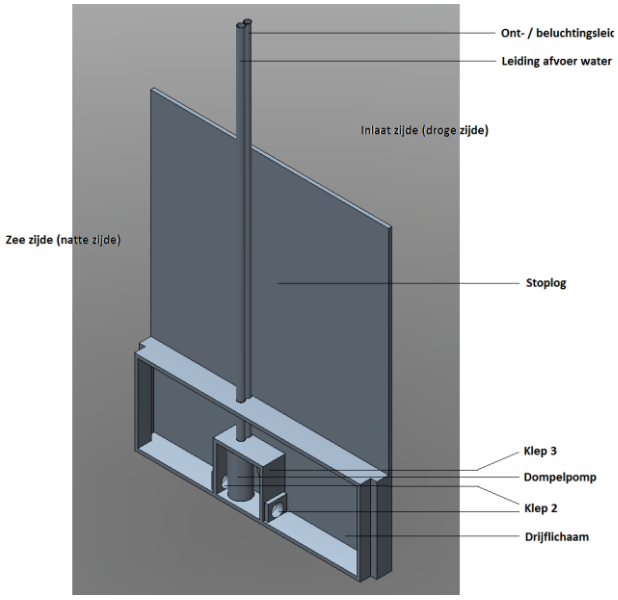
In figuur 5.16 t/m 5.17 is het definitieve ontwerp van de stoplogs te zien. De voorkant van het drijflichaam is open gelaten, zodat de binnenkant van het drijflichaam te zien is. De dikte van de stoplog is 0,041 m, evenals de dikte van de wanden van het drijflichaam. In de ruimte aansluitend op de koelwaterinlaat is de koelwaterpomp geplaatst, zodat de inlaat altijd is afgesloten van de zee door 2 kleppen. Op de plaats van de kleppen is het materiaal van de stoplog en het drijflichaam 2 keer zo dik gemaakt. Vanaf de dompelpomp loopt een leiding naar boven, zodat stoplog en koelwaterinlaat leeg gepompt kunnen worden. Naast deze leiding bevindt zich een leiding voor de ontluchting van het drijflichaam.



Figuur 5.16 Definitief ontwerp stoplog (zeezijde)



Figuur 5.17 Definitief ontwerp stoplog (inlaatzijde)



Figuur 5.18 Definitief ontwerp stoplog

De totale benodigde hoeveelheid CFRP per stoplog is 0,9069+0,269 = 1,1759 m3. Dit heeft een gewicht van 1881kg. Omdat het drijfvermogen bij laag-laag water maximaal 2340 kg is, mogen onderdelen als dompelpomp, leidingen en onverpompt water een maximaal totaalgewicht hebben van 459 kg. Dit is ruim voldoende.

6. Uitwerking leegpompen van het koelwatersysteem

In dit hoofdstuk wordt het gedeelte van het concept uitgewerkt dat het koelwatersysteem leegpompt. Deze uitwerking bestaat uit een uitleg van de werking, de analyse van deze werking en een uitleg van de benodigde toebehoren voor een definitief ontwerp.

6.1 Werking van het pompsysteem

Het grootste gedeelte van de koelwaterinlaat en koelwaterput zal door de hulpkoelwaterpomp leeg gepompt worden. De rest zal met dompelpompen gedaan worden.

De koelwaterinlaat zal volgens de procedure beschreven in paragraaf 5.1 leeg gepompt worden. De koelwaterput wordt met een aparte dompelpomp leeg gepompt. Met een lier kan deze dompelpomp langs een profiel in de put gelaten worden. Belangrijk hierbij is dat de pomp bij loslaten van de lier niet naar beneden zal vallen.

Eenmaal op de bodem zal de pomp met de persleiding in een zogenaamde 'duckfoot' vallen. Hierdoor zit deze aangesloten op de stijgleiding (figuur 6.1). Vervolgens kan de pomp gestart worden. Wanneer de koelwaterput volledig leeg is gepompt wordt de pomp uitgezet en kan de put betreden worden.

Wanneer het koelwatersysteem is vrijgegeven kan de pomp opgehesen worden met de lier en kan het systeem gevuld worden door kleppen in de stoplog te openen (paragraaf 5.1). De pomp kan volledig uit de put verwijderd worden, maar het is ook mogelijk om de pomp aan een korte staalkabel aan een bevestigingsoog te hangen bovenin de put.

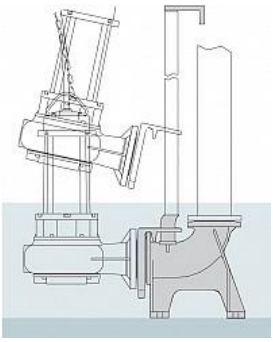
6.2 Analyse van de werking van het pompsysteem

Afhankelijk van de getijden heeft het koelwatersysteem een inhoud van 1551 m^3 tot 2664 m^3 (bijlage IXb). Het grootste gedeelte van deze inhoud wordt leeg gepompt met de hulpkoelwaterpomp. Deze verpompt het water in de put tot een niveau van -6,0 mNAP. Omdat de verbinding tussen de put en de inlaat een hoogte heeft van -4,7 mNAP wordt de inlaat tot een niveau van -4,7 mNAP leeg gepompt. De bodem van de put ligt op -8,2 mNAP en de inlaat ligt op -7,7 mNAP. Er staat dus nog 3 meter water in de inlaat en 2,2 meter water in de put.

De te verpompen inhoud is dan nog:
Inlaat: 295 m^3
Put: 352 m^3

Een keuze met onderbouwing voor de dompelpompen in de stoplogs is gemaakt in paragraaf 6.3.

Voor het leegpompen van de koelwaterput zal een dompelpomp in de put gelaten moeten worden. Deze pomp mag tijdens de werking van het koelwatersysteem niet in de koelwaterput staan vanwege het gevaar dat de pomp het koelwatersysteem ingezogen wordt. Bovendien wordt corrosievorming beperkt wanneer de pomp uit de put gehaald wordt door de hoofdkoelwaterpomp. Omdat dompelpompen (afhankelijk van het type) behoorlijk zwaar zijn en de pomp na gebruik uit de put gehaald moet worden, zal een alternatief gevonden moeten worden om de pomp uit de put te halen (in plaats van met de hand eruit tillen).



Figuur 6.1 Autokoppeling systeem dompelpomp

Om deze reden zal een handlier gebruikt worden voor het plaatsen van de dompelpomp. Om het laten zakken van de pomp te vergemakkelijken zal het aansluiten van de leidingen pas gedaan worden wanneer de pomp op de bodem van de put staat. Een automatisch koppeling systeem ('duckfoot') met vaste stijgleiding zal hiervoor gebruikt worden (figuur 6.1).

6.3 Toebehoren voor het pompsysteem

Om het concept dompelpompen voor het leegpompen van het koelwatersysteem mogelijk te maken zijn een aantal componenten nodig. Deze componenten worden in deze paragraaf beschreven.

6.3.1 Dompelpomp voor het leegpompen van de koelwaterput

Het is belangrijk dat de koelwaterput binnen 2 uur leeg gepompt kan worden. De inhoud van de put is 352 m^3 wanneer deze gedeeltelijk is leeggepompt met de hulpkoelwaterpomp (bijlage IXb). Een pomp zal dus een capaciteit moeten hebben van $352/2 = 176\ \mathrm{m^3/h}\ (\mathrm{L/s})$. Omdat de opvoerhoogte groter wordt naarmate het niveau in de inlaat lager wordt zal de bovengenoemde capaciteit aangehouden worden. Dit is de minimale capaciteit tijdens het leegpompen van de put.

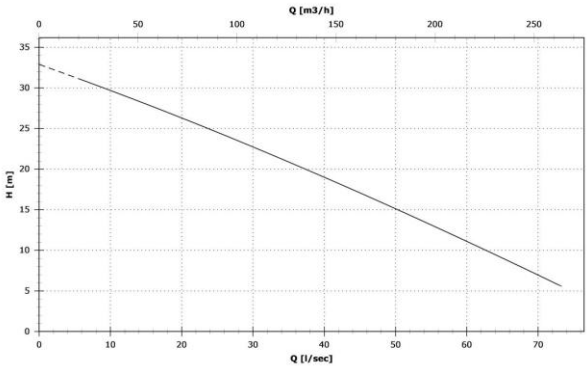
De eisen aan de dompelpomp in de koelwaterput zijn:

- Corrosie bestendig (zeewater)
- Opvoerhoogte van minimaal 15 meter
- Pomp staat 12 meter onder water
- Pomp moet een laag gewicht hebben
- Minimale capaciteit 176 m^3/h

Voor het leegpompen van de koelwaterput is gekozen voor een dompelpomp van het merk Zenit, type DRY 1500/2/100 A0HT/50. Deze pomp is geschikt voor corrosieve materialen waaronder zeewater. Bovendien zijn er auto-koppeling systemen beschikbaar voor dit type pomp (figuur 6.2). De gegevens van de pomp en het auto-koppelingsysteem zijn:

Functie:	Leegpompen koelwaterput
Merk / type:	Zenit DRY 1500/2/100 A0HT/50
Max. opvoerhoogte:	31 m
Max. onderdompeling:	20 m
Gewicht:	144 kg
Capaciteit (opvoerhoogte 13 m):	± 198 m^3/h (55,0 L/s)
Max. vloeistofdichtheid:	1000 kg/m^3
Afmetingen (hoogte x diameter):	768,5 x 317,6 mm
Aansluiting:	4 inch (102 mm)
Benodigd vermogen:	17,7 kW
Snelheid:	2900 rpm
Elektrische aansluiting:	400V/28,2A/50Hz
Afmetingen auto-koppelingsysteem	
Duckfoot (lengte x breedte x hoogte):	360 x 200 x 316 mm
Lengte profiel:	13 m
Diameter profiel:	1,5 inch (38,1 mm) of 2 inch (50,8 mm)
Lengte stijgleiding:	13 m

Figuur 6.2 Zenit DRY series



Figuur 6.3 Pompcurve Zenit DRY 1500/2/100 A0HT/50

Leverancier:	T-T Pumps
Adres:	Woore Cheshire, CW3 9RU Engeland
Tel.:	+44 (0) 1630 647200
Email:	response@ttpumps.com
Website:	http://www.ttpumps.com/

6.3.2 Handmatige wormwiel lier

De dompelpomp voor het leegpompen van de koelwaterput is een Zenit DRY 1500/2/100 A0HT/50. Deze heeft een gewicht van 144 kg. De handlier moet voldoende capaciteit hebben om deze te kunnen hijsen.

De eisen voor de handlier zijn:

- Corrosie bestendig (zeewater)
- Minimale capaciteit van 150 kg
- Minimale benodigde kracht om last te hijsen
- Maximale snelheid (lift per rotatie)
- Handlier moet zo licht mogelijk zijn
- Minimale kabellengte van 13 m
- Mag niet doorschieten

Functie:	Hijsen en laten zakken dompelpomp in koelwaterput
Merk / type:	Huchez VS 250 RVS
Capaciteit:	250 kg
Benodigde kracht:	11 kg
Gewicht:	7,5 kg
Kabellengte:	15 m
Kabeldiameter	5 mm
Materiaal:	Roestvast staal

Figuur 6.4 Huchez type VS

Leverancier:	Mennens staalkabel-, hijs- en heftechniek
Adres:	Kommiezenlaan 16, 3125 AN Schiedam
Tel.:	+31 (0) 10 46 23 805
Email:	schiedam@mennens.nl
Website:	http://www.mennens.nl/

7. Kosten

In dit hoofdstuk worden de huidige kosten voor het plaatsen en verwijderen van de stoplogs en chloor-bleekloogframes en het leeg- en volpompen van het koelwatersysteem vergeleken met de kosten voor het ontwerp drijvende stoplogs met dompelpompen. Aan de hand hiervan wordt bepaald of een terugverdientijd van 2 jaar behaald kan worden.*

7.1 Kosten huidige situatie

De kosten van de huidige situatie zijn afhankelijk van de benodigdheden, het aantal uur dat personeel kwijt is en de duur van de werkzaamheden waarbij de centrale (gedeeltelijk) stil ligt. Kosten voor personeel zijn circa 50 euro per uur. De kosten voor een uur stil liggen van de centrale zijn gesteld 50 euro per MWh. Een toelichting op de kosten is te vinden in bijlage VIII.

Benodigdheden				
Benodigdheden	Kosten [€]		Hoe vaak per jaar	Jaarlijkse kosten [€]
Kraan	3.000		12	72.000
Steiger	-		-	2.800
Duiker	2.500		8	20.000
Dompelpomp	263		1	263
Personeel				
Werkzaamheden	Tijd [uur]		Hoe vaak per jaar	Jaarlijkse kosten [€]
Kraan ontvangen en begeleiden	0,5		12	300
Verplaatsen van stoplogs en frames	1		12	600
Verplaatsen van dompelpomp	1		8	400
Vergunningen regelen	0,5		32	800
Vermogensverlies van de centrale				
Reden voor stil liggen	Tijd [uur]	Hoe vaak per jaar	Vermogensverlies [MW]	Jaarlijkse kosten [€]
Duiker	8	4	736	1.177.600
Plaatsen stoplogs + verwijderen frames	1	4	368	73.600
(Ver)plaatsen stoplogs	1	4	368	73.600
Verwijderen stoplogs + plaatsen frames	1	4	368	73.600
Verplaatsen dompelpomp	1	8	368	147.200
Leegpompen van een koelwatersysteem	3,1	2	368	112.500
Volpompen van een koelwatersysteem	7,7	2	368	283.350
Opstarten en uitzetten van hoofdkoelwaterpomp	0,03	8	368	4.400
Totale jaarlijkse kosten				2.043.013

Tabel 7.1 Totale jaarlijkse kosten huidige situatie

Aan de hand van de jaarlijkse kosten kan een formule opgesteld worden waarmee voor ieder tijdstip de tot dan toe gemaakte kosten berekend kan worden. Deze formule is:

$$\text{Kosten} = 2043013 \cdot \text{verstreken tijd}$$

Hierin zijn de kosten in euro's en de tijd in uur.

* Binnen GDF SUEZ wordt een methode gebruikt om de terugverdientijd te berekenen genaamd 'Buca'. Echter is deze methode confidentieel en zal niet in dit verslag opgenomen worden

7.2 Kosten ontwerp drijvende stoplogs met dompelpompen

De kosten voor het ontwerp drijvende stoplogs met dompelpompen zijn afhankelijk van de onderdelen, het aantal uur dat personeel kwijt bij gebruik van het ontwerp en de duur van de werkzaamheden waarbij de centrale (gedeeltelijk) stil ligt. Kosten voor personeel zijn circa 50 euro per uur. De kosten voor een uur stil liggen van de centrale zijn gesteld 50 euro per MWh. Een toelichting op de kosten is te vinden in bijlage VIII.

Eenmalige kosten			
Onderdeel	Kosten per stuk [€]	Aantal	Totale kosten [€]
Materiaal stoplog en drijflichamen	33 (per kg)	1881 kg x 4	248.292
Dompelpomp in stoplog	Ca. 5.200	4	20.800
Kleppen in stoplog	3.945	16	63.120
Regelsysteem kleppen	Ca. 7.000	16	112.000
Dompelpomp koelwaterput	Ca. 7.000	2	14.000
Auto-koppelingsysteem	Ca. 1.200	2	2.400
Handlier t.b.v. pomp koelwaterput	540	1	540
Leidingen	10 (per m)	Ca. 120 m	1.200
Overigen	1.000	-	1.000
Constructie stoplog	Ca. 32.000	4	128.000
Plaatsen van de stoplogs	3825	1	3825
Plaatsen auto-koppelingsysteem	50	32	1.600
Onvoorziene kosten (10%)			59678
Totale ontwerpkosten			656455

Benodigdheden				
Benodigdheden	Kosten [€]		Hoe vaak per jaar	Jaarlijkse kosten [€]
Duiker	2.500		8	20.000
Personeel				
Werkzaamheden	Tijd [uur]		Hoe vaak per jaar	Jaarlijkse kosten [€]
Stoplogs bedienen	0,1		16	80
Dompelpompen bedienen	0,1		18	90
Vermogensverlies centrale				
Reden voor stil liggen	Tijd [uur]	Hoe vaak per jaar	Vermogensverlies [MW]	Jaarlijkse kosten [€]
Duiker	8	4	736	1.177.600
Afzinken stoplogs	0	8 (2 tegelijk)	368	0
Drijven stoplogs	0	8 (2 tegelijk)	368	0
Plaatsen en verwijderen dompelpomp put	0,25	4 (2x per kant)	368	18.400
Leegpompen systeem	Max. 2 uur	2 (1 per kant)	368	73.600
Vullen systeem	Max. 2 uur	2 (1 per kant)	368	73.600
Opstarten en uitzetten van hoofdkoelwaterpomp	0,03	8	368	4.400
Totale jaarlijkse kosten				1.347.600

Aan de hand van de jaarlijkse en eenmalige kosten kan een formule opgesteld worden waarmee voor ieder tijdstip de tot dan toe gemaakt kosten berekend kan worden. Deze formule is:

$$\text{Kosten} = 1347600 \cdot \text{verstreken tijd} + 656455$$

Hierin zijn de kosten in euro's en de tijd in uur.

7.3 Terugverdientijd

Door de formules voor de kosten uit paragraaf 7.1 en 7.2 gelijk aan elkaar te stellen kan de terugverdientijd berekend worden. Deze mag maximaal 2 jaar bedragen.

$$\text{Kosten huidige situatie} = 2043013 \cdot \text{verstreken tijd}$$
$$\text{Kosten ontwerp drijvende stoplogs} = 1347600 \cdot \text{verstreken tijd} + 656455$$

$$2043013 \cdot \text{verstreken tijd} = 1347600 \cdot \text{verstreken tijd} + 656455$$

$$\text{verstreken tijd} = \text{terugverdientijd} = 0{,}94 \text{ jaar}$$

De terugverdientijd wordt geschat op 0,94 jaar. Deze gunstige uitkomst komt doordat de tijd dat de centrale minder vermogen kan leveren sterk verlaagd wordt.

8. Conclusie en aanbevelingen

In de paragraaf 8.1 worden de bevindingen die aan de hand van deze opdracht gevonden zijn beschreven. Aanbevelingen als gevolg van deze opdracht worden gegeven in paragraaf 8.2.

8.1 Conclusie

Een alternatief op de huidige stoplogs is uitgewerkt in de vorm van drijvende stoplogs. Deze bevatten drijflichaam met voldoende drijfvermogen om zichzelf te kunnen dragen mede dankzij het lage gewicht van de constructie. Daarnaast is er geen hijsinstallatie nodig om de stoplogs te plaatsen. Hierdoor zullen de krachten op de onderliggende constructie beperkt worden.

De drijflichamen worden leeg gepompt met interne dompelpompen met voldoende vermogen om de stoplogs binnen enkele seconden leeg te pompen. Door kleppen te openen in de stoplogs zullen deze zeer snel gevuld worden met water en zinken. De tijd die het kost om een koelwatersysteem af te sluiten of te openen wordt hierdoor verwaarloosd.

Tevens zullen de pompen in de stoplogs de koelwaterinlaat leegpompen. Tegelijkertijd pompt een andere dompelpomp de koelwaterput leeg. Het leegpompen van de inlaat en put duurt maximaal 2 uur, waardoor veel tijd en kosten worden bespaard.

Ondanks de hoge initiële kosten voor de uitvoering van het uitgewerkte ontwerp zal de terugverdientijd minder als een jaar bedragen. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat de tijd dat de centrale minder vermogen kan leveren sterk verlaagd wordt.

8.2 Aanbevelingen

Tijdens de uitvoering van deze opdracht is bewezen dat het mogelijk is om drijvende stoplogs te gebruiken voor het afsluiten van de koelwaterinlaat. Het materiaal dat hierbij gebruikt wordt is sterk en licht genoeg. Echter is het belangrijk dat bij de realisatie van dit project gekeken wordt naar de langdurige effecten van milieu-invloeden op het materiaal. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan UV-straling van zonlicht en beschadiging door het aanwaaien van zand.

Daarnaast is het niet te vermijden dat de stoplogs niet in contact komen met chloor-bleekloog. Ook de gevolgen hiervan zullen nader bekeken moeten worden.

Als blijkt dat de koelwaterinstallatie vaker geïnspecteerd moet worden als in dit rapport is aangenomen zou gekeken kunnen worden of de handmatige wormwiellier vervangen moet worden voor een sneller, minder arbeidsintensief alternatief, zoals bijvoorbeeld een elektrische lier.

Bronnen

Boeken

Ashby, M.F. (2009). Materials and the Environment. Amsterdam: Butterworth-Heinemann

Van Mourik, P. & Van Dam, J. (2006). Materiaalkunde voor ontwerpers en constructeurs. Delft: VSSD.

Hibbeler, Russell C. (2006). Mechanisca voor technici, Statica. Amsterdam: Pearson Education.

Hibberler, Russell C. (2012). Sterkteleer. Amsterdam: Pearson Education.

Internet

http://www.waterkracht.nl/veel_gestelde_vragen.aspx
Geraadpleegd op: 25-06-2013
t.b.v.: Berekeningen maximale aanzuighoogte zeewater

http://live.waterbase.nl/
Geraadpleegd op: 02-07-2013
t.b.v.: Getijden Hoek van Holland

http://www.rws.nl/images/HOEKVHLD_tcm174-335712.pdf
Geraadpleegd op: 01-07-2013
t.b.v.: Getijden Hoek van Holland

http://www.grindex.com/
Geraadpleegd op: 14-08-2013
t.b.v.: Pompkeuze dompelpomp stoplog

http://www.zenit.com/Europe/en/Home.aspx
Geraadpleegd op: 14-08-2013
t.b.v.: Pompkeuze dompelpomp koelwaterput

http://www.ttpumps.com/
Geraadpleegd op: 14-08-2013
t.b.v.: Pompkeuze dompelpomp, auto-koppelingsysteem en stijgleidingen koelwaterput

https://www.google.nl/imghp?hl=nl&tab=wi
Geraadpleegd op: Gedurende de gehele afstudeerperiode
t.b.v.: Morfologisch overzicht

https://www.econosto.nl/
Geraadpleegd op: 21-08-2013
t.b.v.: Klepkeuze

http://www.flowserve.com/
Geraadpleegd op: 22-08-2013
t.b.v.: Keuze regelsysteem kleppen

http://www.mennens.nl/
Geraadpleegd op: 22-08-2013
t.b.v.: Keuze handmatige wormwiellier