

Sjövattenkyllning till grävmaskin på muddringsverk

Robin Lundberg

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningen maskin- och produktionsteknik

Vasa 2020



EXAMENSARBETE

Författare: Robin Lundberg
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Drift- och energiteknik
Handledare: Kaj Rintanen, Joel Vienonen

Titel: Sjövattenkylning till grävmaskin på muddringsverk.

Datum: 3.4.2020

Sidantal: 51

Bilagor: 14

Abstrakt

Detta examensarbete har gjorts för uppdragsgivaren Wasa Dredging från Vasa, Finland. Wasa Dredging är ett företag som specialiserat sig inom vattenbyggnadsbranschen muddring och sprängning under vattnet.

Syftet med detta examensarbete var att beräkna bränslekostnader som går åt hos kylningen av grävmaskinens motor samt hydraulik. Jag Inledde med att fördjupa mig i teorin inom kylning, säkerheten, samt det nya kylsystemet som kommer att användas. Det nya kylsystemet är konstruerat av EE engineering från Åland, Finland. Detta kylsystem kommer att fungera som huvudkylning för grävmaskinens motor och hydraulik. Även bränslekostnaderna, som går åt till den eldrivna pumpen som tar elenergin från generatoren till det nya kylsystemet skall beräknas och jämföras med det gamla systemets bränslekostnader. Det nya kylsystemet gör det möjligt för hydrauliken som används att förbättra produktionen.

Resultatet baserar sig på det fakta, teorier och beräkningar som har gjorts hittills. Detta kylsystem kommer inte att bli taget i bruk förrän slutet av 2020. Resultatet presenteras i resultatdelen och bränslebesparingarna framgår i bilagorna.

Språk: svenska

Nyckelord: muddringsverk, kylsystem, bränslekostnader

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Robin Lundberg

Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Käyttö- ja energiatekniikka

Ohjaajat: Kaj Rintanen, Joel Vienonen

Nimike: Merivesijäähdytys ruoppauslaudan kaivinkoneelle

Päivämäärä: 3.4.2020

Sivumäärä: 51

Liitteet: 14

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona vaasalaiselle ruoppaukseen ja vedenalaiseen louhintaan erikoistuneelle yritykselle Wasa Dredgingille.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laskea moottorin ja hydrauliiikan jäähdytykseen kuuluvat polttoainekulut. Teoriaosuudessa paneudutaan jäähdytysturvallisuuteen ja jäähdytysjärjestelmään, jota käytetään kaivinkoneen uudessa jäähdytysjärjestelmässä. Jäähdytysjärjestelmän on suunnitellut EE Engineering Oy Ahvenanmaalla.

Tämä jäähdytysjärjestelmä tulee toimimaan kaivinkoneen moottorin ja hydrauliiikan pääjäähdyttimenä. Jäähdytysjärjestelmä käyttää sähköistä pumppua, jota pyörittävät generaattorit, tässä on otettava huomioon kustannukset generaattorin polttoainekulutuksessa. Uusi erillinen jäähdytysjärjestelmä mahdollistaa vanhan jäähdytysjärjestelmän käyttämisen hydrauliiikan tuotannon tehostamiseen.

Tulokset-osiossa esitetään opinnäytetyön lopputulokset ja liitteissä laskelmien mukaiset polttoainesäästöt. Tulokset perustuvat tähän mennessä tehtyihin selvityksiin, teoriaan ja laskelmiin. Tämä jäähdytysjärjestelmä otetaan käyttöön vuoden 2020 loppuun mennessä.

Kieli: Suomi

polttoainekustannukset

Avainsanat: ruoppaus, jäähdytinjärjestelmä,

BACHELOR'S THESIS

Author: Robin Lundberg

Degree Program: Mechanical and production engineering, Vaasa

Specialization: Operating and energy engineering

Supervisor: Kaj Rintanen, Joel Vienonen

Title: Box cooling system for excavator on backhoe dredger pontoon.

Date: 3.4.2020

Number of pages: 51

Appendices: 14

Abstract

This Bachelor's thesis was done on behalf of Wasa Dredging which is a company located in Vaasa, Finland. Wasa dredging is a company that has been specialized dredging and underwater blasting in water construction.

The main purpose of this thesis was to calculate fuel cost for cooling the excavator engine and hydraulics, and to immerse in the theory in cooling, safety and the new cooling system that is going to be used. The new cooling system was designed by EE Engineering from Åland. This cooling system is going to operate as main cooling system for excavator engine and hydraulics. Fuel costs for generating the electric pump with energy from generator to the new cooling system will be compared with the old cooling systems fuel costs. The new cooling system enables the hydraulics used to improve production.

The result will be based on the facts, theories and calculations made so far. This cooling system will not be put into operation until the end of 2020. The results that exist will be referenced under the result section and fuel savings in appendices.

Language: English

Key words: backhoe dredger, cooling system, fuel cost

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Beskrivning av företaget.....	1
1.2	Bakgrund	2
1.3	Syfte	2
1.4	Avgränsningar	2
1.5	Muddringsverket Optimus.....	3
1.6	Disposition	4
2	Teori	4
2.1	Pumpar	4
2.2	Kylning.....	6
2.2.1	Teori om värmeöverföring.....	6
2.2.2	Plattvärmeväxlare	9
2.3	Flödesmotstånd.....	13
2.4	Teori om hydraulik.....	15
3	Metodik	15
3.1	Arbetsprocessen	15
4	Resultat	19
4.1	P&ID – Schemat.....	19
4.2	Driftsäkerhet	30
4.3	Hydraulik.....	31
4.4	Funktions beskrivning.....	33
4.5	Bränslekostnader	33
5	Diskussion	35
	Källförteckning	36
	Bilagor	1

Figurförteckning

Figur 1– Genom skärning av centrifugalpump (ResearchGate, 2020).....	6
Figur 2– Principen mellan värmeöverföringen med motströms och medströms värmeväxlare (Laval, Alfa Laval, 2020).....	8
Figur 3 – 3 Dimensionellmodell av plattvärmeväxlare. Täckplatta (1), korrugerade plattor (2), Tätning (3), och portar för in och ut lopp (4) (Laval, Alfa Laval, 2020).....	9
Figur 4– Temperaturdiagram (Laval, Alfa Laval, 2020)	11
Figur 5 – Definition av viskositet (Manngård, 2017).....	12
Figur 6 – Strypning av cirkulärt rör (Manngård, 2017).....	14
Figur 7– Genomskärning av en 360 °svirvel (Inc, 2019).....	17
Figur 8 – P&ID schemat uppdelat i sektioner för att få en bättre förståelse vad som händer (Engineering, 2020)	19
Figur 9 – Manuell temperaturgivare av tillverkaren Econosto, 0 – 160°C (Danfoss, 2020)	21
Figur 10 – Integrerad temperaturgivare av tillverkaren Danfoss, modell MBT 3560 till vänster. Integrerad tryckgivare med säkerhetsvakt av tillverkaren Danfoss, modell MBS 3350 till höger (Danfoss, 2020)	21
Figur 11 – Övertrycksventil med utlopp ner i golvet som går till spillvattentanken ...	22
Figur 12 – Centrifugal pump med elmotor, tillverkare DESMI. Dessa pumpar kommer att monteras till kylsystemet (Desmi, 2020).....	23
Figur 13 - Kylarna till sjökistan, vikt 1100kg styck.....	24
Figur 14 – Till vänster ABB styrenheter, till höger kontrollpanelen för kylsystemet..	25
Figur 15 – Plattvärmeväxlarna till hydraulikkylningen.....	26
Figur 16 – Plattvärmeväxlarna till motorkylningen.....	27
Figur 17 – Station för glykolpåfyllning till systemet med egen pump (höger) och expansionstankarna (vänster).....	27
Figur 18 – Rörledningar som kommer upp från huvud kylsystemet för att ta tillvara extra värme för värmebatteriet	28
Figur 19 – Manluckorna på plats var man fäller ner kylarna till sjökistan	29
Figur 20 – Schema över pumpar i systemet. 722–191/192 avstängnings ventil, 722–193/194 bakslagsventil, standard DN125/DN100 förminskning till ingång till pump samt 722–189/190 avstängningsventil (Engineering, 2020).....	31
Figur 21 – Hitachis hydraulikschema, inringade pumpen ger flöde till de gamla kylpumparna som inte skall användas vid drift av det nya systemet. Lilla p är för pilottryck och lilla i är för flödesändringen av vinklarna på pumparnas klaffar (Hitachi, 2020)	32
Figur 22 – Finns 4 olika unika ventil block hos grävmaskinen, detta block styr högra sidan för lyft cylinder för bom, svängmotorer och skopan (Hitachi, 2020).....	32
Figur 23 – Faktablad ur Hitachis egen manual (Hitachi, 2020).....	34
Figur 24 – Faktablad över John Deere generatorernas egen manual (Kohler Sdmo, 2020)	34

1 Inledning

Detta examensarbete är utfört i samarbete med företaget Wasa Dredging från Vasa och EE Engineering från Åland. Det föll sig naturligt att utföra detta examensarbete åt Wasa Dredging eftersom jag har jobbat hos företaget sedan maj 2013, även vid sidan av mina studier. Jag fick en del olika förslag redan i början av 2019 av företaget. Men det kom många ändringar från kontoret under året som gjorde att det drog ut till slutet av oktober 2019 innan det blev fastställt vilket arbete som var lämpligt att göra ett examensarbete kring. Eftersom jag har arbetat för Wasa Dredging i många år har jag stor erfarenhet vad som händer ute på projekten, samt hur alla muddringsverk och deras system fungerar. Wasa Dredging har fyra muddringsverk som jobbar dygnet runt året runt om i Norden och i de baltiska länderna. Inget av dessa muddringsverk är identiska, vilket gör att man måste bekanta sig med alla för att få en förståelse för hur de är uppbyggda.

1.1 Beskrivning av företaget

Wasa Dredging är grundades 1985 av Kristian Backlund som är VD för familjeföretaget. Nuförtiden får sönerna Michael och Daniel Backlund mer och mer att göra när Kristian snart ska gå i pension. Wasa Dredging är ett företag som har specialiserat sig inom vattenbyggnadsbranschen, muddring och sprängning under vattnet. Projekten som Wasa Dredging åtar sig är till största delen inom de nordiska och baltiska länderna. Under 2010 startade Kristian Backlund upp Wasa Dredging som förut gick under namnet Vaasan Ruoppaus.

Med mer än 30 års erfarenhet har Wasa Dredging knutit kontakter inom branschen med andra stora företag. Typen av projekt som Wasa Dredging åtar sig är främst muddring av farleder, hamnarbeten, miljögrävningar, borrhningar och sprängningsarbeten under vatten. Wasa Dredging strävar efter att ha en modern maskinpark samt att alla anställda skall ha en trivsamt arbetsmiljö. Man värdesätter att de anställda har kunskap om alla moment inom muddringsbranschen. Wasa Dredging värnar även om miljön samt de aspekter som beställarna kräver. Detta medför ett stort ansvar för personalen som ska följa de standarder som företaget har, certifikat som OHSAS 18 001, ISO 14 001 och ISO 9001.

Från uppstarten 2009 har Wasa Dredging byggt tre nya muddringsverk och köpt ett begagnat muddringsverk. De har även utökat från två till åtta pråmar, varav två är så kallade självgående pråmar. Pråmarna är till för att föra massorna, som grävs upp från botten, till den plats där man tänkt återanvända materialet. De anställda har ökat från ca 20 till 60 personer och företaget har en omsättning på 38 miljoner euro. Wasa Dredging ger även den möjligheten att man kan beställa skräddarsydda muddringsverk som byggs enligt kundens behov.

1.2 Bakgrund

I dagsläget vet man inte hur mycket effekt som går åt till det befintliga kylsystemet. Eftersom kylpumparna drivs av grävmaskinens motorer innebär det en extra bränslekostnad. Wasa Dredging är intresserad av att utveckla ett kylsystem med eldrivna pumpar där elenergin fås från de stora generatorerna ombord på muddringsverket. Det nya kylsystemet kommer att fungera som ett slutet kylsystem med 50–50 etylenglykol-vattenblandning. Själva kylningen är tänkt att ske i en så kallad sjökista. Sjökistan är egentligen en sluten låda som byggs in i skrovet på muddringsverket och den är försedd med två värmeväxlare. Man hoppas att det nya kylsystemet kommer att spara bränslekostnader.

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet var att undersöka hur mycket man kan spara in på bränslekostnaderna om man ersätter befintliga kylvattenpumpar, som drivs av grävmaskinens motorer, med eldrivna pumpar. Elenergin fås från generatorerna vilket innebär att bränslekostnaderna har flyttats hit.

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet begränsas till ett specifikt muddringsverk som får fungera som prototyp. Efter verifiering kan systemet implementeras i andra muddringsverk som Wasa Dredging förfogar över.

1.5 Muddringsverket Optimus

Muddringsverket Optimus är byggt vid Rauma Marine Constructions år 2014 i Rauma, Finland. Skrovet har ett mått på 45 m x 17 m x 4 m och är byggt i stål. Det finns även en tillbyggnad på tre våningar på däck som används som mess, wc, tvättrum, hytter, omklädningsrum, bastu samt kontor. Muddringsverket är även försedd med tre stödben som går under måtten, 1,6 m x 1,6 m x 32 m med en vikt på 76 ton styck.

Grävmaskinen som är installerad på muddringsverket är av märket Hitachi, modell EX 3600 med en vikt på 360 ton. Den är tillverkad i Japan och har en vattenkyld 16-cylindrig Cummins motor. Motorn är utrustad med fyra turboladdare samt laddluftkylare. Den direktinsprutade motorn levererar 1450 kW och 8364 Nm vid 1800 rpm. Hydrauliksystemet drivs av åtta hydraulikpumpar med ett flöde på 500 liter/min per styck. Arbetstrycket är 320 bar och oljeflödet ligger på 4000 liter/min när systemet är i drift.

Grävmaskinen har även en utrustning som gör det möjligt att gräva på olika djup och botten. Eftersom havsbotten inte alltid är likadan, finns det olika längder på bommar och stickor, samt storlekar på skopor. Detta gör det möjligt att gräva ända ner till ett djup på 29 m med lång utrustning, eller bryta sönder kalkberg med en kortare utrustning som är mera bastant.

Optimus är egentligen tilltalsnamnet som man får upp via Automatic Identification System när man tar kontakt ute på havet med andra stora fartyg. Det riktiga namnet är Wasa BHD 18 000 dredger. Detta eftersom muddringverk inte klassas som fartyg eftersom de inte är självgående, utan behöver hjälp vid långa förflyttningar av bogserbåt. Vid själva produceringen kan man manövrera muddringsverket från grävmaskinen med hjälp av stödbenen, tiltfunktionen på bakbenet och grävskopan. Muddringsverken är utrustade med skräddarsydda grävprogram från Foreshore Technology, med Trimble boxar som tar in GPS-position med hjälp av antenner på taket.

Elförsörjningen ombord på Optimus sköts av två dieselgeneratorer som drivs av 6-cylindriga dieselmotorer av märket John Deere. Bägge generatorerna kan generera 129 kVA men körs normalt parallellt på ca 50 % last. Ett styrsystem fördelar effekten. Tack vare att generatorernas märkeffekt är under 130 kVA behövs inga specialtillstånd när man är ute på sjön.

1.6 Disposition

I följande kapitel redogörs för innehållet i examensarbetet.

Kapitel 1 inleder en bakgrund om examensarbetet, företagsbeskrivning, syfte och avgränsningar till detta examensarbete.

Kapitel 2 beskriver de bakomliggande teorier för de komponenter som används i kylsystemet. Kylning, värmeöverföring och flödesmotstånd samt säkerheten över kylsystemet. Även en teoridel om hydraulik.

Kapitel 3 beskriver examensarbetets, tillvägagångsätt, som i detta fall är en arbetsprocess, samt olika moment och problem som uppstått.

Kapitel 4 behandlar examensarbetets resultatdel med en funktionsbeskrivning, bränslebesparingsberäkningar samt en genomgång av hela systemet för att få en klar förståelse för det.

Kapitel 5 innehåller diskussionen kring examensarbetet. Här tas olika aspekter upp, såsom arbetets gång, problem och svårigheter, samt fortsatt utveckling för systemet och andra reflektioner

2 Teori

Teorikapitlet behandlar de olika komponenterna i kylsystemet samt andra viktiga aspekter som berör värmeöverföring och flödesmotståndet i rören. Även en del teori kring hydraulik tas upp.

2.1 Pumpar

Pumpens funktion är att konvertera mekanisk energi till kinetisk energi, genom att till exempel transportera vätskor. Arbetet som pumpen utför kan mätas i flöde och så kallad lyfthöjd. För att pumpen ska leverera detta arbete krävs att ett vridmoment generas på pumpens drivaxel med till exempel elmotor. (Pumpportalen, 2020)

Vid beräkning av den hydrauliska effekten används ekvationen

$$\dot{W}_{hy dr} = Q\rho gH \quad (1)$$

var Q är flödes hastigheten, ρ är vätskans densitet, g är tyngdaccelerationen och H är uppfodringshöjden, det vill säga den höjd pumpen klarar av att pumpa upp vätskan till.

För att beräkna uppfodringshöjden används formeln

$$H = \frac{p_{ut} - p_{in}}{\rho g} \quad (2)$$

När det är skillnad i diameter mellan inlopp och utlopp måste detta tas i beaktande vid beräkning av uppfodringshöjden.

Axeffekten beräknas med formeln

$$\dot{w}_{shaft} = 2\pi f_m T_m \quad (3)$$

Var f , är motorns frekvens (varv per sekund) och T är vridmoment från motorn. Förluster i kraftöverföringen mellan motor och pump kan uppstå.

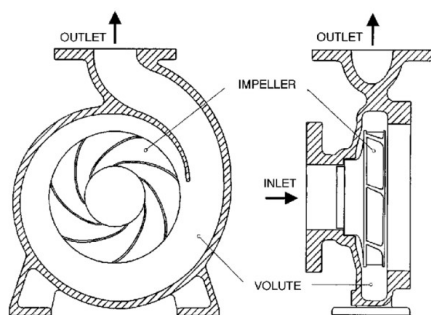
För att beräkna pumpens verkningsgrad används formeln

$$\eta = \frac{\dot{w}_{hydr}}{\dot{w}_{shaft}} \quad (4)$$

Centrifugalpumpar

Centrifugalpumpens viktigaste delar är pumphuvudet samt det specialformade godset som har ett utseende av en snigel.

Centrifugalpumpen fungerar genom att ett roterande pumphjul snurrar i hög hastighet och därmed pressar ut vätskan i skovlarna från centrum. Eftersom det är olika grader på skovelns men samma rotationshastighet gör det att vätskan får en högre hastighet längre ut och därmed ökar uppfodringshöjden. Densiteten hos den vätska som transporteras genom pumpen har även stor inverkan. Trycket uppstår när vätskan kommer mot väggen som skär vattnet till pumpens utgång som har en större diameter än insugssidan. Affinitetslagarna är regler inom matematiska ekvationer som korrelerar hos pumpens flödes hastighet, pumpgodsets, bromshästkrifter, hastighet och pumphjulets diameter. (Anderson, 1994, ss. 5-6)



Figur 1– Genom skärning av centrifugalpump. (ResearchGate, 2020)

Pumpens verkningsgrad bestäms i huvudsak av storlek, hastighet och proportionerna av godset och dess pumphuvud. Friktionsförluster uppstår mellan väggarna vid pumphuvudet och höljet.

Kavitation kan även uppstå i centrifugalpumpen, om insugs sidan inte är fylld med vätska eftersom centrifugalpumpen inte pumpar luft. Därför är det viktigt att denna pump ligger under nivån var vätskan tas ifrån och skall alltid vara fylld med vätska innan start. Annars kan trycket sjunka under vätskans ångtryck och kavitation har uppstått i vätskan. Uppstår det kavitation i en pump kan pumphuvudet gå sönder. (Anderson, 1994, ss. 6-7)

2.2 Kylning

All tillförd energi som inte omvandlas till nyttoarbete blir till värme och kallas förluster. Överskottsvärmen innebär att temperaturerna ökar ifall värmeenergin inte förs bort. Då kan komponenterna förstöras ifall de omringas av för höga temperatur i olika system. I sådant fall är det högst väsentligt att man ordnar med kylning, d.v.s. man för bort värmeenergin för att kyla ner till exempel oljor eller maskiner.

2.2.1 Teori om värmeöverföring

Funktionen inom en kylprocess går från att man har två olika medier med olika temperaturer. Mediet med den högre temperaturer transporterar värmen till det mediet med lägre temperatur enligt termodynamikens värmeöverföring. Värmeöverföringen avstannar om båda medierna har nått samma temperatur.

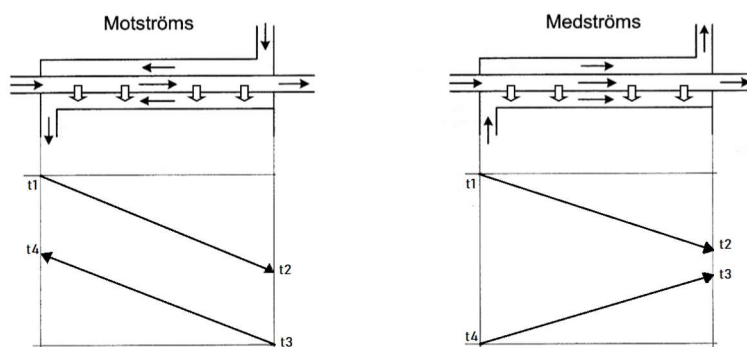
Strålning: Energi som inte behöver hjälp med transport utav till exempel ett medium kallas för strålning. Strålningen kan beskrivas som en elektromagnetisk strålning i ljusets hastighet var värmestrålning sker av vågrörelser. Solen är ett bra exempel.

Konvektion: kan beskrivas som en gas eller vätska som upptar och avger värmen varefter gasen eller vätskan rör på sig. Naturlig konvektion kan ses som när varm luft stiger uppåt medan den kalla luften sjunker på grund av densitetsskillnader, drivkraften uppstår av sig själv. Vid påtvingad konvektion behövs en fläkt eller pump för att öka strömningshastigheten i gasen eller vätskan.

Värmeledning: Detta kan ske av olika medium, flytande, fasta eller gaser. Själva ledningen är när molekyler eller partiklar som har olika temperaturer som gör att rörelseenergi överförs till molekyler med lägre temperatur och mindre rörelseenergi. (Alfa Laval, 2020)

Värmeväxlare delas in i olika grundtyper beroende på deras funktionsprincip;

- **Motströmsvärmeväxlare**, fungerar genom att det varma och kalla mediet strömmar i motsatt riktning. Genom att medierna möts blir överföringen av värmeenergin väldigt effektiv. Detta beror på att man lyckas utnyttja mediernas temperaturskillnader på ett effektivt sätt. Motströmsväxlare kan ha en hög verkningsgrad upp till 90%.
- **Medströmsväxlare**, fungerar genom att det varma och kalla mediet kommer in jämsides i samma riktning i värmeväxlaren, överföringen av värmeenergin blir sämre eftersom man inte kan utnyttja mediernas temperaturskillnader på ett effektivt sätt.
- **Korsflödesvärmeväxlare**, fungerar genom att det varma och kalla mediet möts vinkelrätt mot varandra. Dessa värmeväxlare är generellt kompakta vilket lämpar sig i trånga utrymmen.
- **Växelflödesvärmeväxlare**, påminner om motflödesvärmeväxlare med en helt hög verkningsgrad. Medierna byter plats med sig genom att rörliga mekaniska ventiler öppnar och stänger, varefter mediet slipper vidare. (Alfa Laval, 2020)



Figur 2– Principen mellan värmeöverföringen med motströms och medströms värmeväxlare. (Alfa Laval, 2020)

Syftet med värmeväxlare är att man vill flytta värmeenergin mellan medier. Detta sker genom att kyla det varma mediet och värma det kalla mediet. Det man strävar till är att nå inloppstemperaturer mot det man värmer eller kyler.

Stationärt öppet system vid värmeöverföring till och från ett konstant massflöde kan beräknas med dessa nedanstående ekvationer var inget tekniskt arbete görs.

Värmetillförseln i en värmeväxlare funkar genom att varma mediet avger värme genom formeln:

$$\phi_v = \dot{m}_v(h_{vin} - h_{vut}) \quad (5)$$

var ϕ_v är varma värmeflödet till värmeväxlaren, konstanten \dot{m}_v är för det varma mediets massa flöde. Specifika entalpin hos det varma inströmmande massflödet, h_{vin} . Det kalla utströmmande följs utav, h_{vut} .

Medan värmebortförsel hos det kalla mediet beräknar värmeflödet med denna formel:

$$\phi_k = \dot{m}_k(h_{kut} - h_{kin}) \quad (6)$$

var ϕ_k är kalla värmeflödet från värmeväxlaren, konstanten \dot{m}_k är för det kalla mediets massa flöde. Specifika entalpin hos det kalla inströmmande massflödet, h_{kin} . Det kalla utströmmande entalpi följs utav, h_{kut} .

Temperaturverkningsgraden anger temperatutändringen i förhållande till temperaturskillnaden mellan de inkommande flöden.

Temperaturverkningsgraden, η_v , ger graden för kylningen hos det varma mediet i förhållandet till temperaturförändringen hos det kalla mediet. Temperaturverkningsgraden, η_v , beräknas med formeln:

$$\eta_v = \frac{\Delta_{tv}}{\theta} \quad (7)$$

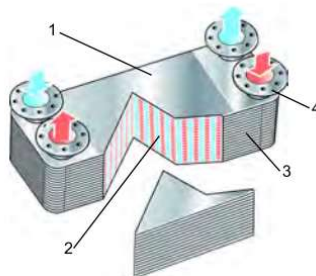
var Δ_{tv} , i detta fall är temperaturdifferensen mellan in- och utflödet hos det varma mediet. Konstanten θ , är temperaturförändringen hos det kalla mediet.

Temperaturverkningsgraden, η_k ger graden för värmningen hos det kalla mediet i förhållande till temperaturförändringen hos det varma mediet. Temperaturverkningsgraden, η_k , beräknas med formeln:

$$\eta_k = \frac{\Delta_{tk}}{\theta} \quad (8)$$

var Δ_{tk} , i detta fall är temperaturen differensen mellan in- och utflödet hos det kalla mediet. Konstanten θ , är temperaturförändringen hos det varma mediet.

2.2.2 Plattvärmväxlare



Figur 3 – 3 Dimensionellmodell av plattvärmväxlare. Täckplatta (1), korrugerade plattor (2), Tätning (3), och portar för in och ut lopp (4). (Alfa Laval, 2020)

Lödd plattvärmväxlare

Plattvärmväxlare är byggda så att två olika medier skall kunna göra en värmeöverföring genom de korrugerade plattornas olika kanaler, plattornas material kan vara utav rostfritt stål eller koppar. Plattorna är förseglade med en lödd koppertätning runt plattornas kanter. Köldmedieinloppet är alltid i botten för att få en så bra och effektiv värmeöverföring som möjligt. För att få en så effektiv strömning i flödet är även kanalernas hörn rundade – motströmsflödesmönster för att uppnå den mest effektiva värmeöverföringen. För att få

plattvärmeväxlarna att motstå höga tryck och höga temperaturer är plattornas kontaktpunkter även lödda. (Laval, 2020)

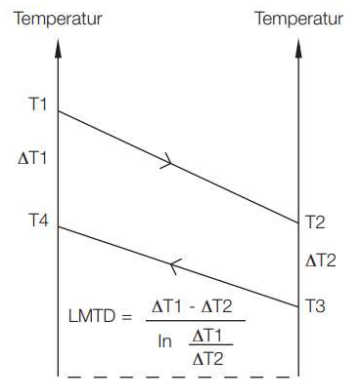
Packningsförsedd plattvärmeväxlare

Dagens plattvärmeväxlare är väldigt effektiva för den smidiga design som underlättar för trånga utrymmen. Den smarta designen gör även att man kan bygga skräddarsydda plattvärmeväxlare till vilket kylbehov man än behöver. Eftersom dessa tunna överföringsplattor är staplade i ett stativ som omfamnar plattvärmeväxlaren, kan man välja om man vill sätta till och öka på kylkapaciteten eller ta bort och minska kylkapaciteten. Plattorna är även designade i olika pressmönster, som gör att man kan ändra på tryckfall samt effekt hos plattan. Ett finare mönster ger högre tryckfall och högre effekt, denna typ har en lång termisk längd. Ett grovt mönster ger mindre tryckfall och värmeöverföringskoefficienten blir därmed också lägre med en kortare termisk längd. Termiska längden θ är förhållandet mellan δt och $LMTD$. Plattvärmeväxlare klarar av väldigt höga tryck, flöden och temperaturer med hjälp av de tunna överföringsytorna som gör den optimal för att medföra hög verkningsgrad. (Alfa Laval, 2020)

Verkningsgraden blir väldigt hög på grund av att designen på plattorna gör att turbulens uppstår i mediet och konvektion uppstår. Tack vare att konvektionen uppstår rengör plattvärmeväxlaren sig i stort sett själv när det alltid är turbulens mellan ytorna.

För att kunna lösa termiska problem får man fördjupa sig i de viktigaste parametrar: Effekten, mängd värme som ska överföras. Maximal drifttemperatur samt drifttryck. Temperaturerna, högsta tillåtna tryckfall, flödet hos primär- och sekundärsidan. (Alfa Laval, 2020)

Detta temperaturdiagram ger oss en inblick i primär samt sekundärutlopps temperatur hos en värmeväxlare. $T1$ i detta fall är primärsidan för den varma sidan, $T2$ sekundärsidan för den varma sidan, $T3$ primärsida för den kalla sidan, $T4$ sekundär sida för den kalla sidan enligt figur 4 nedan. (Alfa Laval, 2020)



Figur 4– Temperaturdiagram. (Alfa Laval, 2020)

Med formeln får man ut logaritmiska medeltemperaturdifferensen mellan de olika mediernas temperaturer genom värmeväxlaren.:

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (9)$$

Värmebelastningens effekt beräknas med formeln:

$$P = \dot{m} \cdot c_p \cdot \delta_t \quad [\text{kW}] \quad (10)$$

var \dot{m} är massa flödet angivet i kg/sekund, c_p står för specifika värmen angivet i kJ/kg °C, δ_t refererar till formel (11).

Skillnaden mellan primär och sekundär på en sida beräknas med formeln:

$$\delta_t = T_1 - T_4 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11)$$

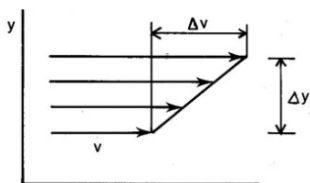
Termiska längdens formel kan beräknas på två olika sätt. δ_t och $LMTD$ eller värmeöverföringskoefficienten k , arean av värmeöverföringsytorna A , massflödet, \dot{m} och det specifika värmetalet, c_p hos mediet. (Alfa Laval, 2020)

$$\theta = \frac{\delta_t}{LMTD} = \frac{k \cdot A}{\dot{m} \cdot c_p} \quad (12)$$

Viskositeten är en vätskeegenskap, som beskriver vätskans flytförmåga eller trögflutenhet. Lägre viskositet gör att vätskan flyter lättare. Viskositeten hos olika medier uttrycks i centiPoise (cP) eller centiStoke (cSt). Newtons ansats definierar viskositeten, genom formeln:

$$\tau = \eta \frac{\Delta v}{\Delta y} \quad (13)$$

Där τ , är skjuvspänningen N/m^2 , η är dynamiska viskositeten kg/m s , hastighetsförändringen Δv , m/s och Δy som är avståndet mellan skikten, m .



Figur 5 – Definition av viskositet. (Manngård, 2017)

Flödet kan uttryckas i två olika former, antingen efter volymen eller vikten hos mediet. Flödesenheter per volym m^3/h eller l/min . För att omvandla volymen till viktenheter multiplicerar man den med densiteten, ρ . Viktens flödesenheter per vikt kg/s eller kg/h . (Alfa Laval, 2020)

Totala värmeöverföringskoefficienten, k , uttrycks som $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Denna koefficient har en del motstånd vid värmeöverföringen, så som materialet av plattorna, smutsgraden, mediernas typ och vilken växlare man använder. Värmeöverföringskoefficienten beräknas enligt formeln:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} + R_f = \frac{1}{k_c} + R_f \quad [\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}] \quad (14)$$

Där värmeöverföringskoefficienten mellan det varma mediet och värmeöverföringsytan α_1 och har enheten $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. α_2 , beaktar samma uppgift som α_1 , bara att det rör sig om det kalla mediet, och har enheten $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Termen δ beaktar värmeöverföringsytans tjocklek och har enheten m . λ är värmeledningsförmågan hos materialet som skiljer medierna som har enheten $\text{W}/\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$. Nedsmutsningsfaktorn R_f har enheten $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$. Rena värmeöverföringskoefficienten k_c har enheten $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

För att se till att hålla sig på den säkra sidan kan man ta säkerhetsfaktorn i beaktande, i detta fall konstruktionsmarginal M , som har enheten %. Detta tas i beaktande vid överdimensionering av värmeväxlaren.

$$M = \frac{k_c - k}{k} = k_c \cdot R_f \quad [\%] \quad (15)$$

2.3 Flödesmotstånd

Flödesmotstånd kan uppstå i olika system av rör, ingen skillnad om det är ett öppet eller slutet system. Friktioner hos mediet uppstår längs väggarna i rören som gör att vätskan rör sig långsammare, medan mediet har högre hastighet i mitten. En stor inverkan på hur mediet rör sig i systemen kan bero på mediets viskositet, densitet och arean av röret.

Utgående från Reynolds tal kan man avgöra om strömningarna är laminära eller turbulenta i ett cirkulärt rör. I ett laminärt flöde är strömningslinjerna stabila och parallella. Strömningslinjerna är även proportionella mot hastigheten i röret. Hos turbulent flöde uppstår inga strömlinjer utan där blir strömlinjerna till kaotiska virvlar i röret.

Reynolds tal beräknas med formeln:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (16)$$

var ρ är vätskans densitet, v är strömningshastigheten av mediet genom röret, d är rörets innerdiameter och μ är dynamiska viskositeten hos mediet. Övergången från laminärt till turbulent flöde sker när $Re = 2300-4000$. Detta område kallas övergångsområde. Går Reynolds talet över 4000 är strömningen turbulent.

När en vätska flödar genom ett rör finns även friktion som motarbetar flödet, vilket leder till tryckfall i röret. Tryckfall går därför att beräknas med hjälp av Darcy-Weisbachs formel:

$$\Delta p = f \frac{\rho v^2}{2} \cdot \frac{l}{d} \quad (17)$$

var l rörets längd och d är rörets diameter. Faktorn f , heter Darcys friktionsfaktor.

När man tänker sig hur friktionen uppstår i väggarna av rören beror det helt på materialet samt finheten i ytan. jämför man ett gjutet rör mot ett hydraulik rör ser man redan med ögat hur ytornas råhet skiljer sig åt. Råhetens faktor k , berättar råheten hos olika material, i detta

fall gäller det höjdskillnader hur skrovlig ytan är. För att beräkna Darcys friktionsfaktorn i turbulent flöde har man funnit ett empiriskt samband hos formeln:

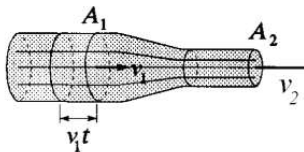
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{k}{d}}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (18)$$

Genom att dividera råheten med diametern fås den relativa råheten. För att lättare hitta Darcys konstanten kan man avläsa den ur ett Moodydiagram som gör att man inte alltid måste räkna ut konstanten.

Vid strömningen genom rör fås volymströmmen q_V , som berättar hur mycket volym av mediet som strömmar genom röret per tidsenhet med ett visst tvärsnitt. Denna typ av formeln kallas för kontinuitetsekvationen, varför den kallas för det är att volymflödet är konstant i mediet:

$$q_V = v_1 \cdot A_1 = v_2 A_2 \quad (19)$$

Stryper man sedan A_2 som figur 6 hänvisar till, kommer v_2 att öka.



Figur 6 – Strykning av cirkulärt rör. (Manngård, 2017)

I tekniskt sammanhang kan man använda sig av massa strömmen q_m , som anger massan som passerar tvärsnittet per tidsenhet. Efter som massa går hand i hand med

$$q = \frac{m}{t} \quad (20)$$

Bernoullis ekvation är uppbyggd i tre olika steg, tryck, potentiell energi och kinetisk energi. Genom denna ekvation kan man räkna många viktiga aspekter i ett rörsystem. Var man även kan byta ut ρ hos mediet till massa, som gör det möjligt att räkna masselement som hänvisas till ekvation (22).

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (21)$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 + (p_1 - p_2)V = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \quad (22)$$

2.4 Teori om hydraulik

Denna teoridel kommer att ta behandla grunderna inom hydrauliken samt varför man vill använda hydraulik. Utan hydraulik som kraftkälla skulle man inte kunna köra grävmaskinen eller stödbenen som utför allt arbete.

Med hjälp av mekanisk energi, som produceras av en förbränningsmotor eller elmotor kan man styra pumpar som bygger upp ett tryck och flöde i systemet genom drivningen från en växellåda. Hydrauliksystem kan utföra stora kraft och momentutväxlingar med hög precision och verkningsgrad. Hydrauliksystem är ett bra sätt att lagra, överföra och styra energin med hjälp av hydrauloljan. Hos grävmaskiner går hela processen till med hjälp av komponenter så som: motor, växellåda, pumpar, ventiler, rör och cylindrar som gör det möjligt att utföra grävarbeten.

Hydrauliken har ett stort användningsområde inom industrin och maskiner runtom i världen. Därför har hydraulikens komponenter standarder som följs när det tillverkas delar i många länder runt i världen. ISO standarden EN ISO 4413 måste följas för att man skall få tillverka hydraulik komponenter. ISO standarden tar upp viktiga punkter som till exempel att alla delar i systemet skall konstrueras för att motstå tryck, maximala drift tryck. I Finland sköter SFS (Finlands standardiseringsförbund) standarderna. (Pumpportalen, 2020)

3 Metodik

I detta kapitel redogörs för de arbetsprocesser och tillvägagångsätt jag använt mig av i detta arbete.

3.1 Arbetsprocessen

Under examensarbetet gång det många besök till kontoret samt tre besök till muddringsverket. Under oktober månaden 2019 besökte jag muddringsverket Optimus i Karleby, i mellersta Österbotten i Finland. Under besöket samlade jag mätdata och kontrollerade hur sjökistan skulle placeras under däck. Vidare bestämdes även var

manluckorna i däckets skulle placeras. Efter att ha granskat ritningarna tillsammans med två av Wasa Dredging anställda från kontoret i Vaså, konstaterades det att sjökistan var alldeles för stor. I och med detta kontaktades EE engineering angående ändringar av det nuvarande ritningarna och hur de nya ritningarna, samt hur de nya ritningarna skulle ritas upp med två mindre värmeväxlare. När positioneringen av luckorna var klarlagda blev de inritade i skrovets ritningar.

Eftersom Wasa Dredging var intresserade av hur bränslekostnader man kunde sparas, gjordes en klockning av hur ofta pumparna var igång under ett visst intervall. Man konstaterade ganska snabbt att pumparna gick igång helt oregelbundet på grund av det växlande vädret. Istället gjordes uppskattningar angående pumparnas drifttider. Man uppskattade att pumparna går på full effekt under en period på 6000 timmar per år.

I mitten av mars 2020 besökte jag muddringsverket Optimus igen som var på dock i Nådendal, i södra Finland. Dockningen gick ut på att underhålla hela muddringsverket. Största underhållet var blästring och målning på muddringsverkets botten. Alla stödbensbockar skulle även få nya slit delar svetsade, samt nya bussningar till stödbenens trisshjul. Två nya generatorer skulle även komma på plats.

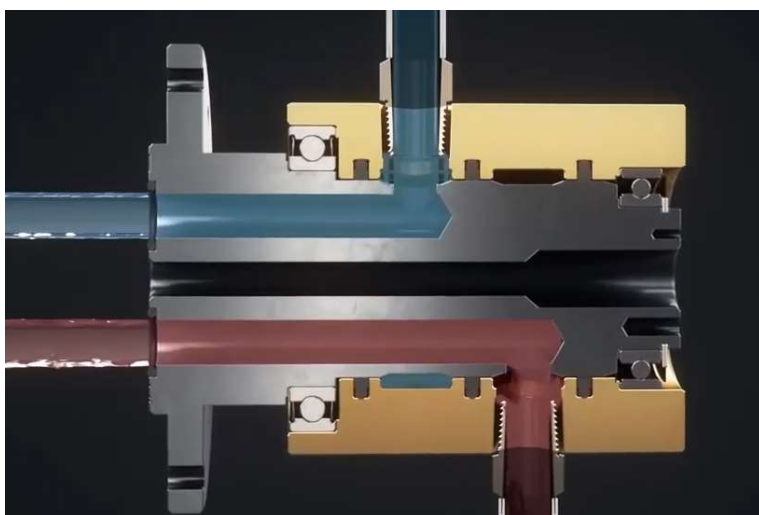
Under besöket blev korrigeringarna från tidigare besöket i Kokkola uppföljda. Rördragningarna blev kontrollerade för att förhindra onödiga korrigeringar i efterhand och för att säkerställa att alla andra rör som är i skrovet går att underhålla. Även rörkrökarna blev kontrollerade för att garantera bästa möjliga flöde. Man ska till exempel undvika att använda 90° krökar som gör att godset i rörens insida kan börja erodera efter en längre tid, vilket ofta även ger upphov till oljud. Ljud kan även uppstå från att det är ett snabbt flöde i rören som gör att mediet krockar med väggen i rörkröken. Stor diameter i rören gör att ljudet minskar eftersom mediet har större yta att röra sig i. Svetsfogarna blev även granskade samt genomgången till centrumröret under grävmaskinen. Centrumröret är ett vertikalt rör på ca 3m i diametern och 4m högt varifrån det kommer bränslelinje, hydraulolja linje, vaselinlinje och datorkablar från kontoret. Dessa rör gör det lätt att transportera vätskorna från muddringsverkets tankar. Hela rörsystemet skall sedan prov tryckas för att se om svetsningarna håller tätt.

Fokuset ligger först och främst på att få sjökistan samt rördragningar gjord ända fram till pontonutrymmet under grävmaskinen. I detta skede är sjökistan på plats och fast svetsad i skrovet men kylarna har ännu inte blivit levererade. Kylarna kommer att bli nerfällda i sjökistan, rören till och från kylarna kommer att bli monterade på övre sidan av sjökistan för

att rören inte skall ta för mycket plats. Största delen av rören för kylsystemet är i nuläget färdigt dragna och helsvetsade i skrovet.

Tredje besöket till Nådendal blev sista veckan i mars när det skulle bli montering av de viktiga komponenterna. Tyvärr ställde Coronaepidemin till det med transporten. Plattvärmväxlarna och kylarna till sjökistan blev levererade medan svirveln och pumparna till drivningen av hela systemet kommer någon gång i slutet av maj, förhoppningsvis.

Svirveln som monteras under grävmaskinen är en 360° vridbarventil med två kanaler, en in- och retur sida. Uppbyggnaden av denna komponent är en roterande axel med varsin kanal inuti axel. Godset som omsluter axeln har sedan också två egna kanaler med utgångar var mediet slipper ut. Axeln och godset omsluts av två lager samt tätningar som gör att mediet inte läcker. Detta gör det möjligt att man får mediet i systemet att komma till grävmaskinen som roterar på sig i sidledes vid produktion.



Figur 7– Genomsnitt av en 360° svirvel. (Inc, 2019)

För att anpassa svirveln under grävmaskinen måste vi montera sönder största delen av hydrauliken. Rör, slangar, svängmotorer samt pumparna som driver svängmotorerna. Det kommer ännu krävas lite planering och justering för att få plattvärmväxlarna på plats och alla rördragningar från svirveln. Detta är ännu inte taget i beaktande, vilket gör att det kommer vara tidskrävande. Alla rör byggdes på plats för att få så bra passform som möjligt eftersom det redan är utrymmesbrist i grävmaskinen.

Plattvärmväxlarna som blev monterade är mindre i storlek jämfört med de gamla kylarna. Detta med för att arbetet blev lättare eftersom det är utrymmesbrist från förut på

grävmaskinen. Plattvärmväxlarna monterades fast med fästen och motorkuddar för att förhindra stötar och vibrationer från grävmaskinen när den producerar. När plattvärmväxlarna var monterade började rördragningen på grävmaskinen, förhindra stötar och vibrationer från när grävmaskinen producerar. När plattvärmväxlarna var monterade började rördragningen på grävmaskinen.

Detta kylsystems kontrollpanel samt all logik och styrning kommer att vara nere i pontonen bredvid sjökistan för att i första taget se till att den är skyddad från fukt och damm. För att även operatören i grävmaskinen skall kunna hålla koll på systemet installeras en display för att kunna följa med och se till att allt funkar. Även förmannen uppe i kontoret kan hålla en uppsikt över systemet.

Det kommer antagligen att ta en tid innan man kan höja effekten, eftersom det nu är en ny maskin som garantin ännu gäller på. Efter att garantin gått ut kan man börja fokusera på maskinens tre systemboxar. Dessa kan man koda om för att ta upp effekten en del, i detta fall ca 5–15 %. Redan en ökning på 15 % ger ca 300 hästar till som gör en ökning på ca 2250 hästkrafter sammanlagt.

Eftersom detta system ännu inte har blivit testat på något annat muddringsverk, kommer det befintliga kylsystemet att lämna kvar, tills man vet hur det fungerar i praktiken. För att sära på det gamla och det nya systemet monteras trevägsventiler hos de gamla pumparna som returoljan går genom, plattvärmväxlarna eller standardkylarna. Det betyder i praktiken att dom inte kommer vara igång när grävmaskinen använder det nya kylsystemet. De gamla hydraulikpumparna som tas ur bruk kommer därför att ge 161kW till annat än nedkylning. Därför väljer man att fokusera på bom lyft vid produktionen, som gör att man lyfter grävmassorna snabbare till ytan, vilket i sin tur gör grävcykeln snabbare. Med grävcykel menas när man för grävskopan från vattenytan, ner till botten och upp till pråmen, med grävmassorna, och tillbaka till vattenytan.

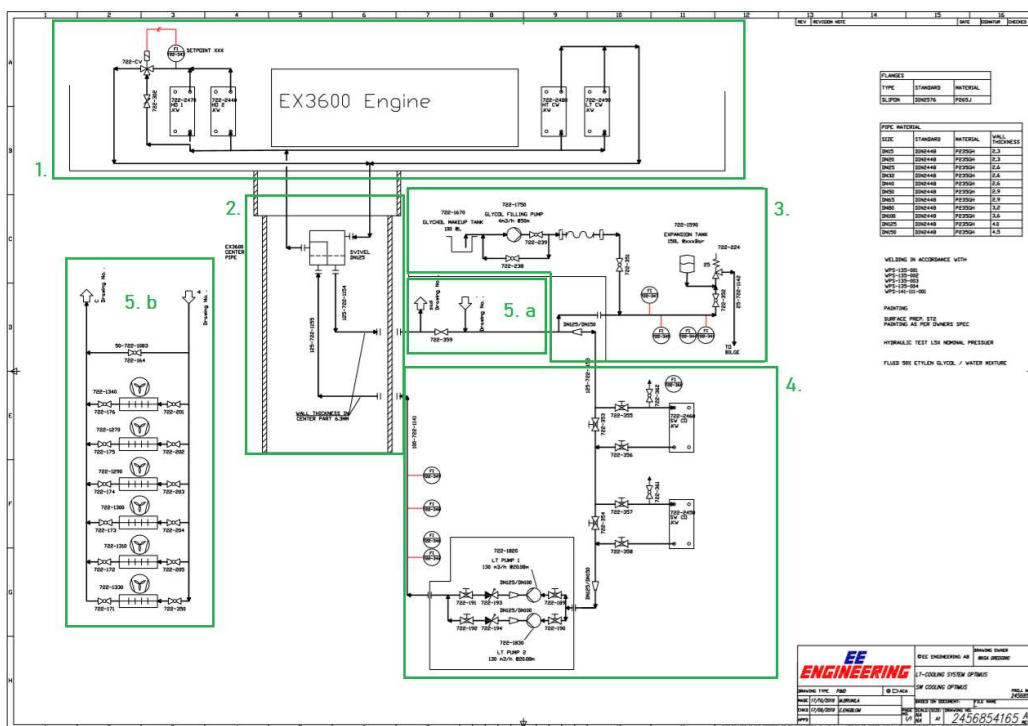
Genom att inte montera bort det gamla systemet kan man göra underhållsservice på det system som inte är i drift medan man producerar.

4 Resultat

Detta kapitel kommer att presentera de resultat som har tagits fram i detta examensarbete, bränslebesparing, kylsystemets funktion samt de komponenter som blivit valda och hör till P&ID-schemat som skall förklaras.

4.1 P&ID – Schemat

Kylsystemet till muddringsverket Optimus är framtaget av EE engineering, som designar skräddarsydda kylsystem för fartyg i förstahand. För att få en bättre förståelse över funktionen och hela schemat har det blivit uppritat i programmet Auto CAD. Alla komponenter har sina unika nummertaggar som behövs senare när man ska koppla och göra programmeringen i PLC- systemet som styr hela processen från elskåpet.



Figur 8 – P&ID schemat uppdelat i sektioner för att få en bättre förståelse vad som händer. (Engineering, 2020)

Resultatet av hela P&ID-schemat för kylsystemet blev enligt (figur 8).

Punkt 1, beskriver grävmaskinens motor, plattvärmväxlare till motorkylningen till höger, till vänster plattvärmväxlare för hydraulikens oljekylning samt växellåda med trestegs

ventil för att dirigera kylningen vidare för att inte kyla ner hydrauloljan för lågt om grävmaskinen går på tomgång.

Punkt 2, beskriver centrumröret under grävmaskinen var svirveln kommer med in och returlinje frånsvirveln, rören har lite tjockare väggar på 6,3 mm istället för 4 mm. Orsaken för tjockare väggar är att öka säkerhetsmarginalen för rören som är utsatta för aggressiv miljö, korrosion och vibrationer.

Punkt 3 beskriver glykolpåfyllningstanken med egen pump som fyller på i systemet om de behövs. Expansions tank som tar upp volymändring i systemet när temperaturen inte är konstant hela tiden. Intill expansionstanken finns det även integrerade temperaturgivare och tryckgivare med säkerhetsvakt som ger utslag för alarm om det är för högt tryck. En övertrycksgivare är även monterat på röränden som öppnar och släpper ut trycket ur systemet om inte expansionskärlet hinner med. Vätskan som släpps ut ur systemet går till en spillvattentank.

Punkt 4, beskriver sjökistans kylare som har avstängningskranar så man kan stänga en eller båda kylarna. Tack vare det kan man köra med endast en kylare om man gör underhåll eller det kyls tillräckligt med en. Kör man med en kylare måste flödet och trycket i systemet tas i beaktande så inte kylaren kan ta skada. Manuella temperaturgivare monteras även på in och utlopp, på båda kylarna.

Parallell kopplade pumpar med bakslagsventiler för att inte mediet skall flöda fel väg och avstängningskran på båda sidorna om pumpen för att kunna utföra underhåll. Efter pumparna kommer det integrerade temperaturgivare och tryckgivare med säkerhetsvakt som ger utslag för alarm om det är för högt tryck i systemet.

Punkt 5 är uppdelad i a och b eftersom de hör ihop. A delen är var b delen samman kopplas, det finns möjlighet för värmebatterier som man kan ta tillvara värmen som ännu finns kvar i mediet som kommer från grävmaskinen. Mediet skall ändå transporteras till sjökistan för att kylas ner. Tack vare värmebatteriet får man gratis värme. Finns även avstängningskranar som gör att man kan låta mediet gå rakt till sjökistan.

Givare

Manuella temperaturmätarna i detta system är tillverkade av Econosto. Godset är av aluminium med en avläsningsskala i grader i ett glas hölje, avläsningen sker av mässingsstaven som är inne i röret med mediet. Avläsningsstaven är 50 mm som går in i röret som mäter mediets temperatur.



Figur 9 – Manuell temperaturgivare av tillverkaren Econosto, 0 – 160 °C. (Danfoss, 2020)

Integrerad temperaturgivare i detta system är tillverkade av Danfoss. Denna givare har en utsignal på 4–20 mA med en temperaturvariation på -50 – 200 °C. Denna givare är frekvens styrd via ABB:s PLC skåp med kontakt färdigt från givaren. Även Tryckgivaren till systemet är tillverkar av Danfoss och frekvensstyrd via PLC.



Figur 10 – Integrerad temperaturgivare av tillverkaren Danfoss, modell MBT 3560 till vänster. Integrerad tryckgivare med säkerhetsvakt av tillverkaren Danfoss, modell MBS 3350 till höger. (Danfoss, 2020)

Övertrycksventilens funktion är att släppa trycket om det överstiger ett vist tryck. Denna ventil kan man ställa för att öppna vid olika tryck uppe på toppen av givaren. Övertrycksventilen är sigillförsedd och inställt på 6 bar. Vilket betyder överstiger kylsystemet 6 bar öppnas den och släpper ut trycket ur systemet.



Figur 11 – Övertrycksventil med utlopp ner i golvet som går till spillvattentanken. (Figur 11)

Pump

Tillverkaren för centrifugalpumparna är Desmi, modell NLS1000-330 som är en singel centrifugalpump som suger på sekundär sidan, pumpen har en kapacitet på 130 m³/timmen, elenergi 15 kW, med ett max arbetstryck på 14 bar. Motorn har ett varvtal på ca 1460. Pumpen jobbar ända ner till 0 °C. Arbetstrycket i detta system är max 4 bar, med ett mottryck på 1,5 bar. Med ett flöde på 120m³/timmen. Detta system kommer att ha parallellkopplade pumpar.



Figur 12 – Centrifugal pump med elmotor, tillverkare DESMI. Dessa pumpar kommer att monteras till kylsystemet. (Desmi, 2020)

Rör

Rören är standardiserade svartrör, hela systemet har materialklassen P235GH. Huvudsystemet för kylningen har storleken DN 125. Rören som går till sjökistan på primär och sekundär sidan har DN150. Värmebatteriet som kommer på väggen har DN 50 och glykolpåfyllningen samma. Avluftning som går till spillvattentanken före övertrycksventilen har DN 25. Alla flänsar som svetsas på rören har material standarden DIN 2576, flänsarna är tryck klassade PN 10/16 som ger nominellt tryck 10–16 bar. Alla skarv var flänsarna möter varandra har även tryck klassade silikontätningar DIN 2690 C men en tjocklek på 2 mm och klassen PN 10/16.

Sjökistan

Sjökistan är byggd i robusta stålplåtar med en tjocklek på 16 mm, alla förstärknings plåtar och vinklar runt den är i 12 mm. Sjökistans plåtar är svetsade på utsidan med halv V-fog med 50° med en överlappning av fogen på 4 mm av bottenplåten, insidan har svetsad kälfgog varvet runt med a5 mått. Utsidan som vättar mot havet har utskurna hål för att släppa in vattnet till kylarna, hålen täcker sig med hela sidan och varje hål har ett mått på 170 x 70 mm. Konstruktionen av kistan är byggd så att den alltid skall vara fylld med vatten, därför har övre plåten en liten gradförskjutning upp till som gör att luften trycks ut ur sjökistan när muddringsverket höjs och sänks.

Kylarna till sjökistan är uppbyggda av en tjock fläns med bultdelning ut i kanten, de små hålen i flänsen var kylrörens kanaler kommer, motsvarar DN 150 rörens diameter för att hålla balans i mängden medie som går genom dem. Även rören till kylarna har uttag för manuella temperaturmätare, tryckgivare samt avluftnings ventil.

Kylarna till sjökistan, figur (13) är byggda utav järn som är plagerat med skyddslegering för att skydda från sjövattnet, rost och korrosion. Rören som är fastlödda i flänsen har en tjocklek på ca 1,25 mm och dessa rör är även målade med skyddsfärg mot den hårda miljön som uppstår inne i sjökistan.



Figur 13 - Kylarna till sjökistan, vikt 1100 kg styck. (Figur 14)

ABB styrenhet

Styrenheten för detta kylsystem är två färdigt programmerade PLC-skåp som styrs via frekvensen, dessa har uttag färdigt för alla givare som detta system behöver. För att förenkla systemet är det så lite elektronik som möjligt. Kontrollpanelen är gjort av ett företag från Pärnu, Estland. Med denna kontrollpanel startar och stänger man kylsystemet.



Figur 14 – Till vänster ABB styrenheter, till höger kontrollpanelen för kylsystemet. (Figur 15)

Värmeväxlare

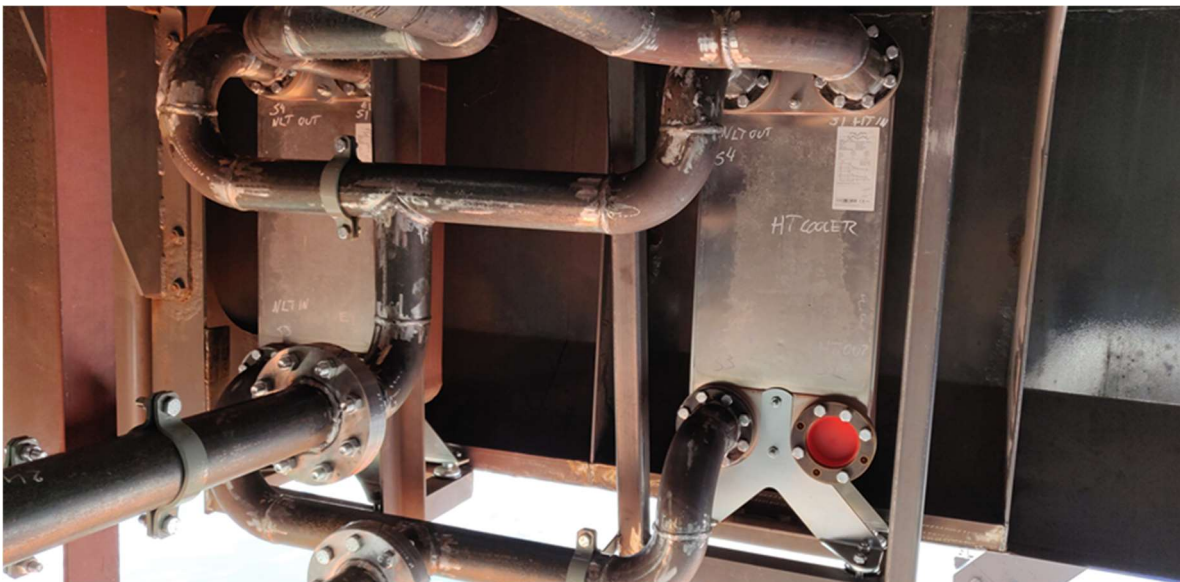
Kylningen av mediet kommer att gå genom dessa plattvärmeväxlare som är monterade ovan på grävmaskinen, som figur (15) refererar till. Ena sidan är för det slutna kylsystemet medan den andra sidan är för hydrauloljan. Dessa plattvärmeväxlare fungerar genom motströms metoden, hydrauloljan kommer in med max 85 °C på primär sidan som kyls ner ca 12 °C

genom växlaren. Med ett flöde på 59,6 m³/timmen, och ett tryckfall på 96,33kPa. Glykolblandningen på andra sidan som möter hydraulikoljan har en temperatur på ca 38 °C på primär sidan som upptar värmen från hydrauloljan som gör att glykolblandningen stiger till ca 47,1 °C på sekundärsidan. Med ett flöde på 38 m³/timmen, och ett tryckfall på 36,99kPa. Tack vare att dom är monterade högt upp kommer vinden att ha stor inverkan på att kyla ner plattvärmväxlarna. Dessa plattvärmväxlare har ett mått på 324 x 128,8 x 742 mm.



Figur 15 – Plattvärmväxlarna till hydraulikkylningen, tillverkare Alfa Laval. (Alfa Laval, 2020)

Figur (16) refererar till plattvärmväxlarna, som är till för kylningen av motorn. Dessa är monterad under grävmaskinen nära till motorn gamla kylsystems rör, som går in till kylarna. Plattvärmväxlarna fungerar på samma sätt som hos kylningen av hydrauloljan bara att här är det glykolblandning på båda sidorna av växlaren, som möts mot och det sker värmväxling i mediernas sekundärsidor. Primärsidan hos kylningen av motorn har en maxtemperatur på 97 °C och sekundär sidans temperatur kyls ner till 68,2 °C med ett flöde på 10,4 m³/timmen. Tryckfallet blir 5,727kPa. Kylsystemets primär sida har samma 38 °C eftersom det kör samma medie åt både hydraulikkylningen och motorkylningen. Sekundärsidan på plattvärmväxlaren, som tar upp temperaturskillnaden ökar till 48,1 °C. Flödet genom plattvärmväxlaren är 30 m³/timmen med ett tryckfall på 50,28kPa. Eftersom grävmaskinen svänger till från höger till vänster medan man gräver kommer det alltid att bytas till frisk luft undertill som gör att kylarna kyls ner av den kalla havsluften.



Figur 16 – Plattvärmeväxlarna till motorkylningen, tillverkare Alfa Laval. (Alfa Laval, 2020)

Glykolpåfyllningstank och expansionstankar

Detta system har en extra påfyllningstank som förser kylsystemet med kylarvätska, med en integrerad pump på cisternen. Cisternen har en kapacitet på 100 L. Denna är till för att se till att den ger mer kylmedel till systemet om det behövs. Expansionskärlen ser till att hålla ett jämnt tryck i systemet när temperaturen och volymen ändras i rören. Dessa expansionskärl har en volym på 120 L styck, med ett max tryck på 6 bar ner till 0 bar. Expansionskärlen fungerar upp till +50 °C ner till 0 °C. Expansionskärlen är test pressade upp till 8,6 bar, vilket ger till godo medan övertrycksventilen öppnar på 6 bar som den är inställt på.



Figur 17 – Station för glykolpåfyllning till systemet med egen pump (vänster) och expansionstankarna (höger). Tillverkare Pumppu Lohja OY. (Figur 18)

Värmebatteri

För att ta ut all extra värme ur kylsystemet som kommer från grävmaskinen efter att det har kylt ner plattvärmeväxlarna kommer det även bli monterat ett värmebatteri mot ena väggen som ger gratis värme under däck. Värmebatteriet har även avstängnings ventiler som gör det möjligt att låta mediet strömma vidare om extra värme inte behövs under en varm sommar.



Figur 18 – Rörledningar som kommer upp från huvud kylsystemet för att ta tillvara extra värme för värmebatteriet. (Figur 19)

Manluckor

Manluckorna inom det marina skall vara täta från att inte släppa in vatten och andra vätskor som gör att muddringsverket kan sjunka. Kommer det in stora mängder havsvatten kan det fylla rummen ner till under däck. Denna modell är en nedsänkt manlucka, som har pinnbultar var man sänker ner den och skruvar fast den med muttrar. Dessa luckor är försedda med packningar mellan skrovet och luckan. Luckorna är byggda i samma tjocklek som resten av skrovets tjocklek. Manluckorna skall vara tillverkade av samma material och konstruktionen får inte vara klenare byggd än vad skrovet är klassat efter. När den är nedsänkt klassas den efter VIS-klass nr 4533, SS 78 06 81. Denna lucka är menad för att den skall följa däckets golv och att ända förskjutningen skall ske var man skruvar fast luckan. Måtten på dessa manluckor är 460 x 1960 med R50 mått i hörnen och alla pinnbultar har samma c-c mått för att tätningen skall bli tät runt hela manluckan.



Figur 19 – Manluckorna på plats var man fäller ner kylarna till sjökistan. (Figur 20)

Godkännande besiktning

Besiktningen av detta system görs av Bauer Veritas som kollar att alla papper är i skick från EE engineering och komponenternas certifikat skall finnas tillhanda, så som pumparnas effekt, plattvärmeväxlare och givare. Manluckorna i golvet skall kontrolleras och hålla tät från utsidan. När muddringsverket var på dock och skrovet blev uppkapat för positionering av sjökistan skall även den kontrolleras. Energiförsörjningen till muddringsverket blev förnyad med de två generatorer på 129kW styck. Även certifikaten på generatorerna skall godkännas.

4.2 Driftsäkerhet

Även driftsäkerheten över detta system har tagits i beaktande för att få en grundligare förståelse över vad detta systems komponenter vaktar och ger för information medan det är i drift. Detta kylsystem har ett beräknat flöde på 120 m³/timmen som klarar av en kyleffekt upp till 670 kW, som skall hålla temperaturen hos hydrauloljan till max 78 °C ± 5 °C, samt motorns drifttemperatur på 95 °C. Vilket gör att komponenterna i detta system är väldigt viktiga för att inget skall gå fel.

Det är viktigt att man har tagit i beaktande material samt givare och dess material till detta system för att förhindra rostning och korrosion. Detta med tanke på att systemet kommer att arbeta ute på havet, där modernatur har makten.

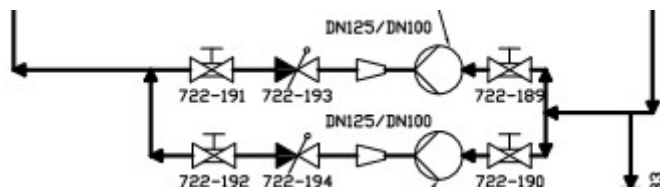
Detta kylsystem har därför säkerhetsgivare som stängs av omedelbart om det känner av läckage i värmeväxlarna på grävmaskinen. Dessa givare är monterade på utloppets båda värmeväxlare. Givarna ger utslag om ett medium läcker.

Tryckgivare för systemet finns även för att kontrollera att inga interna läckage till eller från sjökistan existerar. Eftersom alla rör även går inuti skrovet finns det risker för läckage som gör att systemet kan tömmas. Då slås systemet av på grund av att tryckgivarna känner av att trycket går under arbetstrycket.

För att inte hydrauloljan skall kylas ner allt för mycket har en trestegsventil med temperaturreglering blivit monterad som en säkerhetsvakt. Temperaturgivaren funkar som vakt om till exempel grävmaskinen står på tomgång och kylningen kyler hela tiden. Det som temperaturgivaren gör är att den ger frekvenssignal som ställer om trestegsventilen och köldmediet så att de tar den andra vägen förbi värmeväxlarna och ingen kylning uppstår. Sedan när temperaturgivaren känner av att temperaturen igen stiger i hydrauloljan skickar den en signal så att trestegsventilen ändrar riktning och mediet går genom värmeväxlaren.

Expansionskärlet funktion är att ta upp volymändringar vid temperatursvängningar hos köldmediet. Densiteten hos köldmediet varierar efter temperaturen i köldmediet.

Detta system har även tagit i beaktande redundansen, som gör att den andra pumpen går igång om pumpen i drift havererar. För att inte systemet skall få tryckslag vid ett haveri av pumpen slår även bakslagsventilen fast. Avstängningsventiler finns även på vardera sida om pumparna för att inte systemet skall rinna tomt om service skall utföras på pumparna.

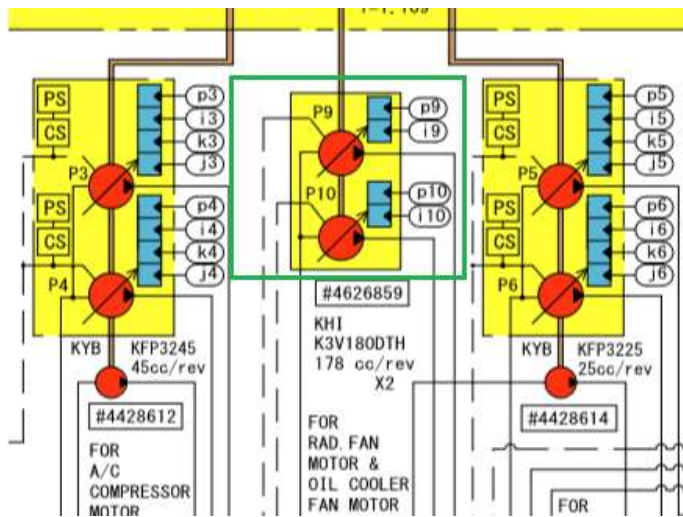


Figur 20 – Schema över pumpar i systemet. 722–191/192 avstängnings ventil, 722–193/194 bakslagsventil, standard DN125/DN100 förminskning till ingång till pump samt 722–189/190 avstängningsventil. (Engineering, 2020)

4.3 Hydraulik

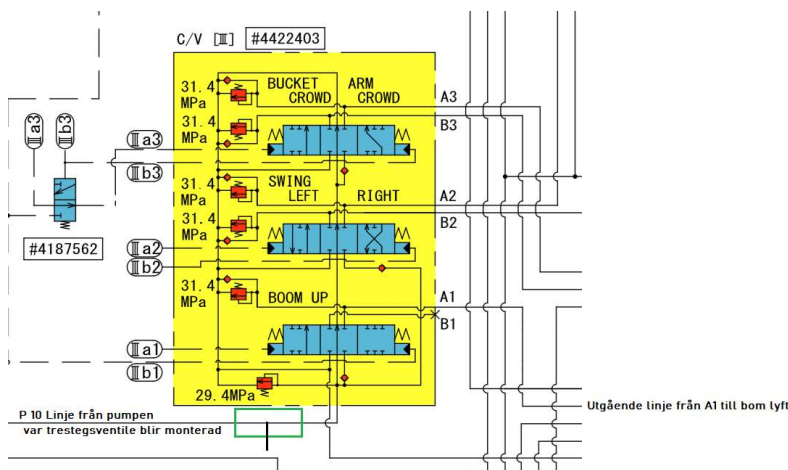
För att säkerställa att inte produktionen stannar upp om det händer något med det nya kylsystemet eller man utför underhåll på det nya kylsystemet, har trestegs ventiler blivit monterade på sekundär sidan enligt figur (21) som refererar till pumpen på växellådan som ger flödet till kylpumparna. Linje P9 och linje P10 kommer att ge flödet som pumpen producerar till bom lyft istället, denna pumpstock ger därför 600 l/min mera åt bomlyftet nu som i dagsläget har 4000 l/min, med dessa liter som kommer till ökar kapaciteten med 15% till. Tack vare dessa extra liter som kommer till får man snabbare bom lyft som sparar in tid vid varje grävcykel. Förhoppningsvis skall detta ge ca 5 sekunder snabbare bom lyft. Detta medför att arbetet blir snabbare utfört, fler fyllda pråmar samt kortare tidtabell.

Trestegs ventilerna är monterade under grävmaskinen för att lätt dirigera om flödet från pumpen på växellådan antingen till kylning eller bom. Flödet som dirigeras till bomlyftet från trestegsventilen är en 1” slang som sitter fast monterat i ett T-block som monterats fast i ventilbordet. På andra sidan av T-blocket kommer flödet från huvudpumparna in med en 2” slang som ger 4000 l/min till från huvudpumparna. Detta T-block har även bakslagsventiler som gör att flödena från pumparna går rakt in mot röret som går vidare till cylindern.



Figur 21 – Hitachis hydrauliska schema. Inringade pumpen ger flöde till de gamla kylpumparna som inte skall användas vid drift av det nya systemet. Lilla p är för pilottryck och lilla i är för flödesändringen av vinklarna på pumparnas klaffar. (Hitachi, 2020)

Från föregående figur (21) togs det fram att linje P10 ger extra flödet från pumpen som kommer att komma in på linjen som refererar till figur (22) linjen som refereras till går från huvudpumparnas linje P2 och P4, var tre stegsventilen blir monterad. Extra hydraulolja kommer därför att flöda med från de andra pumparna som producerar mer olja genom ventil blocket och vidare ut på linje A1. Linje A1 går till bom lyftet till högra cylinder.



Figur 22 – Finns fyra olika unika ventilblock hos grävmaskinen, detta block styr högra sidan för lyft cylinder för bom, svängmotorer och skopan. (Hitachi, 2020)

Samma sak gäller linje P9 men den kommer att bli sammankopplad med trestegsventilen till huvudpumparnas linje P6 och P8 som kommer att styra vänstra sidan.

4.4 Funktions beskrivning

Detta kylsystem styrs via ABB:s skräddarsydda PLC-skåp som har alla givares parametrar färdigt inprogrammerade, för kylsystemet samt hur pumpen som är i drift skall arbeta. Systemet startas från panelen vid elskåpet antingen manuellt eller automatiskt. Manuellt läge gör att det går igång fast grävmaskinen inte har nått en drifttemperatur. Automatiskt läge gör att systemet alltid kommer att vara i standby, efter att givarna registrerar temperaturökning hos motorn och hydraulikoljan, som är monterade på grävmaskinen. Då körs de sakta igång för att jämna ut temperaturen innan det körs på full effekt.

Systemet kommer även att få ett extra övervakningssystem, som gör det möjligt att följa med arbete från grävmaskinen och kontoret på muddringsverket, med hjälp av en 7" skärm. Systemövervakningen kommer att bli gjord av Rami Mäkipää, som är specialist inom hydraulik och programmering som, samt ägare av Averfin Oy, utgående från de aspekter jag förklarat för honom. Averfin Oy har även gjort all annan programmering på alla muddringsverk Wasa Dredging äger från förut. Programmet kommer att visa alla temperaturer, tryck och flöden. Detta system kommer även att alarmera om det till exempel blir för låg- eller hög temperatur i motorn eller hydrauloljan, eller i trycket. Detta system kommer även visa exakt var det alarmerar, och vad som är problemet. Det smarta med detta är att det står exakt vilken givare som gått sönder, vilket märke och vilken modell givaren har. Detta är till stor hjälp vid underhållet när man vet exakt vilken givare man skall byta ut.

Utan detta visuella övervakningssystem skulle kylsystemet annars stängas av när givarna ger en viss frekvens till de färdigt programmerade PLC-skåpet nere under däck. Vilket gör att man måste ner under däck och läsa av displayen för att se var problemet är.

4.5 Bränslekostnader

Resultatet av bränsleberäkningarna kommer att hänvisas i bilagorna. Beräkningarna är beräknade med programmet PTC Mathcad Prime 3.1. Alla värden är tagna från tillverkarnas egna manualer, i detta fall för grävmaskinens Cummins motor och de nya John Deere generatorerna.

Hitachis faktablad

Beräkningarna för gamla kylsystemet utgår från motorns egen bränsleförbrukning. Vid drift tar Cummins motorn ca 207g/kWh med ett varvtal på 1800 rpm. Utifrån vad pumparna drar för kyleffekten av motorn får man ett effektbehov på ca 161 kW med pumparnas

verkningsgrad tagen i beaktande. Med dagens priser på brännoljan ger en bränslekostnad på ca 72 000€ för 6000 timmar i drift.

ENGINE

Manufacturer	CUYUINS ENGINE COMPANY, Inc
Model	QSK60-C
Type	Diesel, 4 cycle, 60° V, water-cooled, direct injection type (With turbocharger and aftercooler)
Cyl. No.-bore x stroke	16-159x190 mm (16-6.3x7.5 in)
Piston displacement	60 L
Rated output (Gross)	1450 kW/1800 min ⁻¹ (1791 PS/1800 rpm)
Compression ratio	14.5
Weight	Dry: 8170 kg (18012 lb), Wet: 8570 kg (18893 lb)
Firing order	1R-1L-3R-3L-2R-2L-5R-4L-8R-8L-6R-6L-7R-7L-4R-5L
Rotation direction	Counterclockwise (Viewed from flywheel side)
Overall length x width x height	2717x1589x1970 mm (107x63x78 in)

Performance

Fuel consumption ratio	207 g/kW-hr (152 g/PS hr) at rated output
Injection timing	Variable (MCRS electronic control)
Max. output torque (Gross)	8364 N-m (836 kgf-m, 6042 lbf-ft)/1500 min ⁻¹
No load speed	1900±30 min ⁻¹

Figur 23 – Faktablad ur Hitachis egen manual. (Hitachi, 2020)

John Deere faktablad

Värdena vid beräkningen av bränslekonsumtionen för det nya kylsystemets pumpar är tagen mellan 50% - 75% last från generatorerna, från leverantörernas faktablad som kom med vid beställningen. Med en interpolering av dessa värden kan man utgå att man kommer ha en bränslekostnad på ca 4730€ under 6000timmar i drift.



GENERAL ENGINE DATA

Engine brand	JOHN DEERE
Engine ref.	6068TF220
Air inlet system	Turbo
Cylinders configuration	L
Number of cylinders	6
Displacement (L)	6,72
Charge Air coolant	
Bore (mm) x Stroke (mm)	106 x 127
Compression ratio	17 : 1
Speed (RPM)	1500
Pistons speed (m/s)	6,35
Maximum stand-by power at rated RPM (kW)	120
Frequency regulation, steady state (%) +/- 2.5%	
BMEP @ PRP 50 Hz (bar)	13
Governor type	Mechanical

FUEL

Consumption @ 100% load ESP (L/h)	29,50
Consumption @ 100% PRP load (L/h)	26,70
Consumption @ 75% PRP load (L/h)	20,20
Consumption @ 50% PRP load (L/h)	14
Maximum fuel pump flow (L/h)	108

Figur 24 – Faktablad över John Deere generatorernas egen manual. (Kohler Sdmo, 2020)

Bränslebesparing

Dessa bränslebesparingar leder till att man kommer att spara en summa på ca 67 270€ årligen. Implementeringen av detta kylsystem är även en stor utgift för företaget men under detta decennium kommer det att betala av sig så länge det är i drift.

5 Diskussion

När jag blev tilldelad detta examensarbete från Wasa Dredging kändes det bra eftersom jag vet att Wasa Dredging är mån om miljön. Att få vara med och tillverka ett system som skall vara miljövänligt och skapa god livsmiljö för nuvarande och kommande generationer känns betydelsefullt för mig.

Jag har alltid tänkt mig Wasa Dredging som en framtida arbetsplats. Där önskar jag få fortsätta karriären efter ingenjörsutbildningen. Detta examensarbetet ger mig kunskap över hur systemet fungerar, som jag kan ha användning av när jag jobbar ute till havs om problem skulle uppstå. Tack vare detta kylsystem kommer företaget att spara in mycket bränslekostnader, och även snabba upp produktionen med de extra literar som kommer till från hydrauliken vid grävningen.

Jag hade svårt att komma igång med själva arbetet i början, men efter lite diskussioner och vägledning av mina handledare om hur man skulle tackla de första problem började arbetet flyta på. Efter att ha medverkat mycket runt systemet på muddringsverket och pratat med EE engineerings arbetare kan man dra en slutsats att detta system kommer att lyckas. Blir en intressant tid framöver när pumparna blir levererade och man får köra igång systemet och se hur systemet fungerar i praktiken. Under arbetets gång har jag lärt mig otroligt mycket, framför allt man går tillväga för att bygga och fullfölja ett projekt som detta.

Som vidare utveckling skulle man kunna implementera en energilogger som mäter den exakta elenergin som går åt när systemet är igång några år. Troligen inverkar vädret och botten på detta. På vissa områden får grävmaskinen jobba hårdare än på andra områden. En energilogger skulle kunna ge ett mera exakt värde över hur mycket elenergi centrifugal pumparna till kylsystemet har använt under året som gått.

Jag har haft många tankar kring hur vattnet kommer att kyla kylarna som är inne i sjökistan. Men i efterhand kan jag konstatera att det alltid kommer att vara kallare vatten runt muddringsverket eftersom man gräver upp det kalla vattnet från botten vid produktion.

Detta leder till att vattnet kommer att bytas ut även vid varma sommardagar. Tar man temperaturökningar i beaktande och märker att kyleffekten blir sämre kan man öppna kistan och tvätta kylarna om rören är smutsiga.

Skulle vilja rikta ett stort tack till mina handledare Kaj Rintanen och Joel Vienonen som har hjälpt till under detta examensarbete. Även Wasa Dredging som har gett förtroende för att fullfölja detta examensarbete. Även alla andra som på något sätt har medverkat och gett goda idéer och råd.

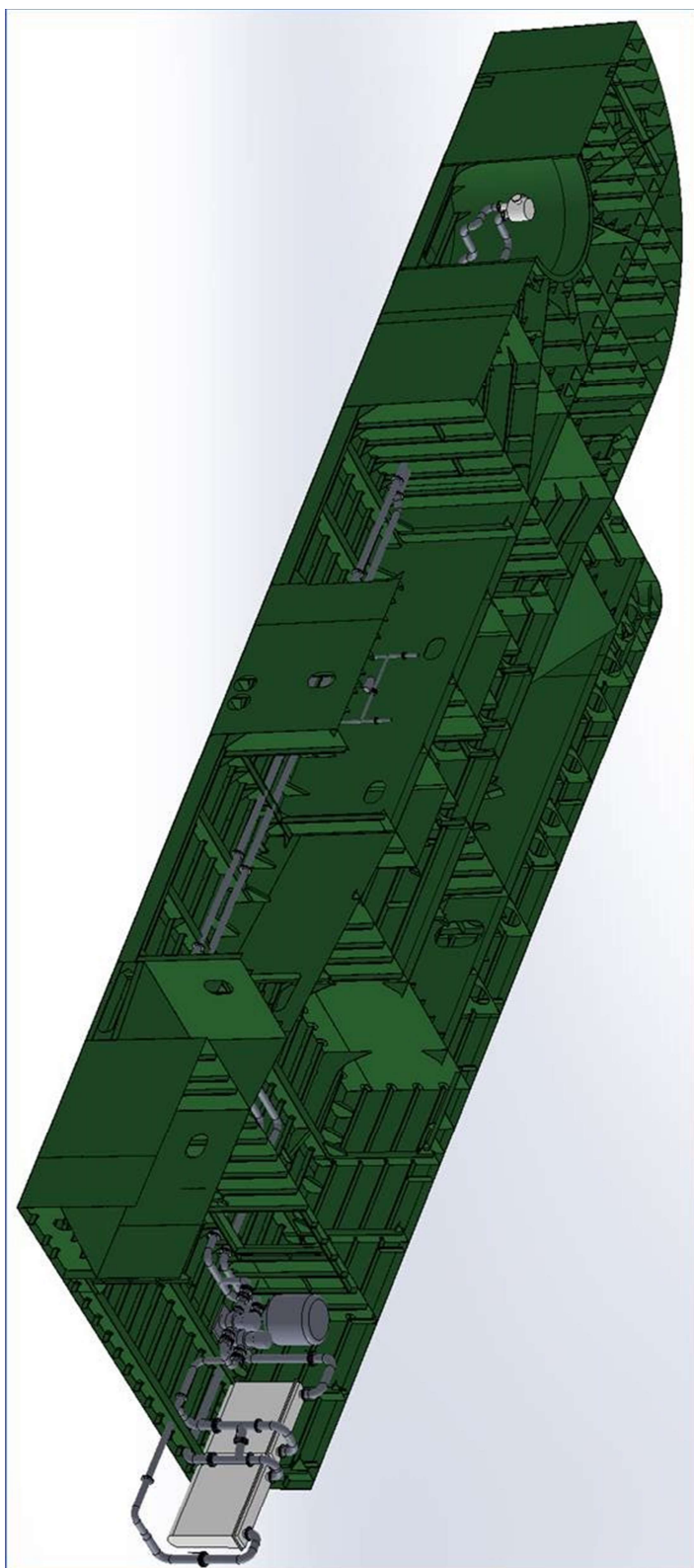
Källförteckning

- Alfa Laval. (den 12 Februari 2020). Hämtat från Alfa Laval:
<https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/brazed-plate-heat-exchangers/instruction-manuals/instruction-manual-brazed-plate-heat-exchangers-sv.pdf>
- Alfa Laval. (den 17 Mars 2020). *Alfa Laval*. Hämtat från
<https://www.armatec.com/globalassets/armatec-se/sidor/trycksaker/pdfer/kap-1-5-alfa-laval-varmeguide.pdf>
- Anderson. (1994). *Centrifugal pumps and allied machinery 4th edition*. Great Britain: Elsevier Advanced Technology.
- Danfoss. (den 22 april 2020). Hämtat från <https://www.danfoss.com/en-in/products/sensors-and-transmitters/dcs/industrial-temperature-sensors/mbt-3560/>
- Desmi. (den 22 april 2020). Hämtat från <https://www.desmi.com/desmi-products/nsl-centrifugal-pump.aspx>
- Engineering, E. (den 22 april 2020). Hämtat från <http://www.ee-engineering.fi/>
- Hitachi. (2020). *Hitachi EX3600-6 Manual*. Hitachi.
- Hitachiconstruction.com. (den 19 januari 2020). *Hitachiconstruction*. Hämtat från Sales brochure: https://www.hitachiconstruction.com/wp-content/uploads/2016/02/DKEX3600HT_16-01.pdf
- Inc, K. (den 14 januari 2019). *Youtube*. Hämtat från Multi-passage Rotary Unions: <https://www.youtube.com/watch?v=IOLcnCO3iOM>
- Kohler Sdmo. (den 22 april 2020). Hämtat från <https://www.kohler-sdmo.com/EN/Products/Power-gen-products>

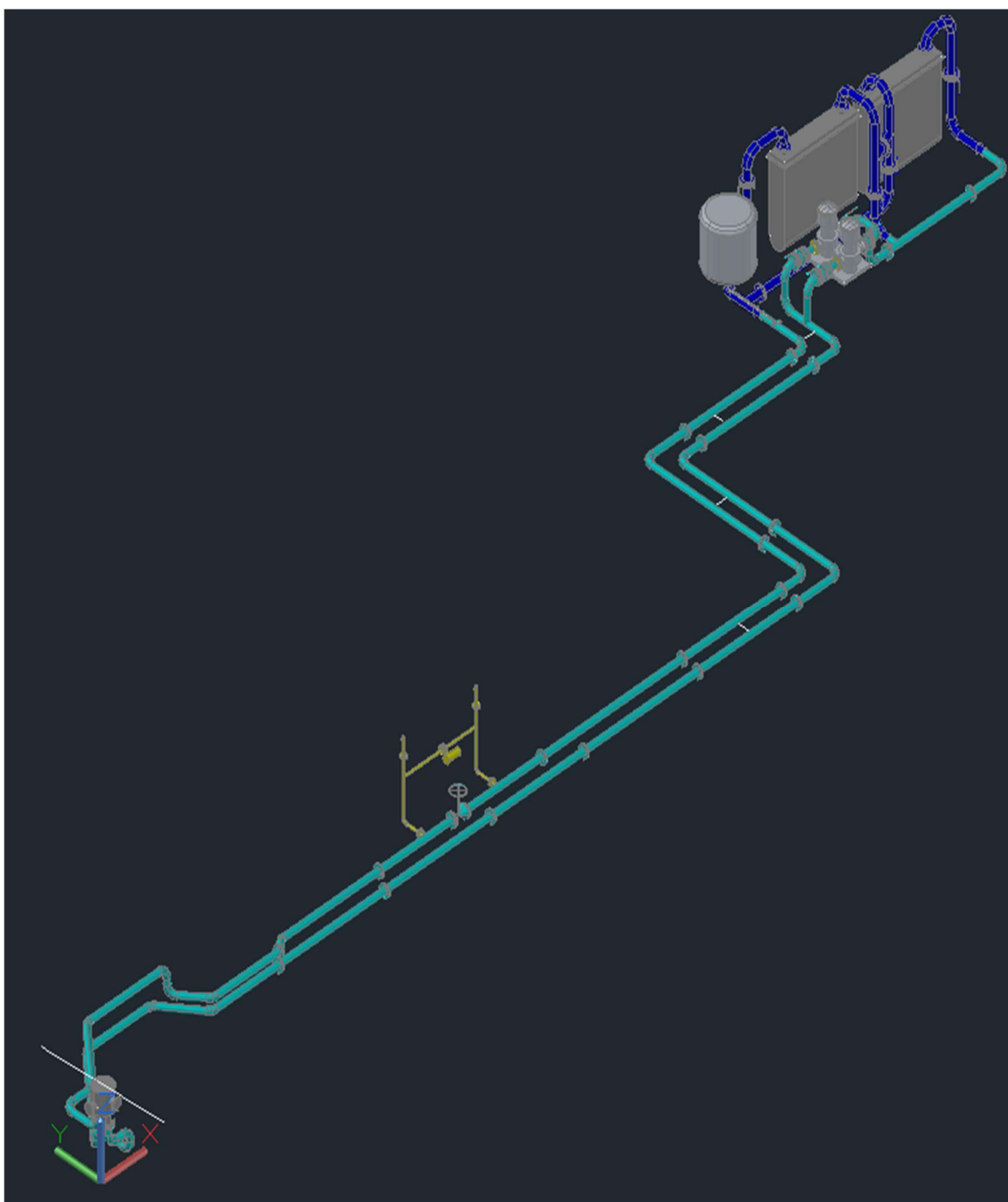
- Laval, A. (den 12 Februari 2020). *Alfa Laval*. Hämtat från <https://www.alfalaval.se/produkter/varmeoverforing/plattvarmevaxlare/lod-da-plattvarmevaxlare/cb/>
- Manngård, P. (den 22 januari 2017). Värme och ellära. Vasa. Hämtat från pumpportalen: <https://www.pumpportalen.se/pumphandboken/10-2-viskositet/>
- Pumpportalen. (den 07 Februari 2020). Hämtat från Pumpportalen: <https://www.pumpportalen.se/pumpinformation/affinitetslagarna/>
- Pumpportalen. (den 19 Mars 2020). Hämtat från Pumpportalen: <https://www.pumpportalen.se/pumphandboken/pumpar-funktion-konstruktion/>
- Pumpportalen. (den 07 02 2020). Hämtat från Pumpportalen: <https://www.pumpportalen.se/pumpinformation/affinitetslagarna/>
- ResearchGate*. (den 18 april 2020). Hämtat från https://www.researchgate.net/figure/Centrifugal-pump-drawing_fig1_242346456
- Wasa Dredging. (den 15 januari 2020). *Wasa Dredging*. Hämtat från About us: <https://wasadredging.fi/about-us/>
- Westman, B. (2011). *Kyltekikens grunder*. Mölndal: Svenska Kyltekniska Föreningen.

Bilagor

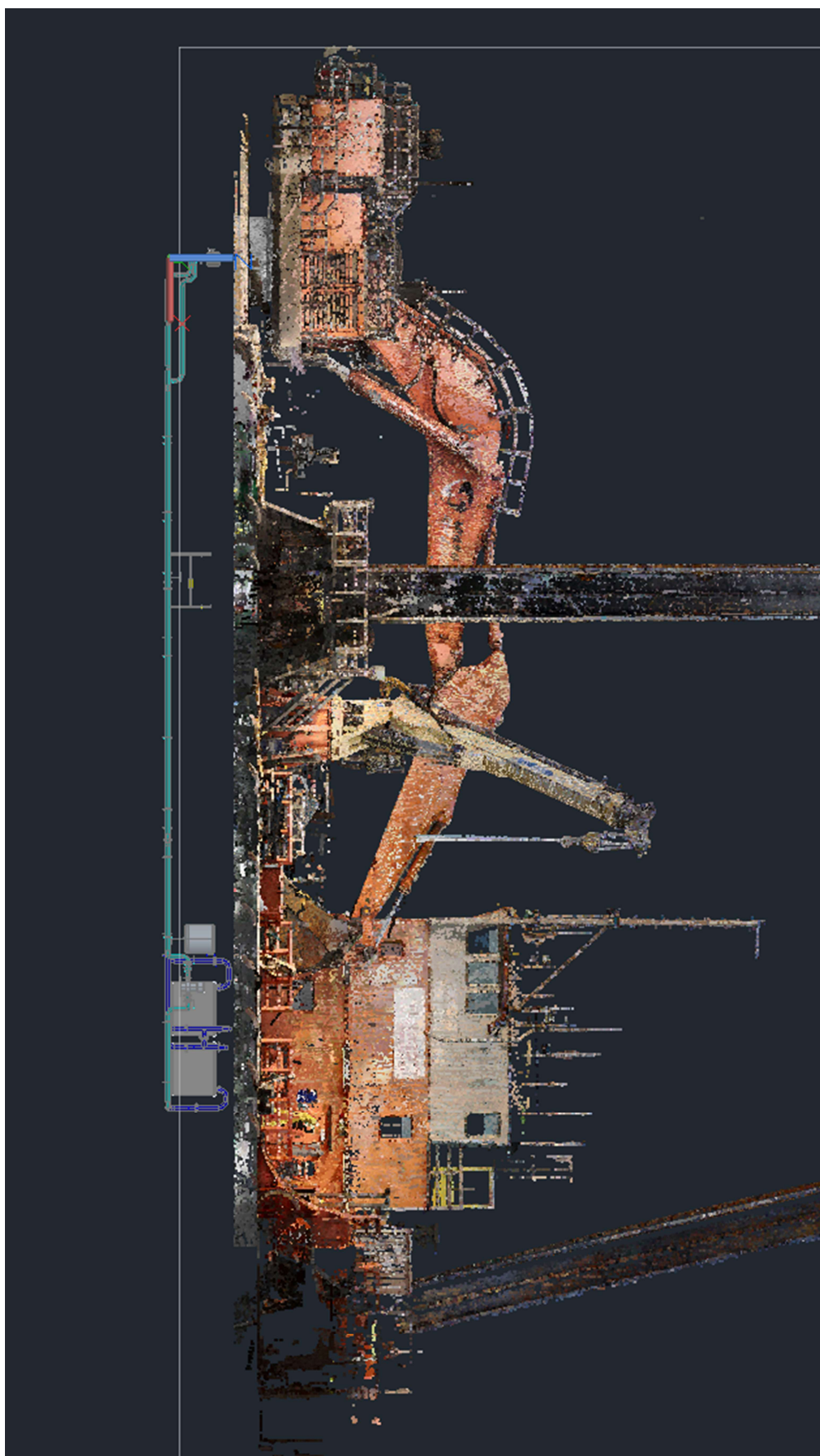
Bilaga 1. Skrov med kylsystemet i 3D-vy



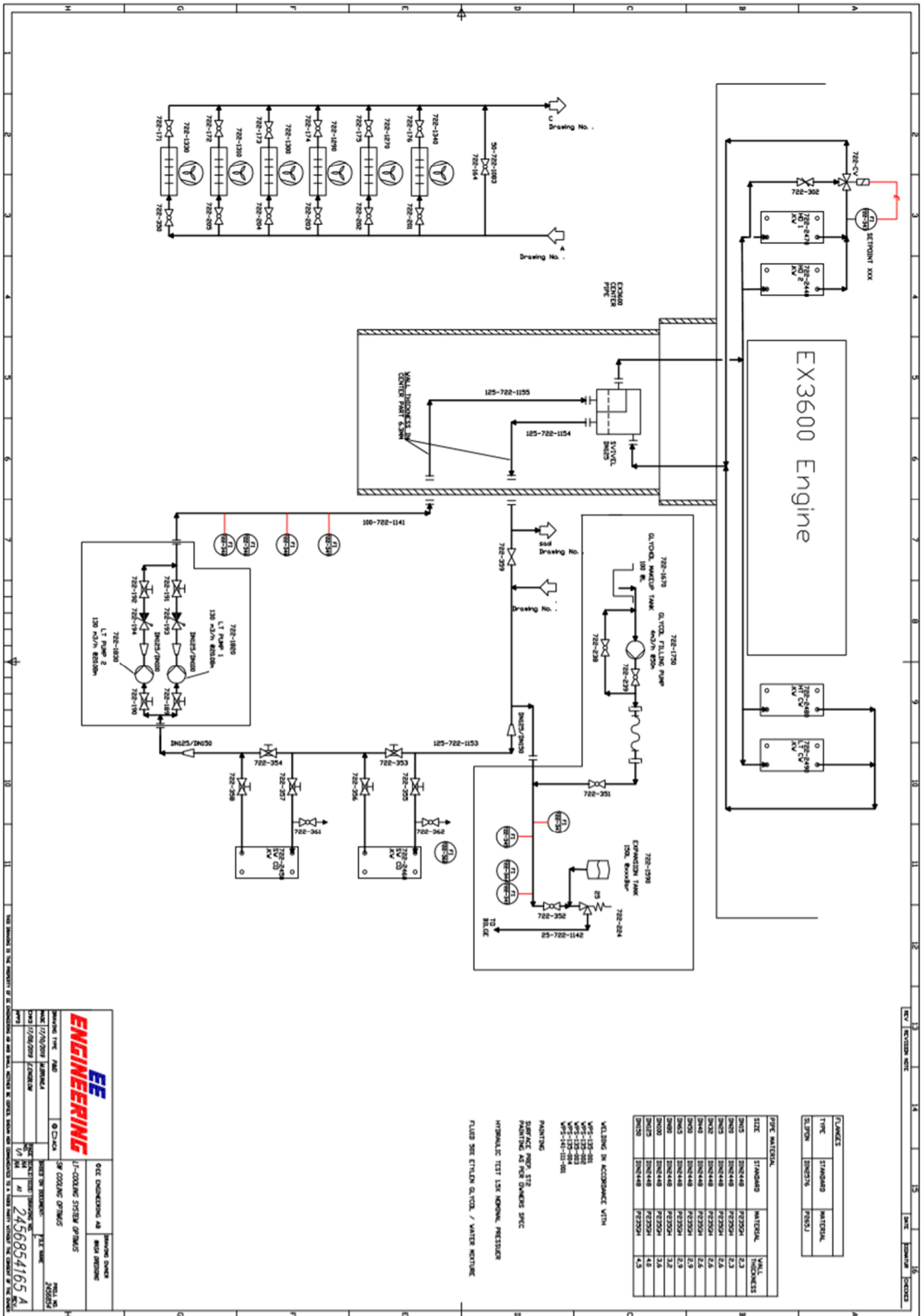
Bilaga 2. Kylsystemet utan skrov



Bilaga 3. Muddringsverket skannat från sidan med kylsystemet inritat



Bilaga 4. P- & ID schemat



EX3600 Engine

FLANGES	TYPE	STANDARD	MATERIAL
CLIPON	ISO 5175	FR304	

PIPE MATERIAL	SIZE	STANDARD	MATERIAL	WALL THICKNESS
DN15	DN15x4	FR304		2.3
DN20	DN20x4	FR304		2.3
DN25	DN25x4	FR304		2.6
DN32	DN32x4	FR304		2.6
DN40	DN40x4	FR304		2.6
DN50	DN50x4	FR304		2.9
DN60	DN60x4	FR304		2.9
DN80	DN80x4	FR304		3.2
DN100	DN100x4	FR304		3.6
DN125	DN125x4	FR304		4.0
DN150	DN150x4	FR304		4.3

WELDING IN ACCORDANCE WITH
 AWS-D11.1-88
 AWS-D11.2-88
 AWS-D11.3-88
 AWS-D11.4-88
 AWS-D11.5-88

PAINTING
 SURFACE PAINT: 312
 PAINTING AS PER DRAWING SPEC
 HYDRALIC: 1131 120 NORMAL PRESSURE
 FLUID 305 ETLLEN OLYOL / WATER MORTURE

ENGINEERING

PROJECT NO: 2456854165 A

DATE: 17/05/2011

SCALE: 1:1

PROJECT: LT-COOLING SYSTEM (PUMP)

CLIENT: M&P ENGINEERING

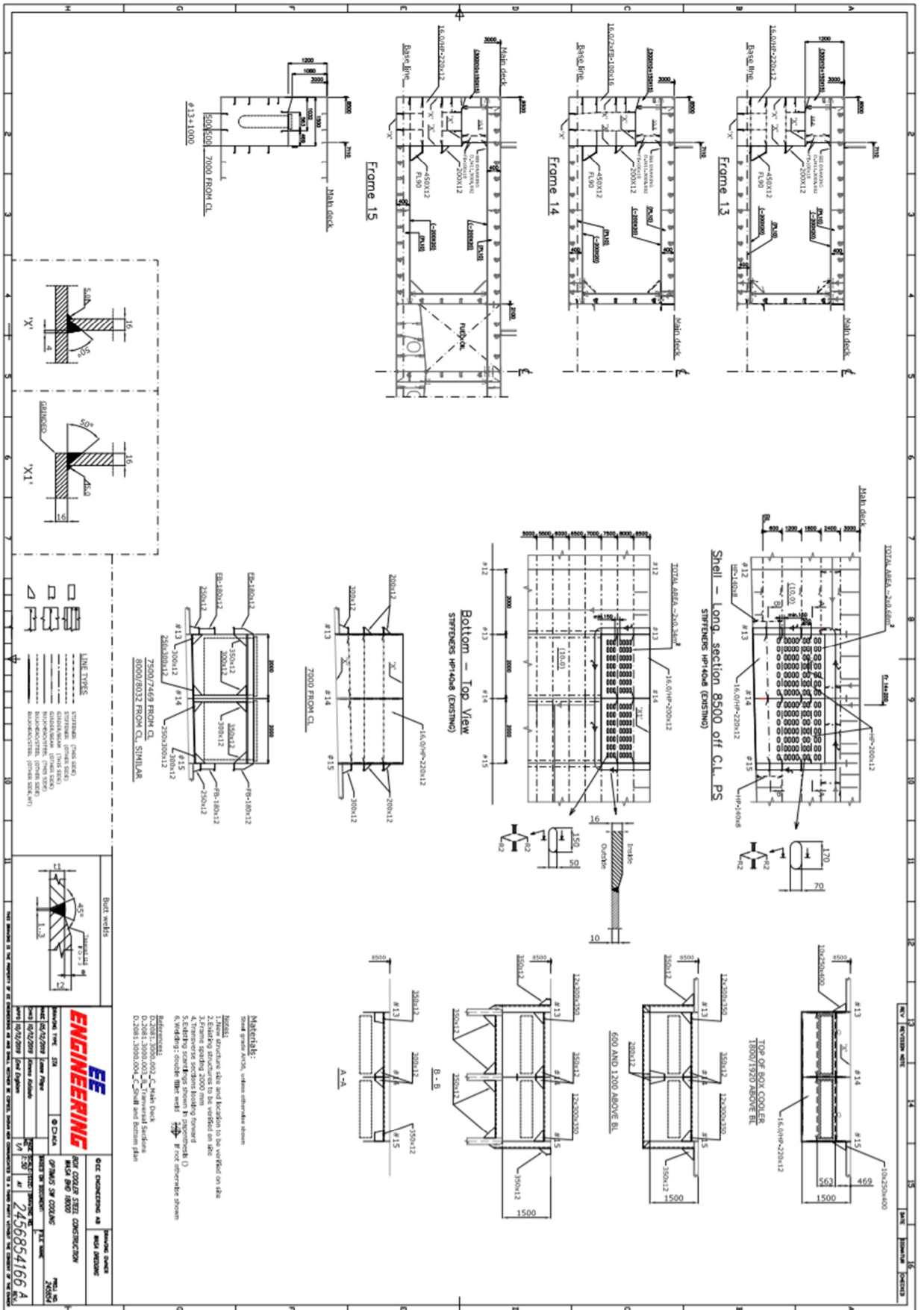
DESIGNER: M&P ENGINEERING

CHECKED: M&P ENGINEERING

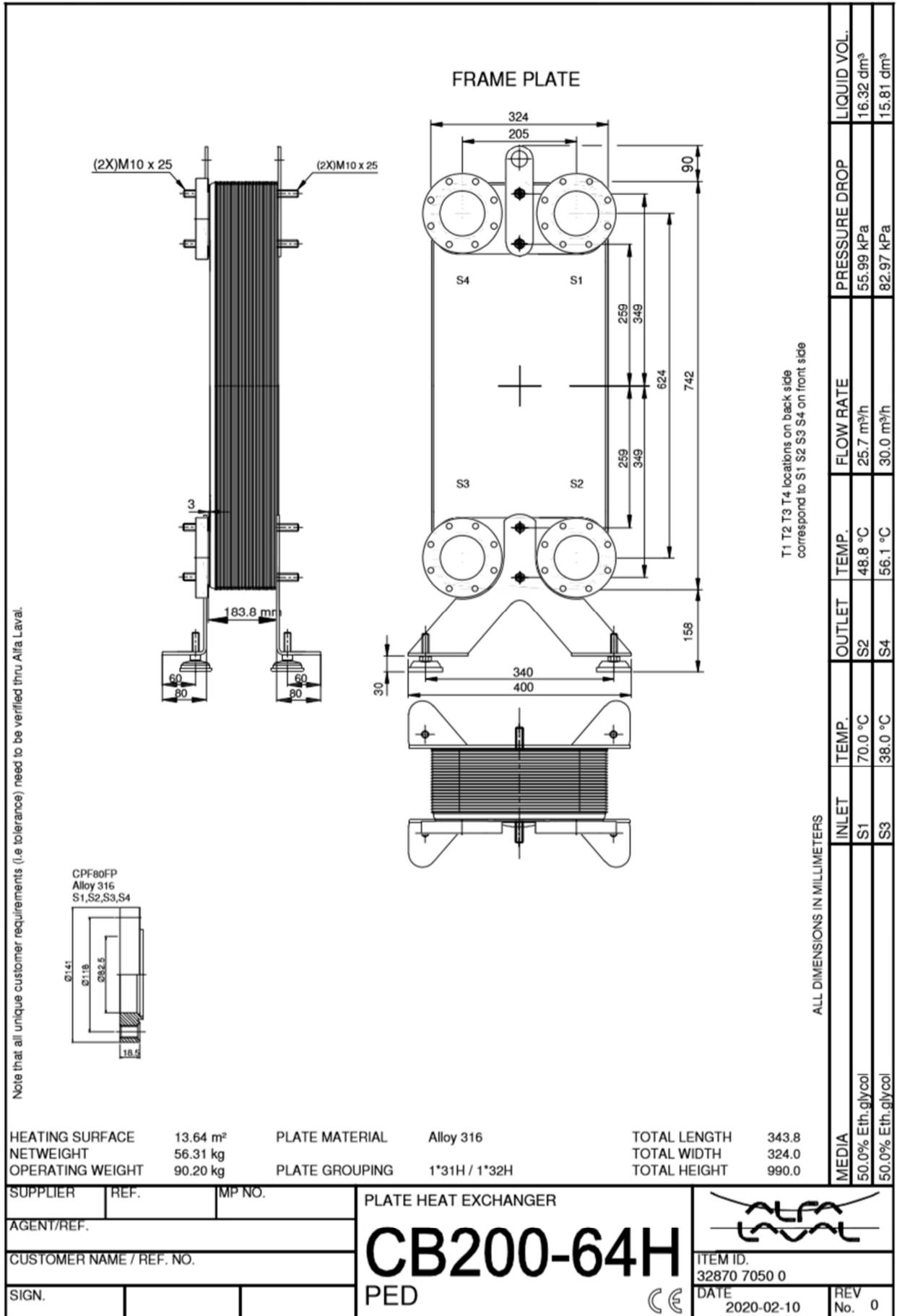
APPROVED: M&P ENGINEERING

PROJECT LOCATION: 2456854165 A

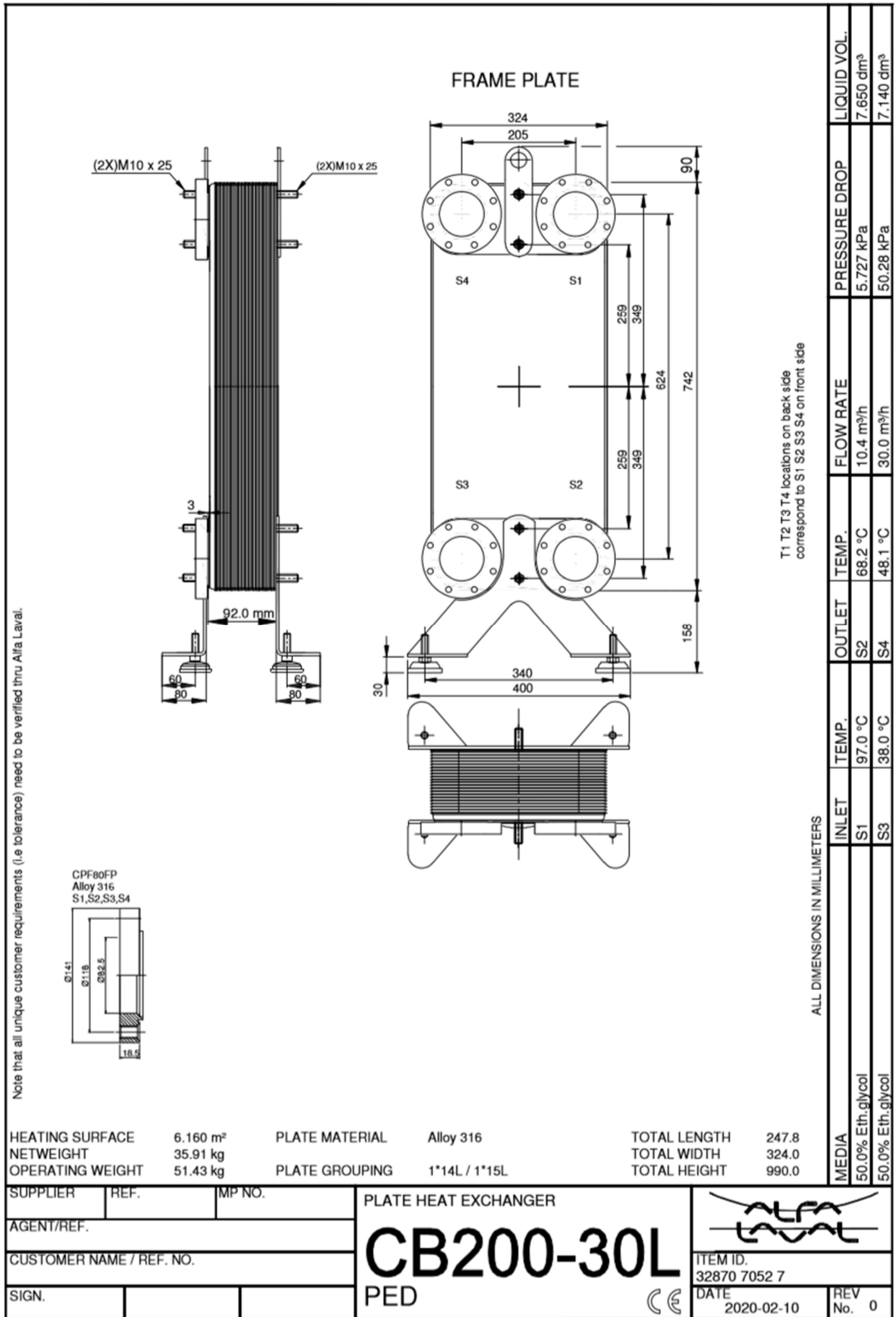
Bilaga 5. Ritning över sjökistan



Bilaga 6. Plattvärmväxlare till motorkylningen, större modellen



Bilaga 7. Plattvärmeväxlare till motorkylningen, mindre modellen



SUPPLIER		REF.	MP NO.	PLATE HEAT EXCHANGER					
AGENT/REF.				<h1>CB200-30L</h1>				ITEM ID.	
CUSTOMER NAME / REF. NO.								32870 7052 7	
SIGN.				DATE				REV	
				2020-02-10		No. 0			

Bilaga 8. Plattvärmväxlaren till kylningen av hydrauloljan

T1 T2 T3 T4 locations on back side correspond to S1 S2 S3 S4 on front side

ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

Note that all unique customer requirements (i.e tolerance) need to be verified thru Alfa Laval.

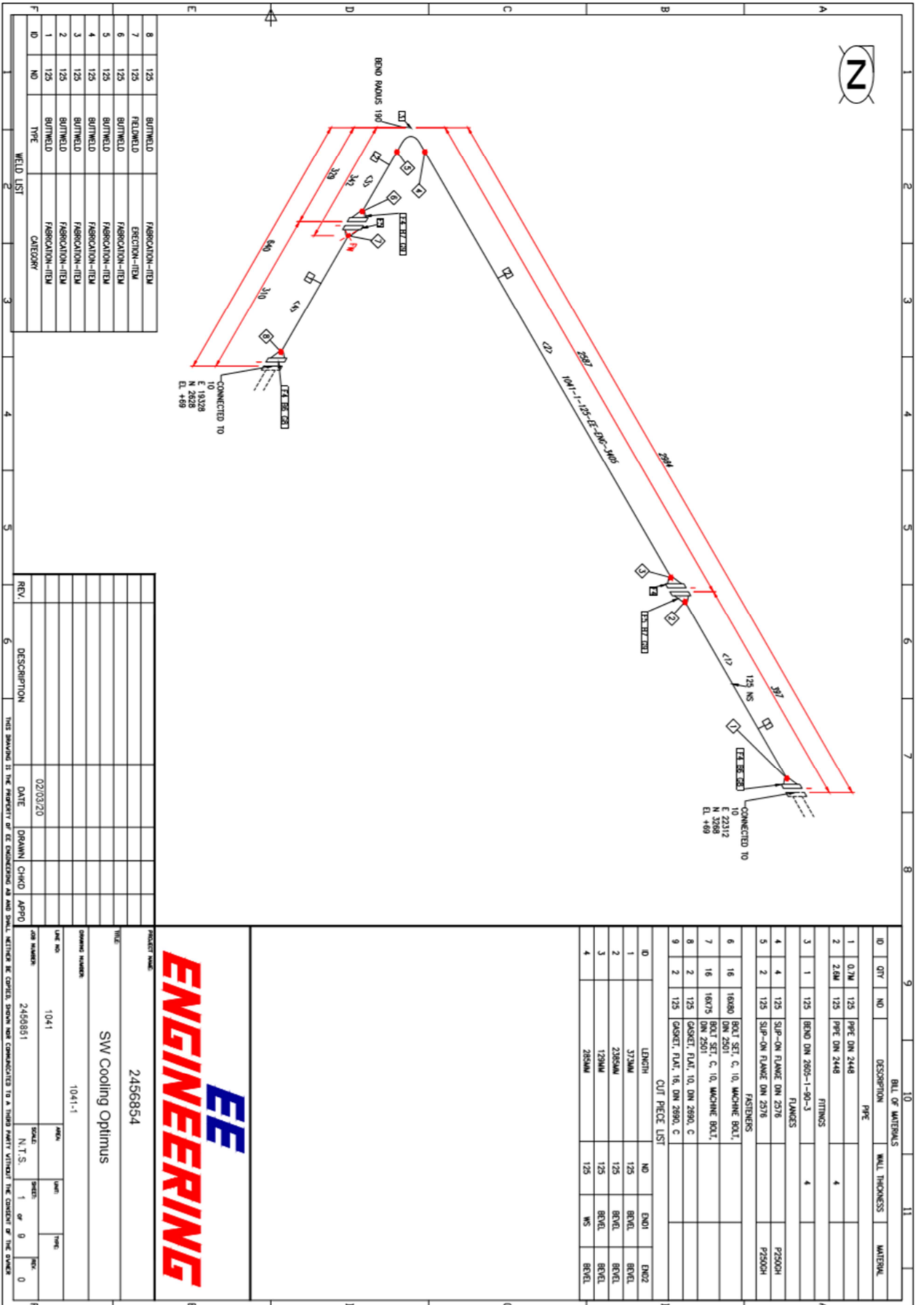
HEATING SURFACE	12.60 m ²	PLATE MATERIAL	Alloy 316	TOTAL LENGTH	283.8
NETWEIGHT	53.26 kg	PLATE GROUPING	1*25L / 1*26L	TOTAL WIDTH	324.0
OPERATING WEIGHT	78.92 kg			TOTAL HEIGHT	959.0

MEDIA	INLET	TEMP.	OUTLET	TEMP.	FLOW RATE	PRESSURE DROP	LIQUID VOL.
Oil ISO VG 46 50.0% Eth.glycol	S1	85.0 °C	S2	72.9 °C	59.6 m ³ /h	96.33 kPa	13.08 dm ³
	S3	38.0 °C	S4	47.1 °C	38.0 m ³ /h	36.99 kPa	12.58 dm ³

SUPPLIER	REF.	MP NO.	PLATE HEAT EXCHANGER <h2 style="margin: 0;">CB210-52L-F</h2> PED	
AGENT/REF.				
CUSTOMER NAME / REF. NO.				
SIGN.				

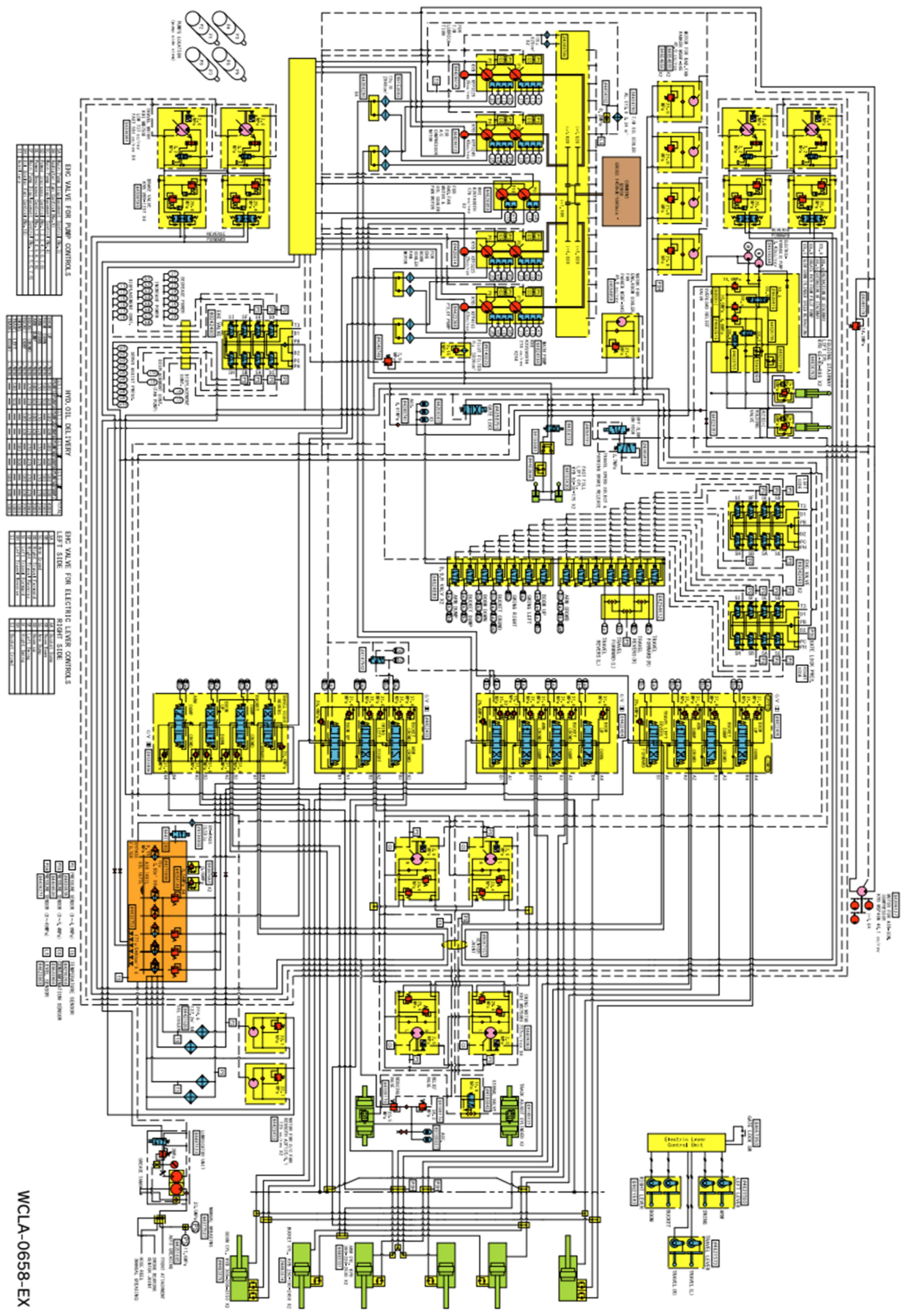
ITEM ID.	30750 4116 7
DATE	2020-02-13
REV	No. 0

Bilaga 9. Exempel över hur alla rör är svetsade och monterade



Bilaga 10. Hydraulik schemat för Hitachi EX 3600

Attach to Vol. No.: TT18M-E-00
 EX3600-6 HYDRAULIC CIRCUIT DIAGRAM (BACKHOE)(Serial No. 1002 AND AFTER)



WCLA-0658-EX

Bilaga 11. Resultat över bränsleberäkningar 1/4

KYLNING GAMLA SYSTEMET MED HYDRAULIKEN

Pumpar till kylningen

Motor

$$p_{mot} := 0.85 \cdot \frac{(313 \cdot 176.5)}{600} = 78.263 \quad [\text{kW}] \quad \text{Verkningsgraden 85\%}$$

Hydraulik

$$p_{hydr} := 0.85 \cdot \frac{(271 \cdot 215.8)}{600} = 82.849 \quad [\text{kW}] \quad \text{Verkningsgraden 85\%}$$

OPERATIONAL PERFORMANCE TEST / Standard

FAN MOTOR DRIVE PUMP P-Q DIAGRAM

- Hydraulic P-Q Control
 - Rated Pump Speed: 2198 min⁻¹ (rpm)
 - Pump Gear Reduction Ratio: 1.108
 - Hydraulic Oil Temperature: 50±5 °C (122±9 °F)

NOTE: Refer to T4-5-20.

FAN MOTOR DRIVE PUMP PI-Q DIAGRAM

- Hydraulic PI-Q Control
 - Rated Pump Speed: 2198 min⁻¹ (rpm)
 - Pump Gear Reduction Ratio: 1.108
 - Hydraulic Oil Temperature: 50±5 °C (122±9 °F)

NOTE: Refer to T4-5-22.

Radiator Fan Drive Pump P-Q Diagram

Location	Q L/min (US gal/min)	P MPa (kgf/cm ² , psi)
A	390 (103)	4.9 (50, 711)
B	383 (101)	14.32±0.5 (146±5, 2076±71)
C	313 (82)	17.65 (180, 2560)

Oil Cooler Fan Drive Pump P-Q Diagram

Location	Q L/min (US gal/min)	P MPa (kgf/cm ² , psi)
A	390 (103)	4.9 (50, 711)
B	381 (101)	16.18±0.5 (165±5, 2346±71)
C	271 (72)	21.58 (220, 3128)

Pump effekt total kylning

$$P_{tot} := p_{mot} + p_{hydr} = 161.1 \quad [\text{kW}] \quad \text{Totala effekten pumparna drar för kylningen.}$$

Hitachi motor: $Motor := 1450 \quad [\text{kW}]$

$$\frac{P_{tot}}{Motor} = 0.111 \quad [11.1 \text{ procent}] \quad \text{Procentuellt värde för hur mycket pumparna behöver av effekten motorn ger ut.}$$

Resultat över bränsleberäkningar 2/4

Bränsle förbrukning Cummins motor

$$f := 207 \quad [\text{g/kWh}]$$

$$P_{tot} \cdot f = 33350.24 \quad [33.3 \text{ Kg/h}]$$

Totala bränsle förbrukningen för pumparna under en timme.

Diesel densitet:

$$\text{densitet} := 0.84 \quad [\text{Kg/l}]$$

Densiteten hos brännoljan.

$$\frac{33.3}{0.84} = 40 \quad [\text{L/h}]$$

Litrar som pumparna drar.

$$6000 \cdot 40 = 240000 \quad [240 \text{ m}^3 / \text{år}]$$

Maskinen är igång ca 6000h under ett år och förbrukar $240 \text{ m}^3 / \text{år}$

$$240000 \cdot 0.30 = 72000$$

Sammanlagda priset på bränsle över ett år som går åt vid kylningen, med dagens liter pris som är 0.30€/L.

$$\text{FörbrukningHitatchi} := 72000$$

Resultat över bränsleberäkningar 3/4

NYA KYLSYSTEMET MED SJÖKISTAN

2 st Pumpar, en drivs per gång.

Maskinen är igång 6000h
under ett år

$$P_{\text{pumpkyl}} := 15 \text{ kW}$$

$$E := P_{\text{pumpkyl}} \cdot 6000 = 90000 \text{ kW}$$

El energi som pumparna kommer att
förbruka under ett år om det är igång hela
tiden.

Interpolering av bränsleförbrukning för generator drivningen till centrifugalpumpen

Muddringsverket nuvarande
användning är 44kW i
timmen.

$$44 + 15 = 59$$

$$\frac{59}{96} = 0.615$$

$$x := 0.615$$

Elmotorn till kyl pumpen
kommer att dra 15kW.

Nya generatorm kommer
producera 96kW vid 100%

$$\frac{15}{96} = 0.156$$

$$y_1 := 14 \frac{L}{hr}$$

$$x_1 := 0.50$$

vid 50% last tar generatorm 14 l/timmen

$$y_2 := 20.20 \frac{L}{hr}$$

$$x_2 := 0.75$$

Vid 75% last tar generatorm 20,20 l/timmen

$$\frac{y - y_1}{x - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \xrightarrow{\text{solve } y, \text{ explicit}} \frac{x \cdot y_1 - x \cdot y_2 + x_1 \cdot y_2 - x_2 \cdot y_1}{x_1 - x_2}$$

$$y := \frac{x \cdot y_1 - x \cdot y_2 + x_1 \cdot y_2 - x_2 \cdot y_1}{x_1 - x_2} = 16.852 \frac{L}{hr}$$

$$y \cdot 0.156 = 2.629 \frac{L}{hr}$$

[L/timmen] Tar pumpen när den är i drift.

Resultat över bränsleberäkningar 4/4

Bränsle förbrukning per timme som den nya elmotorn kommer ta för kylning av systemet

$$f_{gen} := 2.629 \quad [\text{L/h}]$$

$$f_{gen} \cdot 6000 = 15774 \quad [\text{L/under 6000h som grävmaskinen är igång under ett år}]$$

$$15774 \cdot 0.30 = 4732.2 \quad [\text{kostnader för bränsle under ett år med detta kylsystem}]$$

$$FörbrukningKylsystem := 4732.2$$

Det man sparar in på det nya systemet i bränsle kostnader under ett år

$$FörbrukningHitachi - FörbrukningKylsystem = 67267.8 \quad [€]$$