



Offshore test & demonstration af filter system

Projekt 141-01607

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Peter Gludsø, CRR Denmark ApS

Fotos: CRR Denmark ApS

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Projektet	5
1.1. Formål og projektgrundlag	5
1.2. Maritim Lovgivning	5
1.3. Projektaktiviteter	5
Løsningen	7
2.1. Generelt	7
2.2. Automation og kontrolsystemer	7
2.3. Online system	8
2.4. Systemet består af følgende basisudstyr	9
Design og produktion	10
3.1. Forløbet	10
3.2. Installation af løsningen	11
Testforløb	12
4.3. Projektfasen og udfordringer	13
Opsummering	15

Forord

Miljøstyrelsen har ydet tilskud til CRR Denmark ApS via MUDP, hvilket har bidraget til, at virksomheden har fået muligheden for at gennemføre og realisere et projektførløb, hvor formålet i projektet har været at realisere et designførløb, sammen med en fysisk installation af projektudstyr på et skib, med henblik på at gennemføre et tests og tilpasningsførløb, med demonstration af løsningens effektivitet og stabilitet til at kunne fungere på rensning af røggasemissionerne i tilslutning til skibets hovedmotor og dennes røggassystemer.

Ud fra gennemførte tests og løbende tilpasninger og afprøvninger af selve løsningen, er det lykkedes at gennemføre planlagte aktiviteter på tilfredsstillende vis.

Denne rapport er udarbejdet for at give en generel opsummering af selve projektførløbet.

Projektet

1.1. Formål og projektgrundlag

CRR Denmark har igennem en årrække arbejdet på, at færdigudvikle en ny maritim systemløsning for rensning af røggasemissioner fra en skibsmotor i direkte tilslutning til skibets udstødningsgas-system.

Projektets målsætning og formål har været, at identificere et egnet projektskib, hvor det kunne være muligt at opbygge og implementere alt relevant testudstyr, med en fysisk installation ombord på skibet, med en klar målsætning om, at kunne implementere en fuldskala set-up og installation, for test og afprøvning af den samlede løsning.

Business casen i selve løsningen, er med udgangspunkt i en operationel besparelse, som rederierne vil kunne opnå ved at investere i løsningen, og dermed vil kunne opnå en betydelig besparelse, ved at det er muligt for rederierne at benytte sig af et billigere brændstof (i daglig tale kaldet heavy fuel), hvilket er muligt iht. regulativerne fra den internationale svovllovgivning, hvor det er anført, at såfremt det er muligt og implementere en løsning hvor svovlemissionerne fra røggassen kan fjernes iht. de internationale grænseniveauer, kan denne metode benyttes hvor alternativet er, at rederierne skal benytte sig af et dyrere svovlfattigt brændstof, som lever op til de gældende maxværdier på svovlindhold.

Forventningerne i projektet har desuden været opdelt i flere delmål, men hvor den væsentligste målsætning har været, at kunne realisere, implementere, teste og bevisføre løsningen som et stabilt operationelt fungerende system, ud fra de konditioner og vilkår der er gældende til søs og ombord på et skib.

1.2. Maritim Lovgivning

Det gængse skibsbrændstof uden anvendelse af et såkaldt røggasrensningssystem, foreskriver den internationale svovllovgivning konkret, at svovlindholdet med dennes udledning fra skibets emissioner, skal være kontrolleret i de såkaldte Emission Control Areas (ECA`s), som betyder, at max-udledning i svovlemissioner i definerede områder max må udgøre 0,1% og i øvrigt globalt farvand max. må udledes med 0,5 % svovlindhold i røggasemissionerne.

De fleste skibe før svovllovgivningens ikrafttrædelse har anvendt tung fuelolie som brændstof primært ud fra pris. Fuelolien har et højt svovlindhold sammenlignet med andre brændstoftyper, og svovlet udledes til atmosfæren med skibets udstødningsgas i form af svovldioxid (SO₂), der er skadeligt for levende organismer og kan medvirke til dannelse af syrerregn. Derfor er det vigtigt, at grænserne for tilladt svovlindhold overholdes.

FN's internationale søfartsorganisation, IMO, vedtog i 2008 MARPOL-konventionens Annex VI, der regulerer svovlindholdet i skibes brændstof. For at overholde disse regler er det nødvendigt at anvende brændstof med et lavt svovlindhold, eks. marinediesel, eller alternative brændstoffer som naturgas (LNG), batterier og andet. En mulighed er også at rense den svovlholdige røg på tilsvarende vis som et af projektets formål har været med et såkaldt EGC-system eller en scrubber (røggasrensningssystem), så svovlet ikke udledes med udstødningsgassen.

1.3. Projektaktiviteter

De væsentligste Milestones og generelle mål i projektet har b.la. været at udføre og gennemføre en række planlagte projektaktiviteter:

- Identifikation af et egnet projektskib med mulighed for at implementere alt testudstyr ombord til at realisere tests og afprøvninger af systemet
- At designe den samlede løsning og sammenføre forskelligt udstyr til at opnå en samlet systemenhed for at realisere projektet

- At producere og sammensætte alt nødvendigt testudstyr herunder komponenter, enheder og sammenkobling af automation forud den fysiske installation og integration ombord på skibet
- At planlægge og gennemføre en komplet fysisk installation på skib
- At tilpasse/afprøve projektudstyr ombord gennem realitets tests ombord
- At korrigere & opgradere nødvendige udstyr og komponenter
- At kunne opnå en samlet fungerende automation
- At gennemføre fysiske tests ud fra forskellige motorlast- og driftsmønstre
- At teste alt udstyr med løbende evaluering på resultater, for at indfri at selve løsningen ville fungere optimalt som attraktiv løsning til rederierne

Løsningen

2.1. Generelt

Løsningen er en innovativ og nyudviklet maritim systemløsning, specifikt designet til rensning af røggasemissionerne fra en skibsmotor. Det er en såkaldt "tør scrubber" en metode som adskiller sig fra de markedsførende teknologier, som der tilbydes til den maritime sektor i dag i form af såkaldt våd-scrubbing.

Løsningen er integreret med en filter løsning med et formål om at fjerne og eller reducere skadelige røggasudledninger fra skibets røggasser, blandt andet med henblik på at indfri de fra lovgivningens maximale værdigrænser på udledningsgrænseværdier, b.la. fra de parametre der er specifikt forefindes et lovgrundlag på, underlagt det internationale svovlregulativ, omhandlende en betydelig begrænsning på hvor meget svovl skibe må udlede i internationale farvand.

Systemløsningen kan opereres i fuldt ud lukkede systemer, som b.la. betyder, at der ikke udledes skadelige kemikalier og eller restmaterialer fra skibets røggas til hverken atmosfæren eller havmiljøet. Ud fra løsningens effektivitet, så vil rederierne ved anvendelse af denne løsning også kunne opnå en økonomisk gevinst, ved at de kan benytte sig af et billigere brændstof - hvilket betyder, at rederierne vil kunne opnå en betydelig økonomisk operationel besparelse ved brugen af systemløsningen på deres skib/e, samtidigt med, at rederiet overholder gældende svovlregulativer, og dermed vil kunne sikre sig med en investering i løsningen, herunder såfremt yderligere fremtidige restriktioner besluttes, b.la. på begrænsning af udledninger af øvrige emissions værdier.

Løsningen er opbygget med en master-kontrol/ styringsenhed, som der løbende er blevet videreudviklet på kombineret med en række relevante tests og afprøvninger samt erfaringer, specifikt på at kunne effektuere styringer og den generelle automation i den løbende drift af løsningen. En af målsætningerne har været at få automation og styring afklaret med henblik på mest mulig fuldautomatisk drift.

Løsningen er sammensat fra flere forskellige teknologier, komponenter og udstyr, hvor et af projektets primære målsætninger har været, at modne og tilpasse alle individuelle systemer, til at kunne lykkedes med at få dem til at fungere i en samlet systemløsning og enhed, dels med baggrund og de løbende erfaringsgrundlag ud fra gennemførelse af en række fysiske test og afprøvninger til søs, også ud fra forskellige motorlast områder og generelle driftsmønstre, og med baggrund i denne erfarings- og modnings proces sammenholdt med generel data opsamling som har været med til at danne grundlag i løbende tilpasning, til at have fået muligheden til at kunne tilpasse og integrere udstyrshederne til en løbende automation og styringsenhed.

2.2. Automation og kontrolsystemer

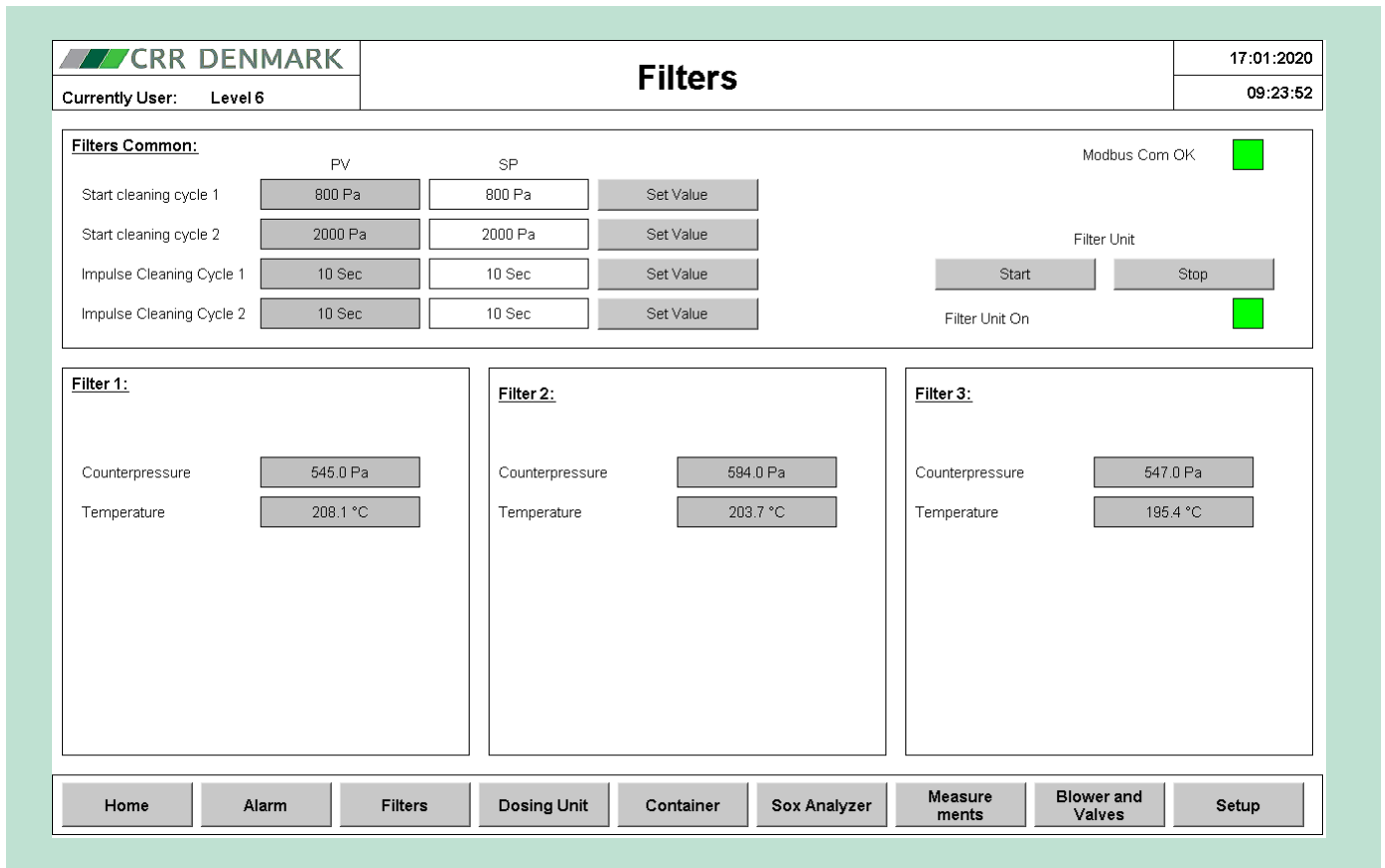
I forbindelse med installationen af alt udstyret, blev samtlige basis komponenter integreret til en automatiseret kontrolstyrings enhed, med henblik på at udføre en løbende tilpasning og udvikling på automation og funktion på automation på sigt. Hovedsystemet til styring blev udviklet med en basismodel med menuer til at kunne overvåge og navigere både under drift og eller på øvrige tilpasninger, for at sikre skibets besætning ombord skal kunne navigere systemerne på en enkel og brugervenlig måde når løsningen var aktiveret.

De primære menuer som blev integreret løbende til kontrolsystemet

- Filtersystem. Styring af afrensings cyklus og automation
- Doseringssystem. Styring af doseringsmængder og flow
- Containersystemer: Tilpasning af flow og kapacitets mængder
- Måleudstyr. Sikre kontinuerlig logning og generelle målinger online

- Målinger for information om temperatur, flow, tryk mv.
- Spjæld. Styring og visualiseret overblik på alle systemenhederne
- Doseringsstyring kombineret med andre systemer for korrekt flow
- Data opsamling herunder log af data

Derudover er systemet løbende tilpasset og udbygget med alarm menuer med henblik på at sikre mandskabet vil kunne få en besked ved fejl i værdier og eller evt. nedbrud eller fejl på komponenter eller udstyr, hvor alt sammen blev løbende udbygget hvad der var hensigtsmæssigt ud fra det løbende testforløb, og det erfaringsgrundlag der løbende blev opbygget.



FIGUR 1. Skærm menu vist på automation og hovedkontroller systemer

2.3. Online system

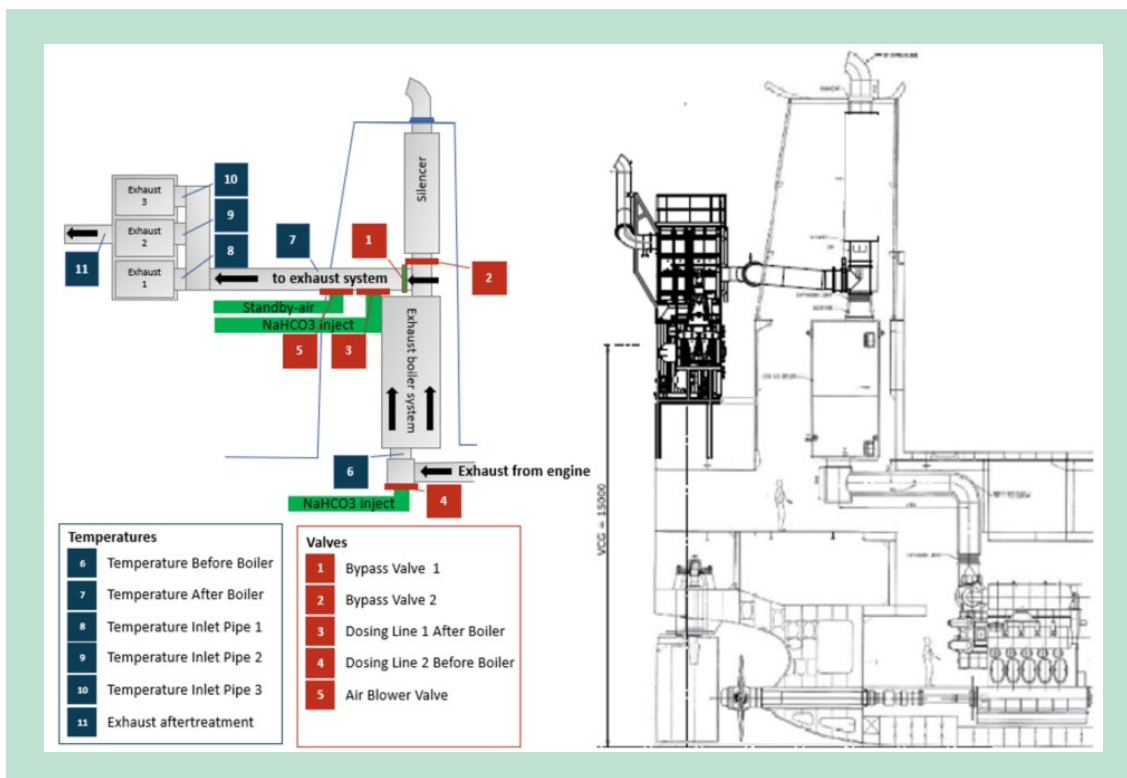
Efter implementering og sammensætning af de generelle styresystemer, har dette været igennem en løbende proces og videreudvikling, og i takt med de erfaringer der er blevet opbygget gennem diverse tests af løsningen herunder de behov og kriterier der blev indfriet i den løbende udvikling og proces, blev den grundlæggende automation koblet sammen til en master-enhed, b.l.a. med mulighed for at kunne tilgå systemerne på skibet via en online portal, samt med udvikling af en online/ data opsamlingsportal, hvor målinger, værdier og resultater automatisk blev logget og gemt, både for dokumentation, men også til at kunne foretage en løbende nødvendig optimering på metoder og justering til en generel drifts optimering ved brug af løsningen.

Onlineportalen blev udviklet, med henblik på at have muligheden for at yde direkte support til skibet og brugere af fremtidige systemløsninger, hvor der ved fejl eller mangler ville kunne ydes en ekstraordinær service og support til mandskabet ombord, også til at kunne identificere problemer, fejl og eller nedbrud på komponenter eller udstyr.

Løsningen vil også kunne udbygges på specifikke krav til logning af emissionsdata, hvor der ofte stilles krav om logning og opbevaring af data på tid, sted og værdier, samt at data skal gemmes over en årrække for dokumentation over for havne kontrol og myndigheder.

2.4. Systemet består af følgende basisudstyr

- a. Stålplatform til positionering af udstyr
- b. Containerenheder til opbevaring
- c. Doserings- og NaHCO₃ infusionssystemer
- d. Filterudstyrsenhed indbygget i 20" container
- e. Rørsystemer, vibrationsenheder mv.
- f. Emissions måleudstyrsenhed
- g. By-pass enheder og spjæld
- h. Rørføringer for entegration røggassystemer
- i. Kabling og installation af el-udstyr
- j. Kompressor og lufttørresystemer
- k. Automation, styrings og kontrolskabe



FIGUR 2. Skitse og tegning på der viser hvor på skibet selve systemet er placeret, og hvordan røggassen føres igennem systemet

Design og produktion

3.1. Forløbet

Design og produktionsfasen blev planlagt og igangsat under nøje udvalg på sammensætning og integration af forskelligt udstyr og komponentenheder, og blev påbegyndt straks efter alle indledende undersøgelser og godkendelses procedurer ombord på projektskibet var blevet gennemført, hvorefter selve produktionsfasen af basisudstyret blev gennemført, i tæt samarbejde med udvalgte leverandører, samarbejdspartnere og producenter.

Forberedelser for planlægning og udførelse hen imod den fysiske installation på skibet, blev realiseret og koordineret i samarbejde med hhv. rederiet og Søby Skibsværft herunder tilknyttede marinearkitekter, hvor slutmontager af basisenhederne og enheden blev udført dels hos producenterne af basisenhederne, og færdigmonteret på Søby Skibsværft, forud for planlægning af selve installationsfasen, som blev koordineret med virksomheden, leverandører, producenter og samarbejdspartnere.

Designfasen på opbevaringsenheder (herunder speciel produktion på containere og filterenheder) blev designet ud fra hhv. krav på styrkeforhold, dimensioner samt materialevalg, men også i en proces på at ville udnytte plads/ kapacitet ombord for udstyret bedst muligt. Opbevaringscontainere blev fremstillet fra bunden, og blev produceret fra eget design og valg af materialer og udstyr, dette med et yderst tilfredsstillende slutresultat, hvor krav og forventninger blev indfriet herunder funktionalitet.

Design af øvrigt basisudstyr og enheder, herunder udstødnings-sammenkoblinger, rør, kompensatorer, doseringsudstyr, elektronik og kontrolskabe, blev fremstillet ud fra en løbende proces, og med tilpasninger af enhederne til at imødegå formål og forventninger, herunder også på hvad der designmæssigt var fysisk muligt at kunne implementere på skibet på at sammensætte med opjusterede og maritimt sikrede udstyrsenheder til at modstå temperatursvingninger, fugt, vand, vindstyrkeforhold, korrosion mv.



FIGUR 3.

3.2. Installation af løsningen

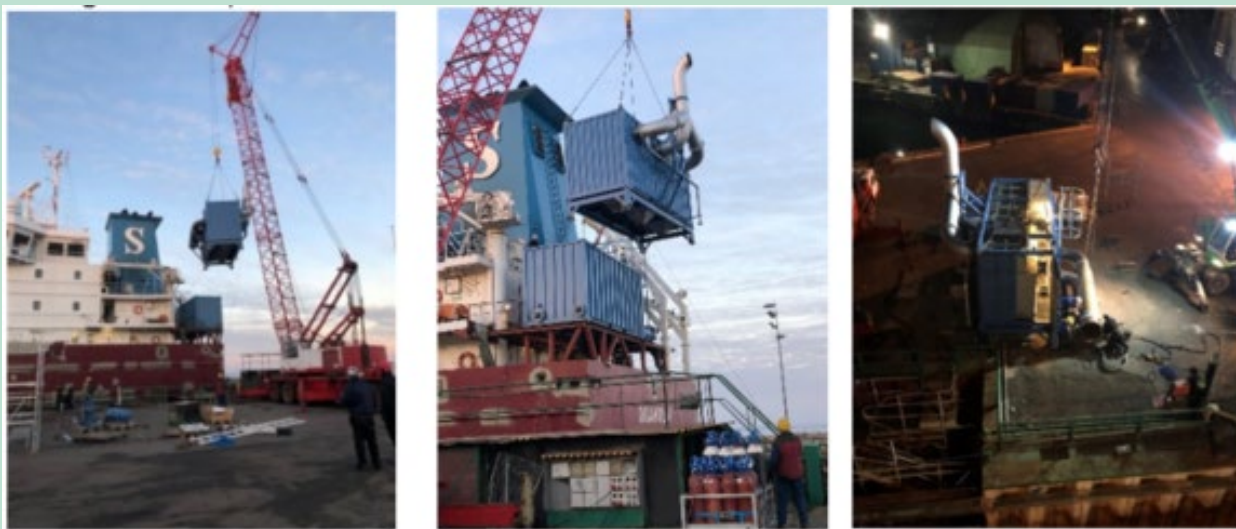
Installationen af basis udstyret herunder komponenter og elinstallation blev udført jf. forudgående planlægning, og med indgåede aftaler om leverance tidspunkter for alt udstyr til Søby Skibsværft. Ved ankomst af skibet til værftets dry-dok, startede installationens processen på skibet, med installation af en stålplatform, som skulle anvendes til at placere selve løsningen på. Efter det første løft af forsynings- og filterenheder på platformen, blev det konstateret, at et hjørne af udstyret kom i konflikt med en skibskran, hvor det var derfor nødvendigt at fjerne enhederne igen, da selve udstødningsmanifolden måtte tilrettes på værftets værksted, en proces der tog ca. 1½ dages arbejde, hvorefter udstyret endeligt kunne placeres efter hensigten, og den øvrige montage kunne videreføres efter planen. Denne ekstraordinære opgave betød så også, at alt isolation der forinden var monteret og klargjort på fordelings rør stykke måtte alt sammen afmonteres, hvorefter eneste mulighed var at foretage en eftermontage af isolation i de efterfølgende måneder.

Ved igangsætning af el-arbejdet på værftet, blev det også hurtigt klart, at tidsrammen og omfanget for udførelse af denne opgave blev længere end planlagt. Heldigvis var der mulighed for at indkalde ekstra mandskab på elinstallation, så denne opgave kunne klares inden for den planlagte liggetid for skibet, dog med nogle efter- og slutmontager i havne efterfølgende.

Installation af en kompressor til at sikre korrekt kapacitet af fødeluft til filterafrensning, transport af Sodium bikarbonat osv. Kompressoren blev integreret med placering i skibets maskinrum, men var en øvelse som blev udfordret fra adgangsmuligheder, hvor det var nødvendigt af afmontere en montageluge samt trappe på skibet til at få den fornødne plads til at få udstyr placeret.

Ud fra de ekstraordinære korrektioner og rettelser som der var nødvendige at udbedre, betød det sammenlagt ekstra 2-3 dages merarbejde til denne proces, hvorfor slutmontager blev nødvendigt at foretage i de efterfølgende måneder, som dels blev udført (hvor det var muligt) både under sejlads, samt i forskellige havne hvor der kunne give godkendelse fra havnen på at det var muligt at udføre disse opgaver.

Under Integrering af bypass spjæld mellem skibets eksisterende udstødningsystem og løsningen, måtte skibets lyddæmper løftes indvendigt, til at få plads til spjæld og t-stykke integreret og tilsluttet.



FIGUR 4.

Testforløb

4.1. Hvilke tests og afprøvninger blev der gennemført

De første indledende tests og afprøvninger blev gennemført inden selve installationen på skibet, herunder med test af basis automation systemerne med sammenkobling af de forskellige udstyrsenheder, dette for at sikre at den grundlæggende kommunikation fungerede efter hensigten.

Første indledende tests blev udført umiddelbart efter selve installationen, hvor udfordringerne var at få systemerne og kommunikation sammenkoblet med skibets egne systemer, og til at få tilpasset flow systemer, trykluft, spjældsyringer og tryk så det fungerede efter hensigterne, blot for at nævnte nogle af eksemplerne som blev løst gennem projektførelsen:

- a. Integration af datakommunikation med software og udvikling
- b. Ændringer på kontrol-styringer af spjæld og integration af automation
- c. Flow og processtyring på NaHCO_3 fremføring
- d. Udbygning på trykluft, kompressor og lufttørrer
- e. Fejludbedringer på svovlanalyse udstyr
- f. Udbygning og rettelser på udstødningsgas systemer
- g. Integration af ekstra udstyr til at undgå fugt/ vand indtrængning i systemer

Gennemførte tests, tilpasninger og afprøvninger blev udført ud fra følgende forløb og struktur.

1. Inden installationen på skibet: Indledende opstarts, tests og korrektioner (inden installation), med integrering og sammensætning af diverse udstyr og komponenter for at sikre grundlæggende kommunikation mellem systemer og integration til bases controller systemer.
2. Installation på skib: Afprøvninger af systemerne efter grundinstallation var blevet udført på skibet, med løbende korrektioner og opgraderinger af de overordnede automations - og styringsenheder, samt udskiftning og tilretninger af komponenter.
3. Efter tilpasninger og rettelser: Opstart og gennemførelser af fysiske test i direkte tilslutning til skibsmotorens røggassystem og med skibsmotoren opereret på svovlolie (HSFO) herunder validering af løbende data og resultater

Jf. punkt 1: Indledende landtests blev gennemført med henblik på at sammenkøre de forskellige udstyrsenheder og komponenter, også for at opsætte programmering og automation på de kontrolstyringer, vi fandt nødvendige til at få løsningen til at fungere efter hensigten, hvorefter planen var at videreudbygge automations

Jf. punkt 2: I forbindelse med installationen blev der foretaget yderligere tilpasninger og rettelser til kommunikation imellem systemer og skibets platform også på de individuelle udstyrs- og komponentenheder, primært for at sikre styring og automation fungerede efter hensigt ud fra skibets øvrige standard procedurer.

Jf. punkt 3: Ud fra de løbende testfaser som efterfølgende blev gennemført, blev der testet med forskellige typer af svovlolie, og sammensætninger på Sodium Bikarbonat i en kontinuerlig drift, og til at foretage løbende justeringer og tilpasning på automation.

Væsentligste parametre og målsætninger har igennem projektførelsen været, at realisere og gennemføre et projekt lige fra design, godkendelser, produktion af udstyr med en fysisk installation ombord på et skib, for at gennemføre et forløb på en række tests og tilpasninger for at bevisføre effektivitet og stabilitet af selve løsningen. Gennem en række tests og afprøvninger blev løsningen sammenlagt udført med mere end 500 test/driftstimer ud fra forskellige scenarier og driftsmønstre, hvor projektet og selve løsningen har bevist, at det er muligt at have ud-

styret tilsluttet i direkte forbindelse til skibets røggas, hvor det har været muligt at have løsnin-gen aktiveret over længere perioder, under et kontinuerligt driftsforløb og med varierende mo-tordrift og røggasmængder, hvor der blev opnået tilfredsstillende resultater på effekter og re-dukationer af emissionerne fra røggassen ud fra max. grænseværdierne iht. svovlregulativet, både med sejlads under det indenlandske 0,1% svovlområde og udenfor (0,5 % ECA).

4.2. Test prøvning af systemet - Tur fra Bordeaux til Hamburg

Et eksempel på et Testforløb udført med en sejlads fra Bordeaux til Hamburg fra den 15-12-2021 kl. 17:00 - til den 18-12-2021 kl. 09:00. Samlet test på i alt 64 timer, hvor skibet sejlede i begge svovl zoner hhv. 0,5% den første tredjedel af rejsen (i den globale svovlzone) og reste-rende 2/3 af rejsen i 0,1% svovl zonen.

Svovlreduktionen i begge zoner blev holdt under de maximale svovl grænseniveauer med sta-bile emissions værdier under hele turen. Skibsmotoren blev opereret på HFSO med en analy-seret svovlindhold i olien på 2,74%.



FIGUR 5.

Projektfaser og udfordringer

De primære målsætninger i projektet blev ikke ændret væsentligt under vejs i projektførløbet, dog var der i forløbet aktiviteter undervejs der måtte løses i og under selve implementerings-fasen af alt udstyret ombord på skibet, og fra opgaver på tilpasning og udskiftning af forskel-lige delkomponenter som har været nødsaget til at blive ændret eller løbende opgraderet til at kunne indfri de specifikke krav der har været til funktion og stabilitet. Projektet forløbet har desuden været udfordret på en del mere rejseaktivitet og planlægning til at få mulighederne for at kunne tilgå og få adgang til skibet, med henblik på at udføre planlagte og nødvendige aktivi-teter ombord. Disse aktiviteter blev primært vanskeliggjort ved at skibet ikke opereres i faste ruter, hvorfor det har været vanskeligt at planlægge udførelsen af specifikke opgaver, med fra ordrer og med meget ofte korte varsler, hvor specielt eksterne support har skullet koordineres og planlægges meget nøje, og flere gange måttet aflyses i sidste øjeblik, ud fra ændring af de-destinationer, til at få afklaret de løbende opgaver herunder tests på udstyr. Dertil blev Covid-19 situationen også en meget voldsom faktor i hele planlægningen og tidsrammerne, hvor det over en lang periode ikke var muligt og eller i et meget begrænset omfang blev yderst vanske-ligt at kunne udføre planlagte projektaktiviteter ombord, grundet strikse rejse og adgangsfor-hold rundt om i europæiske havne.

Generelle udfordringer

- Konstruktion af udstyr/design specifikt tilpasset til projektskibet
- Integration af styringer og kontrolenheder
- Diverse godkendelser til at kunne udføre tests b.la. med godkendelser fra skibsklassen, Søfartsstyrelsen og Miljøstyrelsen
- Installationsfasen blev udfordret ud fra nødvendige modifikationer og et betydeligt merarbejde end estimeret på el-føringer og tilslutninger ombord
- Eftermontager og tilpasninger under sejlads
- Fugt og vandindtrængen i systemer grundet undertryk i visse situationer
- Kvalitetssikring i Sodium bikarbonat. Forsøg med forskellige typer af produkter for evaluering af effekt og flow i transportsystemer
- Transport af restmaterialer og løbende ombygning opgradering af design
- Modificering og udskiftning af dele af udstødningssystemet for stabilisering af tryk, b.la. bagerste udstødningsmanifold
- Nødvendige opbygninger på filtre og doseringsudstyr
- Ombygning af nyt design på trykluft og lagringskapacitet
- Opgradering på diverse ventil styringer og kabel dimensioner

Herunder produktion af relevante komponenter til selve systemløsningen, og bestillinger af udvalgte standartkomponenter for integration og samlinger

Special design og produktion af containerenheder for opbevaring af produkt/ restprodukter, design transport løsninger og elektronik.

Planlægning og forberedelser herunder for-tests af udstyr forud installation, sammensætning af overordnet automation kombineret med individuelle systemenheder, herunder planlægning for integration af selve udstyr og komponenter for løsningen ombord på det dansk ejede kemikalieskib.

Løbende slutmontage ombord, tilpasninger og indledende afprøvninger, herunder justeringer på udstyr og komponenter, herunder løbende ændringer og opdateringer af generel automation. Projektledelse, og opstart af afprøvninger og tests med løbende opdateringer og tilpasninger.

Gennemførelser af fysiske tests ombord i direkte tilknytning til skibets udstødningssystem med løbende logging af data og evaluering forbundet med udførte tests og afprøvninger.

Opsummering

Den overordnede konklusion ud fra det gennemførte projektføreløb og løbende gennemførte testfaser i projektet har været, at implementeringsfasen og den løbende sammenkobling på hhv. automation og udstyr, har bidraget med en stor og meget vigtig erfaring og kendskab, til at opbygge viden og indsigt i og omkring forholdende ombord på et skib, og på hvad der er muligt og eller ikke muligt, dertil med et løbende erfaringsgrundlag på hvilke krav og sikkerhed der er til udstyr generelt set.

De opnåede resultater fra de løbende tests har bevist, at det var muligt realisere og gennemføre en funktionel løsning, med direkte tilslutning til hovedmotorens udstødningssystem, og bevist det har været muligt at opererer med løsningen stabilt og kontinuerligt i direkte tilslutning til skibets røggassystem, hvor løsningens effektivitet til at reducere svovlemissionerne fra gennemførte tests og afprøvninger med anvendelse af svovlolier mellem 2,2 % til 2,8 %, har systemet reduceret emissionerne betydeligt, og under de maximale grænseniveauer som der er foreskrevet i den internationale svovllovgivning.

TABEL 1. Regulativet på max tilladte ratio grænse niveauer fra SO₂/CO₂ = ratio

SO ₂ (ppm)/CO ₂ (% v/v)	Fuel oil sulfur limits (% m/m)	Remarks
21.7	0.50	MARPOL Annex VI Reg. 14.1.3
4.3	0.10	MARPOL Annex VI Reg. 14.4.3

TABEL 2. Eksempel på normal målområde i operativ drift:

Date-Time	SO ₂	CO ₂	Ratio	Longitudo	Latitude
2020-03-21-005559	8.475169	5.135355	1.650357	00829.79	5320.72

De løbende testforløb blev også udført med kontinuerlige drifts mønstre fra skibsmotoren, samt med kortere og længere intervaller på uafbrudt sejlads med op til 8 døgns uafbrudt motordrift, herunder med stresstests ud fra forskellige motorlast områder herunder med sejlads i hårdt vejr og varierende temperaturer og pres på samtlige systemer og komponenter. Derudover blev udnyttelseseffekten med dosering med NaHCO₃ per/time, varieret med en god udnyttelsesgrad, ud fra materialet der har været anvendt i.fm. med testforløb, og ud fra hvilke sejlområder (emissions grænseværdier) som testene blev udført, hvor mængder og udnyttelsesprocent lå stabilt.

De gennemførte testforløb betyder også, at det anses som absolut muligt, at der fremover vil kunne skabes og realiseres en samlet systemløsning, som virksomheden herefter vil kunne tilbyde til rederierne.

Projektet afsluttet 31.12.2021.

Offshore test & demonstration af filter system

Miljøstyrelsen har ydet tilskud til CRR Denmark ApS via MUDP, hvilket har bidraget til, at virksomheden har fået muligheden for at gennemføre og realisere et projektforsøg, hvor formålet i projektet har været at realisere et designforsøg, sammen med en fysisk installation af projektudstyr på et skib, med henblik på at gennemføre et tests og tilpasningsforsøg, med demonstration af løsningens effektivitet og stabilitet til at kunne fungere på rensning af røggasemissionerne i tilslutning til skibets hovedmotor og dennes røggassystemer. Ud fra gennemførte tests og løbende tilpasninger og afprøvninger af selve løsningen, er det lykkedes at gennemføre planlagte aktiviteter på tilfredsstillende vis. Denne rapport er udarbejdet for at give en generel opsummering af selve projektforsøget.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk