Surround Sensor Placement and Packaging

- Placering och montering av sensorer på en båt

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Joar Büller

Wilhelm Eriksson

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

Surround Sensor Placement and Packaging

Placering och montering av sensorer på en båt

Joar Büller & Wilhelm Eriksson

Supervisor: Kristina Wärmefjord

Examiner: Kristina Wärmefjord

INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

Examensarbete 2021

Surround Sensor Placement and Packaging
Master of Science Thesis

©Joar Büller, Wilhelm Eriksson, Sverige 2021

Chalmers University of Technology
SE-412 96 Goteborg, Sweden
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslag: Egen bild

FÖRORD

Detta examensarbete är gjort i samråd med ett företag och instutionen för industri- och materialvetenskap. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är ett av våra sista arbeten som vi gör som högskoleingenjörer på maskinteknikprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill passa på att tacka alla inblandade på företaget och Kristina Wärmefjord som varit vår handledare på Chalmers som genomgående stöttat oss med rapporten.

SAMMANFATTNING

Ett redan befintligt system skall förbättras genom att komplettera systemet så att användaren även kan ta del av en båts omgivning på en skärm för att simplifiera tilläggningen ytterligare. Detta åstadkoms genom att montera sensorer runt om båten. Uppdraget är således att utveckla ett fäste som möjliggör montering av sensorerna samt undersöka lämpligast placering för optimal avtäckning.

Initialt utfördes en marknadsundersökning för att utreda om liknande koncept existerar. En stor del av arbetet lades även på insamling av relevant data för de specifika sensorerna som skulle användas. Undersökningen och insamlade data användes för att skapa en kravspecifikation samt en funktionsanalys. Då uppdragsgivaren behövde en fästanordning tidigare än enligt ursprunglig tidsram utelämnades steg i produktutvecklingsmetodiken. Utifrån befintlig förundersökning utvecklades istället två initiala koncept omgående, varav ett beslutades att vidareutvecklas.

Efter flertalet granskningar och utvärderingar av konceptet producerades slutligen ett fäste. Parallellt undersöktes även placeringen av sensorerna. Arbetet resulterade i ett fungerande fäste med flertalet placeringsmöjligheter för tillfredställande avtäckning kring båten. Även framtida vidareutveckling undersöktes och presenterades.

I arbetet var det givet vilken typ av sensorer som skulle användas och arbetet begränsades till att endast konstruera och utveckla ett fäste till de befintliga sensorerna.

ABSTRACT

By improving an already existing system, the user shall be able to view the surroundings of the vessel through a screen to simplify the docking procedure further. This feature is achieved by mounting sensors around the vessel. The task is therefore to develop a mount which enables mounting of the sensors as well as to investigate the most suitable placements for optimal sensor coverage.

Initially a market research was carried out to find out if similar concepts already exist. Effort was also put into retrieving data for the specific sensors that were going to be utilized. The research and collected data were used to create a list of requirements and a function analysis. Since the client needed a mount earlier than expected several steps of product development were omitted in order to save time. Based on previous research two preliminary concepts were developed immediately, whereof one was determined to be further developed.

After several reviews and evaluations, a mount was eventually manufactured. Simultaneously the placement of the sensors was investigated. The thesis resulted in a functioning mount with several possibilities of adjustment to achieve satisfying sensor coverage of the marine vessel. Future developments and improvements were also explored and presented.

For the thesis work the type of sensors that were ought to be utilized was given by the client. The thesis was defined to only construct and design a mount for the given sensors

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning 1
   1.1 Bakgrund 1
   1.2 Syfte 1
   1.3 Frågeställningar 1
   1.4 Avgränsningar 1
   1.5 Disposition 1
2. Teori 3
   2.1 Olika typer av sensorer 3
   2.2 Sensoravtäckning och blindspots 3
   2.3 Aktuella sensorer 4
      2.3.1 Montering 4
   2.4 FEM-analys 5
   2.5 begrepp 5
3. Metod 6
   3.1 Förstudie 6
      3.1.1 Marknadsundersökning 6
      3.1.2 Insamling av data 6
      3.1.3 Testning i marin miljö 6
      3.1.4 Funktionsanalys 6
      3.1.5 Kundbehovsanalys 7
      3.1.6 Kravspecifikation 7
   3.2 Konceptutveckling 7
      3.2.1 Idégenerering 7
      3.2.2 Konceptkatalog 8
      3.2.3 Utvärdering av koncept 8
      3.2.4 Prototyp 8
4. Resultat 9
   4.1 Marknadsundersökning 9
   4.2 Funktioner och krav 10
      4.2.1 Kundbehovslista 10
      4.2.2 Kravspecifikation 10

4.2.3 Funktionsanalys 11
4.3 Slutgiltig produkt 11
4.3.1 Första prototyper 12
4.3.2 Vidareutveckling av koncept 12
4.3.3 3D print 17
4.3.4 Materialval 17
4.3.5 FEM-analys 17
4.3.6 Produktionsmetod 18
4.3.7 Ritningar 18
4.4 Placeringar 18
4.4.1 Slutgiltig placering efter tester 19
4.4.2 Montering av den slutgiltiga prototypen 20
4.4.3 Diskussion med branscherfarna 21
5.0 Vidareutveckling 21
5.1 Konceptutveckling 21
5.1.1 Brainstorming 22
5.1.2 Morfologisk matris 22
5.1.3 Konceptkatalog 23
5.1.4 Elimineringsmatris 24
5.1.5 Pughmatris 24
5.1.6 Kesselringsmatris 25
5.2 Skydd av sensorer 26
6.0 Diskussion 26
6.1 Uppfyllande av syfte 26
6.2 Oklarheter 27
6.3 Insikter 27
7.0 Slutsats 28
9.0 Referenser 30
A Bilagor 31
A.1 Ritning universalplatta 31
A.2 Ritning universalbotten 32
A.3 Ritning universalfot 33
A.4 Ritning vridplatta 34
A.5 Ritning klämma uppe 35
A.6 Ritning klämma nere 36

1. INLEDNING

I dagens samhälle finns det ett stort intresse och efterfrågan av autonoma produkter. Utvecklingen mot att göra fordon mer intelligenta och autonoma går ständigt framåt och ges mycket uppmärksamhet inom forskningen. Genom att automatisera fordon krävs det mindre ansträngning av föraren vilket leder till ett bekymmerslöst och avslappnat brukande av fordonet.

1.1 BAKGRUND

Ett befintligt företag har idag ett system för att underlätta tilläggning av båtar. Systemet har kontinuerligt utvecklats genom påbyggnaden av fler funktioner. Ambitionerna är att bygga vidare på detta befintliga system och göra systemet ytterligare autonomt.

1.2 SYFTE

Syftet med det här arbetet är att utveckla en komplett monteringslösning för sensorer som skall appliceras på båtar. Lösningen ska optimera antalet sensorer och vara skalbar oavsett båtens storlek. Arbetet kommer behandla placeringen av sensorerna och hur det görs på ett sätt som tillåter underhåll samt eventuellt utbyte av sensorn. Lösningen ska bidra till underlättad manövrering vid tilläggning av båtar. Genom att integrera sensorer skulle systemet kunna hjälpa till att förhindra kollision och automatiskt undvika objekt.

1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR

Hur placeras sensorer för att ha full täckning runt om en hel båt?

Hur skapas en monteringsanordning som är så justerbar som möjligt?

Kan en skalbar lösning hittas som går att anpassa till olika båtars storlek?

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Sensorerna i arbetet såväl som antalet som ska användas är givna ifrån företaget och behandlas därmed inte i rapporten. Detta till fördel för områden såsom konstruktion och produktutveckling som är mer relevanta för studenternas aktuella utbildning. För det här arbetet innebär det en avgränsning i form av att de givna sensorerna i sig inte kommer att påverkas konstruktionsmässigt.

1.5 DISPOSITION

Kapitel 1 – Inledning

I inledningskapitlet ges en överblick av vad arbetet handlar om. En kort bakgrund presenteras för att ge en förståelse till varför detta arbete görs såväl som syfte ihop med frågeställningar och avgränsningar. I slutet presenteras en lista över viktiga begrepp relevanta för rapporten.

Kapitel 2 – Teori

I teorikapitlet behandlas diverse teori som hjälper läsaren att bygga en djupare förståelse för arbetet. Olika typer av sensorer, olika applikationer av dessa samt data ur användarmanualer för de aktuella sensorerna presenteras.

Kapitel 3 – Metod

I metodkapitlet redovisas de metoder som använts för att senare komma fram till ett resultat. Det presenteras och redovisas också en beskrivning om hur dessa metoder genomförs.

Kapitel 4 – Resultat

I resultatkapitlet presenteras det resultat som tagits fram med hjälp av de metoder som presenterats.

Kapitel 5 – Vidareutveckling

I kapitel fem görs en vidareutveckling av resultatet genom en produktutvecklingsprocess.

Kapitel 6 – Diskussion

I diskussionskapitlet diskuteras det resultat som presenterats och en återkoppling till arbetets syfte och frågeställningar görs.

Kapitel 7 – Slutsats

I det avslutande kapitlet presenteras de slutsatser som diskussionen ovan resulterat i.

2. TEORI

Här presenteras relevanta fakta som hjälper läsaren att skapa en djupare förståelse för rapporten. I detta kapitel behandlas olika typer av sensorer, olika applikationer av dessa samt data ur användarmanualer för de aktuella sensorerna.

2.1 OLIKA TYPER AV SENSORER

Med bakgrund i fordonsindustrin och den autonoma utveckling som pågår presenteras här en samanställning av relevanta sensorer och dess egenskaper i förhållande till varandra.

Ultraljudsensorer är vanligt förekommande inte minst som parkeringssensorer och använder sig av ultraljud för att mäta avstånd. Dessa är främst tillämpliga på fordon och är till god hjälp vid parkering. De fungerar i alla väder och har fördelen av att vara kompakta och billiga men är begränsade av en kort räckvidd. Det innebär följaktligen att många sensorer krävs för att ge en bra avläsningsbild. (New electronics, 2010)

En annan form av sensor är användningen av kamera. Kamera ger möjlighet att strömma video i realtid. Olika optik kan användas för att anpassa synfält efter applikation och kan delas in i tre huvudgrupper: longrange, midrange och fisheye. Kamera fungerar dåligt i mörker och vid begränsad sikt. Kamera kan med fördel kombineras med lampor för att möjliggöra sikt i mörker.

Ytterligare en sensor är RADAR som står för Radio Detection And Ranging. Radar är traditionellt vanligt förekommande i den marina miljön och är ett krav på de flesta kommersiella fartyg för att navigera när sikten är begränsad (Transportstyrelsen, 2014). Radarn använder sig av vågor som den sänder ut och sedan tar emot för att plotta en bild av omgivningen på en display (Nationalencyklopedin). Den fungerar bra oavsett väder och sikt. Upplösningen kan vara dålig och data kan manuellt behöva filtreras från oönskat kluster. Vid manuell filtrering finns det en risk att mindre ekon som exempelvis kajaker, personer eller andra mindre fartyg filtreras bort. Radarn finns i en mängd olika modeller och prisintervall. På senare tid har även radar använts i fordonsindustrin för att bedöma längre avstånd.

Därtill förekommer LIDAR, Light Detection And Ranging, vilket är en sensor som använder sig av ljus för att mäta avstånd till olika objekt. Genom att sända ut en laserpuls och ta emot det reflekterade ekot räknar den ut ToF (time of fly) och kan utifrån det få ut ett avstånd. Den fungerar bra i mörker och ger en mycket hög precision till skillnad mot radar. Den fungerar dåligt i dimma. Olika former av LIDAR förekommer och kan delas upp i lång samt kort räckvidd. En sensor som har lång räckvidd (ca 200m – 1000m beroende på våglängd) har typiskt snävare avläsningsvinklar. <45° vertikal och <360° horisontell. Sensorer med kort räckvidd (<30m) har typiskt 180° vertikal, 360° horisontell. (Xu, 2021)

2.2 SENSORAVTÄCKNING OCH BLINDSPOTS

För att säkerställa en bra funktion krävs att hela området omkring båten är avläst med hjälp av sensorerna. Valet av placering i kombination med typen av sensor är därför central i att bygga upp ett system. Beroende på vilken typ av sensor som används kan viss överlappning av omfånget behöva tillämpas för att säkerställa en god och tydlig avläsning då data som hämtas långt ut i synfältet ibland kan vara svårtolkad.

2.3 AKTUELLA SENSORER

Drygt halvvägs in projektet beslutades det från företaget att arbetet skulle utgå från två olika typer av LIDAR sensorer, Robosense Bpearl samt Robosense Helios. Genom CPAC införskaffades tre av den förstnämnda samt två av den senare. Målet var att undersöka möjligheten att endast använda sig av tre RS Bpearl eller två RS Helios för att täcka av en hel båt.

RS-Bpearl är en close-range solid-state LIDAR från RoboSense som är speciellt utvecklad för att läsa av miljöer. RS-Bpearl mäter 576 000 punkter/sekund med en noggrannhet av 2cm. 360° horisontellt synfält och 90° vertikalt. Vikt: 0,92kg, arbetstemperatur: -30°C ~ +60°C. IP-klass 67. (Robosense, 2020)

RS-Helios är RoboSense long-range solid-state LIDAR som har 360° horisontellt synfält och 70° vertikalt. RS-Bpearl mäter 576 000 punkter/sekund med en noggrannhet av 3cm. Vikt: 0,94kg, arbetstemperatur: -30°C ~ +60°C. IP-klass 67. (Robosense, 2020)

Tabell 1 sammanställning av data för relevanta sensorer

Sensor	Kamera fisheye	Lidar long (RS-Helios)	Lidar short (RS-Bpearl)	Radar
Horisontellt synfält	180°	360°	360°	360°
Vertikalt synfält	100°	70°	90°	30°
Range	Undefined	150m	100m	-

2.3.1 MONTERING

Både RS-Bpearl och Helios monteras med tre skruvar på undersidan av sensorn. Se Bild 1.RS Helios har sin kontakt rakt ut från botten medan RS Bpearl har en sladd som sticker ut från sidan. Båda mäter 100mm i diameter och väger strax under ett kilo.

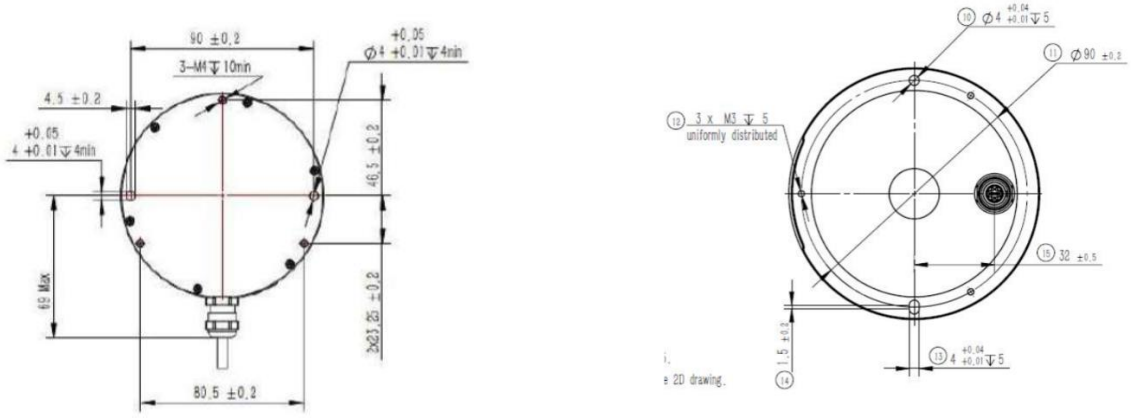


Bild 1 RS Bpearl till vänster & RS Helios till höger, sett från undersidan. (robosense, 2020)

2.4 FEM-ANALYS

Finita Elementmetoden, härefter kallat FEM, är ett simuleringsverktyg för att göra analyser inom hållfastheten. Verktyget är inbyggt i Catia som är det CAD program som kommer användas i arbetet. När en CAD modell har skapats görs enklare analyser av hållfastheten på modellen med hjälp av FEM verktyget för att skapa en bild av hur stark geometrin är och om denna i kombination med det valda materialet uppfyller de hållfasthetskrav som ställs på modellen. Detta görs genom att simulera diverse belastningsfall som är väsentliga för hur produkten ska användas. Därefter kan resultat fås för intressanta parametrar såsom spänning, deformation och förskjutningar med mera.

2.5 BEGREPP

Roll – rotation kring z-axeln

Pitch – rotation kring x-axeln

Yaw – rotation kring y-axeln

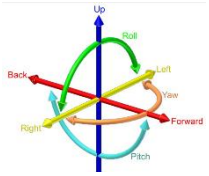


Bild 2 (IONESCU, 2010)

3. METOD

Då arbetet kräver mycket inlärning inom autonoma fordon och sensorer är stor del av metoden tillägnad inlärning och undersökning. Detta för att skapa en så bred förståelse för produkten som möjligt innan utvecklingen av en lösning påbörjas. Därefter kommer idégenerering och konceptframtagning baserat på olika urvalsmatriser som kommer att förklaras i metodkapitlet.

3.1 Förstudie

För att skapa en god förståelse av marknaden och de produkter som finns idag krävs det att en förstudie genomförs. Faktasökning inom tidigare forskning kommer vara en stor del under början av projektet och är viktigt för att lägga en bra grund för arbetets utveckling. Det kommer huvudsakligen läggas fokus på att undersöka liknande produkter på marknaden. Därutöver samlas data in kring de sensorer som är tänkta att användas i projektet.

3.1.1 Marknadsundersökning

En marknadsundersökning kommer att utföras för att ta reda på hur dagens marknad inom området ser ut och i syfte att skapa en bild av vad som redan finns och vad som är efterfrågat. I första stadiet av marknadsundersökningen användes främst internetsökningar med hjälp av Google sökmotor för att söka på redan befintliga, liknande produkter. Vidare har företaget i fråga bidragit med relevant information om tidigare system samt de komponenter som är tänkta att användas här.

3.1.2 Insamling av data

Då de specifika sensorerna som kommer att användas redan är givna av företaget behövs inte tid ägnas åt att välja vilken typ av sensor som lämpar sig bäst. Däremot behövs data kring dessa sensorers egenskaper och hur de i praktiken fungerar. Dessa data är en viktig och central del i arbetet för att förstå hur sensorerna behöver placeras och vilka parametrar som påverkar utplacering.

3.1.3 Testning i marin miljö

För att samla relevanta data för sensorerna behöver viss testning genomföras. Ett relevant exempel på en frågeställning som behöver testas är hur sensorn påverkas av att bli översköljd med saltvatten. Påverkas avläsningsförmågan? Sätter sig saltet från saltvattnet kvar och behöver rengöras? Testning och utvärdering är av betydelse under förundersökningen för att kunna ställa upp relevanta krav och önskemål senare i arbetet.

3.1.4 Funktionsanalys

Ett funktionsträd ställs upp för att skilja på huvudfunktioner och delfunktioner. Resultatet av detta blir att det huvudsakliga problemet bryts ner i mindre delproblem. Istället för att rakt av försöka hitta en lösning till huvudfunktionen som produkten ska uppnå eftersöks lösningar till

delproblem. I slutändan summeras de uppdelade lösningarna och kombineras ihop till det slutgiltiga ändamålet. (Johannesson, Person & Pettersson, 2013, s. 120).

3.1.5 KUNDBEHOVSANALYS

Kundbehovsanalys innebär att en undersökning görs av potentiella kunders önskemål. För att skapa en så optimal produkt som möjligt görs med fördel en kundundersökning baserat på de aktuella kunder som kommer att nyttja produkten. Det kommer att utföras genom en rad frågor som förtydligar vad konsumenter på marknaden söker i den produkt som ska utvecklas. Det möjliggör även en annan aspekt i utvecklingen av produkten och skapar en så allmän bild som möjligt kring denna.

3.1.6 KRAVSPECIFIKATION

En kravspecifikation görs utifrån givna data, marknadsundersökning, funktionsanalys och den informationsläsning som gjorts i förstudien. I kravspecifikationen tas krav och önskemål upp och ställs mot varandra. Önskemålen viktas på en skala 1–5 där 5 är högst för att ge en tydlig bild av vilka funktioner som är mest prioriterade i projektet. För de krav där möjligheten finns anges även ett målvärde som kravet eller önskemålet måste eller önskas uppnå. I kravspecifikationen anges även en verifieringsmetod som talar om hur det kontrolleras att kravet eller önskemålet uppnås. En referens anges som talar om vem som är intressent för kravet eller önskemålet. Det här är en viktig del i produktutvecklingsprocessen för att vikta funktioner och föra dessa vidare till koncept.

3.2 KONCEPTUTVECKLING

För att ta fram ett slutgiltigt koncept kommer en idégenerering utföras följt av en konceptutvärdering. När slutgiltigt koncept valts utifrån konceptkatalogen med hjälp av beslutsmatriser ska en prototyp tas fram och utvecklas.

3.2.1 IDÉGENERERING

Idégenereringen genomförs i huvudsak av systematiska metoder i form av morfologisk matris följt av en kombinationsmatris. Fri idégenerering i form av brainstorming är en annan metod som också kommer att användas här. I en morfologiskmatris radas alla delfunktioner och tillhörande lösningar upp. Därefter tillverkas koncept med en lösning från varje delfunktion. I slutändan framkommer ett koncept som innehåller en lösning för varje delfunktion vilket kan speglas som en komplett lösning till huvudproblemet. Denna matris upprepas tills en tillfredställande mängd koncept har uppnåtts. Lösningarna till delfunktionerna som ställs upp i den morfologisk matrisen tas fram genom brainstorming där så många olika lösningsförslag för varje delkoncept produceras.

3.2.2 KONCEPTKATALOG

Utifrån tidigare steg i idégenereringen genereras ett antal koncept baserade på olika lösningskombinationer från den morfologiska matrisen och den fria idégenereringen. Dessa kombinationer sammanställs till koncept som presenteras och sammanställs i en konceptkatalog. Det finns inget rätt antal koncept som ska tas fram utan ju fler som tas fram ju fler utvärderas i senare beslutsmatriser.

3.2.3 UTVÄRDERING AV KONCEPT

Koncepten genomgår elimineringsmatris, Pughmatris och Kesselringmatris. Dessa metoder skapar ett urval baserat på data och kriterier från tidigare stadier.

En elimineringsmatris ställs upp när samtliga koncept är framtagna och fungerar som en första sållning i konceptkatalogen. Huvudsakligen läggs vikt vid att konceptet uppfyller alla krav som har tagits fram i kravspecifikationen samt att den löser huvudproblemet samtidigt som den är realiserbar och inom eventuella kostnadsramar. Säkerhet och ergonomi är även en aspekt som bedöms i elimineringsmatrisen. (Johannesson et. Al, 2013, s.183).

Pughmatrisen är nästa beslutsmatris som används. Det är en typ av screeningmatris för att sålla ut de återstående koncepten som kvarstår efter elimineringsmatrisen. I pughmatrisen bedöms hur väl varje koncept uppfyller de krav och önskemål som kravspecifikationen innehåller. Samtliga koncept jämförs med ett referenskoncept och betygsätts med +, - eller 0 beroende på om det aktuella konceptet klarar kriterierna bättre, sämre eller lika bra som referensen. Därefter summeras alla betyg och de koncepten med bäst betyg vidareutvecklas. (Johannesson et. Al, 2013, s.184).

Sista steget i utsållningen av koncept är kesselringsmatrisen. Här bedöms de kvarstående koncepten baserat på hur de uppfyller önskemålen som finns och utifrån hur viktiga önskemålen är. Ju högre rankning ett önskemål har, desto tyngre väger resultatet av hur konceptet uppfyller önskemålet. Genom kesselringsmatrisen bör man få det bästa konceptet för ändamålet. Däremot finns det alltid anledning att kolla på andra högt rankade koncept då små faktorer kan göra att resultat skiljer sig ifrån varandra. (Johannesson et. Al, 2013, s.190).

3.2.4 PROTOTYP

När ett slutgiltigt koncept har valts med hjälp av matrisen enligt ovan kommer en prototyp tas fram genom olika stadier av modellering. CAD kommer att användas för att rita upp den slutgiltiga produkten och möjliggöra FEM-analys tester. Programmet som används för detta är CATIA.

4. RESULTAT

4.1 MARKNADSUNDERSÖKNING

Här presenteras liknande produkter på marknaden som är av intresse för den här rapporten.

Yachtview

Yachtview360 är en produkt som erbjuder en 360 video i realtid runt båten. Användaren får en tydlig livebild över båten på en skärm i syfte att få uppsikt vid manövrering. Utöver videoström på skärmen hjälper systemet till att läsa av området och larmar för föremål inom radien 1-500m. Själva systemet bygger på fyra kameror med 185 graders synfält som är placerade högt upp på båten. Enligt yachtview360 fungerar systemet även i mörker och för att förhindra isbildning kan värmare byggas in i kameran. Systemet har ingen inbyggd rengöringsfunktion eller skyddsmekanism. Arbetstemperatur uppges vara -40 – +50°C. (Yachtview, 2021)

Raymarine Docksense

Raymarine Docksense använder sig av stereovision kameror som läser av området kring båten och varnar audivisuellt ifall ett objekt identifieras nära båten. Systemet kan byggas på en, tre eller fem kameror beroende på hur mycket översikt användaren behöver. För 360 graders synfält krävs fem kameror. Systemet målar upp en animerad radarliknande bild runt omkring båten på displayen och kompletteras med separata livebilder från respektive kamera. (Raymarine, 2021)

Tesla Autopilot 9.0

Tesla använder sig av totalt åtta kameror kombinerat med radar och ultraljudsensorer för sin autopilot 9.0. De ger tillsammans 360 graders synfält kring bilen som presenteras på en huvuddisplay och möjliggör helt automatiserad parkering. (Castelluccio, 2018).

4.2 FUNKTIONER OCH KRAV

4.2.1 KUNDBEHOVSLISTA

Aktuella kundrelationer presenteras för att skapa en tydligare bild av hur och av vem systemet nyttjas.

Tabell 2 Kundbehovslista

NR	INTRESSENT		
1.	Företaget	1.1	Utvecklar system och tillverkar hårdvara som levereras till ett annat företag
2.	Ett annat företag	2.1	Paketerar ihop systemet med motorer och drivlina
		2.2	Säljer till båttillverkare
		2.3	Säljer till återförsäljare
3.	Båttillverkare	3.1	Integrerar paketet i sina båtar
		3.2	Säljer direkt till kund
		3.3	Säljer till återförsäljare
4.	Användare	4.1	Använder systemet

Som framgår av Tabell 2 saknar företaget en nära relation till slutanvändaren av systemet. Det gör att företaget måste ha ett nära samarbete med Volvo Penta för att ta del av feedback om systemet.

4.2.2 KRAVSPECIFIKATION

Tabell 3 Kravspecifikation

NR	KRITERIUM	KRAV/ÖNSKEMÅL	MÅLVÄRDE	VERIFIERINGSMETOD	REFERENS
1.	Tillåta placering på olika ställen på båten	K1		Simulering	Båttillverkare
2.	Tillåta termisk prestanda	K2		Simulering	Företaget
3.	Skydda från smuts	Ö5		Test	Testcenter
4.	Tillåta underhåll	Ö 5		Inspektion	Båttillverkare
5.	Tåla saltvatten	K3	Rostfri	Materialdatabas	
6.	Tåla UV-strålning	K4		Materialdatabas	
7.	Tåla olika klimat	K5	-30°C ~60°C	Materialdatabas	
8.	Medge stöldsäkerhet	Ö 3			Ett annat företag
9.	Medge enkel montering	Ö 3		Test, montör	Ett annat företag
10.	Förhindra vattensamling	Ö 5		Konstruktion	Båttillverkare
11.	Vara estetiskt tilltalande	Ö 3		Analys av formspråk	Ett annat företag
12.	Vara prisvärd	Ö 2	-	Marknadsundersökning	Ett annat företag

13.	Reducera resonanser/vibrationer i mekaniken	Ö 5		Vibrationstest	Företaget
14.	Undvika kalibrering vid sensorbyte	Ö 3		Test, byta sensor	Företaget
15.	Medge hållfasthet	K6	120kg	CAD/FEM	Ett annat företag

Femton olika krav och önskemål ställdes upp i Tabell 3 Kravspecifikation. Kraven (K) numrerades för att senare i arbetet underlätta hänvisning medan önskemålen (Ö) är viktade 1–5. Stor vikt lades på funktion som *tillåta underhåll, förhindra vattensamling* och *reducera resonanser/vibrationer i mekaniken* medan områden som pris, design och stöldsäkerhet inte ansågs vara lika viktiga i detta skede. Målvärde sattes upp för dem krav där ett sådant värde ansågs relevant och verifieringsmetod hjälper till att visa hur varje funktion kan verifieras.

4.2.3 FUNKTIONSANALYS

Här presenteras ett funktionsträd som speglar de viktigaste funktionerna. De blå rutorna representerar funktioner och den gula rutan representerar en lösning.

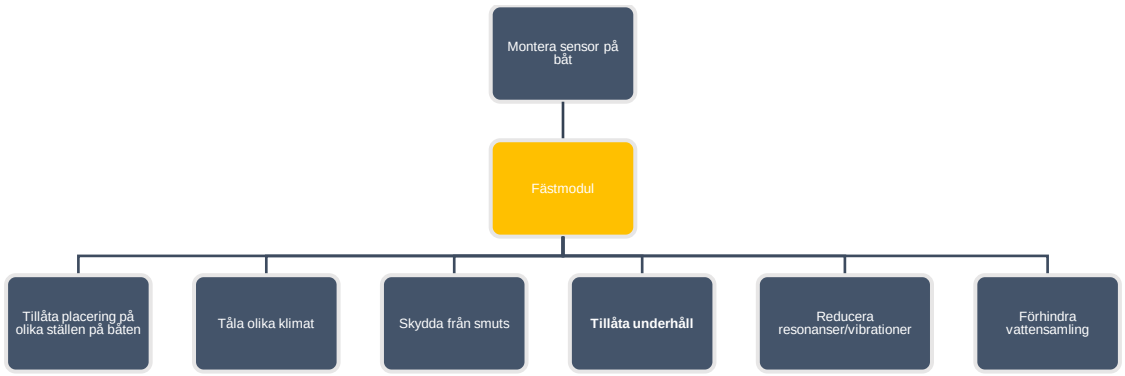


Bild 3 Funktionsträd

Utifrån huvudfunktionen *montera sensor på båt* togs *fästmodul* fram som en lösning. Lösningen beskrivs sedan med hjälp av funktioner, som är hämtade ur kravspecifikationen.

4.3 SLUTGILTIG PRODUKT

Då tidsramen för arbetet ändrades skiftades fokus och prioriteringar från konceptutveckling och matriselimineringar till att omgående ta fram en prototyp för att så snabbt som möjligt kunna montera sensorerna på båten. Prototyperna som då togs fram baserades på de funktioner och krav som tidigare definierats.

4.3.1 FÖRSTA PROTOTYPER

Utifrån kravspecifikationen och funktionsanalysen togs två enkla koncept fram enligt Bild 4. Fästet till nedan vänster har en ställbar led mellan delen som skruvas i skrovet och plattan som sensorn monteras på. Detta möjliggör 180 graders justering i sensorns *pitch angle*. Fästet nedan till höger har samma justeringsmöjligheter samt att det kan monteras på ett ojämnt underlag tack vare de ställbara fötterna. Härvid kan även påpekas att det tillåter justering i sensorns *roll angle*. Det är möjligt endast då ytan som fästet monteras på har en vinkel och justering sker för att uppnå en vinkelrät placering i förhållande till horisontalplanet.

Efter konsultation med handledare på företaget beslutades det snabbt att gå vidare med det vänstra fästet då det ansågs vara mer robust tack vare dess kompakta design. Det högra fästet ansågs vara för skört då sensorerna skulle komma att bygga för mycket på höjden vid montering. Detta skulle leda till onödigt stora påfrestningar på fästet på grund av dess geometri och skapade tvivel kring fästets robusthet. Det vänstra fästet är istället mer kompakt och ger en lägre och mer stabil tyngdpunkt. Det är fördelaktigt då fästena kommer att monteras i en miljö som är extremt dynamisk på grund av vågor, vind och andra krafter som kan förekomma till sjöss eller ombord på en båt.

Bild 4 Första koncepten.

4.3.2 VIDAREUTVECKLING AV KONCEPT

Efter att det beslutats vilket koncept som översiktligt hade bäst förutsättningar för att fästa en sensor på en båt fortsattes det med att utveckla konceptet mer i detalj. Detta gjordes hela tiden med kravspecifikationen och funktionsanalysen i åtanke. Mycket tid gick även åt till att anpassa fästet till hur botten på sensorn ser ut och även hur kablage till sensorn skulle ledas. Som kan läsas mer om i kapitel 3.2.7 designades därför en ny övre del av fästet vilken kom att kallas universalplatta då den kan användas till både RS bpearl och RS helios.

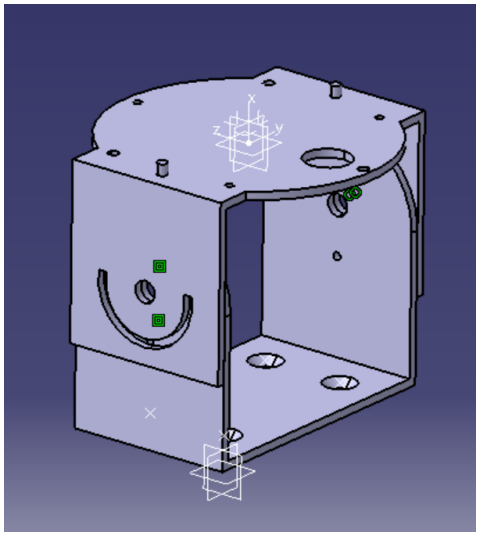


Bild 5 Första konceptet utvecklat med en universalplatta som monterar båda sensorerna

Åt ena hållet kan RS helios monteras och då kabeln till denna sensor kopplas in underifrån har därför ett hål för detta gjorts i plattan. Samtidigt är det möjligt att montera RS bpearl sensorn men då åt andra hållet då skruvhålsbilderna för sensorerna är olika. Fördelen med detta är att det endast krävs en och samma del oavsett vilken sensor som fästet ska bära.

Vidare undersöktes det mer noga vilka typer av frihetsgrader som skulle vara viktigast för båda typerna av sensorer. Detta resulterade i att RS bpearl endast behöver justeringsmöjligheter i roll och yaw leden medan RS helios behöver kunna roteras i samtliga led för att kunna hitta optimal vinkel när den monteras på båten.

I Bild 6 synliggörs hur ytterligare uppdateringar på fästet tillkommit. Jämför man bild 5 med vänster fäste i bild 6 ser man hur den undre delen i fästet, även kallad universalbotten har fått uppdaterade skruvhål. Istället för fyra symmetriska skruvhål i varje hörn så har det designats avlånga cirkulära hål för att göra det möjligt att rotera sensorerna runt yaw-axeln utan att behöva göra nya skruvhål i båtens skrov. Dessa avlånga hål möjliggör justering kring yaw-axeln med 70 grader. Utöver detta skapades en extra del som kom att kallas för universalfot som är en del av fästet ner till höger i Bild 6. Denna extra fot möjliggör justering kring RS helios roll axel vilket leder till att RS helios sensorn kan justeras i samtliga led. Ur ett säkerhets- och utseendemässigt perspektiv har vassa kanter tagits bort och radier har implementerats på samtliga hörn.

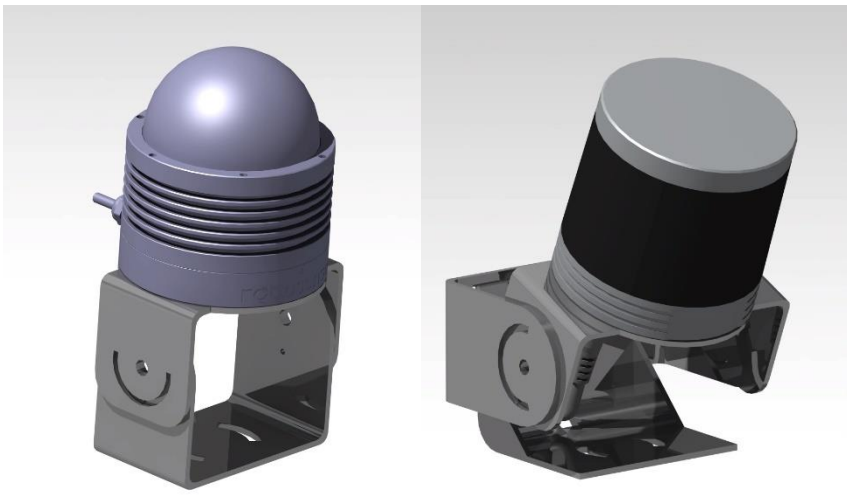


Bild 6 Fäste med RS bpearl & RS helios

När två kompletta lösningar var utvecklade utvärderades fästena noggrant för att försäkra att de uppfyllde den kravspecifikation och funktionsanalys som tidigare presenterats. Huvudsakligen gjordes det endast fler förändringar till förmån för den kommande produktionen av fästena. De cirkulära justeringshålens kanter rundades då det förutsattes att de skulle produceras genom att fräsas vilket då skulle leda till svårigheter med 90 graders vinklar. Även universalfotens stödprofiler på sidorna ändrades till en mer rektangulär form i syfte att göra det enklare att svetsa dit i efterhand utan att behöva ha perfekta toleranser. Vidare finslipades alla toleranser för viktiga mått på fästets olika delar för att säkerställa att allt skulle passa oavsett avvikande storlekar i produktionen. Se Bild 8 för slutgiltigt fäste.

Innan produktion av fästena testades produkten med skruvförband insatt för att säkerställa helhetsfunktionen även med skruvarna monterade. Se Bild 7.

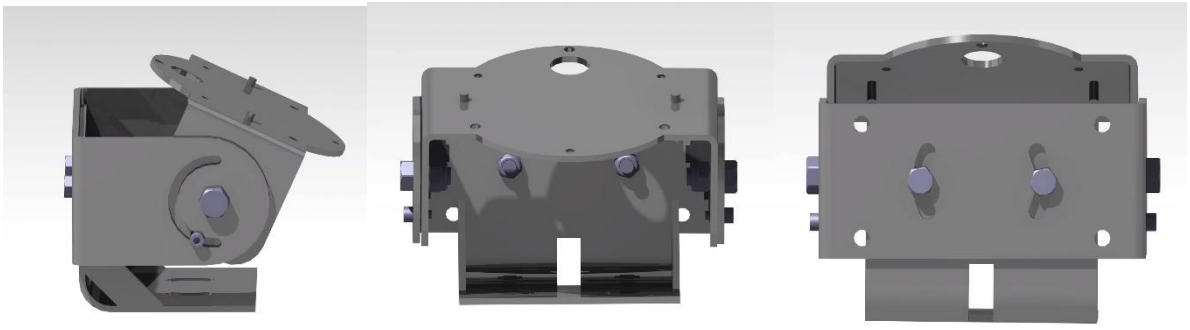


Bild 7 Fäste med skruvar och anpassat för produktion.

Innan produktion upptäcktes ytterligare en monteringsmöjlighet på båten för sensorerna vilket resulterade i att det befintliga fästet inte var tillräckligt. Det upptäcktes att det kan vara fördelaktigt att montera sensorerna på räckena runt om båten. Detta för att erhålla en bättre vy samt för att undvika att borra hål i skrovet på båten. Mer om detta i kapitel 3.5. Till följd av detta utvecklades även ytterligare delar till fästet för att möjliggöra montering runt en stång. Graden av hur anpassningsbart fästet är stiger även med denna lösning då det öppnar upp för montering på fler ställen än bara båtens skrov.

Se Bild 8 för det slutgiltiga konceptet med sensor och det stångmonterade fästet. Till vänster i bilden visas det hur fästet och sensorn RS Bpearl ser ut ihop med komponenterna som möjliggör montering runt en stång. Till höger visas fästet med RS helios som den monteras mot skrovet.

Bild 8 Till vänster, komplett stångfäste med RS bpearl. Till höger, komplett fäste med RS helios.

Stångfästet baseras på det ursprungliga till vänster i Bild 6. Två klämmor och en platta har adderats. Klämmorna sluter om stången för att sedan skruvas mot en distansplatta som kallas för vridplattan, med en skruv i varje hörn. Två av hålen på samma långsida har avlånga och cirkulära skruvhål för att klämmorna ska kunna kompensera för upp till 22 graders böjning på stången på avståndet mellan fästena. Mer än 22 graders justeringsutrymme prioriterades inte här då det bestämdes att det är högst osannolikt att relingen på en båt, förutom vid hörn, böjer sig med mer än 22 grader på drygt 10 centimeter. Vid montering på en stång behålls fortfarande möjligheten att justera sensorns vinkel kring dess pitch och roll/yaw axel beroende på vilken sensor som monteras på stången. Detta på grund av att klämmorna endast fäster i plattan som har försänkta skruvhål, vilket kan ses i Bild 9. Själva fästet behåller sin normala justeringsgrad på 70 grader som tidigare tack vare de cirkulära hålen på universalbottens undersida vilket ligger kloss ann mot vridplattan i Bild 10.

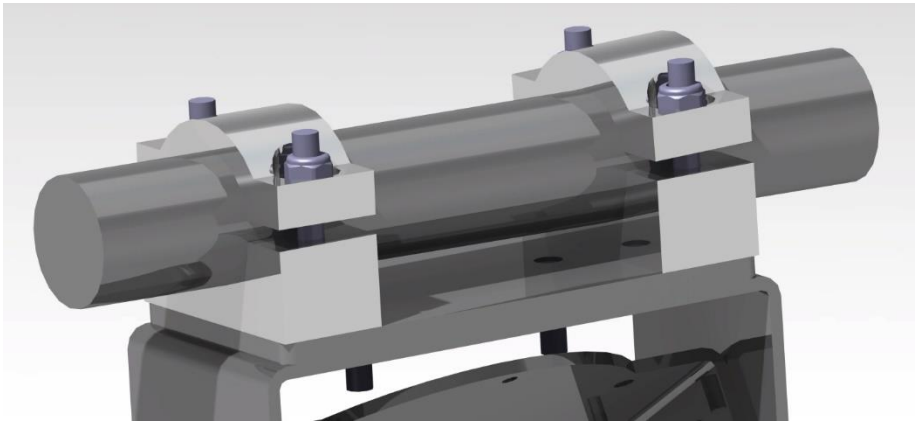


Bild 9 Stångfästet

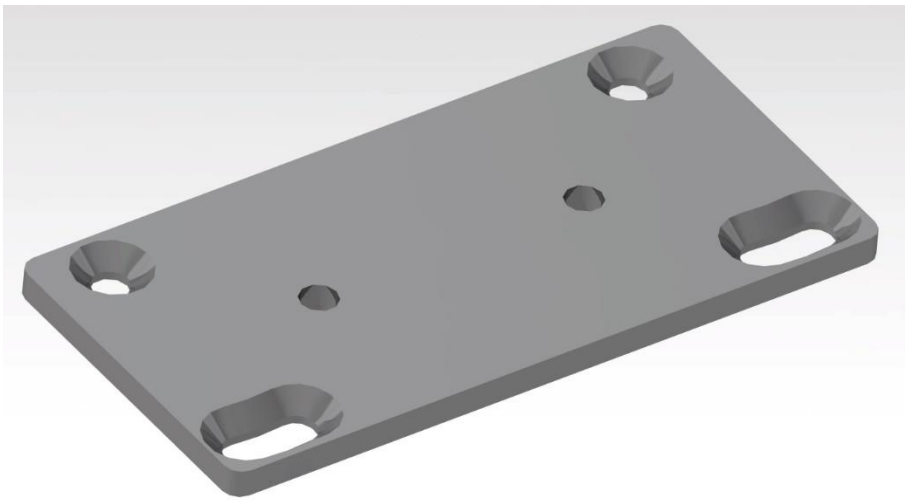


Bild 10 Vridplattan

För justering i sensorernas pitch-axel har två skruvar använts. En genomgående M8 skruv med mutter är bärande axel i konstruktionen och kan dras åt för att låsa vinkel när denna har hittats. Ytterligare en M4 skruv används i de cirkulära skårorna i universalplattan och gängas direkt i universalbotten på insidan. Denna skruv underlättar justeringen när vinkel för pitch-axeln ställs in. Att använda dubbla skruvar i denna led motiveras med enkel justering i samband med montering. Pitch-axeln justeras i störst utsträckning för att uppnå optimal avtäckning kring båten. Detta underlättas då M4 låsskruven enkelt kan användas för att snabbt hitta vinkeln som eftersöks och därefter dras M8 skruven åt för att säkra vinkeln ytterligare. Se Bild 11 för en förklaring till texten.

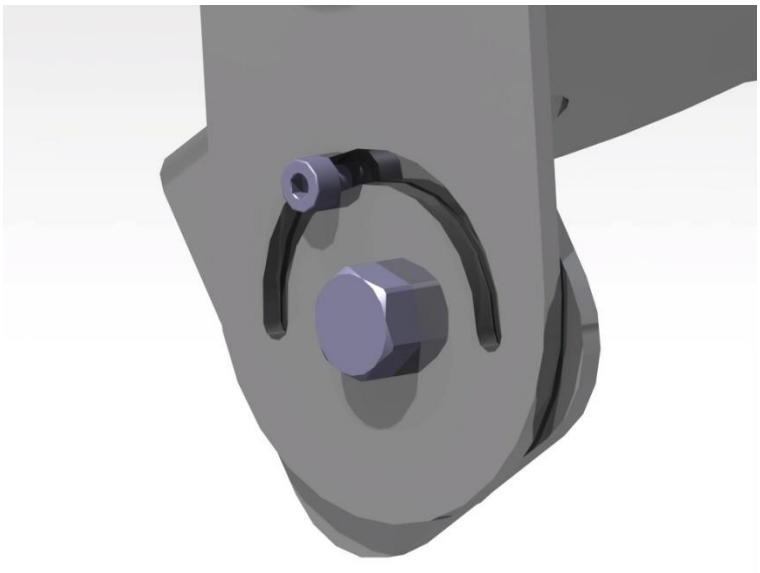


Bild 11 Dubbla låsskruvar mellan universalplatta och universalbotten.

Det slutgiltiga fästet möjliggör montering och placering av sensorerna kring tre axlar för RS helios och två axlar för RS bpearl. Därefter kan väljas om fästet ska monteras på skrovet av båten eller kring en stång. Oavsett placering tillhandahålls nödvändiga frihetsgrader för att

enkelt kunna ställa in sensorn i dess optimala riktning för att minimera antal blindspots runt omkring båten.

4.3.3 3D PRINT

I slutfasen av framtagningen av fästet 3D printades en första prototyp. Detta gjorde det möjligt att fysiskt se hur de olika delarna passade innan slutgiltig prototyp skickades på produktion. 3D printern stämde bra överens med CAD modellen men ett antal förbättringar gjordes efteråt. Förändringarna som gjordes var att sätta noggrannare toleranser, samt att sätta radier istället för raka hörn och vinklar för att underlätta en produktion i stål vid senare tillfälle.

4.3.4 MATERIALVAL

I materialvalet undersöktes det först och främst vilka material som hade egenskaper för att stå emot korrosion då fästena kommer nyttjas i en miljö med saltvatten. Sekundära parametrar var temperaturer, hållfasthet och värmeledning då sensorerna avger en hel del värme vid användning. Valet föll på syrafast rostfritt stål då det har egenskaperna som krävs för att inte korrodera i en saltvattenmiljö. Materialets hållfasthet är mer än tillräcklig för att klara sensorernas vikt och ytterligare påfrestningar. Yttertemperaturerna som kan förekomma utgör inga problem vid användning av rostfritt stål. Värmeledningen anses vara på en rimlig nivå för att klara av sensorernas värmestrålning.

4.3.5 FEM-ANALYS

Enkla FEM-analyser utfördes för universalplattan och universalbotten för att säkerställa att sensorernas vikt inte skulle vara något problem. Simuleringarna utfördes genom att sätta punktlaster och även jämt utspridda laster med vikter upp till fem gånger så mycket av vad sensorerna väger. Förskjutningar och deformationer undersöktes och som störst uppmättes en deformation på 4,99 mikrometer kring ett väldigt smalt område på universalplattan. Testernas resultat var tillfredställande och eliminerade tvivel om hållfastheten på fästena. Därav accepterades tjockleken på stålet och fästena kunde produceras.

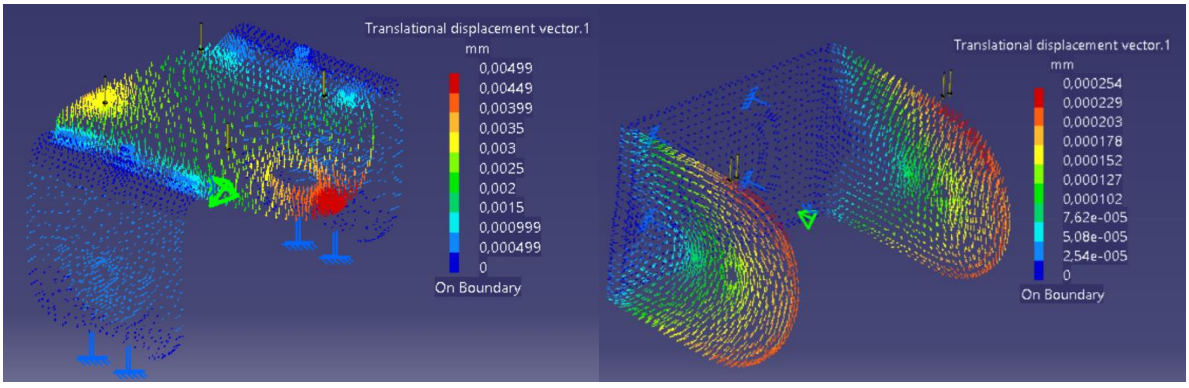


Bild 12 FEM-analys av universalplatta

4.3.6 PRODUKTIONSMETOD

När produktionsmetod skulle bestämmas övervägdes många olika alternativ. Initialt undersöktes möjligheten att tillverka fästena lokalt, dels för snabbare leverans och för att kunna följa arbetet närmre och möjligtvis kunna delta i processen. På grund av svårigheter med att hitta en tillverkare som kunde uppnå de krav vi hade kring fästena beslutades det att ta hjälp av en regelbunden leverantör i Kina som CPAC använt sig av tidigare. Totalt fem kompletta fästen beställdes för möjlighet att montera varje fäste och sensor på den mest optimala platsen.

4.3.7 RITNINGAR

Slutligen gjordes ritningar till samtliga sex delar som fästet består av. Innan ritningarna skickades iväg kontrollerades samtliga toleranser noggrant för att säkerställa att sensorerna skulle passa på fästet. Även vad gäller vissa av delarna i fästet var det noggrant med toleranser för att det skulle fungera som uttänkt. Mest noggrant var passningen mellan universalplattan och universalbotten som var tvungen att vara en spelpassning utan att bli för stort spel. Ytterligare områden för noggrannare toleranser var hålen på universalplattan för att säkerställa att de skulle passa med sensorernas hål-bilder. Resterande mått gavs hyfsat generösa toleranser för att hålla nere produktionskostnaderna. Se bilaga A1-A6 för ritningarna.

4.4 PLACERINGAR

En 3D-modell av den aktuella båten studerades för att skapa en uppfattning om olika positioneringsmöjligheter. För ytterligare förståelse gjordes även ett fysiskt besök av båten. Vid besöket uppmärksammades utrustning som monterats i efterhand såsom räcken, radar, och ankare vilka inte fanns med i den 3D-modell som först studerats. Till följd av detta upptäcktes både förhinder och nya möjligheter till placering. Det största problemet som uppstod var placering i fören på båten.

Bild 13 Bilder på båten från första besöket

Att montera sensorn under peket skulle ge ett omfattande synfält som dock riskerade att rubbas av ankaret då detta tas i bruk. Möjligheter som uppkom istället var montering på räcken runt båten. Det gav möjlighet att placera sensorer vart som helst runt hela båten och fick upp höjd

från skrovsidorna vilket ger något bättre synfält för varje sensor. På plats undersöktes också möjligheter att dra genomgående skruv i skrovet.

Vidare gjordes simuleringar med hjälp av simuleringsprogrammet Blender. I blender matades data för sensorerna in och applicerades på en 3D-modell av båten för att visa en simulering av sensorernas synfält med hänsyn till dess placering och omgivning, i det här fallet endast skrovet.

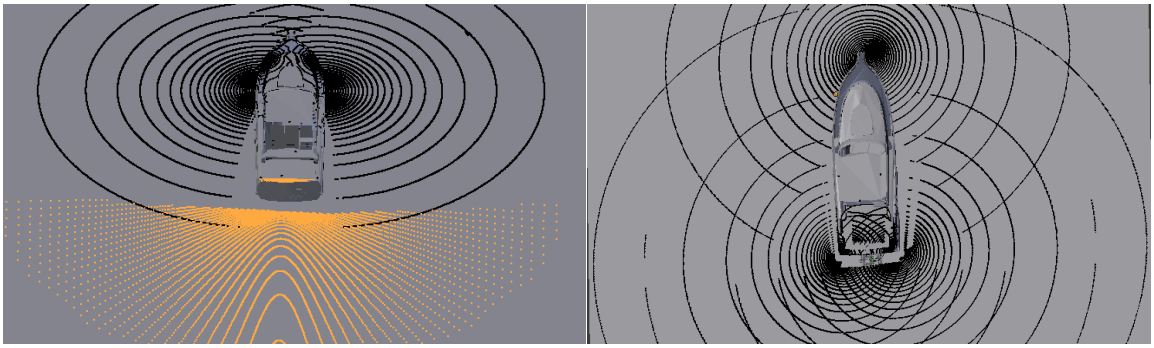


Bild 14 Simulering av sensorernas synfält i Blender

Två scenarios prövades ut. Det ena med två RS Bpearl fram på varsin sida, placerade precis där skrovet börjar avsmalna mot fören, kombinerat med en RS Bpearl i aktern. Det andra med en RS Bpearl längst fram i fören kombinerat med två RS Bpearl i varsitt akterhörn på båten. De båda scenarierna visade sig ge ungefär lika mycket döda vinklar runt om båten.

4.4.1 SLUTGILTIG PLACERING EFTER TESTER

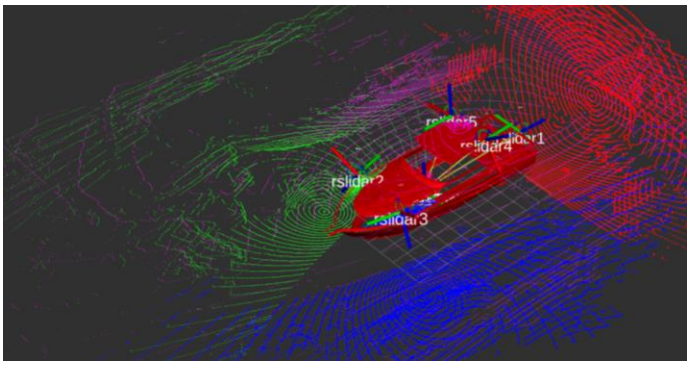
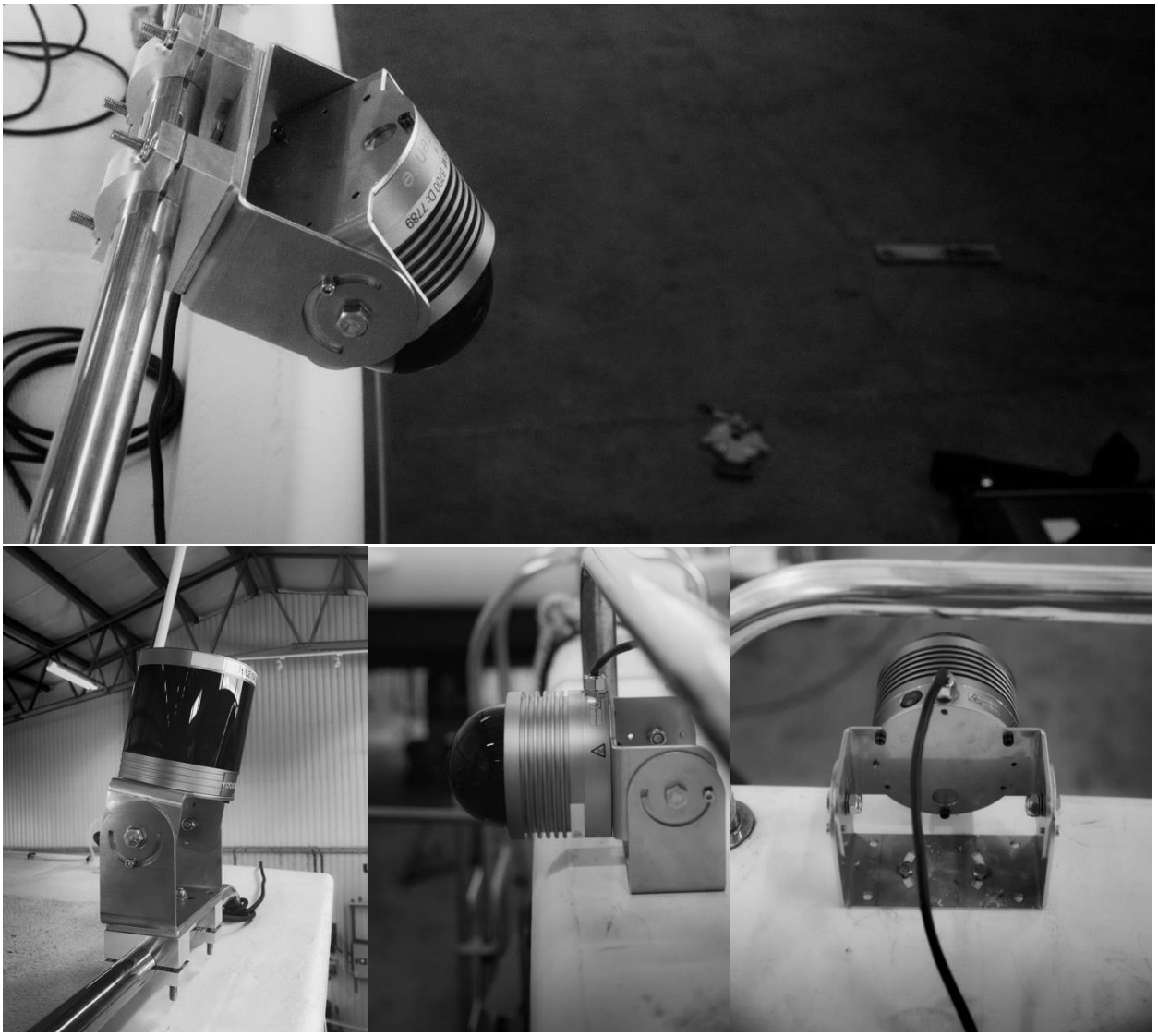


Bild 15 livedata från LIDAR sensorer monterade på en båt. Här står båten i en hall inomhus. Varje färg presenterar synfält för var sin sensor.

Efter att slutgiltig prototyp tillverkats gjordes ett besök på krossholmen där sensorerna testmonterades på båten. Eftersom den aktuella båten har ett ankare i fören och således inte kan ha en sensor där valdes alternativet att sätta två sensorer fram och en bak. Utefter de simuleringar som gjorts tidigare i projektet placerades lösa sensorer på ungefärlig plats för att kunna testa olika positioner i längdled. Sensorerna monterades, en sensor i taget, och livedata bevakades för att hitta optimal placering. Slutligen monterades sensorn med fästet på denna position vilket möjliggjorde testning av olika vinklar. Då båten stod på land placerades stativ ut

runt båten i höjd med vattenytan för att verklighetssimulera sensorernas avtäckning kring båten. Små justeringar gjordes och testades tills önskad avtäckning uppnåddes varefter fästena låstes i sin position.



4.4.2 Montering av den slutgiltiga prototypen

De olika delarna i fästet förbinds ihop med varandra med skruv och mutter. Lämpligen används ett spärrskaft kombinerat med en fast nyckel vid montering. Monteringsgången av själva fästet var något som fanns i åtanke i projektet men som vid utveckling inte gavs mycket tid åt att optimera. Efter testmontering konstaterades att det enklaste sättet att montera ett fäste på ett räcke lämpligen går till på följande sätt. Universalplatta monteras mot universalbotten och förses med skruvförband. Sensor monteras mot universalplatta med hjälp av styrpinnarna på plattan och tillhörande skruvar från robosense. När detta är klart monteras vridplatta med klämma övre samt klämma nedre direkt mot räcket med en lång M6 skruv underifrån så att den försänkta skruvskallen blir jämn med vridplattans yta. När klämma övre/nedre sitter löst med en skruv på

ena sidan görs samma sak på andra sidan av vridplattan. Sedan monteras de sista skruvarna och dras åt jämnt fördelat. Viktigt vid montering av vridplatta på räcke är att skruvförbanden som sen håller vridplatta mot universalbotten måste vara placerade på plats innan montering. Dessa skruvar är för långa för att få in efter att vridplatta är monterad på räcket. Sen monteras hela sensorn med universalplattan mot vridplattan med två skruvförband. För att justera spänningen i klämmorna mot räcket centreras vridplattan så att de fyra hålen i vridplattan är i linje med skruvarna. Med insexnyckel och spärrskaft kan då spänningen ändras.

4.4.3 Diskussion med branscherfarna

Att montera sensorer på båtar är något som fortfarande är nytt inom branschen. Därför var det högst relevant för projektet att föra en dialog med representanter från olika båttillverkare om hur sensorer kan monteras på båtar, både i produktion och som eftermontage. Nedan är en sammanfattning av vad som diskuterades

Efter diskussion med anställd på företaget ansågs största marknaden för att integrera sensorsystemet ligga i nyproduktion. Att montera sensorer i efterhand är svårare och ställer höga krav på varv som då ska montera systemen i efterhand.

De flesta båttillverkare jobbar idag till stor del med 3D-modeller av sina båtar och dess utrustning vilket gör det enklare att i en 3D miljö montera och simulera sensorerna och dess synfält. Därav finns det en poäng i att rita in synfält för respektive sensor i en CAD modell som går att visa och osynliggöra. Båt designern kan då direkt i sin 3D modell hitta placeringar som passar specifikt för sin båtmodell och eventuellt anpassa sin design. Olika båttillverkare erbjuder olika utrustningsmöjligheter till sina modeller. Vikten av designspråket diskuterades också och kåpor togs upp som förslag. Varje båttillverkare skulle kunna ha kåpor som passar deras båtar och på så sätt kan man vänta med installation tills utrustningspaketet för båten är bestämt, något som ofta görs sent in i produktionen. Det gör att båttillverkare kan erbjuda systemet integrerat i sin båtmodell men utan att behöva lägga pengar på att anpassa sin ursprungliga design av själva båten vilket skulle bli en kostnad för tillverkaren.

För att produkten ska kunna installeras och användas i större skala krävs en enkel kalibreringsprocess om helst ingen alls. Lösning på detta måste finnas innan en eventuell produkt når marknaden.

Att fästa sensorer på relingsräcket ses inte som en optimal hållbar lösning för slutanvändare. De hamnar lätt i vägen och kan fastna i tampar och förtöjningslinor. Kvalité och robusthet på räcken kan också variera från tillverkare till tillverkare. Därav ses montering på räcket inte som en komplett hållbar lösning i ett kommersiellt syfte.

5.0 VIDAREUTVECKLING

5.1 KONCEPTUTVECKLING

Enligt tidigare nämnt togs ett koncept fram omgående då tidsramen för arbetet ändrades. Istället för att använda konceptutveckling för att ta fram det slutgiltiga konceptet användes det istället för att undersöka vidareutveckling av projektet. Utifrån kravspecifikationen och funktionsanalysen fortsättes konceptutvecklingen genom brainstorming vilket ledde till en morfologisk matris som låg till grund för konceptkatalogen. Dessa koncept togs fram för att

förhoppningsvis ge inspiration till vidareutveckling av fästet. De betygsattes därefter med hjälp av urvalsmatriser.

5.1.1 BRAINSTORMING

En fri idégenering gjordes i online-verktyget miro. Relevanta funktioner ställdes upp från kravspecen varefter idéer på lösningsförslag skrevs ner på digitala post-it lappar. Här speglas inga detaljlösningar utan övergripande tankar som senare utvärderas till att vara rimliga eller orimliga lösningar.

Bild 16 Brainstorming i online-verktyget Miro

5.1.2 MORFOLOGISK MATRIS

En morfologisk matris ställdes upp för att skapa ytterligare fler systematiska lösningsförslag. Delfunktionerna hämtades från funktionsträdet i 3.3.3

Tabell 4 Morfologisk matris

Delfunktioner		Dellösningar			
		1	2	3	4
A	Tillåta placering på olika ställen på båten	Utbytbara fästen	Justerbara ben	Vinkelbart fäste	
B	Skydda från smuts	Lock	Infällbar	Möjlig att rengöra	Behandlad yta
C	Tillåta underhåll	Enkel konstruktion	Lucka	Inget skal	
D	Reducera resonans/vibrationer	Absorberande material	Mekanisk stabilisering	Vibrationskuddar	Anpassad placering
E	Förhindra vattensamling	Släta ytor	Tät konstruktion	Dränerad	Öppen konstruktion
F	Medge enkel montering	3M tejp	Skruv	Lim	Laminerat i skrov
G	Tillåta termisk prestanda	Ventilationshål	Inget skal	Fläkt	Kylflänsar

Denna matris användes sedan genom att kombinera olika dellösningar och skapa koncept utifrån de nya lösningsförslagen. De nya koncepten genererade i den morfologiska matrisen

presenteras i tabellen nedan med en sifferbeteckning. Teoretiskt medger matrisen 1715 olika lösningsförslag baserat på olika kombinationer. dessa Många av dessa lösningsförslag skulle medföra väldigt lika koncept. Därför presenteras endast ett urval av kombinationer.

Tabell 5 Genererade koncept utifrån morfologisk matris

Delfunktion	A	B	C	D	E	F	G
Koncept:	Dellösning						
Nr.1	1	3	3	1	4	3	3
Nr.2	1	1	1	3	3	2	2
Nr.3	3	2	2	2	3	2	2
Nr.4	2	4	3	3	4	1	4
Nr.5							

5.1.3 KONCEPTKATALOG

Koncept nr.1

Koncept nr.1 är byggt i hårt gummi som hjälper till att absorbera vibrationer från båten. Den är modulär med olika delar som möjliggör montering på olika ytor runt om på båten. Med en öppen konstruktion medger den god ventilation för termisk prestanda, enkel rengöring och underhåll samt att det förhindras vattensamling. Gummifästet limmas ihop och på båten vilket gör att vikten kan hållas nere i och med att skruvförband inte behövs.

Koncept nr.2

Koncept nr.2 motsvarar ett universellt och användarvänligt fäste. För att tillåta placering på olika ställen på båten används en uppsättning av olika kombinationer likt det slutgiltiga konceptet som presenterades i resultatkapitlet. Detta medför att det är möjligt att montera fästet på vilken yta som helst oavsett vinkel samt runt en stång eller liknande. För att skydda mot smuts finns ett skydd som går att fälla upp när sensorn inte brukas. En simpel och luftig konstruktion skall tillåta underhåll för att lätt komma åt kablage eller göra justeringar på fästet. För att minimera vibrationer monteras fästet med en vibrationsdämpande kudde mellan fäste och skrov eller stång. För att förhindra vattensamlingar anpassas fästet så att inga instängda hörn i konstruktion existerar och där det gör borras dräneringshål. Enkel montering tillhandahålls genom att se till att skruvhålen är lättåtkomliga. Genom att inte använda ett skal runt fästet tillåter man fästet och sensorn att kylas och inte stänga in värmen som bildas då sensorn är i bruk. Detta fäste liknar det slutgiltiga koncept som presenterades i resultatkapitlet men med ett extra lock för att skydda sensorn när den inte används.

Koncept nr.3

Koncept nr.3 bygger på en inbyggd konstruktion i form av ett hålrum med en lucka. Vid aktivering av sensorerna fälls dessa ut till rätt position för att sedan fällas in igen när systemet avaktiveras. Detta gör det möjligt att placera sensorerna på ställen som annars kan vara i vägen om de monterats fast. Att fälla in sensorn ger bra skydd mot både slag och smuts och genom att fälla ut sensorerna medges enkelt underhåll. För att förhindra vattensamling i hålrummet är

detta dränerat med dräneringshål. Fästet fälls ut med hjälp av elmotorer och monters med skruv. Fästet går att vinkla i alla led för att i utfällt läge kunna ställa in önskat synfält. Denna inställning görs manuellt vid installation. Eftersom sensorn endast är påslagen när denna är utfälld medges god ventilation och ingen påverkan på den termiska prestandan.

Koncept nr.4

Koncept nr.4 har justerbara ben likt konceptet till höger i bild2 som gör det möjligt att montera på ojämna ytor och olika höjder. Sensorn behandlas med en skyddsfilm som gör att smuts och vatten rinner av och gör att sensorn inte behöver rengöras vilket tar bort behovet av att bygga in sensorn och tillåter på så sätt enkelt underhåll samtidigt som vattensamlingar förhindras. De justerbara benen fästes med dubbelhäftande tejp på vibrationskuddar för att motverka vibrationer som kan påverka funktionen negativt.

5.1.4 ELIMINERINGSMATRIS

I elimineringsmatrisen jämfördes samtliga koncept mot kraven. Även den slutgiltiga och den avfärdade prototypen som togs fram innan konceptutvecklingsstadiet utvärderades för att få en inblick i hur det jämför sig med de koncepten framtagna genom den morfologiska matrisen. Detta resulterade i att en av de första prototyperna som togs fram eliminerades vilket styrkte beslut att vidareutveckla konceptet som kom att bli den slutgiltiga prototypen. Utöver detta så uppfyllde ytterligare två koncept kravspecifikationen. Koncept nr.1 och nr.2.

Tabell 6 Elimineringsmatris

Elimineringsmatris							
Koncept:	Uppfyllande av kravspecifikation						Resultat:
	Krav 1	Krav 2	Krav 3	Krav 4	Krav 5	Krav 6	
Slutgiltig prototyp	+	+	+	+	+	+	+
Avfärdad prototyp	+	+	+	+	+	-	-
nr1	+	-	+	-	-	-	-
nr2	+	+	+	+	+	+	+
nr3	+	+	+	+	+	+	+
nr4	-	+	+	+	+	-	-

5.1.5 PUGHMATRIS

Nedan presenteras de koncept som uppfyllde alla krav i elimineringsmatrisen i en pughmatris. Som referens sattes den slutliga prototypen eftersom den är mest relevant att jämföra med. Den slutgiltliga prototypen kallas här *alternativ I*. Det andra konceptet som gick vidare, koncept nr.2, kallas här *alternativ II*. På samma sätt kallas det tredje konceptet som gick vidare från elimineringsmatrisen, koncept nr.3, för *alternativ III* i pughmatrisen. *Alternativ II* ansågs bättre på två punkter, *skydda från smuts* och *reducera resonanser/vibrationer i mekaniken. Alternativ III*

ansågs bättre på totalt 4 kriterium och sämre på 3. Det resulterar i att *alternativ III* fick ett nettovärde 1 medan *Alternativ II* fick ett nettovärde 2. Trots att *alternativ II* fick ett högre nettovärde valdes det att gå vidare med alla alternativ.

Tabell 7 Pughmatris

Kriterium:	Alternativ		
	I(ref)(slutgiltig prototyp)	II (nr2)	III(nr3)
Skydda från smuts	REFERENS	+	+
Tillåta underhåll		0	0
Medge stöldsäkerhet		0	+
Medge enkel montering		0	-
Förhindra vattensamling		0	-
Vara estetiskt tilltalande		0	+
Vara prisvärd		0	0
Reducera resonanser/vibrationer i mekaniken		+	+
Undvika kalibrering vid sensorbyte		0	0
Medge hållfasthet		0	0
Tillåta placering på olika ställen på båten		0	-
Tillåta olika klimat		0	0
∑ +		2	4
∑ 0		10	5
∑ -		0	3
Nettovärde		2	1
Rangordning		1	2
Vidareutveckling?		ja	ja

5.1.6 KESSELRINGSMATRIS

I nästa matris viktades alla kriterium med en faktor 1-5 där 5 är av störst vikt. *Tillåta underhåll* viktades högst med faktor 5 medans stöldsäkerhet och pris inte ansågs vara lika viktigt och viktades lägst med faktor ett. *Alternativ I* fick högst poäng på underhåll och enkel montering vilket speglar syftet med den slutgiltiga prototypen som var avsedd för testning. *Alternativ I* fick totalt 75 poäng, *alternativ II* 76 poäng och *alternativ III* 79 poäng utav 120 möjliga.

Tabell 8 Kesselringsmatris

Kesselring		Alternativ							
		Ideal		I(Slutgiltlig prototyp)		II (nr2)		III(nr3)	
Kriterium:	w	v	t	v	t	v	t	v	t
Skydda från smuts	2	5	10	1	2	4	8	5	5
Tillåta underhåll	5	5	25	5	25	4	20	3	15
Medge stöldsäkerhet	1	5	5	3	3	3	3	5	15
Medge enkel montering	4	5	20	4	16	3	12	2	8
Förhindra vattensamling	2	5	10	5	10	5	10	3	15

Vara estetiskt tilltallande	3	5	15	2	6	2	6	4	8
Vara prisvärd	1	5	5	3	3	3	3	2	6
Reducera resonancer/vibrationer i mekaniken	2	5	10	1	2	3	6	3	3
Undvika kalibrering vid sensorbyte	4	5	20	2	8	2	8	2	4
T		120		75		76		79	
Ranking				3		2		1	

5.2 SKYDD AV SENSORER

Att skydda sensorerna definierades tidigt i kravspecifikationen som ett högt viktat önskemål. Det var även en del av det ursprungliga syftet med projektet. Som en förbättringsmöjlighet av fästet har därför en simpel prototyp tagits fram för att simulera hur ett möjligt skydd hade kunnat integreras på fästet. Detta skydd är inspirerat likt ett visir på en ishockeyhjälm. Tanken är att undvika att ha sensorn som yttersta punkt när inte sensorn används. Genom att fälla fram visiret undviks på så sätt att stötar och slag från andra föremål träffar sensorns lins. Till vänster i bild xx demonstreras det hur visiret kan fällas undan vid användning av sensorn. I tankarna kring detta koncept har det även diskuterats hur man hade kunnat integrerar en simpel motor för att automatisera förflyttningen av visiret. Samt att tillverka ett mer omslutande visir för att även täcka bättre mot smuts på linsen.

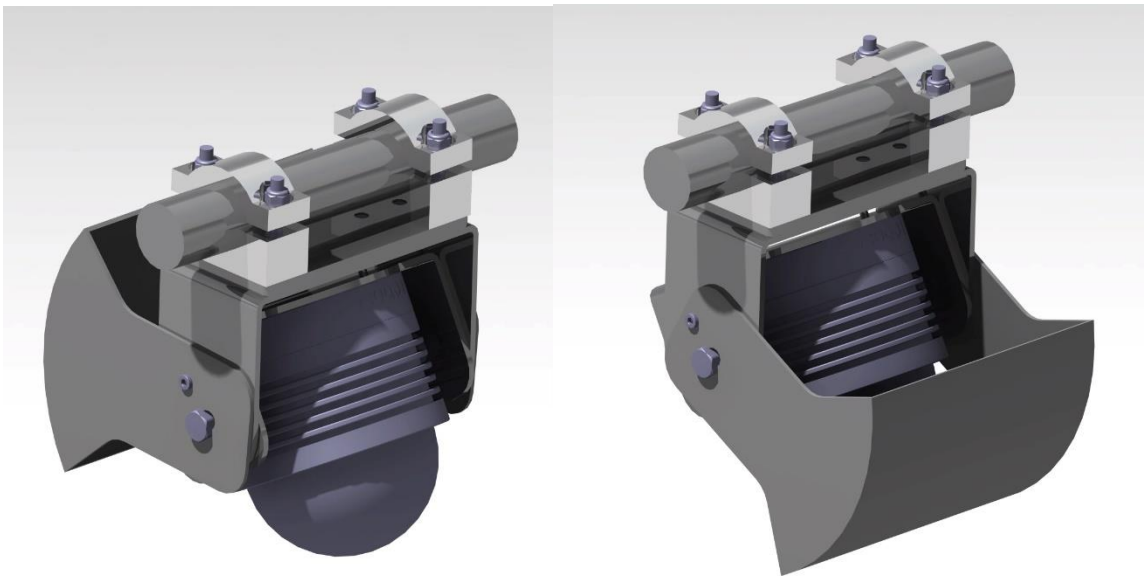


Bild 17 Enklare skydd för sensorn

6.0 DISKUSSION

6.1 UPPFYLLANDE AV SYFTE

Då tidsramen för arbetet ändrades prioriterades det att så snabbt som möjligt utveckla en monteringslösning för att kunna sätta sensorer på en båt. Då fokus huvudsakligen lades på att göra fästet så justerbart som möjligt för att enkelt kunna montera sensorerna i valfri riktning blev funktioner som skydd och enkel montering sekundärt. Senare i arbetet när urvalsmatriser

tillämpades i syfte att förhoppningsvis förbättra den slutgiltiga produkten blev det tydligt att vissa krav som tidigare ställts upp hade lagts åt sidan till förmån för en snabbare produktion genom att ta fram ett simplare fäste. De punkter som återkom i elimineringsmatriserna på de vinnande koncepten innehöll skydd av sensorerna, någon typ av vibrationsdämpande lösning samt en mer estetiskt tilltalande design. Hade mer tid tillhandahållits hade även mer fokus kunnat läggas på att simplifiera den primära monteringen av sensorerna. Vidare om produkten hade varit tänkt att riktas mot slutkund hade andra krav ställts upp och viktningen i kravspecifikationen hade prioriterats annorlunda. Större vikt hade i ett sådant fall lagts på områden som design och pris för att kunna matcha marknaden som finns idag.

Tanken med detta arbete var att i samråd med företaget framställa ett fäste genom de produktutvecklingsmetoder som spelat en central roll i maskinteknikprogrammet. Att använda dessa metoder i efterhand för att förbättra en produkt var en ny erfarenhet. Detta visade sig trotts allt vara givande för projektets utveckling då det ledde till en hel del potential att vidareutveckla fästena. Även jämförelsen av det slutgiltiga fästet jämfört med de senare framtagna koncepten genom beslutmatriser gav en givande input. Det visade sig att det även är fullt rimligt att utveckla produkter utan dessa matriser endast baserat på en förundersökning och en solid kravspecifikation.

6.2 Oklarheter

Vid monteringen av sensorerna insågs det fort svårigheterna med att få optimal avtäckning med det placeringskoncept och antal sensorerna som beslutats att användas. Framförallt gällde det avtäckningen för RS helios sensorerna som monterades på taket av båten, dessa fick inte det synfältet som var förväntat. Det väckte tankar om det endast var på testbåten detta var ett problem eller om samma skulle gälla på andra båtar. På båtar med liknande tak som testbåten vilket man kan säga är relativt platt utan en tydlig högsta punkt, kan det därför behöva kompletteras med ytterligare någon slags konstruktion för att få en högre placering av sensorerna. Med största sannolikhet kommer det därför krävas hyfsat skräddarsydda lösningar till olika båtmodeller om det i framtiden blir aktuellt med denna typ av sensorer på båtar. Dock anses inte detta vara något problem med ett fäste likt slutprodukten då det är så pass universellt att det kan monteras på många olika sätt. Även designfrågan är något med viss oklarhet. Om båtar inte designas från början med förberedelser för att ha ett sensorsystem integrerat på båten kan en installation i efterhand påverka båtens utseende negativt samt att kabeldragning för sensorerna kan bli ett problem. Det kommer med andra ord att krävas ett samarbete mellan båttillverkare och företaget i fråga i detta fall för att utarbeta en lösning som är kostnadseffektiv och designmässigt snygg. Både för implementering i båtbyggarstadiet såväl som för montering i efterhand.

I arbetets tidiga stadie fanns en ambition att testa sensorernas känslighet mot den marina miljön. Då båten stod på land vid tidpunkten då sensorerna monterades uteblev saltvattentesterna vilket lämnar ovisshet kring hur de kommer att påverkas i en marin miljö. Detta gör det också svårt att bestämma huruvida nödvändigt det är ett skydd linsen alternativt hur mycket underhåll som krävs för att hålla linsen på sensorn ren från torkat saltvatten.

6.3 Insikter

En positiv del av arbetet har varit kombinationen av det teoretiska med de praktiska och konkreta momenten. Att få fullfölja en produktutveckling från start till slut. Från idéer till en

konkret produkt som fyller ett verkligt syfte. Extra givande var det även att få utföra installationen av sensorfästena själva och vara en del av kalibreringen. På så sätt fick sensorns funktioner som hade utarbetats och genomtänkts under en längre tid upplevas personligen. Monteringen av fästena var också givande att utföra själva då det snabbt sågs förbättringspotential för vissa av monteringslösningarna. Förslagsvis kunde det vara svårt att ändra sensorfästets vinkel runt en av yaw, roll eller pitchaxlarna utan att först behöva ändra vinkeln runt en annan axel då fästet blockerade vissa skruvhål av sig själv. Detta kunde bidra till att kalibrering i vissa fall behövdes göras om. Det kunde även vara svårt att i vissa vinklar komma åt med verktyg på ett smidigt sätt. Detta och liknande problem är definitivt något som gett erfarenhet till möjliga framtida projekt. Dessa insikter hade inte upptäckts utan medverkandet i monteringen. Bara att få se fästena i verkligheten och få ett komplett helhetsintryck bidrog också till insikter i hur CAD-konstruerade produkter blir i verkligheten. Betydelsen av att undvika vassa kanter och hellre utnyttja radier i konstruktioner samt att vara noggrann med toleranser var något som blev väldigt tydligt när fästena hade tillverkats.

7.0 SLUTSATS

För att ta fram det optimala sensorfästet krävs det ett välanpassat fäste med goda justeringsmöjligheter för att tillhandahålla de många behoven hos de avancerade Lidar-sensorerna. Arbetet har huvudsakligen undersökt hur sensorerna skall placeras ut för full täckning runt om båten, hur man skapar en justerbar monteringsanordning samt om en skalbar lösning an hittas till olika båtstorlekar. Detta är baserat på frågeställningen som arbetet baserats på.

Hur placeras sensorer för att ha full täckning runt om en hel båt?

Optimal avtäckning runt båten kan åstadkommas på olika sätt med olika placeringar. Det koncept som undersökts och bedömts vara tillräckliga bygger på att tre shortrange-sensorer används. Antingen två i fören och en i aktern eller omvänt, alltså en i fören och två i aktern. Ytterligare ett koncept togs fram vilket innebär att två longrange-sensorer monteras på en hög punkt nära mitten av båten och riktas utåt långsidorna. Alternativen med tre shortrange-sensorer var det bättre alternativet för båtmodellen som användes i testerna.

Hur skapas en monteringsanordning som är så justerbar som möjligt?

En justerbar monteringsanordning har skapats genom att ta fram ett fäste bestående av flera delar som kan tas bort och läggas till beroende på vart på båten fästet ska monteras. Fästet tillåter montering båda på skrov och stänger på båten. Efter att platsen för sensorn valts kan optimal vinkel ställas in tack vare justerbara leder mellan de komponenter som fästet består utav. Detta gäller oavsett om fästet är placerat på skrovet eller på en stång.

Kan en skalbar lösning hittas som går att anpassa till olika båtars storlek?

Under projektets gång visade det sig att utmaningen med att montera sensorer på olika typer av båtar inte påverkas av båtens längd huvudsakligen utan är mer är begränsat av geometri och utseende. Så länge båtarna inte är längre än shortrange-sensorernas räckvidd är den huvudsakliga utmaningen att identifiera placeringar som tillhandahåller tillräckligt synfält. Då det är svårt att säga exakt vart på varje båtmodell sensorer möjligen kan placeras går det ungefär

att specificera. I slutändan är det däremot av mest vikt att ha ett så justerbart och anpassningsbart fäste som möjligt för att kunna montera på lämpligast plats oavsett geometrier på båten.

För framtida vidareutveckling av detta koncept skulle det vara väsentligt att undersöka specifika båtmodeller för att erhålla en mer integrerad lösning. Även att föra en diskussion med båttillverkare för att få produkterna installerad i ett tidigt stadie av produktionen. En skyddslösning i form av en lucka eller liknande skulle bidra till en bättre produkt och möjligtvis även mer estetiskt tilltalande. Vidare skulle även ett vibrationsdämpande material kunna bidra till mindre störningar i mätningar. Även den befintliga kombinationen av aluminium och rostfritt stål skulle behöva ändras för ett mer långsiktigt bruk så aluminium agerar som offeranod för stålet. För att få en bredare uppfattning av placeringsmöjligheter hade en omfattande undersökning av möjligheter på andra båtmodeller banat väg för en framtida utveckling.

9.0 REFERENSER

Castelluccio, M. (2018). *Tesla's Autopilot Seen through the Windshield. Strategic Finance.* Hämtad från Tesla's Autopilot Seen through the Windshield - Strategic Finance (sfmagazine.com)

Johannesson, H., Persson, J-G. & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling* (2. uppl.). Stockholm: Liber.

Ionescu, H. (2010). 6 degrees of freedom [Digital bild]. Hämtad 2021-05-04, från File:6DOF en.jpg - Wikimedia Commons

Nationalencyklopedin, *radar*. Hämtad 2021-05-18 från http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/radar

New electronics. (2010). *An introduction to ultrasonic sensors for vehicle parking.* Hämtad 2021-05-18 från An introduction to ultrasonic sensors for vehicle parking (newelectronics.co.uk)

Raymarine (2021). *DockSense Alert - Assisted Docking System.* Hämtad 2021-02-08 från Raymarine DockSense Alert - Assisted Docking System | Marine Electronics by Raymarine

Robosense. (2020). *RS-Bpearl User Guide*. Hämtad 2021-03-05 från https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiw6eCbp9PwAhVCEncKHY4tBDQQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.roscomponents.com%2Fen%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D410&usg=AOvVaw2rugt-SQW5s9bR045IN7tG

Robosense. (2020). *RS-Helios User Guide*. Hämtad 2021-03-05 från https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiw6eCbp9PwAhVCEncKHY4tBDQQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.roscomponents.com%2Fen%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D410&usg=AOvVaw2rugt-SQW5s9bR045IN7tG

[redacted]

Tesla. (2021). *Framtidens körning*. 2021-02-08 Hämtad från Autopilot | Tesla Sverige

Transportstyrelsen (2014). *Fartygsradar.* Hämtad 2021-05-18 från

Fartygsradar - Transportstyrelsen

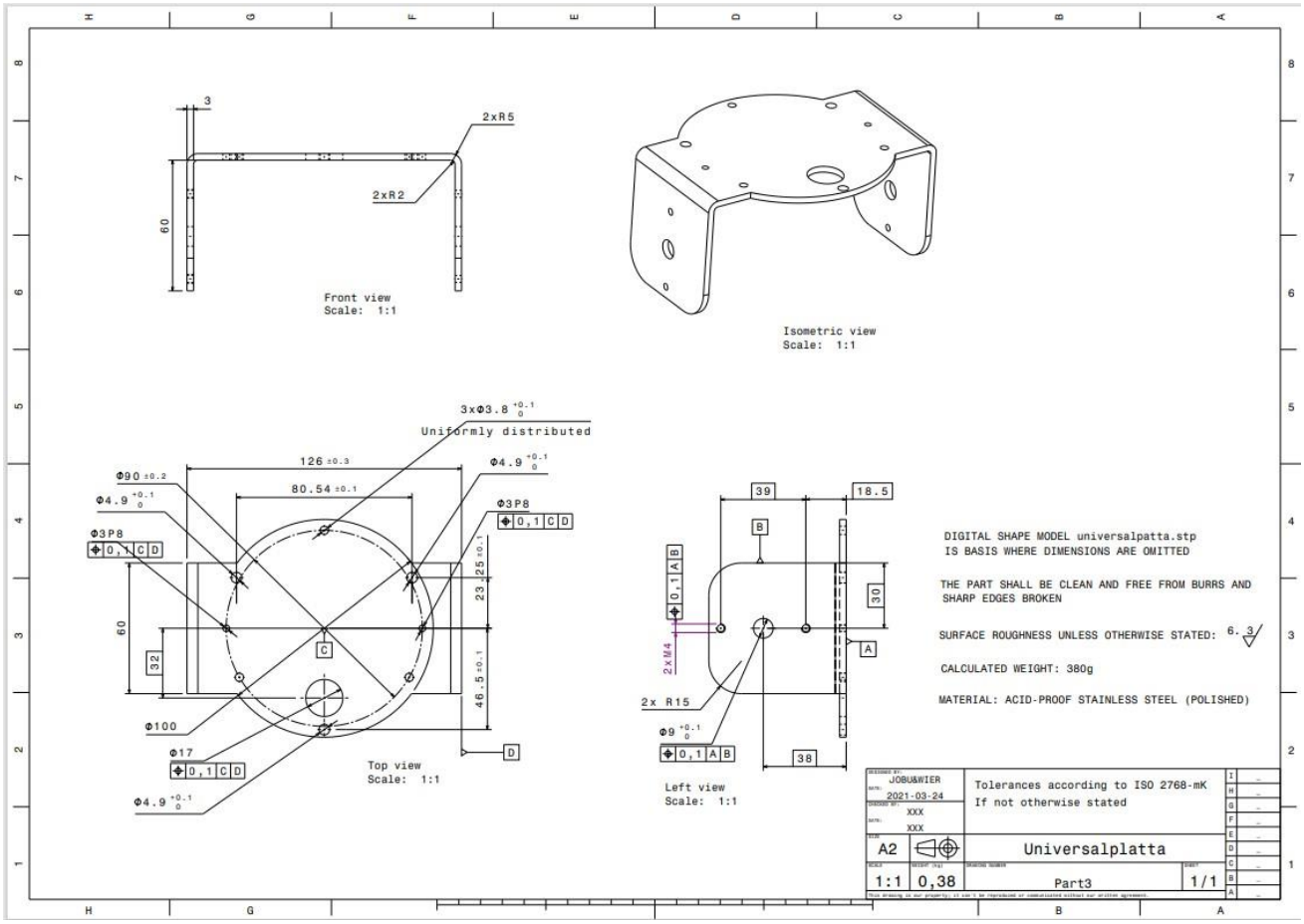
[redacted]

Yacht View (2021). *The Yachtview360° System 360°Panoramic view.* Hämtad 2021-02-08 från: Home » Yachtview 360°

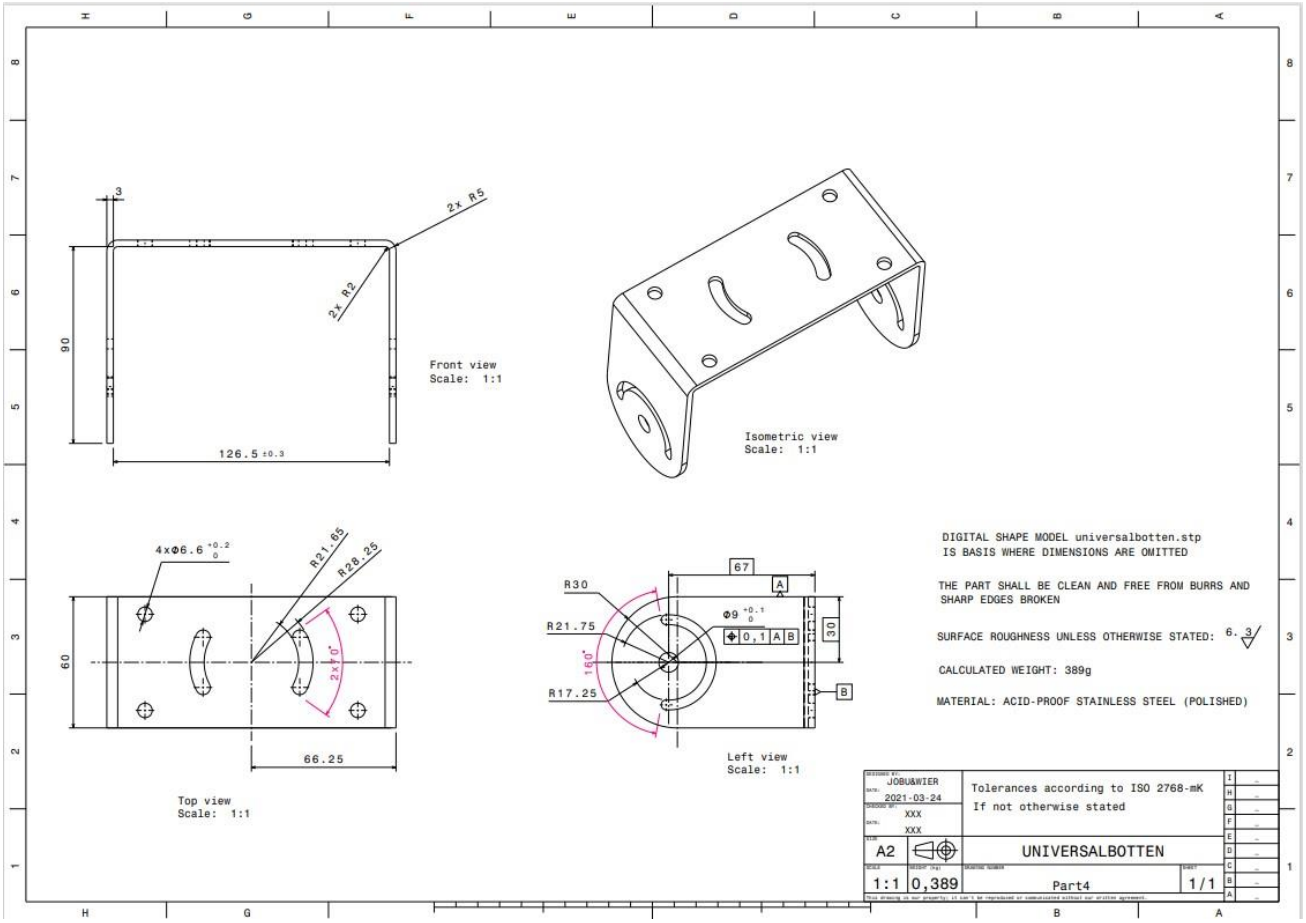
Yaowen, PP perception_detailed.pptx (sharepoint.com)

A BILAGOR

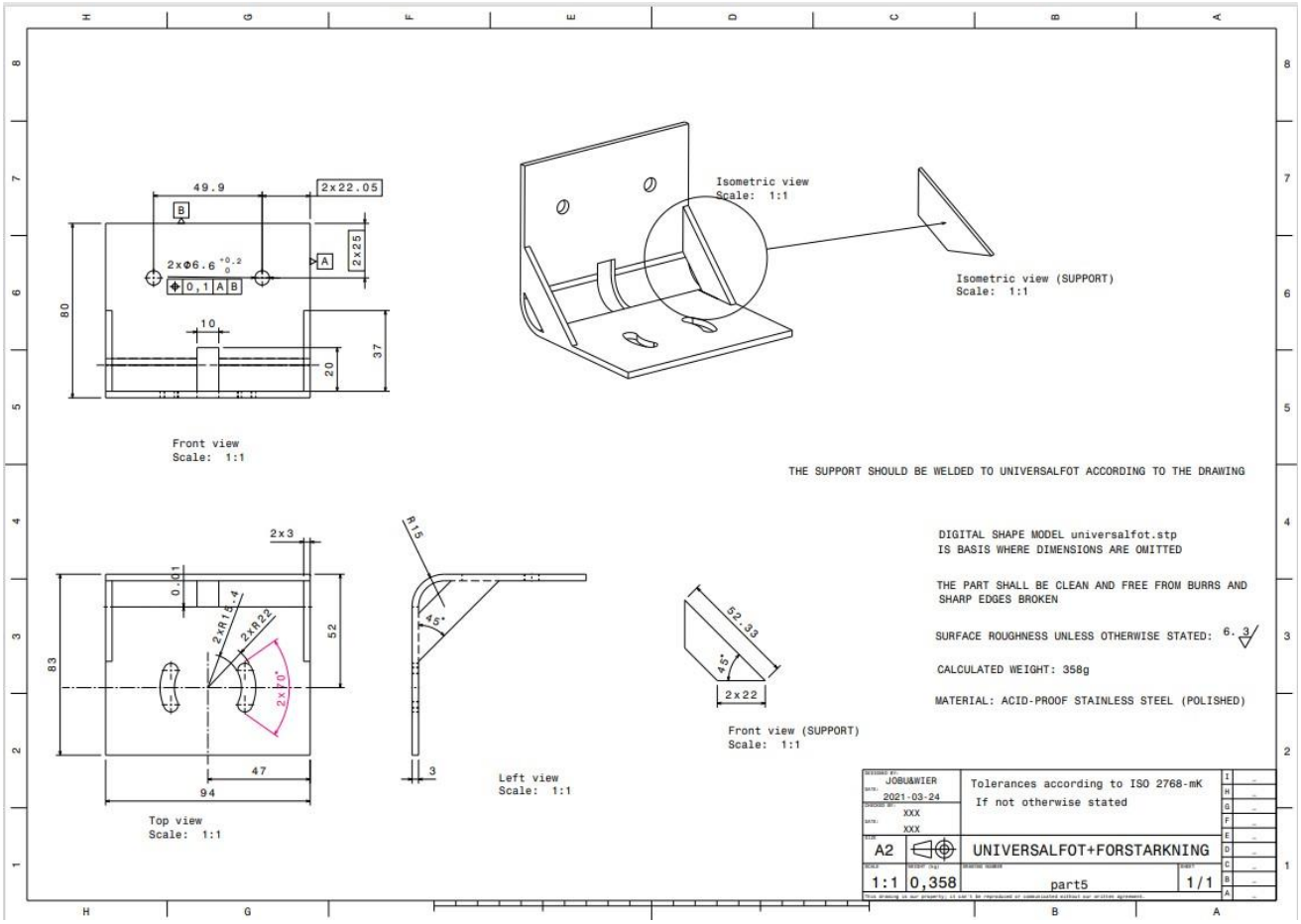
A.1 RITNING UNIVERSALPLATTA



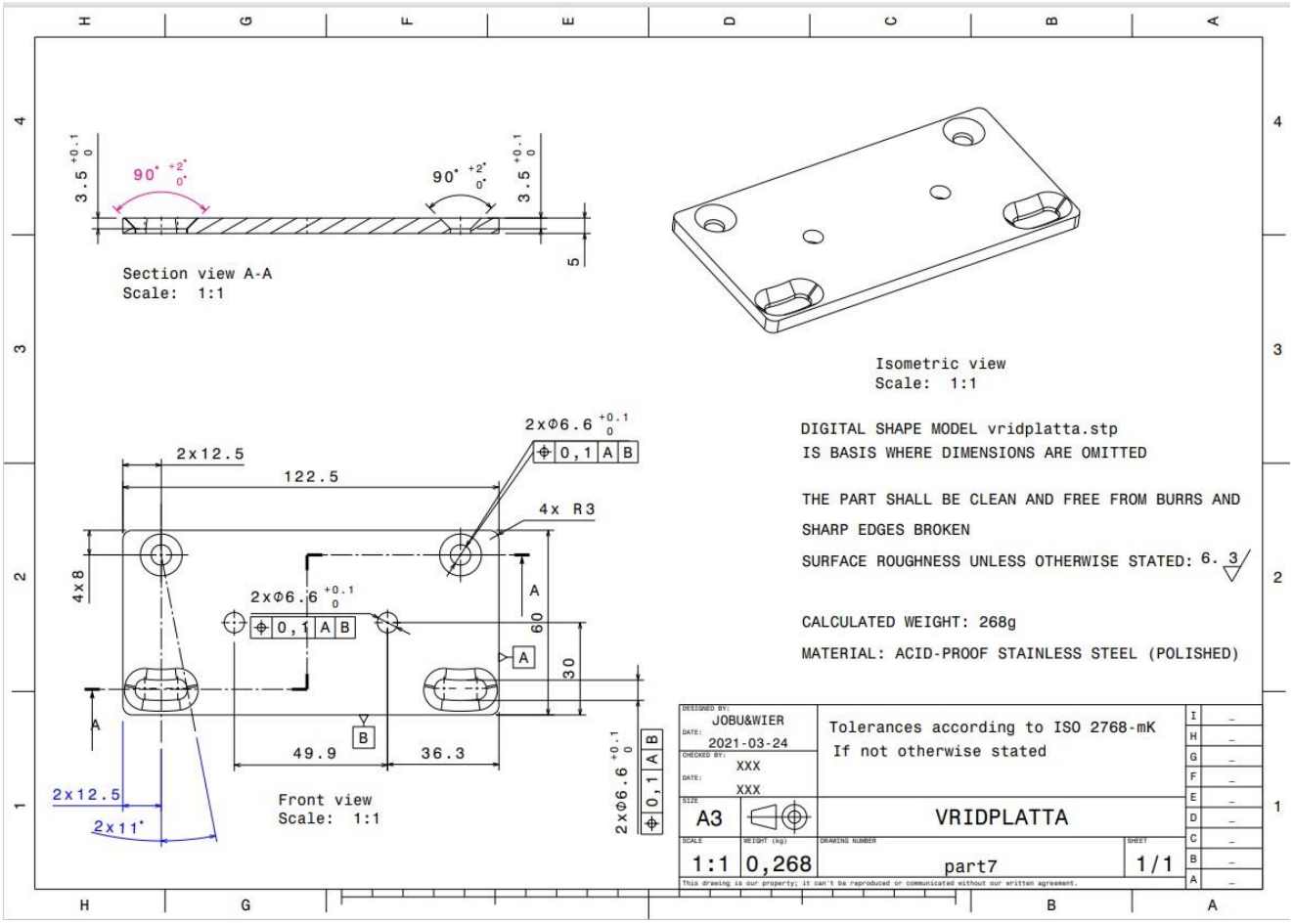
A.2 RITNING UNIVERSALBOTTEN



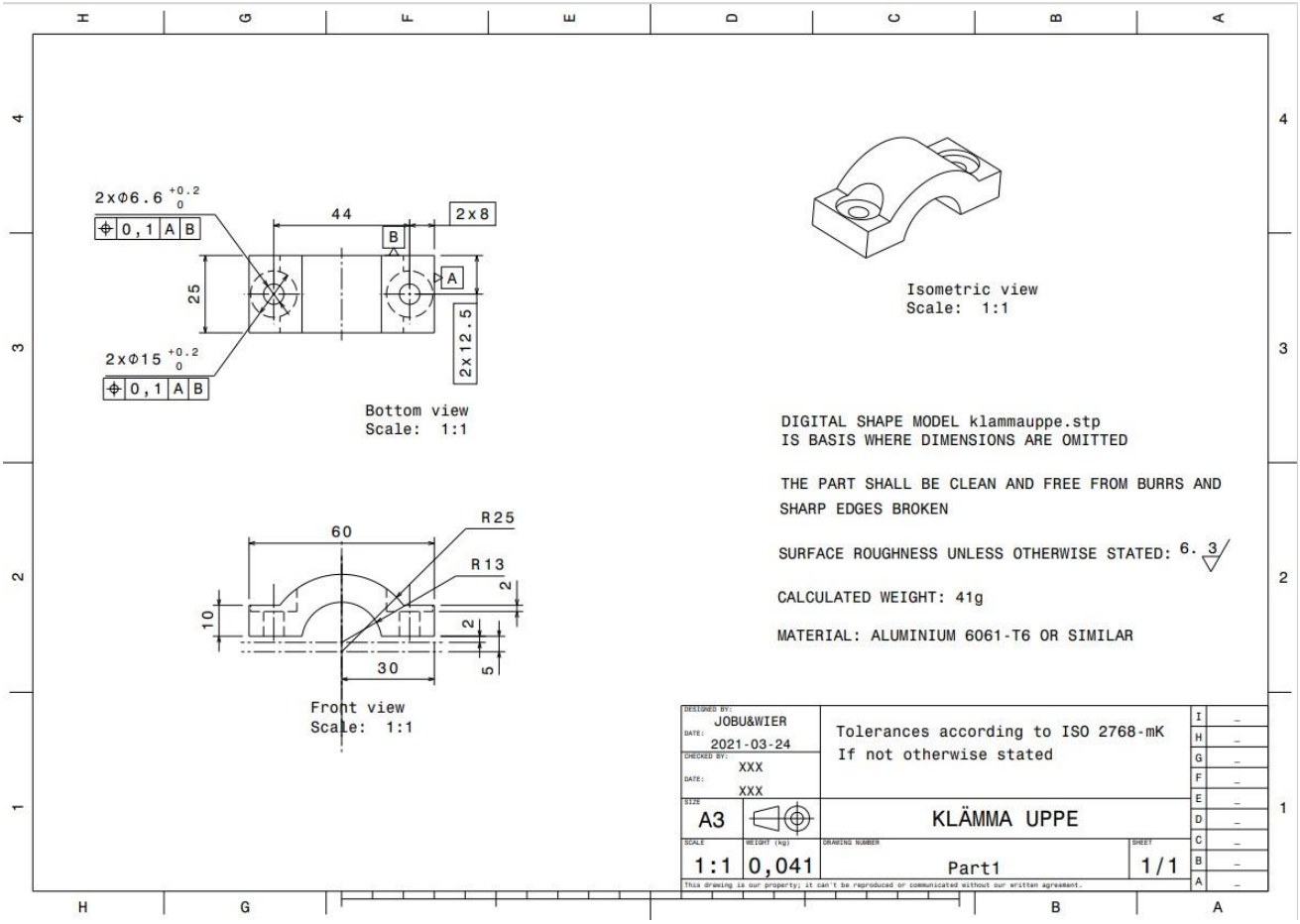
A.3 RITNING UNIVERSALFOT



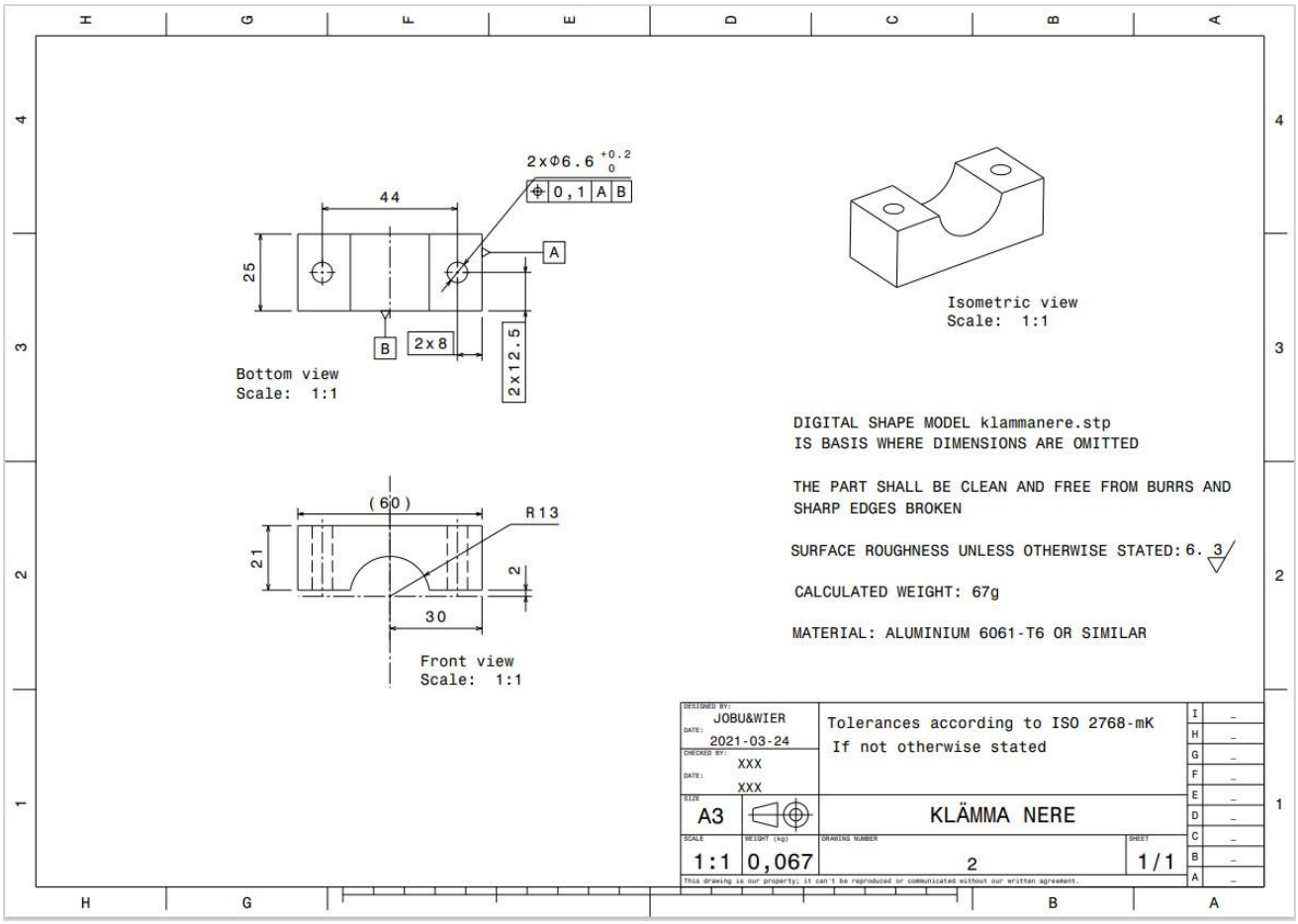
A.4 RITNING VRIDPLATTA



A.5 RITNING KLÄMMA UPPE



A.6 RITNING KLÄMMA NERE



INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

CHALMERS