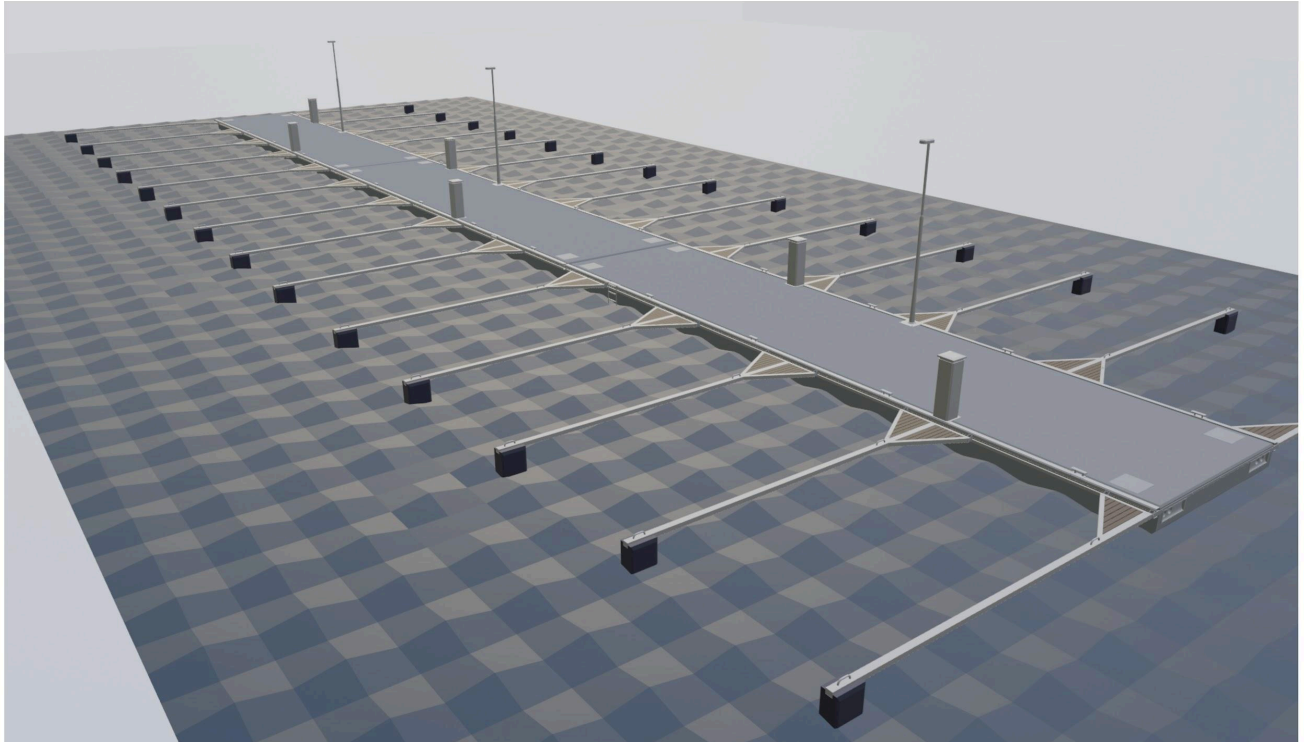




CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Design för ökad flexibilitet av betongpontoner i marinor

Utveckling av produktkoncept för användarvänliga
bryggor

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design och Produktutveckling

Anton Lehti & William Sander

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

Design för ökad flexibilitet av betongpontonier i marinor

Anton Lehti & William Sander

Department of Industrial and Materials Science
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Göteborg, Sweden 2025

Design för ökad flexibilitet av betongpontoner i mariner

Anton Lehti & William Sander

© Anton Lehti och William Sander, 2025.

**Department of Industrial and Materials Science
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000**

Omslag: Rendering av slutkoncept i konfiguration med Y-bommar.

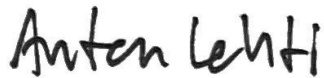
Förord

Denna rapport är en redogörelse för examensarbetet “Design för ökad flexibilitet av betongpontoner i marinor”, utfört av studenterna Anton Lehti och William Sander på programmet “Design och Produktutveckling” hos Chalmers tekniska högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng, och genomfördes under vårterminen år 2025 på uppdrag av SF Marina.

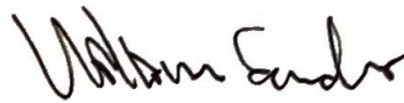
Vi vill rikta ett stort tack till SF Marina för ett varmt välkomnande, och ett stort tack till William Sigvardsson som i egenskap av handledare har stöttat oss genom arbetet.

Vi vill även ge ett stort tack till vår examinator och handledare Olof Wranne, vars vägledning har varit mycket värdefull och uppskattad.

Detta arbete har varit mycket lärorikt och roligt för oss båda. Att få möjlighet att tillämpa de kunskaper vi tagit med oss från vår tid på Chalmers inom en bransch som var ny för oss gav ett mycket givande och intressant avslut på utbildningen. Tack!



Anton Lehti
Göteborg 2025



William Sander
Göteborg 2025

Sammanfattning

Dagens design av SF Marinas betongpontoner medför att underhåll av el- och vattenförsörjning samt ändringar i konfigurationen av pontonens tillbehör är omständliga. Att gjuta in kanaler för kablar och vattenledningar, samt att skräddarsy varje ponton för exempelvis placeringen av pollare, innebär också ökade tillverkningskostnader. Målet med detta arbete är att utveckla ett produktkoncept i syfte att öka flexibiliteten och användarvänligheten av pontonerna, medan deras tillverkningsprocess förenklas och viktiga funktioner bibehålls.

Arbetet inleds med en förstudie, där användningen av nuvarande produkt observeras och båtägare och personal i marinor intervjuas. Beräkningar av dimensionerande lastfall utförs, och konceptkrav specificeras utifrån beräkningarna och insikter från förstudien. Idéer för ett koncept genereras, delösningar från olika idéer kombineras, och ett konceptval görs genom att utvärdera de resulterande kombinationerna. Konceptets komponenter vidareutvecklas sedan för att öka deras funktionalitet och möjliggöra deras tillverkning.

Det slutliga konceptet innefattar en lösning bestående av en aluminiumprofil som monteras på pontonens sida. Lättåtkomligt i dess övre utrymme löper el- och vattenledningar, medan pollare och Y-bommar kläms fast och kan flyttas i sidled oberoende av varandra, vilket möjliggör flera olika konfigurationer. Denna lösning ökar därmed flexibiliteten och minskar arbetet som krävs för att förändra pontonens utformning, samtidigt som tillverkningen förenklas genom att eliminera behovet av ingjutna kanaler i betongen.

Design for increased flexibility of concrete pontoons in marinas

Anton Lehti & William Sander

Department of Industrial and Materials Science

Chalmers University of Technology

Abstract

Due to the current design of SF Marina's concrete pontoons, maintenance of cables and water lines as well as changes to the configuration of pontoon accessories are cumbersome. Casting channels for cables and water lines, as well as customizing each pontoon for features such as the placement of mooring bollards, also leads to increased manufacturing costs. The goal of this thesis is to develop a product concept resulting in increased flexibility and user-friendliness of the pontoons, while simplifying their manufacturing process and maintaining essential functions.

The work begins with a preliminary study, during which the use of the current product is observed, and boat owners and marina staff are interviewed. Calculations of critical load cases are made, and concept requirements are defined based on these calculations as well as insights from the preliminary study. Concept ideas are generated, partial solutions from different ideas are combined using a morphological matrix, and a concept is selected by filtering the resulting combinations using a PNI-method. The concept's components are then further developed to increase their functionality and enable their manufacture.

The final concept involves a solution consisting of an aluminum profile, mounted on the side of the pontoon. Cables and water lines run through an easily accessible space, while mooring bollards and mooring booms are clamped on and can be moved sideways independently of each other, enabling several different configurations. This solution thereby increases flexibility and reduces the effort required to modify the pontoon's layout, while also simplifying manufacturing by eliminating the need for cast-in channels in the concrete.

This report is written in Swedish.

Key words: product design, marina design, marine structures, concrete pontoons, mooring solutions, recreational boats

Innehållsförteckning

Ordlista.....	1
1 Inledning.....	3
1.1 Bakgrund.....	3
1.2 Syfte och mål.....	3
1.3 Avgränsningar.....	3
1.4 Arbetets intressenter.....	4
1.5 Problemformulering.....	4
2 Teoretisk referensram.....	5
2.1 SF Marina.....	5
2.2 Båtagare.....	5
2.3 Marinor.....	6
2.4 Förtöjning av fritidsbåtar.....	6
2.5 Material i marina miljöer.....	7
2.5.1 Betong.....	7
2.5.2 Metaller.....	8
2.5.3 Trä.....	8
2.5.4 Plast.....	8
2.6 Nuvarande produkt.....	9
2.7 Regelverk och standarder.....	10
3 Metoder och genomförande.....	11
3.1 Observationer.....	11
3.2 Funktionsanalys av nuvarande produkt.....	11
3.3 Semistrukturerade intervjuer.....	11
3.3.1 KJ-analys.....	11
3.4 Användarscenario.....	11
3.5 Lastberäkningar.....	12
3.6 Kravspecifikation.....	12
3.7 Idégenerering.....	12
3.8 Morfologisk matris.....	12
3.9 PNI.....	13
4 Resultat.....	14
4.1 Observationer.....	14
4.2 Funktionsanalys av nuvarande produkt.....	15
4.3 Intervjuer och KJ-analys.....	16
4.3.1 Förtöjning.....	17
4.3.2 Säkerhet.....	18

4.3.3 Tillförsel av el och vatten.....	18
4.3.4 Flexibilitet.....	18
4.5 Användarscenarion.....	19
4.6 Lastberäkningar.....	20
4.6.1 Beräkning av förtöjningslaster.....	20
4.6.2 Beräkning av kollisionsslaster.....	27
4.7 Kravspecifikation.....	29
4.8 Utveckling av koncept.....	31
4.8.1 Generering av idéer och koncept.....	32
4.8.2 DFM och Materialval.....	41
4.8.3 Morfologisk matris.....	42
4.8.4 PNI och Konceptval.....	45
4.9 Vidareutveckling av valt koncept.....	46
4.9.1 Konstruktion av profil.....	46
4.9.2 Konstruktion av övriga komponenter och tillbehör.....	50
4.10 Slutgiltigt koncept.....	54
5. Diskussion.....	58
5.1 Reflektion över användarstudier.....	58
5.2 Reflektion över designprocessen.....	58
5.3 Projektets begränsningar.....	58
5.4 Utvärdering av slutligt koncept.....	59
5.5 Rekommendationer för framtida arbete.....	60
5.6 Analys av konceptets resulterande koldioxidutsläpp.....	61
5.7 Etiska konsekvenser av materialval.....	63
Referenslista.....	65
Bilagor.....	67

Ordlista

Akter	Bakre parti av båt
Bog	Främre del av skrovet på en båt
Bussning	Komponent av material som dämpar vibrationer eller förhindrar slitage, monteras ofta mellan två komponenter
CAD	Datorstödd konstruktion (Computer Aided Design)
DFM	Konstruktion med avseende på tillverkning (Design For Manufacturing)
Däck	Ett golv eller våningsplan på en båt eller ett fartyg
FEM	Numerisk beräkning och analys av kraftpåkänning hos komponenter (Finita Element-Metoden)
Fender	Dämpande detalj som skyddar vid kontakt mellan båt och brygga
Fribord	Den del av en båt eller flytande konstruktion som är ovanför vattenlinjen
Friläggning	Isolering av en komponent och dess påkända krafter
Förtöjning	Fixering av en båt vid land eller flytande konstruktion
Knap	Fästpunkt för tamp på en båt
Kraftkomposant	Vertikal eller horisontell komponent av en kraft
Lettring	Mekanisk bearbetning för att skapa en mer greppvänlig yta
Marina	Hamn för fritidsbåtar med tillhörande servicefunktioner
Pollare	Dedikerad fästpunkt för tamp
Ponton	Flytande plattform
Plasticering	Icke-reversibel deformation
Statiskt obestämt	Då kraft- och momentjämviktsförhållanden är otillräckliga för att bestämma alla på komponenten verkande krafter
Stäv	Den främsta, avslutande stommen på båten

Tamp	Rep eller lina för förtöjning av båtar
Y-bom	Mot bryggan vinkelrät bom, med inre fästpunkt i bryggan och med en Y-formad konstruktion

1 Inledning

I detta kapitel presenteras bakgrunden till arbetet, samt dess syfte och mål. Arbetets omfattning avgränsas, och arbetets intressenter samt det problem som behandlas definieras.

1.1 Bakgrund

Detta examensarbete utförs i samarbete med SF Marina - ett svenskt företag som tillverkar betongpontoner ämnade för flytande strukturer och förtöjning av båtar. Jämfört med traditionella träbryggor eller pontoner tillverkade av exempelvis aluminium är betongpontoner mer motståndskraftiga mot stormar, kräver mindre underhåll och är i princip osänkbara. Detta gör dem till en attraktiv lösning för att bygga hamnar och infrastruktur, och en stor andel av marinor världen över använder sig idag av betongpontoner.

I SF Marinas pontoner förs i dagsläget kablar och vattenledningar genom ingjutna längsgående kanaler. Denna lösning innebär att kablar och vattenledningar är svåråtkomliga, vilket medför att omplacering av pontoner samt reparation och underhåll av ledningar är omständliga. Den ökade komplexiteten i pontonens geometri som detta innebär ökar även produktionskostnaderna, vilket är en aspekt som arbetet syftar till att förbättra.

För att föra upp kablar och vattenledningar till el- och vattenstolparna på pontonens ovansida gjuts brunnar in där varje stolpe ska monteras, vilket innebär att antalet stolpar och deras placering inte kan anpassas till förändrade behov i marinan. Ökad flexibilitet kan uppnås genom att möjliggöra enkel förflyttning av el- och vattenstolpar, Y-bommar och andra tillbehör.

1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att undersöka hur pontonerna kan göras mer flexibla och anpassningsbara, utan att kompromissa med kundernas säkerhet och pontonens motståndskraft mot stormar.

Målet med arbetet är att utveckla en konceptlösning som resulterar i mer anpassningsbara och flexibla pontoner, ökad användarvänlighet för marinor samt en förenklad tillverkningsprocess av SF Marinas betongpontoner.

1.3 Avgränsningar

Punkterna nedan avgränsar och definierar arbetets omfattning, i syfte att anpassa arbetet utefter gällande tidsram samt att klargöra avsikterna för arbetets resultat för dess intressenter.

- Arbetet innefattar utveckling eller omdesign av pontoner eller delar av pontoner avsedda för hantering av fritidsbåtar upp till 50 fot i längd.
- Metoder för omplacering, sammankoppling och förankring av pontoner adresseras inte.

- Inga detaljerade ritningar skapas, endast ungefärliga måttsättningar i form av CAD-modell och eventuellt draft-ritningar från CAD-program. Endast övergripande/konceptuella lösningar utvecklas för exempelvis fästpunkter och eventuella rörliga delar.
- Endast kvalitativa användarstudier utförs, i syfte att förstå de behov som finns hos marinor och båtägare.
- Beräkningar på hållfasthet utförs inte, dock genomförs enklare beräkningar i mekanik för att förstå de lastfall ett koncept kan utsättas för.
- Inga tester av hållfasthet eller lämplighet av material utförs på eventuella fysiska prototyper.

1.4 Arbetets intressenter

För att skapa en medvetenhet om vilka aktörer som bör tas i hänsyn under arbetets gång, listas de aktörer som på något sätt påverkar eller påverkas av arbetets genomförande och utfall.

SF Group och SF Marina

SF Marinas produkter behöver vara konkurrenskraftiga, och därför har företaget intresse i att arbetet resulterar i ökat kundvärde hos deras produkter. Att handleda arbetet innebär en investering av tid, och lönsamheten av denna investering beror på arbetets resultat.

Marinor

Marinor runt om i världen är både kunder till SF Marina och användare av deras produkter. Kunderna gör sina köpbeslut utefter hur väl produkten tillfredsställer deras behov, och därför blir de direkt påverkade av resultatet av detta arbete. Marinorna har också själva en inverkan på utfallet eftersom användarstudier utförs tillsammans med dem, och designbeslut fattas utifrån den information som samlas in.

Båtägare

Båtägare är de huvudsakliga användarna av SF Marinas produkter, och de har därför ett intresse i att produkten tillfredsställer deras behov. Även denna grupp har en inverkan på arbetets gång och utfall, eftersom användarstudier även sker tillsammans med dem.

1.5 Problemformulering

Dagens pontondesign möjliggör inte smidiga förändringar i utformningen av marinorna och bredden av båtplatser efter att de installerats. Nuvarande lösning för el- och vattenförsörjning innebär ökade tillverkningskostnader, och eftermontering av tillbehör kräver att fästpunkter skapas i pontonen efter installation.

2 Teoretisk referensram

Arbetets teoretiska referensram innefattar de förutsättningar och omständigheter som gäller för arbetet i relation till dess intressenter, nuvarande produkt, material i marina miljöer samt regler och standarder kring marina konstruktioner.

2.1 SF Marina

SF Marina är ett dotterbolag till SF Group, och har tillverkat betongpontoner i Sverige sedan år 1918. Företaget designar, tillverkar och säljer idag lösningar för marinor, vilka innefattar både stora konfigurationer av pontoner och mindre tillbehör som kan köpas av marinor och privatpersoner. Pontonerna används som flytbryggor, vågbrytare eller som grund för infrastruktur, och deras utformning skräddarsys utefter kundernas önskemål. SF Marinas pontoner används i över 60 länder och tillverkas på 17 platser över hela världen, med den primära produktionen belägen på Tjörn.

2.2 Båtagare

Många olika typer av båtar förtöjer vid betongpontoner, som exempelvis mindre kommersiella fiskebåtar och båtar som används för turism, men ägare av fritidsbåtar är de huvudsakliga användarna av SF Marinas produkter. Oftast hyr dessa en båtplats i en marina och nyttjar de pontoner som finns där, men det förekommer även att pontonerna köpes för privat bruk. Majoriteten av de som äger och underhåller båtarna är män i eller över medelåldern, men turer med båten är ofta en aktivitet som familjer gör tillsammans under sommarhalvåret. Det är vanligt att båtagare tillhör medel- eller överklassen eftersom båtlivet är ett kostsamt fritidsintresse, dock kan mindre båtar ägas med en lägre budget.

Båtagande kan se ut på många olika sätt; vissa äger en mindre båt och åker ut på spontana turer till närliggande öar, ensamma eller med en partner, för att sola, bada och fiska. Andra äger större båtar som nyttjas sällan, där varje resa är noggrant planerad och där hela familjen och deras husdjur bor i båten i ett par veckor. För vissa är båten deras enda fritidsintresse; turerna man gör på sommaren förbereds under övriga delar av året, och det är viktigt att motoroljan är bytt och att båten är polerad till säsongens början. För dessa personer kan marinan vara en viktig social mötesplats, där man träffar andra människor för att engagera sig i ett gemensamt intresse. Andra hanterar båten mer likt ett transportmedel, och spenderar inte mer tid än nödvändigt på underhåll för att kunna åka ut på havet och exempelvis bada eller fiska hummer i närområdet.

Gemensamt för de flesta båtagare är att båten är ett fordon som används för att njuta av havet och naturen, samt för att komma ifrån den vardagliga miljön och spendera tid med familj och vänner.

2.3 Marinor

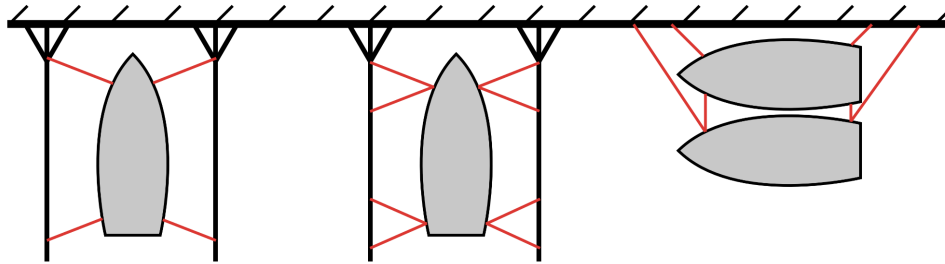
En marina är en hamn för stora eller små fritidsbåtar med en hög servicenivå, där båtägare har tillgång till el, vatten, toaletter och ibland även butiker och tankstationer. De är SF Marinas huvudsakliga kunder, och de köper pontoner för att erbjuda bryggor och båtplatser för båtägare att hyra. Marinan har i regel även en gästhamn där besökare kan förtöja sin båt, samt uppläggningsplatser där de som hyr en båtplats i marinan kan förvara sin båt på land under vintern. Även på uppläggningsplatserna finns det ofta tillgång till el, vatten och andra resurser för att kunna arbeta på båten.

Att bygga sina bryggor med betongpontoner innebär ofta en stor investering, och det finns därför höga förväntningar på kvalitet och livslängd hos pontonerna. Marinorna har ibland uppåt 1000 båtplatser, och kan då beställa över 100 stycken 20 meter långa pontoner. Pontonerna är en central komponent för att marinan ska kunna erbjuda ett smidigt och trevligt båtliv för sina medlemmar och gäster, och därför är det viktigt för att pontonerna kan tillgodose båtägarnas behov och även vara estetiskt tilltalande.

Marinorna ansvarar för att pontonerna är i gott skick, även om underhåll och reparationer ibland utförs av SF Marina. Till exempel kan kopplingarna som håller samman pontonerna behöva bytas ut då de har slitits under stormar, och träfendern som sitter längs pontonens långsida behöver bytas då den har degraderats av väderförhållanden. El- och vattentillförseln på pontonerna kan också kräva reparation och underhåll, och många marinor belägna i kalla klimat förvarar Y-bommarna på land under vintern eftersom de kan ta skada av isbildning.

2.4 Förtöjning av fritidsbåtar

Fritidsbåtar förtöjs i regel på två olika sätt; antingen mellan två Y-bommar eller parallellt med pontonen (se figur 1). Y-bommar används vanligtvis vid privata båtplatser, medan parallell förtöjning är vanligare i gästhamnar. Tampar dras mellan båtens knapar och bryggans pollare, vanligtvis enligt konfigurationerna i figur 1. För en mer säker förtöjning kan spring adderas (enligt den andra båten från vänster i figuren), vilka är linor som dras från båtens för och bakåt, samt från båtens akter och framåt. Vanligtvis finns tre förtöjningsöglor på varje bom, placerade längst in vid den triangulära plattformen, vid bommens mitt samt ytterst. Det är vanligt att först dra en lina från båtens för och rakt fram till bryggan, för att med hjälp av båtens motor hålla båten stilla tills tampar fästs i Y-bommarna.



Figur 1: Förtöjning mellan Y-bommar utan spring, med spring, samt förtöjning parallellt med pontonen.

Eftersom båtar av många olika storlekar förtöjer vid gästhamnar, och eftersom vissa av dessa inte får plats mellan Y-bommar, tillämpas parallell förtöjning vid dessa pontoner. Stora båtar har ett stort vindfång, vilket kan resultera i stora laster på pontonen och dess fästpunkter vid extrema väderförhållanden. Detta ställer höga krav på pollare samt skydd mot kollision mellan intilliggande båtar och pontonen, och därför kan marinor införa riktlinjer för vilka båtar som får förtöjas vid en viss ponton under vissa väderförhållanden.

2.5 Material i marina miljöer

Konstruktioner i marina miljöer utsätts för unika kemiska och vädermässiga förhållanden, vilket kräver att stor hänsyn tas till val av material och dess tillämpning. Nedan redogörs för vilka material som är vanligt förekommande i marina konstruktioner, och hur de tillämpas.

2.5.1 Betong

Betong är ett billigt, styvt och starkt material som också är motståndskraftigt mot fukt och påfrestande väderförhållanden, och därför är det vanligt förekommande i marina miljöer. Exempel på strukturer som tillverkas av betong är pontoner, pålar, ankare och kajer. Flytande strukturer tillverkas ofta av betong då hög stabilitet, säkerhet och lång livslängd är viktiga egenskaper. Betongens höga vikt bidrar till att strukturen inte förflyttas av vågor och vind till samma grad som en lättare konstruktion, och att den inte destabiliseras av att tunga föremål placeras och förflyttas ovanpå den.

I de flesta betongkonstruktioner implementeras armering, som består av stålstänger som gjuts in i strukturen för att öka dess styrka vid dragkrafter. Armeringen behöver ytbehandlas för att inte korrodera när vatten tränger in i betongen, och betongen behöver vara av rätt typ för att behålla sin styrka då den är nedsänkt i vatten under lång tid. I flytande konstruktioner placeras ofta även block med cellplast i strukturens kärna, vilka syftar till att göra strukturen flytande. Dessa lämnas ibland delvis exponerade, och kan då utgöra en betydande del av strukturens bottenyta. I dessa fall bör hänsyn tas till de effekter som eventuell degradering och separation av materialet kan ha på det lokala ekosystemet, och vice versa. För att förankra flytande strukturer används pålar eller ankare, vilka också kan tillverkas av betong. Pålar kan bestå av betongfyllda rör av glasfiber eller plast, och betongblock används som ankare.

2.5.2 Metaller

Vid användning av metaller i marina miljöer krävs att stor hänsyn tas till att undvika korrosion. Fukt och salt främjar korrosion av metaller, och därför krävs mer omfattande åtgärder för att undvika korrosion jämfört med andra tillämpningar av materialen.

Galvaniserat kolstål används till en mängd olika komponenter i marina miljöer, som exempelvis skruvar och Y-bommar. Den vanligaste rostskyddande behandlingen av kolstål är galvanisering, där ett skikt med zink appliceras på ytan av stålet. Galvaniserat stål är ett billigt och starkt alternativ, och kan motstå korrosion i ungefär 50 år (BE Group, u.å.).

Rostfritt stål är överlägset i korrosionsbeständighet, men är ett mycket dyrt material. Rostfritt stål används därför vanligtvis då komponenterna är mindre, eller där hög kvalitet eller estetik är viktigt.

Aluminium är också mycket vanligt vid marina tillämpningar. Materialet är ungefär hälften så starkt som stål, men är mer korrosionsbeständigt än galvaniserat stål och billigare än rostfritt stål. Ett problem med att använda aluminium är att det korroderar då det är i kontakt med stål, speciellt då fukt och salt är närvarande. Därför kan dessa material inte kombineras utan att åtgärder vidtas för att förhindra korrosion.

2.5.3 Trä

Trä har länge använts för att bygga exempelvis bryggor och för att påla upp strukturer ovanför vatten. Ett exempel på en modern tillämpning av trä i marina miljöer är den träbalk som sitter monterad utmed långsidan på många betongpontoner, där balken används som fender samt för att fästa Y-bommar och andra tillbehör. Hållfastheten hos trä är låg relativt andra material, och eftersom materialet ruttnar har det en begränsad livslängd. Materialet är dock billigt, och därför är det lämpligt att använda vid tillämpningar där komponenter kan bytas ut då de går sönder eller har börjat ruttna, och där den låga hållfastheten inte innebär en säkerhetsrisk.

2.5.4 Plast

Plast är ett mångsidigt material, och finns i en mängd olika typer med unika egenskaper. Komplexa geometrier kan tillverkas till låg kostnad, vatten tränger inte in i materialet och det kan vara nedsänkt i vatten under långa perioder utan att degraderas, vilket gör det lämpligt för marina applikationer. Plast används vanligtvis för att tillverka produkter som flytblock till pontoner och Y-bommar, samt mängder med komponenter till båtar. Plast används dock sällan för lastbärande komponenter, på grund av dess låga styvhet och styrka jämfört med metaller som aluminium och stål. En nackdel med plastkomponenter är att de blir blekta och torkar ut när de utsätts för solljus under längre perioder, vilket försvagar materialet.

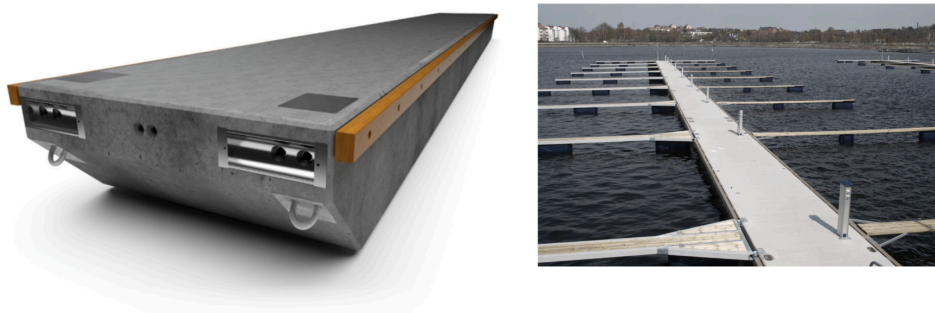
2.6 Nuvarande produkt

SF Marinas pontoner är tillverkade av armerad betong, med en kärna av cellplast. Pontonen behöver tåla de externa laster som verkar på den som konsekvens av förtöjda båtar och föremål som vilar ovanpå pontonen, och den behöver även bära sin egen vikt. När vågor träffar en konfiguration av pontoner bärs vissa delar av varje ponton upp av vattnet mer än andra, vilket tillsammans med det faktum att pontonerna är sammankopplade med varandra innebär att böj- och vridkrafter uppstår i pontonen.

De nedre kanterna på pontonernas kortsidor är fasade för att pontonerna inte ska kollidera med varandra vid stora vågor, och på de fasade sidorna sitter öglor som används för att förankra pontonerna i havsbotten med kättingar och betongblock (se figur 2). Då pontoner installeras i djupare vatten, områden med mer extrema väderförhållanden eller där tidvatten orsakar en stor variation i vattennivå, förankras de istället med pålar. Detta görs för att de längre kättingarna som hade krävts för att nå ner till ett större djup eller för att tillåta pontonen att röra sig vertikalt med tidvattnet hade tillåtit pontonen att förflyttas mycket i sidled, och för att ankare kan flytta på sig då vågor förflyttar pontonen. Pontonerna sammankopplas genom att gummibussningar placeras i ingjutna halvcylindrar som är placerade ovanför öglorna, och att vajrar sedan förs genom dessa och monteras i vardera ponton. Åtkomst till vajrarna sker genom brunnarna vars täcklock syns på pontonens ovansida. Pontonerna sammankopplas i serie eller vinkelrätt mot varandra, också genom gummibussningar och vajrar, för att skapa en flytande marina. Kablar och vattenledningar förs genom längsgående ingjutna kanaler i centrum eller mot sidan av pontonen, och förs sedan upp till stolpar som sitter monterade ovanpå brunnar som är ingjutna i pontonens ovansida. Genom eluttag och vattenslangar på stolpen kan användare få el och vatten till sina båtar. Vatten kan användas till att fylla båtens dricksvattentank eller för rengöring, och el kan användas för att ladda båtens batteri eller för att förse el till annan elektronik som finns ombord. Dagens elbehov i marinor för mindre båtar tillfredsställs oftast med en tunn kabel, medan fler kanaler gjuts in för att dra fler och större kablar i pontoner avsedda för större båtar.

Längs pontonens långsidor sitter en fender i trä, i vilken Y-bommar monteras med träskruv eller med en U-formad metallprofil som omsluter fendern. Fendern monteras med skruvar i gängade insatser som är ingjutna i pontonen, och mellan fendern och pontonen sitter gummibussningar. Gummibussningarna dämpar kollisioner mellan båtar och fendern, och skapar ett avstånd mellan fendern och pontonen så att fukt och smuts inte ansamlas mellan dessa och orsakar röta av fendern.

Pontonerna avsedda för förtöjning av båtar tillverkas i längder mellan 10 och 25 meter och i bredder mellan 2.4 och 5 meter, och kan väga över 60 ton. På grund av det stora utbudet av storlekar används de i marinor avsedda för allt ifrån små fritidsbåtar till större fartyg, och även i kommersiella hamnar.



Figur 2: Till vänster - Type SF1000 med en synlig träfender (SF Marina), till höger - ponton med Y-bommar (Bryggdelar)

På grund av pontonernas vikt och storlek gjuts de i former placerade på marken, och ett betonggolv utgör formens botten. Beroende på kundens önskemål gjuts olika komponenter in i pontonen, och formen på pontonens cellplastkärna anpassas för att ge plats åt dessa. Placeringen av kärnan avgör fördelningen av betongen i formen, och därför krävs stor precision vid detta steg för att pontonen ska ligga horisontellt i vattnet. Betongsektionerna armeras, och i de flesta pontoner integreras plaströr i dess mitt eller utmed långsidorna för att föra kablar och vattenledningar genom. Brunnar för åtkomst till ledningarna gjuts också in på de platser där el- och vattenstolpar ska stå, och om pontonen ska utgöra en tankstation integreras bränsletankar inuti pontonen.

2.7 Regelverk och standarder

Konstruktioner i marina miljöer bör designas och implementeras enligt vissa regelverk och standarder för att garantera god säkerhet för människor och miljö. Dessa berör områden som dimensionering för hållfasthet, påverkan av olika material på havsmiljön och standardiserade lösningar för användarvänlighet. Matematiska formler, beräkningsmetoder och allmänna riktlinjer från standarder som Standards Australia och British Standards kan användas vid utveckling, dimensionering och implementering av produkter och strukturer. Dessa standarder används ofta vid konstruktion av strukturer världen över, dock behöver nationella regelverk kontrolleras innan en produkt implementeras.

3 Metoder och genomförande

Detta kapitel redogör för de metoder som tillämpas under utvecklingen av ett koncept, från initiala studier av nuvarande produkt och dess användare till design av ett slutgiltigt koncept.

3.1 Observationer

För att skapa en bättre förståelse för livscykeln och användningen av en produkt kan platser där produkten tillverkas och används besökas, och bilder och anteckningar av produkten i sin kontext kan samlas in. Även platser där andra produkter implementerats kan besökas, för att bättre förstå hur produkten passar in i marknaden.

3.2 Funktionsanalys av nuvarande produkt

Innan en kravspecifikation för ett koncept kan skapas behöver funktionerna hos den nuvarande produkten kartläggas, för att inte vid ett senare skede ta beslut som påverkar befintliga funktioner negativt. Detta kan göras med hjälp av en funktionsanalys, där de önskvärda funktionerna som produkten fyller listas och kategoriseras. Funktionerna kategoriseras i huvudfunktion, delfunktion och stödfunktion. Delfunktioner är nödvändiga för att produkten ska uppfylla sina huvudfunktioner, och stödfunktioner höjer kundvärdet av produkten men är inte nödvändiga för att uppfylla huvudfunktionerna.

3.3 Semistrukturerade intervjuer

För att förstå hur nuvarande produkt används samt vilka förväntningar och önskemål som finns hos dess kunder och användare, kan intervjuer genomföras med dessa. Att intervjuerna är semistrukturerade innebär att frågorna som ställs är formulerade i förväg, men att respondenterna tillåts utveckla sina svar fritt och även tillägga sådant som ligger utanför ramen av frågeställningen.

3.3.1 KJ-analys

Svar från intervjuer kan kategoriseras och överblickas med hjälp av en KJ-analys. Svaren antecknas på lappar och placeras på ett bord eller en tavla, och grupperas sedan utefter teman eller kategorier som känns igen svaren emellan. Även om kategorierna till stor del styrs av frågorna i intervjuerna, så kan de visa hur respondenterna tänker och vad som är viktigt för dem. När svaren grupperats erhålls en god överblick över respondenternas behov och önskemål för en produkt, och en kravspecifikation kan skapas med dessa som grund.

3.4 Användarscenarion

Genom att skapa användarscenarion i textform kan användningen av produkten visualiseras, och funktioner som ökar produktens kundvärde kan identifieras. Med information från observationer och intervjuer som grund kan scenarion skapas för olika målgrupper.

3.5 Lastberäkningar

Beräkningar av dimensionerande lastfall kan utföras för att ha en uppfattning om kraven på konceptets hållfasthet under idégenerering och detaljkonstruktion, och för att kunna dimensionera ett koncept vid eventuell framtida produktion.

3.6 Kravspecifikation

En kravspecifikation kan skapas genom att utgå från en funktionsanalys av en befintlig produkt, och sedan komplettera med konceptkrav som skapats av insikter från intervjuer och observationer. Detta dokument tjänar flera syften; kravspecifikationen bestämmer riktningen på konceptgenereringen genom att bestämma vilka kriterier ett koncept behöver uppfylla. I processen att definiera kraven uppkommer även nya oklarheter och krav eftersom en överblick, kategorisering och snävare definition av kraven sker. Dokumentet fungerar också som ett kontrolldokument för ett slutgiltigt koncept, så att en utvärdering kan ske av hur väl konceptet uppfyller uppsatta kriterier.

3.7 Idégenerering

Konceptidéer kan skapas genom att deltagare enskilt skissar ned både dellösningar och helhetskoncept, genom att föra öppna diskussioner sinsemellan eller med hjälp av grafiska ritprogram.

3.8 Morfologisk matris

Genom att föra in delfunktioner från en funktionsanalys och dellösningar från en idégenereringsfas i en matris lik tabell 1, kan dellösningar kombineras till nya helhetslösningar. Denna metod erbjuder ett smidigt sätt att utforska en stor mängd kombinationer av dellösningar, och överblicken matrisen erbjuder minimerar risken för att en bra lösning gås om miste.

Tabell 1: Morfologisk matris

Delfunktion A	Dellösning A1	Dellösning A2	Dellösning A3
Delfunktion B	Dellösning B1	Dellösning B2	Dellösning B3
Delfunktion C	Dellösning C1	Dellösning C2	Dellösning C3
Delfunktion D	Dellösning D1	Dellösning D2	Dellösning D3



3.9 PNI

“Positivt Negativt Intressant” är en metod som kan användas för att sålla ut hela koncept eller dellösningar. Positiva, negativa och intressanta aspekter av varje koncept skrivs ned av varje deltagare, och de minst fördelaktiga koncepten sållas ut därefter.

4 Resultat

I detta kapitel redogörs för hur ett koncept utvecklades, och ett slutgiltigt konceptet presenteras. Arbetet inleddes med studier av nuvarande produkt och dess användning, och insikterna från denna fas samt beräkningar av mekaniska laster utgjorde grunden för en kravspecifikation. Idéer och koncept genererades, och utifrån dessa skapades flera koncept med hjälp av en morfologisk matris. Ett koncept valdes med en PNI-metod, och konceptet vidareutvecklades därefter till ett slutgiltigt koncept.

4.1 Observationer

För att undersöka den nuvarande produkten i sin kontext besöktes marinor och småbåtshamnar i Göteborg och Bohuslän. Mycket av vad som noterades återfanns på samtliga platser, exempelvis var pollare inte monterade på pontoner med Y-bommar. De enda dedikerade fästpunkterna för linor var tre öglor på varje Y-bom, och de båtägare som ville förtöja sin båt med en lina som går framåt från båtens för hade istället knutit fast en lina runt pontonens träfender, alternativt runt Y-bommens ledade fäste. I vissa fall hade de vassa kanterna på Y-bommens fäste och fästets skruv skavt på linan, och i samtliga fall bidrog dessa lösningar till att bryggan gav ett oordnat intryck.

Implementering av hemmatillverkade och skräddarsydda lösningar var också vanligt förekommande, där majoriteten av dessa syftade till att underlätta på- och avstigning till båten. Eftersom pontonernas fribord endast är ungefär 50 centimeter är det ofta en stor nivåskillnad från pontonen till däck av större båtar, och därför hade vissa monterat en stegpall som var fastskruvad i träfendern med vinkelbeslag. Många hade också monterat meterhöga tunna stolpar i Y-bommens plattform, vilka användes som stöd vid på- och avstigning. För att vid förtöjning enklare nå linor som sitter i Y-bommarna och i träfendern hade många monterat pinnar med klykor på toppen, som linor kunde hängas i. För att förhindra kollision mellan båten och träfendern hade fendrar i plast eller gummi monterats med buntband på träfendrarna och Y-bommarna, och det förekom även att en tvärgående lina var fäst mellan Y-bommarna.

På några platser noterades skador och mindre modifikationer på pontonen, där det mest anmärkningsvärda var att en löst förtöjd båt hade kolliderat med en ponton. Pontonen var inte tillverkad av SF Marina, men dess träfender och fenderns infästning var mycket lik SF Marinas konstruktion. En stor sektion av båtens bog saknades, träfendern hade brutits i två delar och skruvarna av storlek M16 som fendern monterats med hade böjts, men inga skador fanns i pontonens betong. På en annan plats påträffades skruvhål på pontonens ovansida som hade fyllts igen med betong, något som påverkade av bryggans utseende minimalt.

Även SF Marinas produktion i Wallhamn på Tjörn besöktes. Utöver att utforska aspekter av pontonernas konstruktion, som exempelvis tjocklek av betongsektioner och placering av

komponenter inuti pontonen, noterades även att vissa implementationer av komponenter är extra resurskrävande. Det är omständligt att gjuta in större komponenter som exempelvis metallprofiler i pontonens sida, där komponenten inte är omgiven av betong och behöver fixeras i utkanten av formen. Något som underlättar tillverkningen är symmetri av ingjutna komponenter, eftersom ytterligare åtgärder då inte behöver vidtas för att försäkra en korrekt tyngdpunkt hos pontonen.

4.2 Funktionsanalys av nuvarande produkt

De funktioner hos den nuvarande produkten som identifierats listas i tabell 2, och är uppdelade efter sex olika områden baserat på funktion. Funktionerna kategoriseras i huvudfunktion (HF), delfunktion (DF) och stödfunktion (SF).

Tabell 2: Funktionsanalys av nuvarande produkt

Funktion	Kommentar	Klass HF/ DF/SF	Prioritering Nödvändig/ Önskvärd/ Tänkvärd/ Onödig
Hållfasthet			
Möjliggöra rörelse mellan pontoner utan skador	Minimalt slitage	DF	N
Möjliggöra rörelse mellan ponton och Y-bom		DF	N
Säkerhet			
Erbjuda stabil plattform för hantering av båt		HF	N
Förhindra halkning		SF	Ö
Möjliggöra montering av nödstège		SF	N
Förse ljus		SF	Ö
Möjliggöra fastlåsning av båt	Finns ingen dedikerad lösning i dagsläget	SF	N
Generera flytkraft		DF	N
Förtöjning			
Erbjuda fästpunkt för tampar		DF	N
Skydd			
Erbjuda skydd mot kollision mellan pontoner		SF	N
Erbjuda dämpning vid kollision båt/ponton		SF	N
Skydda betongpontonens kant		SF	N
Installation			
Möjliggöra konfigurering av marina		DF	N
Möjliggöra sammankoppling av pontoner i serie och vinkelrätt		DF	N
Möjliggöra förankring av ponton		DF	N
Möjliggöra lyft av ponton		DF	N
Erbjuda fästpunkter för Y-bommar		DF	N
Möjliggöra smidig flytt av Y-bommar		SF	Ö
Tillbehör			
Försörja el		SF	N
Försörja vatten		SF	N

4.3 Intervjuer och KJ-analys

Totalt intervjuades tio personer genom semi-strukturerade intervjuer. För att analysera svaren genom en KJ-analys kondenserades svaren från löpande text till kortare meningar som enklare kunde hanteras på lappar, och svaren kunde kategoriseras genom att se likheter i vad de handlade om (se bilaga A). Insikterna från respondenternas svar samt de svarsgrupper som skapades utgjorde en del av grunden för en kravspecifikation.

Frågorna adresserade respondenternas erfarenheter kring olika användningsområden av den nuvarande produkten, som exempelvis förtöjningspunkter, el- och vattenförsörjning och implementering av skraddarsydd lösningar. Nedan presenteras exempel på de frågor som ställdes.

- *Vilka typer och storlekar på båtar har du ägt?*
- *Är det krångligt att hantera båten samt att förtöja och lossa då det är mörkt?*
- *Är det enkelt att hantera fästpunkter för tampar, kedjor etc vid förtöjning osv?*
- *Är det enkelt att använda el och vatten idag? Hur ofta används det?*
- *Hade du uppskattat att ha elstolpar ute vid pontonens kant? Ser du några problem med det?*
- *Har ni någonsin velat justera bredden på båtplatser, eller byta till exempelvis större Y-bommar? I fall detta kunde göras mycket enkelt, hur hade ni nyttjat den möjligheten?*
- *Hur ser ni på de lösningar som användare skapar för tampar, kedjor, kollisionsskydd osv, estetiskt och funktionsmässigt? Många lösningar hanterar samma problem/funktion, finns utrymme för standardiserade lösningar?*
- *Vad har ni för problem/servicebehov av vattenledningar och kablar?*

4.3.1 Förtöjning

Denna kategori adresserar områden som fästpunkter för tampar, på- och avstigning vid bryggan samt processen att förtöja båten. Båtagare bidrog med majoriteten av svaren, medan svaren från personal i marinor var färre.

Även om ett framtida koncept designas för betongpontonier var insikter från andra typer av bryggor också av värde, eftersom det inte kan uteslutas att lösningar från konceptet även kan implementeras på andra typer av bryggor. Flera respondenter jämförde olika typer av bryggor, till exempel flytbryggor och en högre, pålad brygga. Dessa två har både för- och nackdelar, varav höjdskillnaden är den mest utmärkande. Nivåskillnaden mellan flytbrygga och båt skapar svårigheter att från båten nå tillbehör på bryggan, som exempelvis fastsurrade tampar. Respondenter berättade att detta går att lösa genom att skruva fast stolpar som kan hålla i tampens ände genom stolpens Y-formade topp. I detta fall ställer alltså flytbryggan högre krav på monterbarhet av tillbehör än vad den högre, pålade bryggan gör.

Fästpunkter för tampar var ett centralt ämne i många konversationer, där för- och nackdelar med olika typer av dessa samt deras förekomst på bryggorna diskuterades. Respondenterna förklarade hur de använde dessa, och framförde åsikter om vilka som var svåra eller enkla att bruka. Flera respondenter uttryckte att de U-formade öglorna på Y-bommar kan vara svåra att snabbt förtöja till, vilket belyser ett behov av mer användarvänliga förtöjningspunkter. Även om flera av dem inte ansåg detta vara ett större problem, förklarade flera båtagare också att de ofta gör en snabb första förtöjning med en ensam tamp då de för in båten mellan Y-bommarna, för att sedan förtöja

båten ytterligare. Eftersom den första förtöjningen kan ske medan båten fortfarande är i rörelse är det viktigt att det går snabbt och enkelt, och därmed är det en fördel ifall den aktuella pollaren är lättåtkomlig.

Utifrån intervjuerna var det tydligt att processen att förtöja båten ser mycket olika ut mellan båtägare, och att ett framtida koncept bör möjliggöra förtöjning på flera olika sätt.

4.3.2 Säkerhet

Eftersom förtöjningen av en båt kan involvera stora laster är detta ett viktigt område för att undvika olyckor och skador. Många respondenter beskrev på- och avstigning till båten som ett utmanande moment, och vissa hade byggt en trappa och monterat denna vid sin båtplats för att minska höjdskillnaden mellan båtens däck och pontonen. Några hade också monterat en stolpe på Y-bommens plattform för att ge bättre stöd vid på- och avstigning. Slitage och skador orsakat av kollision mellan båt och ponton var en annan risk som uttrycktes av flera båtägare, där den vanligaste åtgärden var att montera en gummifender på den befintliga träfendern.

Krångel eller besvär vid förtöjning under mörker var inte ett problem för de flesta respondenter; endast en båtägare önskade bättre belysning av pontonen eller en tydligare markering av bryggans kant. Eftersom majoriteten av båtturer sker på dagen och segelsäsongen är under de ljusa månaderna av året, är det sällan förtöjning sker i mörker. Den befintliga belysningen från lyktstolpar och lampor på elstolpar ansågs vara tillräcklig enligt de flesta respondenter, och därför exkluderas belysning ur kravspecifikationen.

4.3.3 Tillförsel av el och vatten

Att förse båtplatser med el och vatten är en nödvändig funktion hos pontonerna, och behovet av el ökar enligt både båtägare och personal i marinor. Under en konversation med en teknisk samordnare för GREFAB, vilka äger och sköter majoriteten av småbåtshamnarna i Göteborg, beskrevs hur de har utökat elförsörjningen utefter önskemål från båtägare. Denna förändring ställer krav på åtkomlighet och utrymme för kablar, vilka båda är begränsade i dagens utformning av pontonerna. De flesta båtägare tyckte att antalet eluttag på pontonerna var tillräckligt i dagsläget, däremot var en placering av el- och vattenstolpar långt från pontonens kant ett problem för många. Placering av stolpar mot pontonens mitt resulterar i att kablar ligger tvärs över pontonen, vilket hindrar framkomlighet, ser oordnat ut och medför risken att kablar dras ut ur uttaget när någon snubblar på kabeln. Att placera stolpar vid pontonens kant ansågs också vara problematiskt för vissa, eftersom de då kan vara i vägen vid på- och avstigning från båten.

4.3.4 Flexibilitet

De svar som berörde förändringar av utformningen av marinan placerades under rubriken Flexibilitet, och där var de huvudsakliga insikterna relaterade till justering av bredden av

båtplatser. En respondent förklarade att man brukar bestämma bredden på platserna då man installerar marinan, och sedan allokerar en båt till en viss plats baserat på båtens storlek, istället för att anpassa platsen utefter båten. Att kunna flytta på Y-bommar på ett smidigare sätt hade inte förändrat detta, eftersom det är osannolikt att två båtägare med platser mycket nära varandra byter båtar ungefär samtidigt, och att den ena personen byter till en större båt samtidigt som den andra byter till en mindre. En annan respondent nämnde dock att storleken på båtarna förändras över tid, vilket kan kräva att Y-bommarnas placering behöver justeras vissa år. Det kan även finnas tillfällen under pontonernas 50-åriga livslängd då man vill ändra utformningen av båtplatserna, på grund av exempelvis en expansion eller reduktion av marinan. Från intervjuerna framgick också att bommarna bör vara smidiga att demontera och montera, eftersom marinor belägna i kalla klimat avlägsnar Y-bommarna och förvarar dessa på land över vintern för att undvika skador från isbildning.

4.5 Användarscenarion

Marinor

En stor andel av båtplatser i marinor hyrs ut till samma båtägare många år i rad, medan det oftast även finns gästplatser för besökare. Det ligger i marinans intresse att förse sina kunder med en väl fungerande hamn, vilket bland annat ställer krav på hamnens utformning samt tillgängliga servicefunktioner. För att hyra ut så många båtplatser som möjligt vill marinan nyttja hela bryggans längd, och därmed kan anpassning av Y-bommarnas placering vara nödvändig. Detta är ett tidskrävande arbete, eftersom bommarna är fastskruvade i träfendern som löper längs med bryggan.

Ett annat scenario är en utökning av elförsörjningen till pontonerna, vilken motiveras av att fritidsbåtar elektrifieras. Svårigheten av detta arbete beror till stor del på åtkomligheten av ledningar, vilket också är fallet vid addering av el- och vattenstolpar. Omplacering av stolparna är omständligt eftersom nya brunnar behöver skapas mellan stolparna och kanalerna där ledningarna är placerade, och de gamla brunnarna behöver fyllas igen eller täckas över. För alla bryggor uppstår också någon gång ett behov för underhåll och reparationer, och därför är det viktigt att även vattenledningar är åtkomliga.

Båtägare

Ett viktigt användarscenario för båtägare är förtöjning vid deras personliga båtplats. Detta sker ofta genom att först fästa en tamp i en pollare samtidigt som man backar med båten, så att båten ligger stilla medan man fäster resterande tampar i Y-bommen. Vid urstigning ur båten kan svårigheter uppstå från höjdskillnaden mellan båtens däck och bryggan, något som många har adresserat genom att montera en pall eller en stödpinne vid sin båtplats. Detta förutsätter att bryggans utformning möjliggör montering av dessa skräddarsydda lösningar.

När båten är förtöjd ansluter många båten till marinans elnät för att förse ström till olika enheter

ombord på båten. I denna situation underlättar det om elstolpen är placerad nära båten och nära pontonens kant, så att kablar kan placeras längs med pontonens kant istället för att ligga tvärs över pontonen.

4.6 Lastberäkningar

För att kunna generera koncept som kan göras hållfasta för de lastfall de kan utsättas för, undersöks vilka laster som kan verka på profilen. Dessa inkluderar förtöjningslaster via Y-bommar och pollare, samt kollision mellan båt och ponton. Förtöjning vid Y-bommar sker vanligtvis med båtar med en längd på upp till 50 fot, vilka vanligtvis väger upp till 20 ton (se tabell 4). Dimensionering av pollare och övrig utrustning avsedda för dessa båtar görs oftast utifrån erfarenhet och normer som vuxit fram naturligt över tid, snarare än via beräkningar. Riktlinjer för hur laster bör beräknas för båtar av denna storlek är därför knappa, även om vissa riktlinjer för lastberäkning vid parallell förtöjning kan hittas i AS3962:2020. Inga riktlinjer finns dock för att beräkna laster vid kollision eller då båten ligger förtöjd under extrema väderförhållanden. Eftersom tillgång till FEM-program och andra datorsimuleringar inte har funnits, utfördes beräkningar av statiska laster i syfte att grovt uppskatta kritiska lastfall.

4.6.1 Beräkning av förtöjningslaster

Förtöjningslaster orsakas av effekten som vind, vågor och strömmar har på den förtöjda båten. Eftersom marinor sällan är placerade i områden med starka strömmar bortses dessa ifrån. De lastfall som behandlas i detta kapitel är i praktiken dynamiska, och därmed har även båtens vikt en inverkan på lasternas storlek. Eftersom lastfallen beräknas utan datorsimuleringar är det dock svårt att beräkna dynamiska laster med precision, och därför antas lasterna vara statiska. Detta är en anledning till att en säkerhetsfaktor adderas vid beräkning av de dimensionerande krafterna.

Vindlaster

SF Marina har utvecklat ett verktyg för beräkning av vindlaster, baserat på ekvationer från BS 6349-6:1989 (British Standard, 1989) och Coastal Engineering Manual (USACE, 2002), vilket används för att beräkna linkrafter orsakade av vind. I figur 3 redovisas lasterna som uppstår på en 50 fot lång båt samt dragkrafterna i dess linor, vid en vindhastighet på 25 m/s och då vinden träffar båten från en vinkel mellan 0 och 180 grader relativt båtens färdriktning.

SF MOORING	
This calculation tool was developed by SF Marina in 2023 to enable easy estimation of a suitable mooring system. It can be used to calculate loads on the mooring system and preliminary dimensions of cleats and bollards	

1. Project information	
Project name	Exjobb 1
Location	
Date	

2. Vessel information		
Vessel type	Motor	
Vessel Length	15/49	m/ft

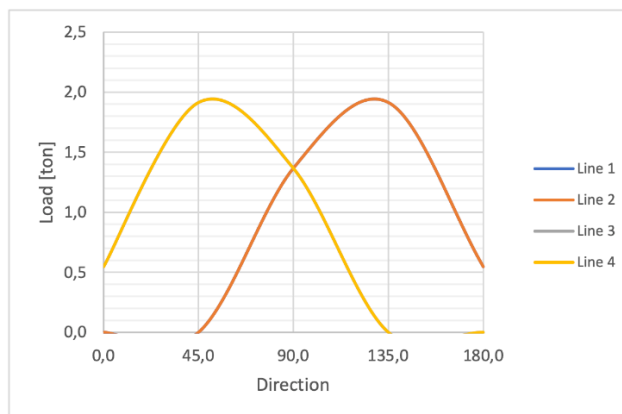
3. Location information		
Gravitaional acceleration	9,81	m/s2
Wind speed (gust)	25	m/s

4. Mooring information		
Type of mooring	Single-Berth	
Vertical angle of mooring line	45	deg
Factor of safety	1	-

The FOS is set to 2 as default but can be changed by the user. The british standard recomends a FOS of 1.2 for mooring points on structures but a higher value should be chosen since this tool does not take into consideration the loads from waves and currents.

Mooring description
The single berth mooring type is usually between 2 fingers that are fixed to the pontoon. The fingers are shorter than the length of the boat and the outer lines on the fingers will head outwards and the inner lines on the finger will head inwards towards the pontoon. 4 lines are used in total and all lines are angled 45 degrees.

Results		
Maximum load on vessel [ton]	2,1	
Maximum horizontal load [ton]	Line 1	1,9
	Line 2	1,9
	Line 3	1,9
	Line 4	1,9
Minimum Bollard capacity [ton]	Line 1	2,7
	Line 2	2,7
	Line 3	2,7
	Line 4	2,7



Figur 3: Inmatade värden samt resultat gällande krafter från förtöjd båt. Internt verktyg SF Marina

Den horisontella lasten blir i en enskild förankringspunkt maximalt 1.9 ton (18.6 kN), då båten är förankrad som beskrivet i figur 3. Eftersom linan utöver den horisontella vinkeln på 45 grader relativt båtens färdriktning även är vinklad 45 grader vertikalt, blir den maximala linkraften som konsekvens av vind följande:

$$\sqrt{2} \cdot 1.9 = 2.7 \text{ ton (26.4 kN)}$$

Våglaster

Våglaster verkar inte på de flesta pollare vid förtöjning vid Y-bommar eftersom pontonen och intilliggande båtar blockerar det mesta av vågorna som kommer framifrån eller från sidan, vilka är de enda våglaster som pollare hade tagit upp. Scenariot som tas i hänsyn är således ett extremfall där båten är förtöjd på en plats längst ute vid änden av en ponton, och där vågorna kommer från en vinkel mellan 45 och 90 grader relativt Y-bommarnas längdriktning.

Vid en ihållande storm, vilket innebär att vinden har en snitthastighet på 25 m/s eller 49 knop (SMHI, u.å.), uppstår vågor med egenskaper ungefär enligt värdena i figur 4 (Swellbeat, u.å.). “Fetch” är den sträcka vågen uppstår över, alltså sträckan mellan en vågbrytande struktur och båten. Denna sträcka är, som kan ses under “Outputs”, den begränsande faktorn för höjden av vågorna. “Fetch” sätts till 100 meter, eftersom båtar i marinor med betongpontoner sällan ligger med sin bog eller sida exponerad mot en sträcka längre än så från en vågbrytande struktur.

INPUTS		OUTPUTS
Wind Speed (kt): 49	Calculate!	Significant Wave Height = 0.19 m
Duration (h): 5		Peak Wave Period = 0.97 s
Fetch (km): 0.1		Wave growth limited by: fetch

INPUTS		OUTPUTS
Significant Wave Height (m): 0.19	Calculate!	Mean Wave Length = 1.09 m
Peak Wave Period (s): 0.97		Wave Celerity = 1.30 m/s
Water Depth (m): 5		Group Celerity = 0.65 m/s
		Relative Depth = 4.60
		Regime = Deep waters
		Max. Horizontal Velocity = 0.51 m/s
		Max. Vertical Velocity = 0.51 m/s
		Mass Flux = 17.37 kg/(ms)
		Radiation Stress = 11.31 N/m
		Energy Flux = 14.74 W/m

Figur 4: Egna inmatade värden i beräkningsverktyg från Swellbeat.com (u.å.).

Om vattendjupet är över två meter ger kalkylatorn en signifikant våghöjd H_s på 0.19 m, och en våglängd L på 1.09 m. Detta är även i linje med tabell 3 nedan, hämtad från BS 6349-1-1:2013 (British Standard, 2013).

Tabell 3: Värden för våghöjd från BS 6349-1-1:2013, sida 101

Wave criteria from small craft				
Length of small craft, pleasure boat m	Maximum wave height criterion, beam/quartering seas		Maximum wave height criterion, head seas	
	T_z s	H_s m	T_z s	H_s m
4 to 10	<2	0.20	<2.5	0.20
	2 to 4	0.10	2.5 to 4	0.15
	>4	0.15	>4	0.20
10 to 16	<3	0.25	<3.5	0.30
	3 to 5	0.15	3.5 to 5.5	0.20
	>5	0.20	>5.5	0.30
20	<4	0.30	<4.5	0.30
	4 to 6	0.15	4.5 to 7	0.25
	>6	0.25	>7	0.30

NOTE Copyright is claimed in this table, which is reproduced from PIANC PTC II Report WG24 [41]. Reproduction of this table and making products from it might infringe that copyright. Details of the copyright owner can be found in the Foreword.

Med ekvationerna från BS 6349-6:1989 nedan kan trycket som uppstår från vågor på strukturer som pontoner beräknas.

$$P_y = \rho g \gamma + \rho g H_s \frac{\cosh \frac{2\pi(\gamma+d)}{L}}{\cosh \frac{2\pi d}{L}}, \text{ där } \gamma = \frac{H_s}{2} \sin(\omega t - kx)$$

Symbolerna representerar följande:

P_y - Trycket som verkar på strukturen, som konsekvens av vågorna

ρ - Densitet av det medium vågen färdas genom

g - Tyngdacceleration

γ - Amplitud av en våg vid en viss punkt inom vågens period

H_s - Signifikant våghöjd

d - Vattendjup

L - Våglängd

Eftersom vi söker det maximala trycket båten utsätts för, räknar vi på det ögonblick då vågens topp befinner sig vid båtens sida. Vi vill alltså räkna med det högsta möjliga värdet på γ .

Eftersom $\sin(x)$ antar sitt högsta värde ($= 1$) då $x = \frac{\pi}{2}$, antas att $\omega t - kx = \frac{\pi}{2}$, och därmed att $\gamma = \frac{H_s}{2}$. Om dessa värden förs in i ekvationen ovan fås att trycket blir ungefär 4150 N/m^2 .

Den totala lasten F_{WF} som verkar på båten kan beräknas med formeln nedan.

$$F_{WF} = P_y \gamma L_{\text{ponton}}, \text{ där } L_{\text{ponton}} \text{ är pontonens längd.}$$

För en 15.25 meter (50 fot) lång båt blir lasten följande:

$$F_{WF} = 4150 \frac{H_s}{2} \cdot 15.25 = 6019 \text{ N}$$

Med ekvationen nedan från BS 6349-6:1989 kan "Second order forces" (F_{WD}) vid oregelbundet hav beräknas, även kallade "Drift forces". Dessa laster blir i detta fall mycket låga, och försummas därför.

$$F_{WD} = \frac{\rho g L H_s^2}{16}$$

Linkrafter orsakade av vind och vågor

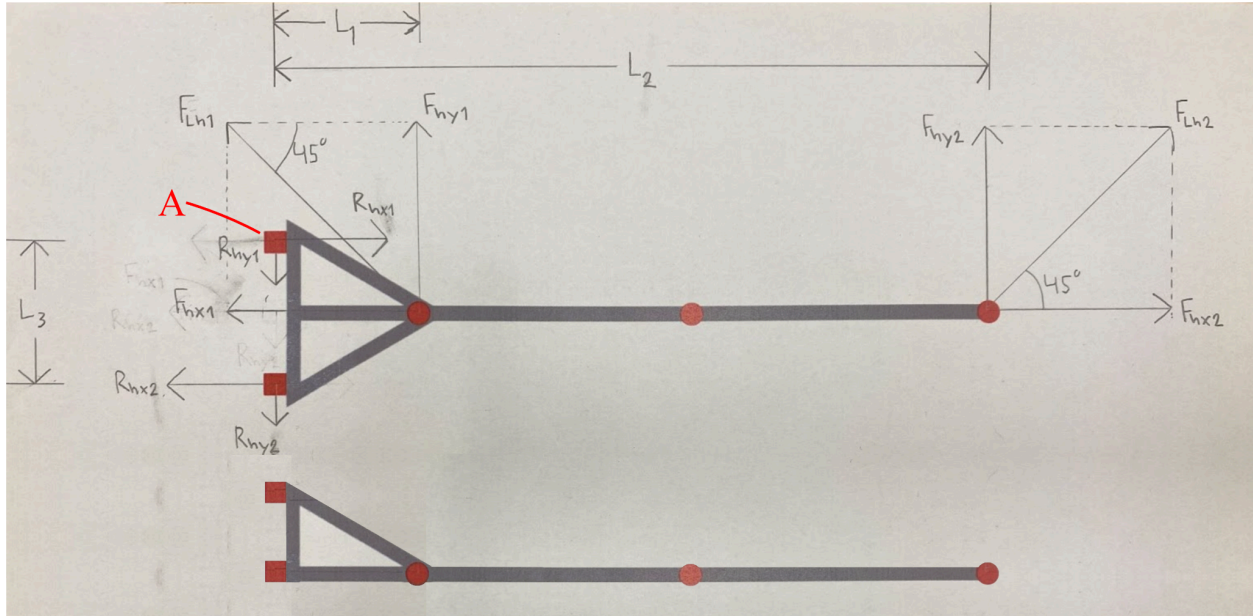
Det finns två scenarier som bör studeras för att erhålla dimensionerande linkrafter orsakade av väderförhållanden, och de är följande.

1. En 50-fotsbåt ligger förtöjd vid Y-bommar. Vindhastigheten är 25 m/s, och vinden kommer rakt framifrån. Eftersom vinden kommer rakt framifrån blockerar pontonen vågorna. Båten är förtöjd på ett sådant sätt att en pollare monterad på pontonen, rakt framför båten, tar upp hela lasten från vinden. Enligt figur 3 blir de maximala horisontella lasterna i detta scenario 0.55 ton (5.4 kN) i vardera förankringspunkt, alltså 10.8 kN totalt. Om linan är vinklad 45 grader vertikalt blir linkraften $\sqrt{2} \cdot 10.8 = 15.3 \text{ kN}$. Med en säkerhetsfaktor på 1.2, enligt rekommendation i BS, dimensioneras pollaren och dess fästpunkt för en last på 18.3 kN.
2. En 50-fotsbåt ligger förtöjd vid Y-bommar. Vindhastigheten är 25 m/s, och vinden kommer från en vinkel av 90 grader, alltså vinkelrätt mot sidan av båten. Den resulterande lasten, riktad horisontellt och vinkelrätt mot båtens sida, blir 1.4 ton (13.7 kN) i vardera förankringspunkt (se figur 3). Båtens längsta sida är exponerad mot vågorna, och båten utsätts alltså för deras fulla last. Den horisontella lasten från vågorna blir $\frac{6}{2} = 3 \text{ kN}$ i vardera förankringspunkt. Den totala horisontella och vinkelrätt riktade lasten vid vardera förankringspunkt blir alltså $13.7 + 3 = 16.7 \text{ kN}$, och eftersom linorna är vinklade 45 grader både horisontellt och vertikalt blir linkrafterna $\sqrt{3} \cdot 16.7 = 28.9 \text{ kN}$.

Laster på Y-bommar från vind och vågor

Konceptet dimensioneras utefter ett scenario där vinden träffar båten vinkelrätt mot båtens sida. Detta eftersom lasterna på båten är mindre då vinden färdas i linje med båtens färdriktning, samtidigt som de då är riktade på ett mer fördelaktigt sätt ur hållfasthetssynpunkt. Enligt AS3962:2020 sida 21 bör en Y-bom vara minst 0.8 båtlängder. Om båten är 50 fot (15 meter) lång så bör bommen alltså vara 12 meter lång, och därför antas denna längd vid beräkningar.

Friläggningarna i figur 5 och 6 utgår från att de främre linorna är vinklade 45 grader horisontellt, vilket i praktiken skulle innebära att båtens för är i kontakt med pontonen. Den horisontella vinkeln på linorna påverkar dock inte krafterna som verkar mellan bommen och pontonen, eftersom de kraftkomponenter riktade längs med bommen tar ut varandra. Detta vet vi eftersom båten är stationär relativt Y-bommarna, istället för att den accelererar längs med bommen.



Figur 5: Y-bom (övre) och avslutningsbom (nedre) i plan 1 (ovanifrån)

De sträckor och laster i figur 5 och 6 som är kända listas nedan, och övriga laster beräknas med efterföljande ekvationer.

$$L_1 = 2 \text{ m}$$

$$L_2 = 12 \text{ m}$$

$$L_3 = 2.26 \text{ m (Y-bom enligt figur 5) eller } 1.5 \text{ m (avslutningsbom enligt figur 5)}$$

$$F_{L1} = F_{L2} = 28.9 \text{ kN (Linkrafter, som beräknats i det andra dimensionerande scenariot)}$$

$$F_{hy1} = F_{hy2} = 16.7 \text{ kN (som beräknats i det andra dimensionerande scenariot)}$$

$$F_{hx1} = F_{hx2} = F_{v1} = F_{v2} = 16.7 \text{ kN (eftersom alla vinklar hos linorna är 45 grader)}$$

I plan 1 (se figur 5) beräknas lasterna ($R_{hy1} + R_{hy2}$) samt R_{hx1} och R_{hx2} :

$$\text{Riktning } \uparrow: F_{hy1} + F_{hy2} - R_{hy1} - R_{hy2} = 0 \Rightarrow F_{hy1} + F_{hy2} = R_{hy1} + R_{hy2} = 33.4 \text{ kN}$$

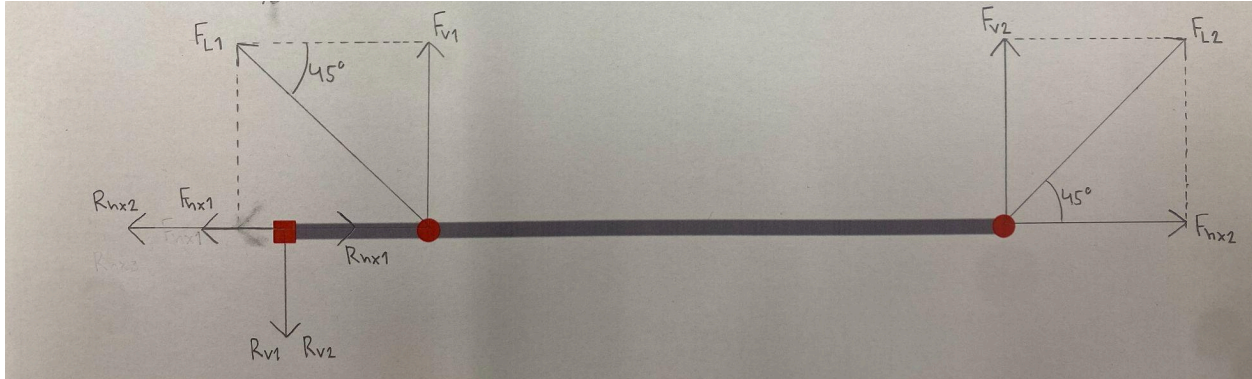
$$\text{Riktning } \rightarrow: R_{hx1} + F_{hx2} - R_{hx2} - F_{hx1} = 0 \Rightarrow [F_{hx1} = F_{hx2}] \Rightarrow R_{hx1} = R_{hx2}$$

Momentjämvikt punkt A:

$$R_{hx2}L_3 - F_{hy1}L_1 - F_{hy2}L_2 = 0 \Rightarrow [R_{hx1} = R_{hx2}] \Rightarrow R_{hx2} = R_{hx1} = \frac{F_{hy1}L_1 + F_{hy2}L_2}{L_3} = 103.5 \text{ kN},$$

då $L_3 = 2.26$.

Om $L_3 = 1.5$ blir R_{hx1} och R_{hx2} istället 156 kN.



Figur 6: Plan 2, från sidan

I plan 2 (se figur 6) beräknas lasterna R_{v1} och R_{v2} :

$$F_{v1} + F_{v2} - R_{v1} - R_{v2} = 0 \Rightarrow [F_{v1} = F_{v2}] \Rightarrow 2F_{v1} = R_{v1} + R_{v2} = 33.4 \text{ kN}$$

På Y-bommar verkar R_{v1} och R_{v2} symmetriskt relativt en linje som går genom bommens förtöjningspunkter, och därför är $R_{v1} = R_{v2} = 16.7 \text{ kN}$ på dessa bommar.

På avslutningsbommar verkar R_{v1} på avståndet L_3 (1.5 m för avslutningsbom) från samma linje, och R_{v2} verkar i en punkt på linjen. Därmed är R_{v2} den enda vertikala reaktionskraften på dessa bommar, och den blir alltså 33.4 kN.

Med en säkerhetsfaktor på 1.5 blir de dimensionerande lasterna för vardera av bommarnas fästen följande:

Y-bom

$16.7 \cdot 1.5 = 25 \text{ kN}$ vid vardera fäste, riktade längs med pontonen och vertikalt.

$103.5 \cdot 1.5 = 155 \text{ kN}$ vid vardera fäste, riktade horisontellt och vinkelrätt mot pontonens sida.

Avslutningsbom

$16.7 \cdot 1.5 = 25 \text{ kN}$ vid vardera fäste, riktade längs med pontonen.

$33.4 \cdot 1.5 = 50.1 \text{ kN}$ vid ena fästet, riktad vertikalt.

$156 \cdot 1.5 = 234 \text{ kN}$ vid vardera fäste, riktade horisontellt och vinkelrätt mot pontonens sida.

Y-bommar med en längd på minst tolv meter har ofta ett tredje fäste, placerat mellan de två som syns i figur 5. Detta fäste kan bidra med ytterligare hållfasthet, men exkluderas i beräkningarna eftersom systemet annars blir statiskt obestämt.

4.6.2 Beräkning av kollisionslaster

Nedan görs en uppskattning av lasterna som verkar på profilen vid en allvarlig kollision. För båtar med en längd på under 18 meter eller 59 fot rekommenderas att räkna med en kollisionshastighet på 0.9 m/s (ASCE, 2012), och en båt med längden 50 fot väger sällan över 20 ton (se tabell 4).

Tabell 4: Förhållande mellan längd och vikt på båt enligt AS 3962:2020 s.34

Vessel length (L) m	Displacement tonnes
10	7
12	12
15	20
18	33
20	44
25	80
30	180
35	270
40	360
45	470
50	600
NOTE 1 This table is prepared on the basis that 95 % of vessels do not exceed the above displacement.	
NOTE 2 Linear interpolation can be applied for vessel sizes that fall between the above categories.	

Kraften som krävs för att bromsa in en viss massa under en viss tid kan beräknas med ekvationen nedan.

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}, \text{ där } F \text{ är kraft [N], } m \text{ är massa [kg], } a \text{ är acceleration [m/s}^2\text{], } \Delta v \text{ är förändring av hastighet [m/s] och } \Delta t \text{ är förändring av tid [s].}$$

Med ovan nämnda värden blir lasterna följande.

$$\text{Om } m = 20\,000, v = 0.9 \text{ och } t = 0.3 \text{ är } F = 60 \text{ kN}$$

$$\text{Om } m = 20\,000, v = 0.9 \text{ och } t = 0.5 \text{ är } F = 36 \text{ kN}$$

Hur lång tid det tar för båten att stanna är helt avgörande för hur stor lasten på pontonen blir, och att uppskatta denna tid är svårt. Tiden påverkas i första hand av hur mycket båten deformeras vid

kollisionen, men också av hur mycket pontonen förflyttas vid kollision. Värdena på 0.3 och 0.5 är uppskattningar, grundade i att båten i detta scenario uppskattningsvis bör deformeras åtminstone ett par decimeter. Det beskrivna scenariot är osannolikt eftersom 50-fotsbåtar sällan förtöjer vid Y-bommar, samt att en kollisionshastighet på 0.9 m/s för en båt av denna storlek är mycket ovanlig. Det kan vara mer kostnadseffektivt att designa profilen för att vara hållfast för mindre extrema lastfall och deformeras vid större kollisioner, i fall det är billigare att byta ut en deformationad profil än att reparera de ökade skador som en mer rigid profil skulle orsaka på båten.

Om båten istället är 35 fot (10.7 m) lång, och då enligt tabell 4 väger tio ton, blir lasterna istället följande.

Om $m = 10\,000$, $v = 0.9$ och $t = 0.3$ är $F = 30\text{ kN}$

Om $m = 10\,000$, $v = 0.9$ och $t = 0.5$ är $F = 18\text{ kN}$

Konceptet designas utefter detta scenario, eftersom detta hållfasthetskrav tillåter en större lösningsrymd än det tidigare samtidigt som konceptet är hållfast för de allra flesta kollisioner. Med en säkerhetsfaktor på 1.5 blir kravet för hållfasthet vid kollision 45 kN.

4.7 Kravspecifikation

Kraven i specifikationen (se tabell 5) delades upp i kategorierna “Tekniska krav”, “Installation”, “Förtöjning”, “El- och vattentillförsel”, “Flexibilitet”, “Säkerhet”, “Kostnad och tillverkning” samt “Övrigt”. Vissa krav tilldelades ett målvärde eller en kommentar, och samtliga krav markerades som “Krav” eller “Önskemål”. Bakgrunden och syftet för ett urval av kraven beskrivs nedan.

Tabell 5: Kravspecifikation

Krav	Målvärde/Kommentar	Krav/Önskemål
Tekniska krav		
Tåla laster från kollision, pollare och Y-bommar	Idealt: Kollision 45 kN, pollare 18.3 kN, y-bommar 234 kN	K
Korrosionsbeständig	Fasta komponenter > 50 år, utbytbara komponenter > 30 år	K
Material kompatibelt med tillbehör	Ingen problematisk kemisk reaktion sker	K
Installation		
Möjliggöra montering av samtliga tillbehör	Y-bommar, pollare, el- och vattenstolpar, etc.	K
Ej förhindra konfigureringsmöjligheter av pontoner		K
Förtöjning		
Möjliggöra förtöjning av fören med och utan pollare		Ö
Erbjuda fästpunkt för pollare och moring		K
Erbjuda fästpunkt för Y-bommar		K
El- och vattentillförsel		
Erbjuda utrymme för större elledningar	Framtidssäkring	K
Erbjuda utrymme för vattenledning och kopplingar		K
Möjliggöra montering av el- och vattenstolpar nära bryggans kant		K
Erbjuda undanstuvning av personlig elkabel vid användning		Ö
Erbjuda fästpunkt för el- och vattenstolpe		K
Flexibilitet		
Erbjuda smidig åtkomst till ledningar och kopplingar		K
Möjliggöra smidig omplacering av samtliga komponenter	Y-bommar, pollare, el- och vattenstolpar, lyktstolpar, trappor etc.	K
Möjliggöra fri placering av samtliga komponenter	Mål: Steglös justering/placering	Ö
Säkerhet		
Förhindra halkning		Ö
Möjliggöra fastlåsning av båt via fören	Utan pollare	Ö
Möjliggöra montering av stödpinne		Ö
Erbjuda dämpning vid kollision båt/ponton		K
Skydda pontonens kant		K
Kostnad och tillverkning		
Erbjuda tillräckligt lågt pris		K
Kan tillverkas tillräckligt nära slutdestination		Ö
Övrigt		
Möjliggöra montering av hemmagjorda tillbehör		Ö
Erbjuda bekvämt underlag att stå på		Ö

Tekniska krav

Kraven i denna kategori berör nödvändiga fysikaliska egenskaper som krävs för att konceptet ska kunna fylla sina funktioner. Målvärdena för kravet på korrosionsbeständighet är på 30 år för utbytbara komponenter, och 50 år för icke-utbytbara komponenter. Dessa siffror är uppskattningar av rimliga livslängder utifrån dagens pontondesign, vad som är möjligt med tillgängliga material samt vad som förväntas av användare och kunder. Dagens pontoner har en livslängd på ungefär 50 år, och eventuella fasta komponenter behöver vara lika länge. Däremot finns komponenter som exempelvis träfendern, som beroende på klimat har en livslängd på mellan 10 och 25 år. Eftersom en eventuell framtida produkt sannolikt resulterar i en dyrare ponton kan det antas att det skulle finnas en förhöjd förväntan på livslängd hos dessa utbytbara

komponenter, och att en dyrare produkt som behöver bytas var tjugonde år inte är tillräckligt attraktiv på marknaden.

Det sista kravet i denna kategori syftar till att säkerställa att materialval inte leder till korrosionsrisk, och därmed en förkortad livslängd. Eftersom kontakt mellan de vanligt förekommande materialen stål och aluminium kan resultera i korrosion, speciellt i närvaro av fukt och salt, är detta något som behöver tas i hänsyn.

Installation

I vissa installationer sammankopplas pontoner i okonventionella vinklar eller positioner relativt varandra. Det andra kravet i denna kategori infördes för att säkerställa att en framtida lösning inte reducerar möjligheterna till detta.

Förtöjning

Det första kravet som berör förtöjning införs eftersom fältstudien och användarintervjuerna visade att det i marinor med Y-bommar finns ett behov av att förtöja båtar med en lina rakt fram ut från båtens för, vilket idag oftast görs genom att trä en lina runt träfendern. Om denna möjlighet skulle försvinna vid implementeringen av en ny produkt skulle marinor vara tvungna att montera en pollare vid varje båtplats, vilket hade kunnat resultera i att produkten hamnar utanför deras budget. Kravet kategoriseras dock som ett önskemål, eftersom förtöjning av fören skulle kunna göras via en pollare trots den högre kostnaden. Dessutom är bryggorna designade för förtöjning via endast Y-bommarna, vilket också är ett vanligt tillvägagångssätt för många användare.

El- och Vattentillförsel

Det första kravet i denna kategori infördes baserat på en intervju med personal i en marina, där det nämndes att elbehovet hos marinorna kommer att öka på grund av en ökande elektrifiering av båtar samt en ökning av annan elektronik ombord på båten. I dagsläget dras oftast endast en kabel med en ytterdiameter på ungefär tio millimeter genom pontonerna, men inom pontonernas livslängd på cirka 50 år finns det sannolikt ett behov av att installera större och/eller fler kablar.

Det tredje och fjärde kravet tillkom för att intervjuerna visade att det finns flera problem med dagens placering av el- och vattenstolpar, och att många båtägare hade föredragit att stolpen var placerad längre ut mot pontonens kant.

Flexibilitet

Under Flexibilitet införs tre krav som är centrala för att ett koncept ska uppfylla arbetets syfte och mål. Det första kravet är att kablar och vattenledningar behöver vara mer lättåtkomliga än i dagsläget i syfte att underlätta service och byte av dessa, vilket också var en central motivering för detta arbete från SF Marina. Det andra och tredje kravet tillkom eftersom smidig förändring

av marinans utformning gällande bredd på båtplatser och tillbehör är något som visade sig vara önskvärt hos både användare och SF Marina.

Säkerhet

Det andra kravet av de som berör säkerhet infördes eftersom observationer visade att många båtägare vill låsa fast sin båt via fören, med exempelvis en kätting. Kravet på att tillbehör som pollare ska vara enkla att omplacera kan innebära att dessa inte kan användas som säkra punkter att låsa fast båten i, vilket betyder att ett behov kan finnas för en alternativ fästpunkt för kättingar. I dagsläget träs en kätting oftast antingen runt fästet för Y-bommen, eller runt träfendern om kättingen får plats i det trängre utrymmet. Detta är dock ingen bra lösning, eftersom de vassa kanterna och rörelsen vid Y-bommens fäste nöter sönder höljet på kättingen, samt att en kätting inte alltid får plats mellan träfendern och pontonen. Eftersom fastlåsning är möjligt i dagsläget införs detta krav som ett önskemål, så att denna situation kan förbättras.

Möjligheten att montera en stödpinne införs också som ett krav. Kravet tillkom eftersom hemmagjorda lösningar för detta noterades under fältstudier, samt att äldre båtägare uttryckte ett behov av stöd när de kliver i och ur båten.

Övrigt

Kravet i denna kategori syftar till att försäkra att montering av hemmagjorda/skräddarsydda tillbehör är möjligt hos ett framtida koncept, något som är vanligt förekommande i marinor idag. Dessa tillbehör innefattar bland annat trappor för att komma i och ur båten, pinnar att hänga tampar i samt skyddande fendrar. Det är tydligt att det finns många situationer där standardiserade tillbehör inte tillgodoser behoven hos båtägare, alternativt där båtägarens eller marinans budget inte tillåter dessa, och därför anses denna möjlighet vara viktig för att uppnå god kundnöjdhet.

4.8 Utveckling av koncept

Vid arbetets början var utgångspunkten att utveckla en profil i metall som skulle ersätta dagens träfender, och att använda denna för dragning av ledningar samt montering av tillbehör. För att inte begränsa lösningsrymden och undersöka ifall det var rimligt att utforska andra typer av lösningar, fördes ett resonemang kring lösningens kriterier och arbetets mål.

Att öka flexibiliteten av pontonerna innefattar delvis att förändra implementeringen av el- och vattentillförsel samt el- och vattenstolpar. För att öka flexibiliteten av dessa implementeringar måste kablar göras åtkomliga längs med hela pontonen, och inte bara via skarvarna mellan pontoner eller genom ingjutna kanaler. Ledningarna måste därför föras bort från oåtkomliga kanaler, och placeras på ett sådant sätt att de enkelt kan bytas ut, skarvas och föras upp till plattformen utan att modifiera pontonen. Så länge detta uppnås genom att behålla ledningarna inom pontonens tvärsnitt, innebär den större komplexiteten i pontonens geometri ökade

tillverkningskostnader. Att dra ledningar i kanaler, exempelvis på pontonens ovansida, skulle medföra en sämre estetik och/eller problem med att täcka över dessa på ett sätt som tillåter smidig flytt och justering av el- och vattenstolpar samt täcklock. Ingjutning av kanaler i pontonen uttrycks explicit som ett problem i bakgrunden till arbetet, och bör därför undvikas om möjligt.

Att kunna ändra placeringen och antalet Y-bommar, pollare, nödstegar etc är också en central komponent i att öka flexibiliteten hos pontonerna. Eftersom samtliga av dessa tillbehör är placerade nära pontonens kant, monteras de i dagsläget antingen i träfendern eller i gänginsatser ingjutna i pontonen. Y-bommarna är vanligtvis monterade med en U-profil som omsluter träfendern, eller så är de fastskruvade i fendern. Nackdelen med det första alternativet är att fästena inte kan placeras där gummibussningarna mellan fendern och pontonen sitter. Nackdelen med det andra alternativet är att skruvhål lämnas exponerade då man omplacerar bommen, vilket inte är estetiskt tilltalande och kan orsaka att fendern ruttnar snabbare. Fendern lämpar sig också endast för montering av små pollare på grund av sin låga hållfasthet, vilket innebär att addering och förflyttning av pollare är mycket kostsamt i dagsläget, eftersom de behöver monteras på pontonens ovansida.

Att ersätta träfendern med en profil i metall skulle kunna lösa samtliga av problemen beskrivna ovan, och därför beslutades att konceptet skulle vara av denna typ. Profilen skulle användas för att placera ledningar åtkomligt, samt att fästa tillbehör i största möjliga utsträckning.

Förtöjning av fritidsbåtar sker vanligtvis på två olika sätt; antingen med Y-bommar eller parallellt med pontonen. I Sverige förtöjer man vanligtvis med båtens för mot pontonen då Y-bommar används, och eftersom många användare då fäster en lina rakt ut från båtens för behöver profilen kunna ta upp laster från pollare. Vid förtöjning parallellt med pontonen tas alla förtöjningslaster upp av pollare, och därför blir lastfallen här mycket annorlunda. Pontoner avsedda för parallell förtöjning används dessutom av större båtar än de som förtöjer vid Y-bommar, vilket betyder att lasterna på pollarna i detta fall ökar ytterligare. Att designa för dessa laster bedömdes vara svårt, och skulle sannolikt innebära en begränsning av lösningsrymden. Diskussioner fördes kring vare sig en profil skulle designas för vardera förtöjningssätt, eller om en profil som lämpar sig för båda förtöjningssätten skulle designas. Eftersom arbetet var avgränsat till att adressera förtöjning av båtar upp till 50 fot togs beslutet att profilen skulle designas för förtöjning med Y-bommar i första hand, och att möjligheten att tillämpa profilen vid parallell förtöjning skulle utforskas i mån av tid.

4.8.1 Generering av idéer och koncept

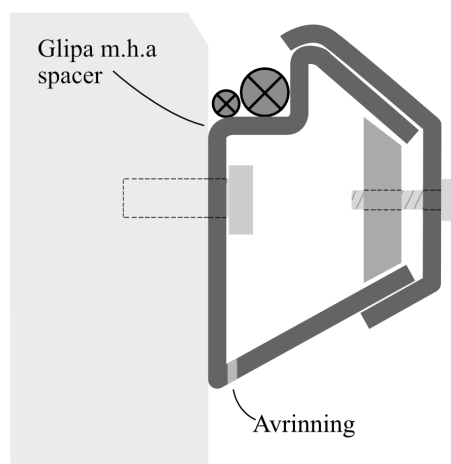
I detta kapitel presenteras ett urval av de idéer och koncept som skapats. Idéerna A-D är en del av en initial fas i processen, där olika typer av tvärsnitt på profiler utforskades. Här undersöktes om de kunde resultera i en profil som har den funktionalitet och hållfasthet som krävs, samtidigt

som de kan tillverkas till ett lågt pris. Idéerna resulterade i koncept A, som presenteras i iterationerna A1 och A2.

Ovan nämnda idéer och koncept har huvudsakligen designats utefter tre områden; funktion, tillverkning och hållfasthet. Att till en så hög grad som möjligt enkelt kunna montera varje tillbehör på varje lämplig plats längs med pontonen, utan att behöva flytta på något annat tillbehör, har fått hög prioritet. Stor hänsyn har också tagits till enkelhet av tillverkning och relaterade kostnader. Samtliga idéer har designats för att minimera behovet av eventuell efterbehandling utöver de huvudsakliga tillverkningsmetoderna som exempelvis bockning, extrudering och/eller svetsning. Denna efterbehandling kan inkludera exempelvis borrar, fräsning eller svetsning. Koncepten har också designats för att kunna utsättas för de laster som beräknats under avsnitt 4.6 “Lastberäkningar”, utan att plasticeras. Eftersom beräkningar av hållfasthet inte utförts har geometrierna hållits enkla, och möjligheten att i efterhand justera godstjocklek utan att påverka funktionalitet eller enkelhet av tillverkning har bibehållits. Kommentarer som syns i varje figur har hämtats från ursprungliga skisser, där tankar kring idéerna dokumenterades parallellt med skissarbetet.

Idé A; bockad eller extruderad stålprofil

Figur 7 visar ett tvärsnitt av en profil monterad längs en ponton. Tvärsnittet är enkelt och få hål behöver skapas i profilen, vilket minimerar tillverkningskostnader. Y-bommar kan förflyttas steglöst och smidigt med ett klämfäste likt det som sitter monterat till höger, och ledningar placeras åtkomligt på profilens ovansida. Att fästa pollare och övriga tillbehör är dock svårt, hållfastheten är låg och profilen erbjuder ingen bra plattform för användare att stå på.



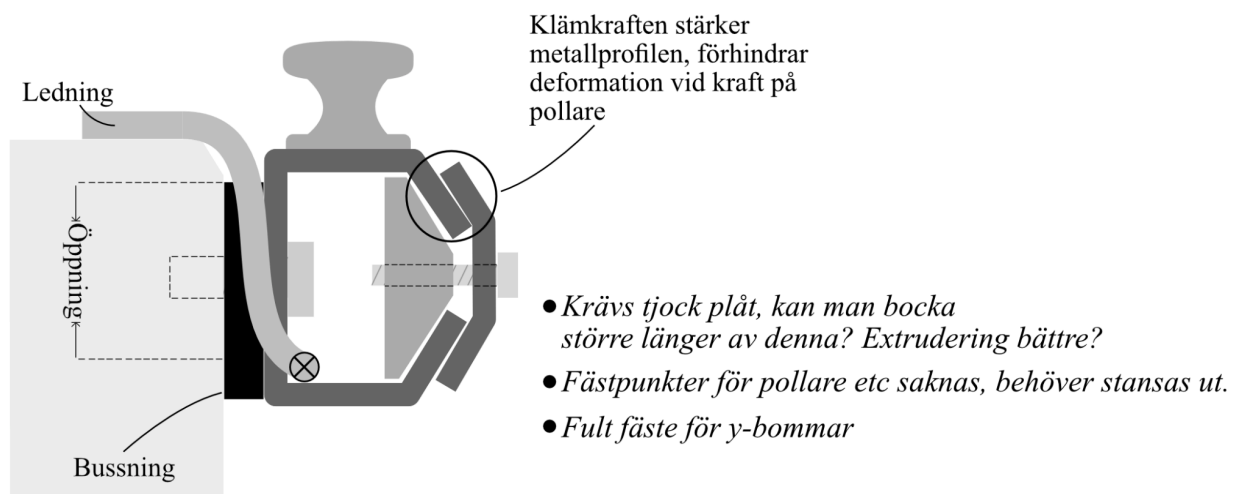
Figur 7: Idé A

Idé B1; Extruderad eller bockad och svetsad stålprofil

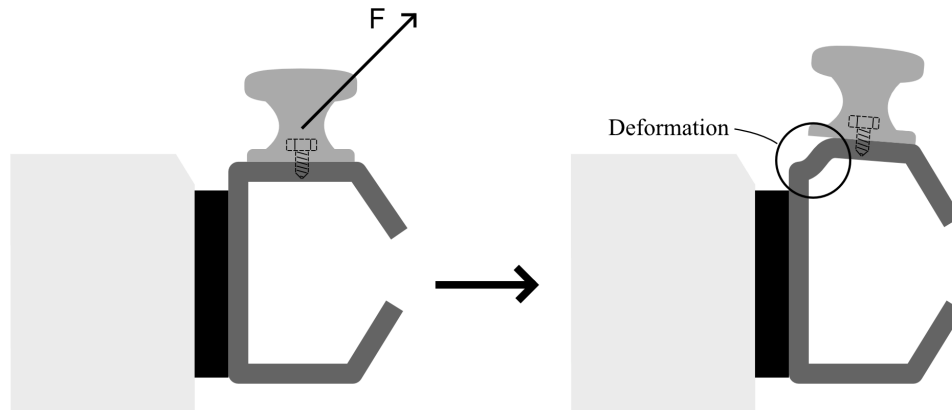
Denna idé innefattar en profil som är bättre att stå på och som möjliggör montering av pollare, dock behöver hål skapas i profilen för montering av dessa. Ledningar placeras inuti profilen,

vilket medför att hål även behöver skapas i profilens baksida för att föra upp ledningarna till el- och vattenstolpar. Detta ökar produktionskostnader, hindrar steglös placering av pollare, försvårar steglös placering av el- och vattenstolpar och försvagar profilen. Om många hål hade skapats för ledningar hade de kunnat föras ut nära elstolpar, för att sedan ligga en sträcka mellan profilen och pontonen. Det hade dock varit svårt att skarva på eller ta bort en T-koppling på vattenslangen då den ligger inuti en profil med en liten öppning, eftersom kopplingen sannolikt är större än öppningen. Detta hade kunnat göras genom att kapa slangen, föra vardera ände genom varsin öppning och sedan skarva på en T-koppling mellan profilen och pontonen. Detta är dock inte en smidig och estetiskt fördelaktig lösning, och därför placeras ledningar utanför profilen i de följande idéerna.

En annan nackdel med denna profil är att den kan deformeras vid stora laster från pollare, ungefär enligt figur 9. Deformationen skulle kunna minimeras genom att placera en stor bricka mellan profilen och muttrarna som håller pollaren, dock innebär detta att en ytterligare komponent behöver tillverkas och hanteras. Det finns även en risk att vatten och smuts ansamlas inuti profilen om inte dräneringshål adderas, och standardiserade fändrar kan inte monteras på grund av vinkeln av profilens framsida.



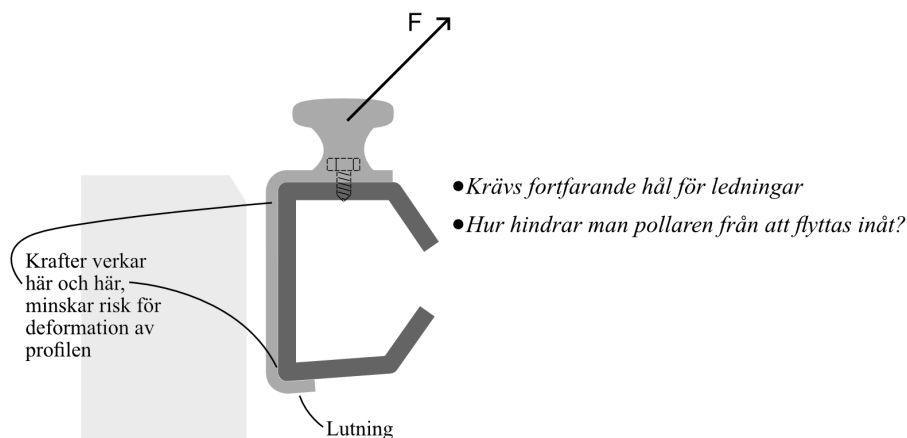
Figur 8: Idé B1



Figur 9: Ungefärlig deformation av B1

Idé B2; Fäste för pollare

Denna lösning kan möjliggöra en nästan steglös placering av pollare, eliminera behovet av att skapa hål för pollare i profilen och minska risken för permanent deformation av profilen vid laster på pollaren. Pollaren hade i detta fall fixerats med hjälp av en låsskruv som ligger an mot profilens ovansida. Det råder dock tveksamheter kring vare sig den tunna och långa sektionen som omsluter profilens baksida går att gjuta med bra resultat, och bussningarna som sitter mellan profilen och pontonen hindrar en helt fri placering av pollaren.

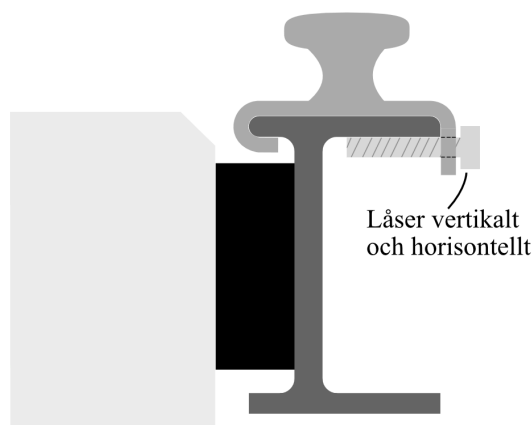


Figur 10: Idé B2

Idé C; Extruderad eller svetsad stålprofil

Denna idé erbjuder enkel och steglös montering av de flesta tillbehör, kräver minimal håltagning, och inget vatten eller smuts ansamlas i profilen. Ledningar placeras diskret mellan profilen och pontonen, under bussningen. Tillbehör som nödstegar kan hängas i profilens bakre kant, och fendrar kan fästas inuti profilen. Pollare och el- och vattenstolpar monteras enkelt och fixeras med skruvar. Med hjälp av utformningen av profilens övre sida kan tillbehör fixeras i profilen i samtliga riktningar, vilket innebär att el- och vattenstolpar kan placeras fritt eftersom gänginsatser inte behöver gjutas in i pontonen.

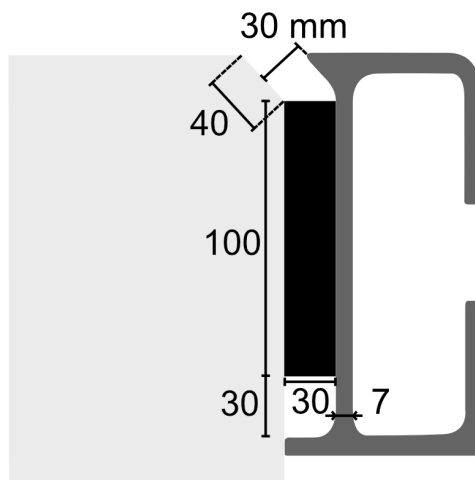
En stor nackdel med denna profil är att hållfastheten sannolikt är låg, även om detta kan förbättras genom ökad godstjocklek. Ledningar är svåråtkomliga, Y-bommarna hamnar långt under pontonens kant och det är svårt att fästa dessa på ett smidigt och starkt sätt. Utformningen av profilen och tillbehören är inte heller estetiskt tilltalande.



Figur 11: Idé C

Idé D1; Extruderad eller bockad och svetsad stålprofil

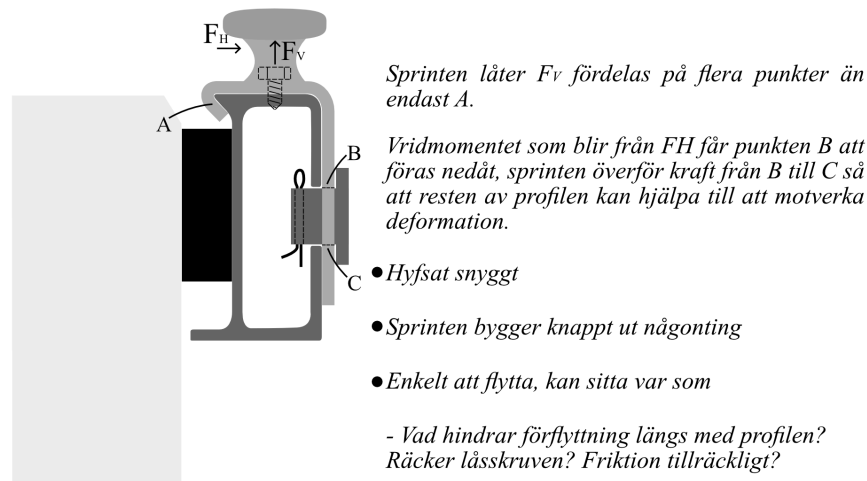
Även denna idé erbjuder enkel och steglös montering av de flesta tillbehör, och kräver minimal håltagning. Ledningar förvaras på samma plats som i idé C, och profilens övre vänstra hörn fyller samma funktioner. Några fördelar är att Y-bommar sitter närmare pontonens övre kant, och att idén är mer estetiskt tilltalande. Med lösningen beskriven i figur 13 är hållfastheten också bättre vid laster från pollare, och Y-bommar kan monteras med ett fäste likt det i figur 8 för god styrka. Profilen är dock känslig för deformation vid kollision, och vatten och smuts kan ansamlas inuti profilen.



Figur 12: Idé D1

Idé D2; montering av pollare

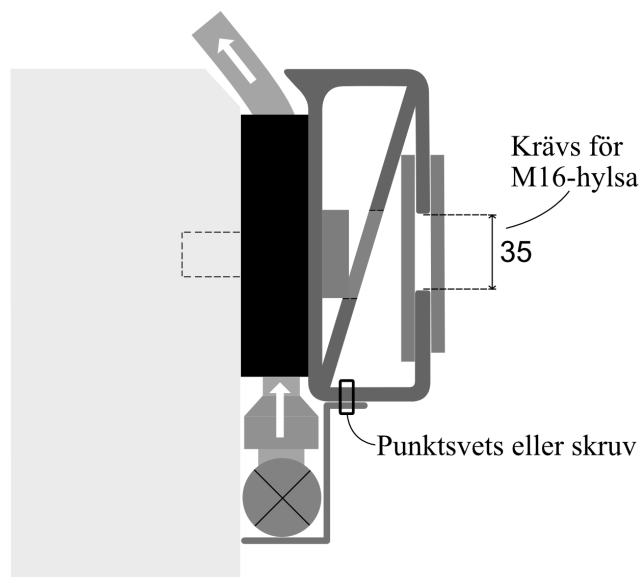
En sprint förs in genom pollarens framsida, och tar upp en del av den vertikala lasten. Då lasten till största del är riktad horisontellt överför sprinten kraft till profilens nedre del, så att även denna kan medverka till att förhindra permanent deformation av profilen. Förflyttning av pollaren längs med profilen förhindras med en låsskruv på profilens ovansida.



Figur 13: Idé D2

Koncept A1; Extruderad aluminiumprofil

Denna profil är designad för att tillverkas i aluminium, och därför har ett diagonalt stag adderats för att förbättra profilens hållfasthet. Kablar och vattenledningar förvaras i en separat profil som monteras på huvudprofilens undersida, med fördelen att profilen för ledningarna kan anpassas i storlek utefter behov. En nackdel med denna lösning är att hål behöver skapas i båda profilerna för att montera den.

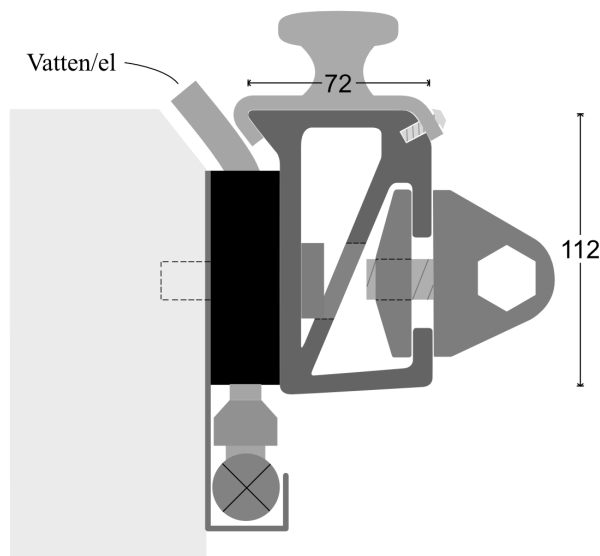


Figur 14: Koncept A1

Koncept A2; Extruderad aluminiumprofil

I detta koncept har ett spår har adderats i profilens övre högra hörn. I detta spår fixeras tillbehör med låsskruvar som förhindrar förflyttning vertikalt och i båda riktningar horisontellt. Gångorna för skruven sitter i tillbehöret, vilket betyder att tillbehöret förs utåt och uppåt då skruven monteras. Pollarens främre fäste är inte hållfast för stora laster, dock tar det bakre fästet upp majoriteten av lasterna, eftersom dessa nästan alltid är riktade horisontellt ut från pontonen till någon grad. Profilen för ledningarna monteras istället mellan pontonen och bussningen, vilket gör ledningarna mer tillgängliga. Ansamling av vatten och smuts minimeras med hjälp av en lutning på profilens botten, och material har adderats mellan den övre flänsen och det diagonala staget för ökad hållfasthet vid laster från Y-bommar. Profilens höjd har minskats för att minimera materialåtgång, vilket medför att bussningen mellan profilen och pontonen minskas till endast åtta centimeter i diameter. Detta kan väcka oro kring profilens stabilitet vid laster på pollare, dock lindras instabiliteten av att profilens höjd har minskats både ovanför och nedanför dess fästpunkt. Detta innebär att både hävarmen mellan fästpunkten och lasten från pollaren, vilken bidrar till större vridning, samt hävarmen mellan fästpunkten och bussningens nederkant, vilken motverkar vridning, har minskats.

Nackdelar med den yttre fästpunkten för tillbehör är att en produktspecifik fender hade behövt tillverkas för att kunna montera denna på samma plats som en pollare, vilket är ett sannolikt scenario då man förtöjer vid Y-bommar. Båtar kan också skadas av låsskruvarna som befinner sig utanför profilen och tillbehören.



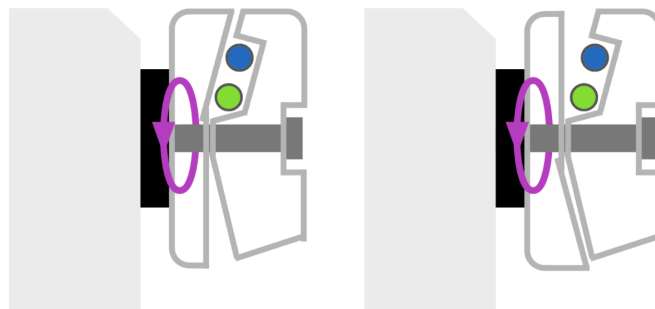
Figur 15: Koncept A2

Idé F - J2

Idé F till J2 utforskar hur olika delösningar individuellt kan möjliggöra olika funktioner. Genom att fokusera på enskilda funktioner kunde en bred lösningsrymd skapas, och sedan smalnas ned i kommande sållningsprocesser.

Idé F; Extruderad aluminiumprofil

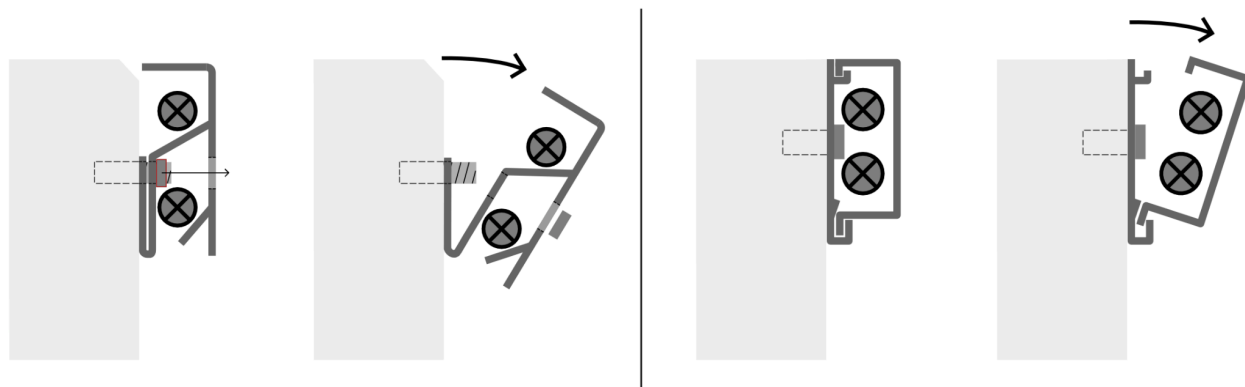
Denna idé syftar framför allt till att undersöka hur kablar och vattenledningar kan förvaras undanömda inuti profilen, samtidigt som de är tillgängliga vid el- och vattenstolpar samt för underhåll. Idé F löser detta genom en tvådelad profil där den yttre sektionen löper längs med hela pontonen, och den inre består av kortare segment. Den inre delen går att montera åt två olika håll (se figur 16), där den ena konfigurationen döljer ledningarna och den andra skapar en öppning så att kablar och vattenledningar kan föras upp till el- och vattenstolpar. Möjligheterna för montering av pollare och Y-bommar är dock begränsade eftersom dessa sannolikt hade behövt monteras runt om profilen för att uppnå styrkan som krävs, vilket innebär att dessa hade behövt demonteras för att kunna rotera på profilen. Sannolikt hade även hållfastheten varit låg, på grund av profilens tvådelade konstruktion.



Figur 16: Idé F

Idé G; Bockad och svetsad stålprofil

I figur 17 illustreras idé G. Varianten till vänster hade tillverkats i en komponent, där en sektion med tunnare godstjocklek tillåter böjning av profilen för åtkomst till ledningar. Varianten till höger är en tvådelad profil som hade tillverkats i bockade och svetsade stålplåtar, där den yttre delen går att vika ut för åtkomst till ledningar. Målet med idéerna F och G var att skapa en profil med så få öppningar som möjligt, för en estetiskt tilltalande design. Precis som i idé F har en rörlig eller tvådelad profil en negativ inverkan på profilens styrka.

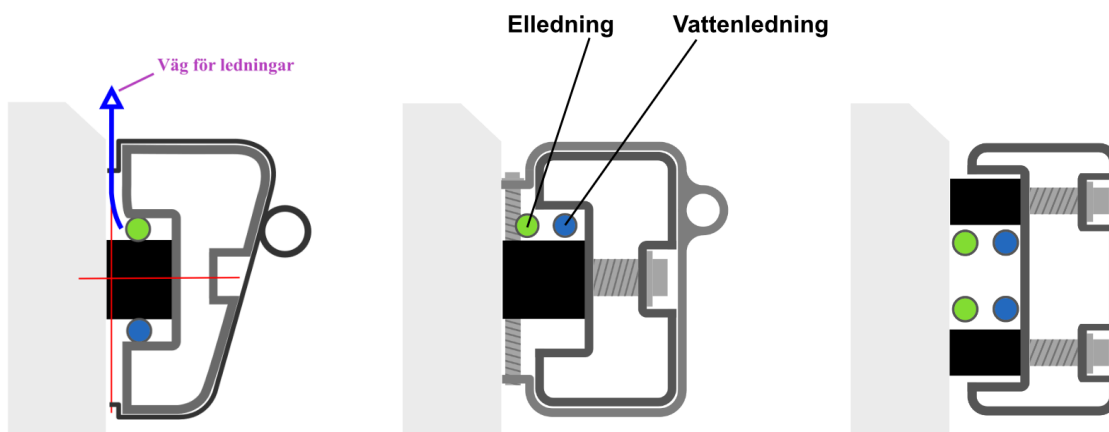


Figur 17: Idé G, två varianter

Idé H1, H2 och H3; Alla extruderade i aluminium eller rostfritt stål

Gemensamt för dessa tre varianter är att kablar och vattenledningar förvaras ovanpå bussningarna som sitter mellan pontonen och profilen. De kan sedan ledas upp till plattformen enligt figuren till vänster, vilket är möjligt utmed hela pontonens längd. För alla tre idéer gäller också att tillbehör som Y-bommar, pollare samt el- och vattenstolpar monteras runt om den slutna profilen, vilket kan bidra med styrka till profilen på de platser där de monteras. Samtidigt kan Y-bommar flyttas förbi bussningarna genom att endast lyfta upp den vertikalt monterade skruven enligt den mittersta bilden, vilket inte är möjligt med nuvarande produkt.

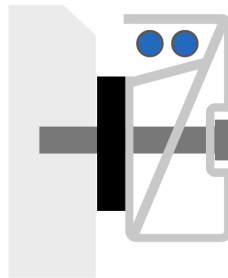
Varianten till vänster visar en triangelformad profil där den yttre sidan av profilen är vinklad. Utöver att minska materialåtgången är detta även ett sätt öka profilens hållfasthet vid kollision, genom att dra nytta av styrkan hos en triangel.



Figur 18: Idé H1, H2, H3

Idé I; Extruderad aluminiumprofil

Idé I utforskade hur ledningarna kan förvaras inuti eller ovanpå profilen, för smidig åtkomst till dessa. Detta uppnås genom öppningen till vänster, vilken döljs av pontonens sida enligt figur 19.



Figur 19: Idé I

Idé J1 och J2; Extruderad aluminiumprofil

I dessa idéer döljs ledningar under ett lock som kan bestå av trä. Ledningarna kan föras upp till elstolpar längs med hela pontonens längd, men locken måste då kapas för att skapa öppningar vid dessa platser. Hos varianten J1 (till vänster i figur 20) ligger locket an mot både profilen och pontonen, vilket eliminerar det nuvarande gapet mellan de två, samtidigt som profilen fortfarande monteras på pontonen med en bussning för att begränsa skador på betongen.



Figur 20: Idé J1 och J2

4.8.2 DFM och Materialval

Parallellt med idégenereringen studerades tillverkningstekniker och lämpligheten av olika material. Eftersom profilen är mycket lastpåkänd, hade tillverkats i stora volymer och dess kostnad bör minimeras, är metall den mest lämpliga typen av material att använda. Metaller som ofta används i marina tillämpningar, på grund av sin goda korrosionsbeständighet och hållfasthet, är rostfritt stål, galvaniserat stål och aluminium (Laser24, 2021).

Rostfritt stål är överlägset i både korrosionsbeständighet och hållfasthet (Unified Alloys, u.å.), men är mycket dyrt att framställa och bearbeta på grund av dess mer komplexa legering, dess hårdhet och styvhet samt dess höga smältpunkt (Steelmor, u.å.; Metal Supply, 2020). Bockning kan tillämpas på plåtar som är uppemot tre meter långa och tio millimeter tjocka, och extrudering

är också möjligt (Machine MFG, 2024). Materialets höga hållfasthet och smältpunkt innebär dock att geometrierna som kan åstadkommas vid extrudering är enklare, att kostnaden är högre, och att tekniken inte är lika tillgänglig jämfört med extrudering av aluminium. Profiler kan även skapas genom att svetsa ihop flera plåtar, men detta bör undvikas om möjligt på grund av de stora längder med plåtar som hade behövt svetsas. Ett annat problem med att tillverka profilen av stål är att många av tillbehören som kommer i kontakt med profilen består av aluminium, vilket kan korrodera då det är i kontakt med stål (Rapid Metals, 2022). Saltvatten påskyndar korrosionen, och därför är det inte lämpligt att låta mindre aluminiumkomponenter vara i kontakt med större rostfria eller galvaniserade stålkomponenter i en marin miljö.

Att tillverka profilen i kolstål som sedan galvaniseras är ett billigare alternativ till rostfritt stål. Galvaniserat stål är ofta korrosionsbeständigt i upp till 50 år (Clickmetal, 2024), dock korroderar det snabbare i varma klimat. Svårigheterna med tillverkning av profiler i rostfritt stål gäller även för kolstål, och därför är inte heller detta ett attraktivt alternativ. Av dessa anledningar elimineras idéerna A-D och F2 vid detta stadie, eftersom profilernas geometri kräver att de tillverkas i stål för att de ska tåla de laster de kan utsättas för. Även idé J elimineras på grund av dess material, eftersom de träpaneler som täcker ledningarna inte bedöms uppnå de krav som specificerats för livslängd och hållfasthet.

Genom att använda aluminium kan problemen beskrivna ovan undvikas, samtidigt som det bedöms vara tillräckligt styvt och starkt för applikationen. Aluminium kan också extruderas i långa sektioner av komplexa tvärsnitt, vilket minskar tillverkningskostnader och möjliggör en större rymd av lösningar.

4.8.3 Morfologisk matris

En morfologisk matris (se figur 21) skapades i programmet Morpheus (Zenodo, 2021), för att på ett effektivt sätt korsbefrukta olika koncept och utforska möjliga kombinationer av dellösningar. Delfunktioner från funktionsanalysen och kravspecifikationen, samt dellösningar från koncept A och idéerna F, H och I fördes in i matrisen. Programmet erbjuder en funktion där dellösningar kan markeras som inkompatibla med varandra före kombinerandet av dellösningar, vilket eliminerar risken för att icke-fungerande koncept utforskas. Exempelvis kan inte åtkomst till ledningar ske genom ett hål i profilens baksida om de förvaras inuti profilen enligt idé F.

Dellösningar från idé F visade sig vara inkompatibla med många andra viktiga dellösningar, och därför inkluderades dessa inte i någon kombination. De tvärsnitt av profilen som ännu inte eliminerats är de från koncept A och idé I, och därför skulle profilen av det slutgiltiga konceptet likna något av dessa.

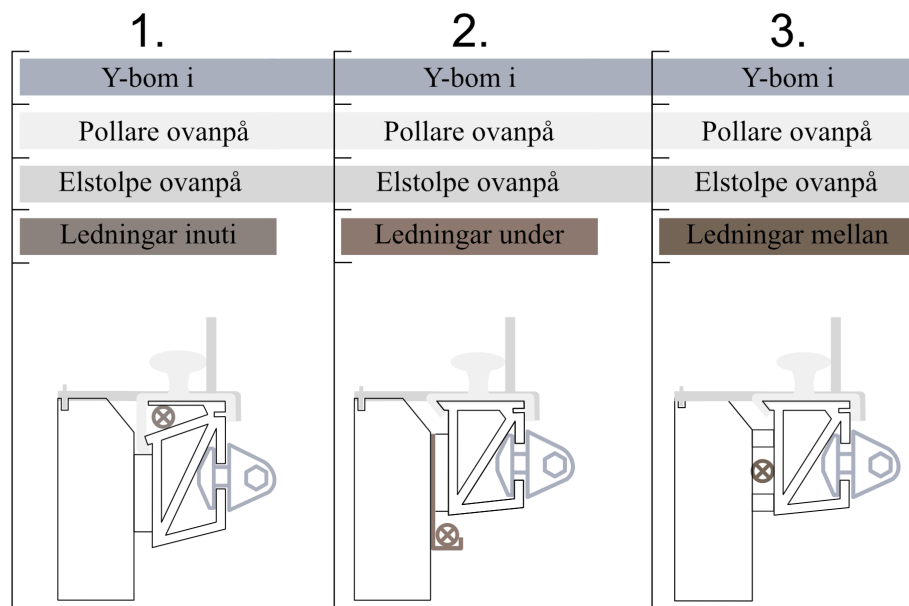
Sub-Functions				
Fästa y-bommar	A1 Klämma inuti	F2 Klämma runt profil, skruv baksida		
Flytta y-bommar	A1 Lossa skruv och slidea	F2 Lossa skruv och slidea		
Fästa pollare	D3 Haka i bakkant + spår framknt profil	B2 Haka i ndrkt av prfil baksida + skrv		
Flytta pollare	Lossa skruv och mutter, lyfta av	C1 Lossa skruv och slidea	B2 lossa skruv och slidea	
Förvara ledningar	Inuti profil	A2 Ovankant av profil	Utvikbar profil	Bakom profil under bussningar
Åtkomst av ledningar	Hål i baksida av profil	A2 Exponerade ledningar	Vik ut profil	C1 Plocka upp från under bussningar
Fästa elstolpe	Haka i ände av platta i profil + skruv	B1 Hka i ndrkt av profil mellan ponton	Fästa runt	
Flytta elstolpe	Montera nya gängor i ponton	E2 Lossa skruv, rotera profil	Lossa skruv	
Fastläsning av båt	A1 Brygga	Runt profil	Pollare	
Fästa profil	Stor skruv rätt in	Två skruvar och bussningar		
Montera nödstige	A2 Haka i toppen av profil	Runt profil		
Flytta nödstige	A2 Lossa skruv och flytta	B1 Lossa klämma och flytta		

Figur 21: Sektion av morfologisk matris

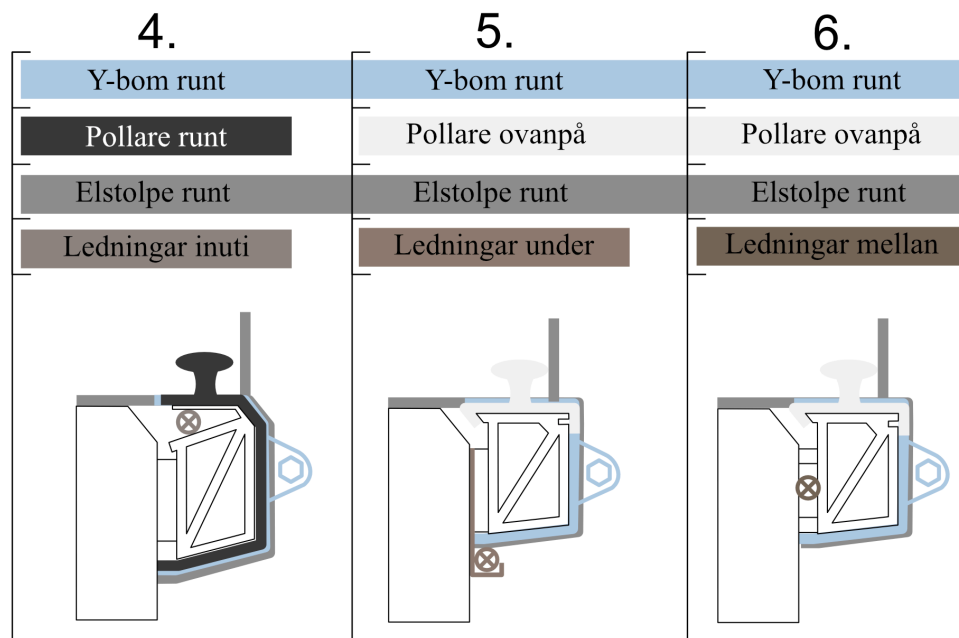
Efter att inkompatibiliteten av vissa dellösningar markerats i programmet var en stor mängd olika kombinationer av lösningar möjliga, och därför behövde antalet koncept skapas med någon metod och enligt några kriterier. De dellösningar som till högsta grad påverkar konceptets design berör hur Y-bommar monteras, var ledningar förvaras samt hur profilen monteras i pontonen. I koncept A monteras Y-bommar i ett spår på profilens framsida, och i idéerna H monteras de genom att de omsluter profilen. I koncept A förvaras ledningar under profilen, i idé H3 förvaras de mellan de två skruvarna som profilen monteras med, och i idé I förvaras de inuti profilen. Att skapa sex olika kombinationer bedömdes vara tillräckligt för att utforska samtliga kombinationer med god potential, medan de var få nog att överblickas och sällas ut med hjälp av en PNI-metod. Det faktum att det fanns två möjliga sätt att fästa Y-bommar och tre olika sätt att dra ledningar gjorde också att sex olika kombinationer var ett lämpligt antal.

De två återstående frågorna för varje kombination var hur pollare och el- och vattenstolpar skulle monteras på profilen, där de båda kunde monteras på två olika sätt; ovanpå eller runt om profilen. För pollaren ansågs montering på profilens ovansida som det bästa alternativet, eftersom denna utformning kräver mindre material samtidigt som hållfastheten ansågs vara tillräcklig. Detta gör dessutom att de kan placeras oberoende av var fästpunkterna mellan profilen och pontonen är. En av kombinationerna tilldelades dock en pollare som monteras runt om profilen, för att undersöka om det fanns fördelar med ett koncept där alla tillbehör är monterade på detta vis.

Kombinationerna ett till tre (se figur 22), där Y-bommar monteras i ett spår i profilen, tilldelades el- och vattenstolpar som monteras ovanpå profilen för att möjliggöra flytt av Y-bommar utan att behöva demontera stolparna. För att el- och vattenstolpar ska vara tillräckligt stabila då de monteras på detta sätt kan de dock även behöva monteras med skruvar i pontonens ovansida, och för att undersöka om detta kunde undvikas skapades kombination fyra (se figur 23), där samtliga tillbehör monteras runt om profilen. De färglagda tabellerna ovanför illustrationerna visar vilka dellösningar som ingår i varje kombination, och vare sig de är unika för kombinationen eller inte.



Figur 22: Kombination 1-3



Figur 23: Kombination 4-6

4.8.4 PNI och Konceptval

De sex kombinationerna skissades upp på en tavla likt illustrationerna i figur 22 och 23, där vardera deltagare skrev ned var som var positivt, negativt samt intressant med varje kombination. Kombinationerna sållades sedan ut genom diskussioner kring de positiva och negativa aspekter som identifierats.

Det framgick att nackdelarna med kombination fyra, fem och sex, där tillbehör monteras runt om profilen, var många fler än hos övriga kombinationer. Det faktum att fästena omsluter profilen innebär att exempelvis Y-bommar och elstolpar inte kan monteras på samma plats, och att bussningarna på profilens baksida hindrar fri placering av tillbehören. Hållfastheten av lösningen med skruvar på profilens baksida kan också vara låg, och de stora fästena med exponerade skruvar är inte estetiskt tilltalande.

Kombination tre, där profilen monteras i pontonen med dubbla skruvar, har fördelen att profilen kan tåla större dragkrafter än när endast en skruv används, och att den inte är lika mottaglig för vridningar som uppstår från laster på pollare. Dock identifierades många nackdelar även med denna kombination, exempelvis kan kedjor inte dras runt profilen för att låsa båten eftersom ledningarna ligger i vägen. Detta skulle kunna undvikas genom att addera en separat profil för ledningar som i kombination två och fem, dock skulle detta resultera i att den totala höjden av lösningen blir stor. Att möjliggöra åtkomst med verktyg för att montera båda skruvarna, samtidigt som funktionalitet och hållfasthet bibehålls, är också mycket svårt. Att gjuta in fler

gångade insatser i pontonen ökar tillverkningskostnader, och mycket djupa bussningar kan behövas för skapa utrymme för kopplingar och ledningar, vilket kan påverka stabiliteten av profilen. På grund av dessa nackdelar eliminerades denna kombination, och kombination ett och två kvarstod.

I kombinationerna ett och två är det placeringen av ledningarna och fästpunkten för pollare som skiljer dem åt. Ledningarna är mer lättåtkomliga och mindre synliga i kombination ett, vilket är en stor fördel. Utrymmet för ledningar är dock begränsat, och tvärsnittet behöver modifieras för att de inte ska glida ut ur profilen. Pollarens utformning och fäste i bakkant, samt det faktum att profilens övre sida inte har något stöd under sin vänstra kant väcker tveksamheter kring hållfasthet och vare sig pollaren går att montera utan att behöva trä på den vid profilens ände. Det är också oklart ifall tillräckligt med utrymme kan skapas bakom profilen för att dra en kätting runt den utan att göra bussningen alltför djup, vilket hade kunnat minska stabiliteten av profilen.

Kombination två förvarar ledningarna i en separat profil, under den lastbärande profilen. Fördelen med denna design är att storleken på utrymmet för ledningarna kan anpassas utefter behov, vilket kan göra lösningen mer tillämpbar i marinor där behovet av el och vatten är stort eller sannolikt kommer att öka i framtiden. Profilen för ledningarna kan dock också adderas till kombination ett vid behov, även om den totala lösningen då blir mindre kompakt. Dessa osäkerheter kring hållfasthet och montering av pollare finns inte hos denna kombination, och den erbjuder också en bredare yta att stå på. Nackdelarna är att lösningen inte är lika estetiskt tilltalande, att en extra komponent behöver tillverkas och att ledningarna inte är lika åtkomliga som hos kombination ett.

Beslutet togs att vidareutveckla kombination ett och undersöka om de osäkerheter som finns går att eliminera, eftersom kombinationen är mer estetiskt tilltalande och den mer användarvänliga förvaringen av ledningarna väger tungt.

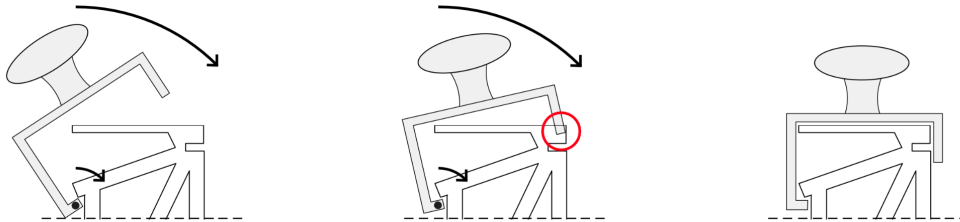
4.9 Vidareutveckling av valt koncept

I detta kapitel redovisas vidareutvecklingen av profilen och de tillbehör som monteras på den. Eftersom inga beräkningar av hållfasthet genomförs är syftet med vidareutvecklingen att undersöka hur funktioner kan möjliggöras och optimeras, istället för att skapa ett konstruktionsunderlag.

4.9.1 Konstruktion av profil

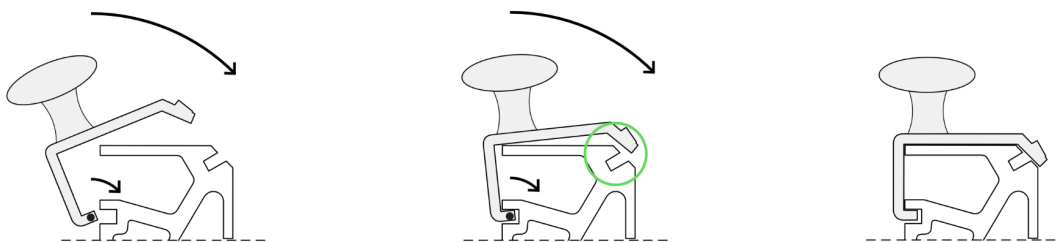
Profilen vidareutvecklas för att fastställa en ungefärlig utformning som möjliggör tillverkning, god hållfasthet samt god funktionalitet i relation till tillbehören.

Det första som adresserades var att möjliggöra montering och demontering av exempelvis pollare, utan att behöva trä på dem vid profilens ände och sedan dra dem till deras avsedda placering. Detta var ännu inte möjligt med kombination ett, eftersom pollaren kolliderade med profilen enligt figur 24.



Figur 24: Installation av pollare, där punkten för kollision är markerat i rött

Frånvaro av denna funktion innebär att el- och vattenstolpar och andra tillbehör måste flyttas vid montering av andra tillbehör, vilket minskar användarvänligheten avsevärt. För att uppnå funktionen adderades en sida vid profilens främre hörn, med en vinkel på ungefär 45 grader (se figur 25).



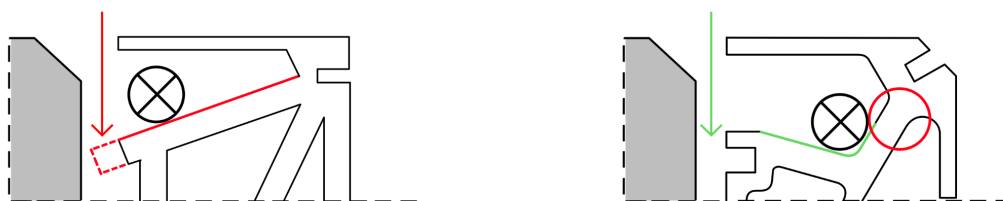
Figur 25: Förändrad profil och tillbehör, där den tidigare punkten för kollision är markerat i grönt

Vinkeln av det spår som utgör tillbehörens främre fäste är flackare än 45 grader för att skruvarna eller flänsarna som sitter i spåret inte ska glida ut då vertikala kraftkomponenter verkar på dem; ju flackare vinkeln är, desto mindre tenderar skruvarna och läpparna att glida utåt. Vinkeln är också brantare än 90 grader (horisontell) för att tillbehören ska ligga i spänn både horisontellt och vertikalt, och därmed inte glappa.

Ledningar behöver också ligga kvar inuti profilen, vilket inte är fallet hos det ursprungliga konceptet, på grund av den utåtriktade lutningen hos utrymmets botten. Detta åtgärdades genom att låta utrymmets nedre del luta åt andra hållet. En konsekvens av detta är att profilens övre högra hörn endast stöds av ett stag, istället för att vara en del av den strukturellt mycket viktiga triangeln som utgör profilens vänstra sida. Hur mycket detta försvagar profilen vid drag- och tryckkrafter från Y-bommar är svårt att uppskatta utan tillgång till FEM-programvara, men man kan anta att risken för permanent deformation av det övre staget, markerat på den högra bilden i figur 26, ökar avsevärt. Med denna utformning bedöms profilen inte hålla för den kollisionsslut

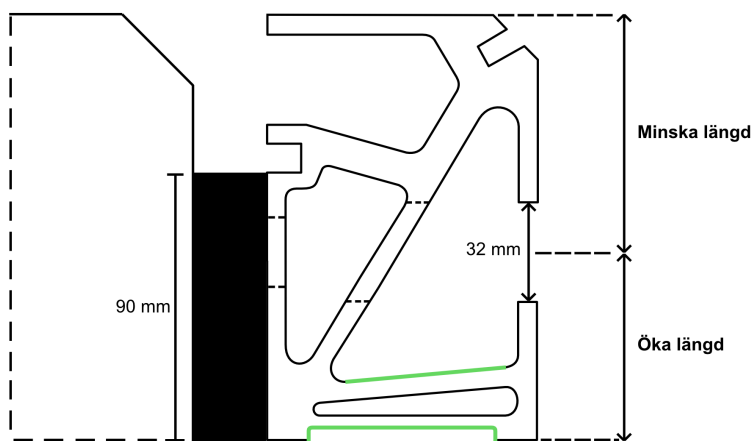
som definierats i kravspecen, dock framgick under en diskussion med SF Marina att permanent deformation av profilen vid kollision inte är ett lika stort problem som tidigare antaget. Profilens kostnad är sannolikt tillräckligt låg för att det kan vara ekonomiskt fördelaktigt att låta en sektion av profilen deformeras, för att sedan bytas ut. Ju mer profilen deformeras, desto mindre deformeras båten, alltså kan reparationskostnader för båten minimeras på detta vis. Den lägre hållfastheten blir en funktion istället för en nackdel, och därför togs beslutet att utveckla konceptet vidare istället för att göra om konceptvalet.

Ett annat problem var att flänsen som markerats i den vänstra bilden i figur 26 omöjliggjorde den viktiga funktionen att kunna låsa fast båtar genom att dra en kätting runt profilen. Läppen ersattes därför av ett spår som löper innanför profilens baksida.



Figur 26: Till vänster: problematisk utformning för förvaring av ledningar, med den icke-fungerande flänsen markerad i rött. Till höger: förbättrad förvaringsutrymme, samt det övre staget markerat med en röd cirkel

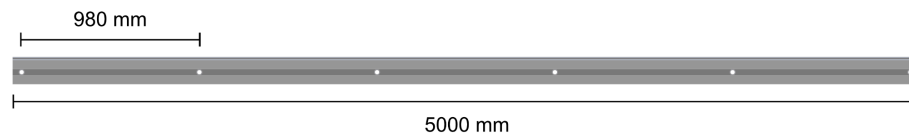
Storleken och placeringen av öppningen på profilens framsida behövde också bestämmas. Storleken av öppningen behöver vara ungefär 35 mm, eftersom den hylsa som används för att montera M16-skruvorna som håller profilen i pontonen är ungefär 32 millimeter i ytterdiameter. Öppningen placerades så högt upp i profilen som möjligt, i huvudsak för att minimera nivåskillnaden mellan Y-bommarna och profilens övre sida. Att profilens fäste sitter högre minskar också hävarmen mellan fästet och linjen som lasterna på pollare går genom, vilket minskar rotation av profilen samt dragkraften i skruven.



Figur 27: Profilens tvärsnitt med utvalda och ungefärliga mått

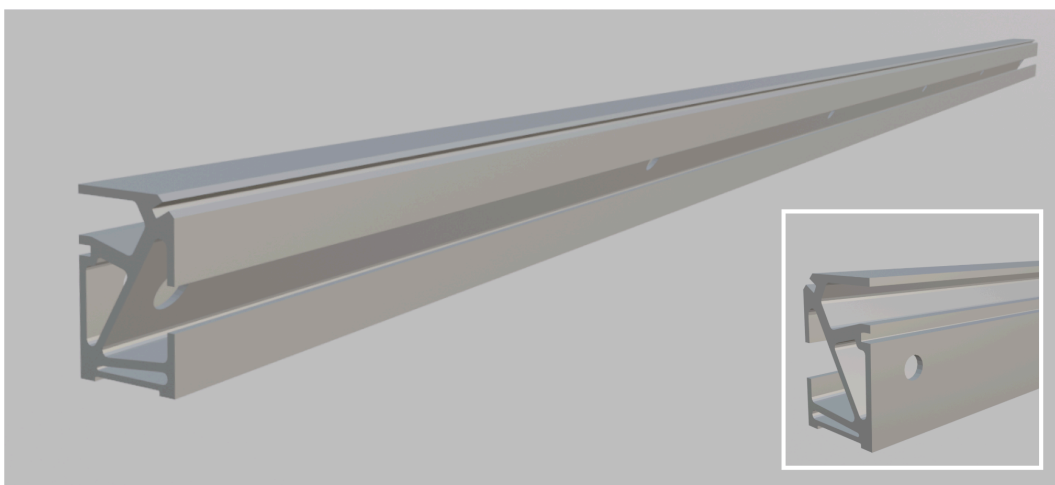
Bussningen mellan profilen och pontonen är 90 mm hög, vilket bedöms vara ett minimum för att uppnå god stabilitet i profilen. Detta kräver att profilen förlängs nedåt, mer än vad som krävs för att möjliggöra ett bra fäste för Y-bommar. Detta, tillsammans med att flänsarna som Y-bommar monteras i är korta för att placera bommarna så högt upp som möjligt samt göra fästena kompakta, resulterar i lutningen av profilens botten. Lutningen fyller också funktionen att minska utrymmet för vatten och smuts att samlas i profilen. Den breda försänkningen på profilens undersida möjliggör en diskret montering av ljusslingor, vilket är ett önskemål som framkom under en diskussion med SF Marina. Utformningen av försänkningen beror på vilka ljusslingor som monteras.

Längden av varje profil är också något som påverkar dess funktionalitet, på så sätt att kortare sektioner är billigare att ersätta då de deformerats, medan längre sektioner innebär att laster från en Y-bom eller pollare fördelas över fler av profilens infästningar. Eftersom en stor andel av SF Marinas pontoner tillverkas i längder som kan delas jämnt med 5 meter - från 10 till 25 meter långa pontoner - föreslås en sektionslängd på 5 meter enligt figur 28. Här illustreras även placering av hål för infästningarna, av vilka det finns sex stycken per sektion, med ett mellanrum på 980 millimeter. Detta innebär att avståndet från profilens ändar till närmsta infästning är drygt 30 millimeter, vilket gör det möjligt att montera lastbärande tillbehör långt ut på sektionerna.



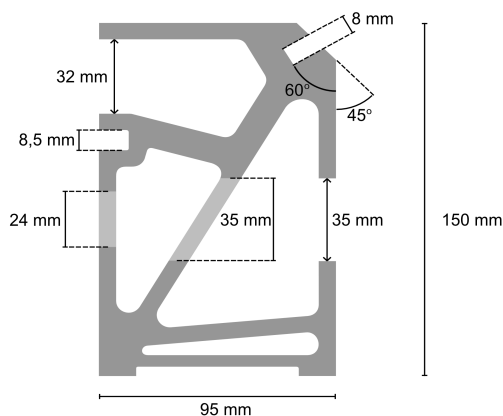
Figur 28: Vy av profilen rakt framifrån med måttsättningar

I figur 29 illustreras den slutliga utformningen av profilen.



Figur 29: Slutliga konceptet av profilen

I figur 30 visas mått som möjliggör de funktioner som adresserats, dock exkluderas mått för godstjocklek eftersom inga beräkningar av hållfasthet genomfördes.



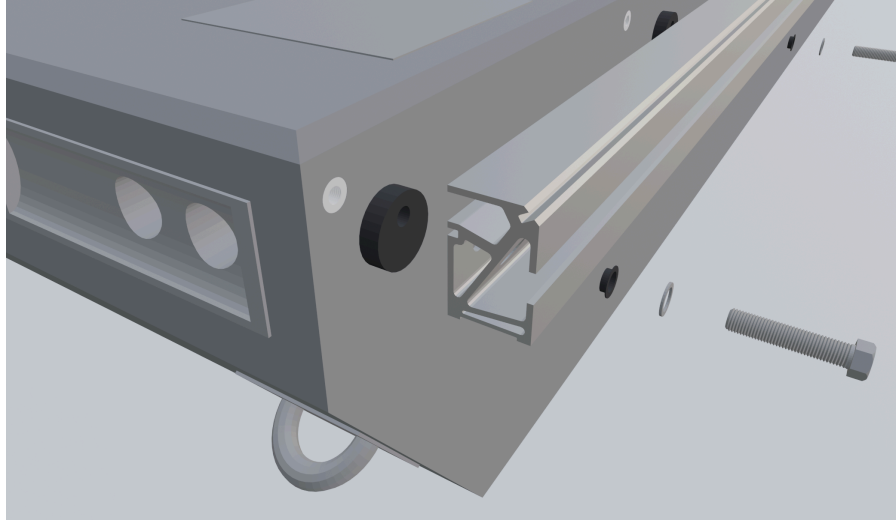
Figur 30: Profilens tvärsnitt med måttsättningar

4.9.2 Konstruktion av övriga komponenter och tillbehör

En komponent som inte direkt påverkar konceptets funktion, men som påverkar utformningen av profilen och är avgörande för hållfasthet, är skruvarna som profilen monteras med. Skruvar av storlek M16 har valts, eftersom de möjliggör ett smidigt format på profilen samtidigt som en skruv i kvalitetsklassning 12.9 tål ungefär 150 kN i dragkraft (Thomson Engineering Design, u.å.; Engineering Toolbox, 2018) utan att deformeras permanent. Denna last är strax under den dimensionerande lasten från avslutningsbommarna exklusive säkerhetsfaktor (156 kN). Hållfastheten bedöms dock vara tillräcklig, eftersom profilens styvhet tillsammans med närliggande fästen bidrar till ökad hållfasthet. Skruven tål också ytterligare last utan att gå sönder, och en skruv som har sträckts kan enkelt bytas ut.

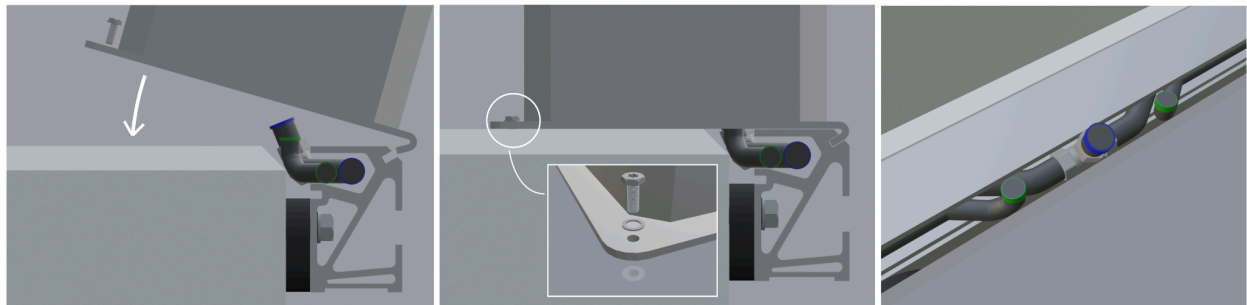
Avståndet mellan skruvarna skall vara tillräckligt litet för att profilen inte ska deformeras permanent vid drag- och tryckkrafter från bommar och pollare. Hur stort avståndet bör vara är svårt att uppskatta utan att utföra simuleringar av hållfasthet, dock bör de placeras nära ändarna av varje profil. Skruvarna skulle kunna placeras med ett konstant intervall längs med varje ponton för att underlätta tillverkning - dock skulle detta kräva att laster som verkar vid en profils ände på något sätt fördes över till profilen bredvid. Detta hade kunnat åstadkommas genom att koppla samman profilerna med en mindre profil som placeras inuti de större, dock implementerades inte detta eftersom dess styrka kan vara låg, och den försvårar utbytet av enskilda profilsektioner. Istället adderades en skruv per sektion, så att en infästning finns mycket nära ändarna av varje profil.

För att förhindra korrosion mellan aluminiumprofilen och stålskruvarna installeras nylondistanser mellan skruvarna och profilen, enligt figur 31.



Figur 31: Infästning av profil

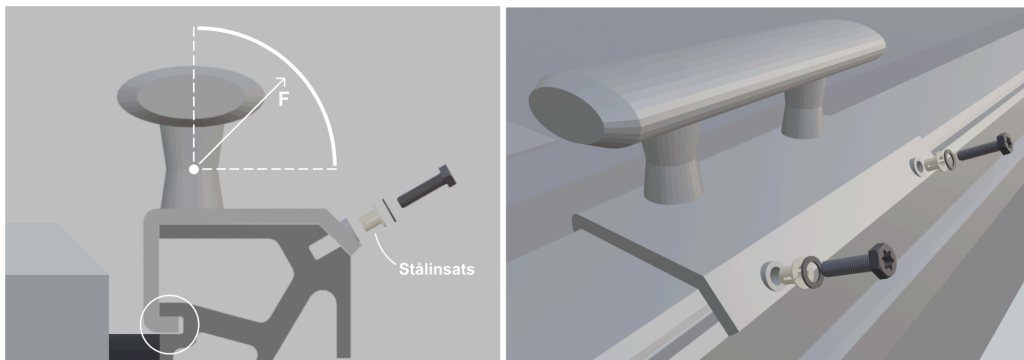
El- och vattenstolpar skulle kunna monteras enbart i profilen, likt de gör i kombination 4, 5 och 6 i figur 23. Stolpens bottenplatta skulle då vara vinklad så att den ligger i spänn mot pontonens ovansida, vilket hade ökat stabiliteten och eliminerat glapp. Detta hade eliminerat behovet av att montera gängade insatser i pontonen vid varje omplacering av stolpen, men fästets hållfasthet och stolpens stabilitet hade varit sämre eftersom samtliga av stolpens fästpunkter hade befunnit sig på stolpens ena sida. Eftersom stolparna sannolikt kommer att användas som stöd vid i- och urstigning i båtar implementeras inte denna lösning. Istället monteras stolpen i profilen med en fläns, vars vinkel är sådan att en liten kraft krävs för att föra ned stolpens bottenplatta mot pontonen. Syftet med detta är att minimera glapp vid flänsen utan att behöva använda skruvar. Stolpen monteras sedan i pontonen med hjälp av gängade insatser enligt figur 32.



Figur 32: Sidovy av elskåp, profil och ponton

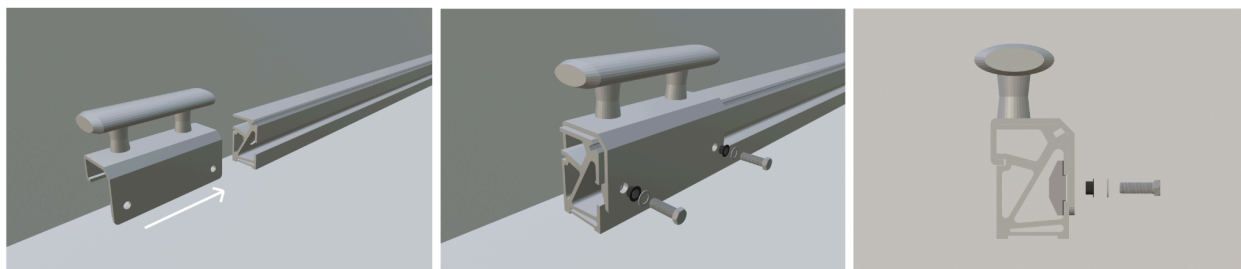
Pollaren var en central komponent i utvecklingen av profilen, och hade en stor inverkan på dess design. Pollarens bakre fäste tar upp majoriteten av de laster som verkar på pollaren, eftersom dessa nästan alltid riktade mellan 0 och 90 grader enligt figur 33. Medan den horisontella kraftkomponenten alltid angriper vid profilens baksida, fördelas den vertikala komponenten olika mellan de två fästena beroende på var den angriper längs profilens ovansida. Av denna anledning har pollarens övre del placerats nära profilens bakkant, vilket minskar lasterna på det främre

fästet. För ökad hållfasthet kan också bredden på fästet, som är inringat i figur 33, ökas vid applikationer där lasten är större. Godstjockleken är större vid det främre fästet för att motverka den vridning av låsskruven som kan ske vid vertikala laster, och för att möjliggöra montering av gängade insatser i pollaren. Eftersom pollaren är tillverkad i gjutet aluminium är den för mjuk att montera stålskruvar i, och det finns även risk för korrosion då stål är i kontakt med aluminium i en marin miljö. Därför monteras gängade stålinsatser i pollaren, och i dessa monteras skruvar i stål. Dessa insatser är ytbehandlade för att förhindra att stålet korroderar aluminiumet. Storleken på pollarens övre del har endast uppskattats i figurerna nedan, men kan dimensioneras utifrån riktlinjer från Australian Standards.



Figur 33: Design av pollare

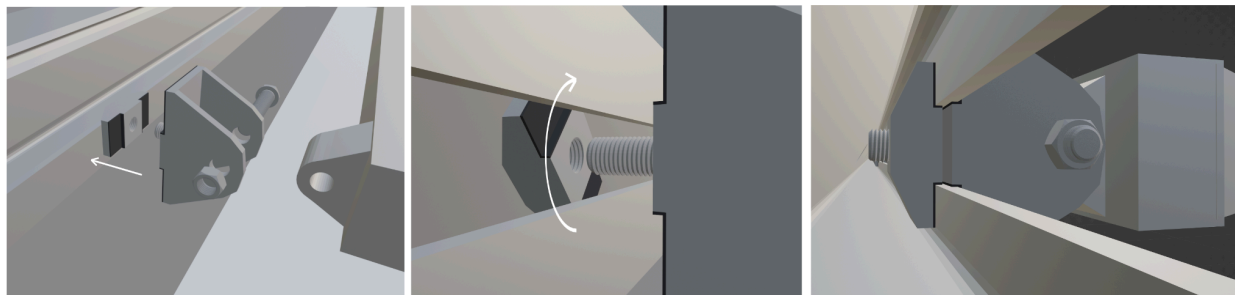
I situationer där större båtar förtöjs parallellt med en ponton kan en pollare som monteras likt bommarna i profilens framsida användas, enligt figur 34. När en båt förtöjs på detta sätt är de kraftkomponenter riktade längs med profilen större än vid förtöjning vid Y-bommar eftersom linorna sitter i en annan vinkel, och därför används detta fäste som bättre förhindrar att pollaren glider längs med profilen. Pollarens utformning innebär att den måste monteras vid profilens ände, och sedan föras längs med profilen mot sin avsedda placering. Pollaren monteras med två skruvar placerade nära dess sidor, för enkel åtkomst till klossarna som kläms mot profilens insida.



Figur 34: Montering av pollare för parallell förtöjning

En övergripande design för fästet till Y-bommar har också skapats. För att maximera hållfastheten vid draglaster är klossarna som sitter på profilens insida, enligt figur 35, precis smala nog att kunna föras in genom öppningen i profilen. Väl inne roteras de ett kvarts varv, och

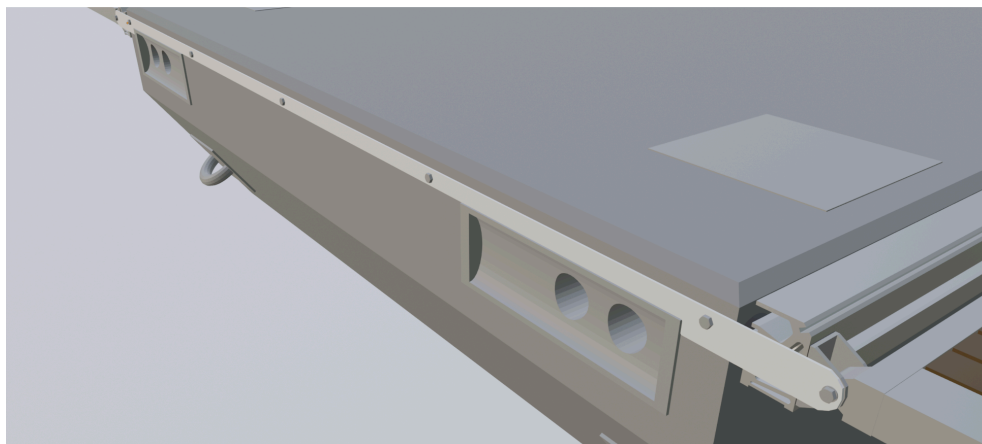
tillsammans med den yttre klossen klämmer de fast Y-bommen i flänsarna på profilen. Den kloss som klämmer flänsarna utifrån är tillräckligt hög för att föra över trycklast till de horisontella väggarna i profilen, så att deformation av flänsarna minimeras.



Figur 35: Montering av y-bommar.

Montering och demontering av Y-bommar blir omständligt, på grund av att huvudet av skruven som går in i profilen görs svåråtkomligt av skruven som håller bommen i sitt fäste. Detta kan försvåra montering och demontering av bommarna, vilket vissa marinor gör årligen. Bommarna kan avlägsnas genom att endast lossa den yttre skruven så att bommens fäste lämnas kvar på profilen, men det kan också vara så att användare vill avlägsna hela fästet. Detta problem kan undvikas genom att placera den yttre skruven ovanför skruven som går in i profilen, vilket också skulle eliminera nivåskillnaden mellan pontonen och bommen. Detta resulterar dock i lägre hållfasthet, eftersom en hävarm introduceras mellan lasterna från bommarna och skruven som går in i profilen. Slutligen adderades nylondistanser mellan stålklössarna och aluminiumprofilen för att undvika korrosion mellan dessa.

Eftersom vind- och våglaster blir störst på den båt som är förtöjd längst ut på en brygga, utan skydd från intilliggande båtar, är det vid denna ände av profilen som det mest extrema lastfallet gäller. Detta är också den svagaste punkten längs profilen, eftersom det inte finns något närliggande profilmaterial eller några närliggande profilfästen som kan ta upp en del av lasten. Situationen förvärras ytterligare av att sträckan mellan fästena för de avslutningsbommar som sitter monterade längst ut på pontoner endast är två tredjedelar av motsvarande sträcka hos Y-bommar, vilket gör att drag- och tryckkrafter ökar med 50 procent. För att öka styrkan av denna infästning används en lösning som implementerats på nuvarande produkt, nämligen en plåt som löper längs pontonens kortsida och monteras i bommarnas fästen på vardera sida om pontonen, enligt figur 36.

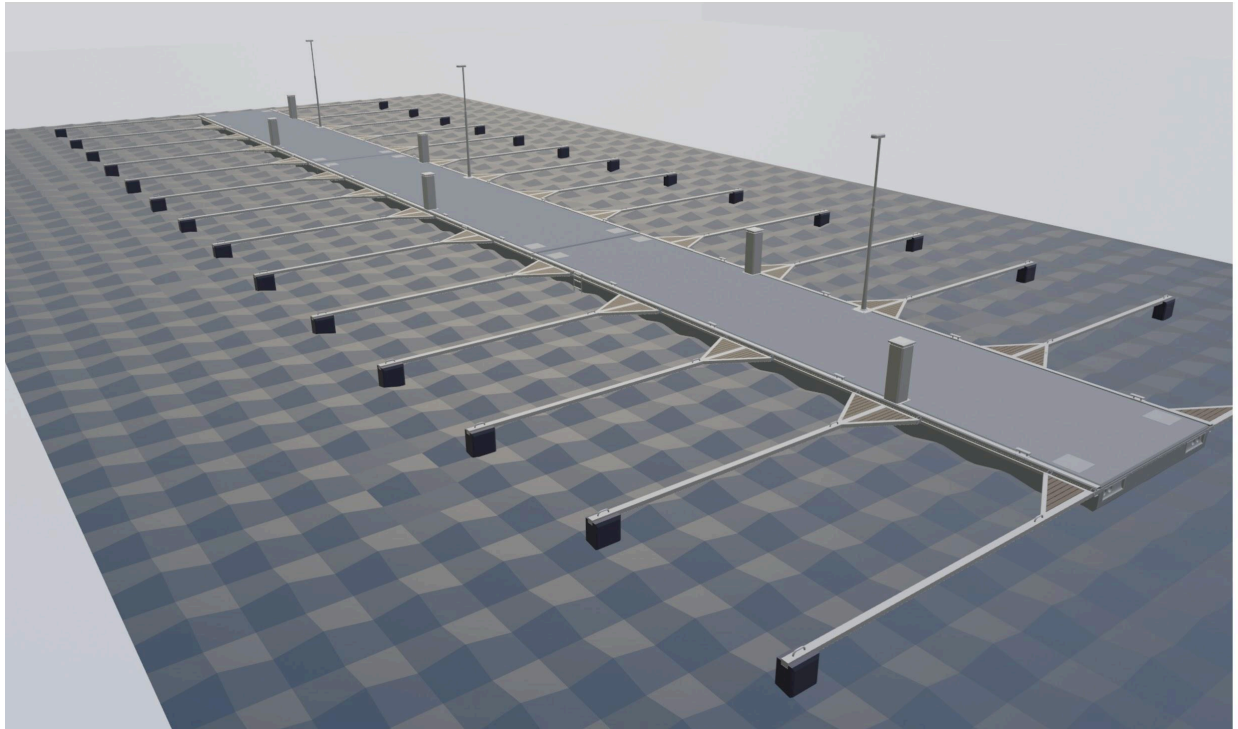


Figur 36: Plåt för avslutande bommar

4.10 Slutgiltigt koncept

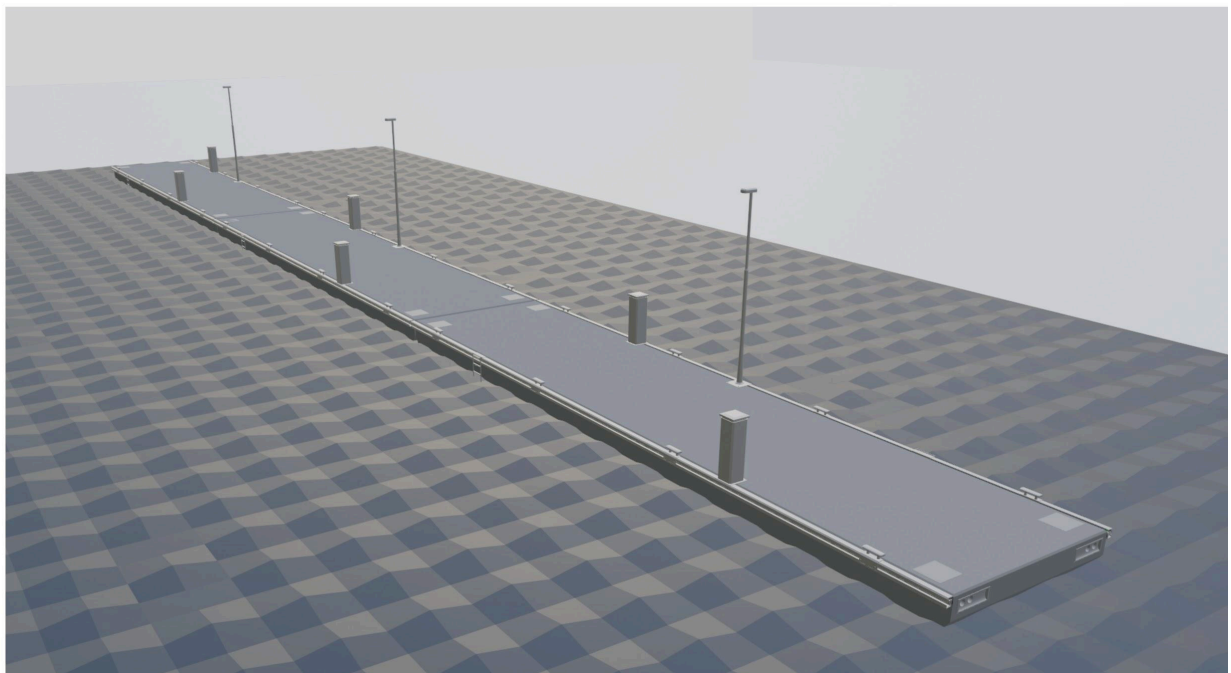
Det slutgiltiga konceptet är en minimalistisk lösning med fokus på flexibilitet i placeringen av pontonens tillbehör, placering av kablar och vattenledningar samt enkelhet av tillverkning. Beprövade fästeanordningar kombineras med ett nytt och standardiserat sätt att montera tillbehör, och funktioner som användare finner viktiga med dagens lösning bibehålls. Konceptet är externt till pontonen med undantag för gängade insatser likt de som dagens träfender monteras i, och implementering av konceptet kräver ingen ytterligare modifikation av pontonen jämfört med dagens lösning. Konceptet möjliggör att funktionaliteten och användarvänligheten hos lättviktspontoner kan adderas till betongpontoner, och att dessa funktioner kan nyttjas av de båtar som bör förtöjas vid en konstruktion med högre stabilitet och hållfasthet.

Konceptet kan användas både vid förtöjning med Y-bommar och vid parallell förtöjning, där det förstnämnda illustreras i figur 37, där tre 15-meters pontoner är sammankopplade i serie.



Figur 37: Konfiguration för förtöjning med y-bommar

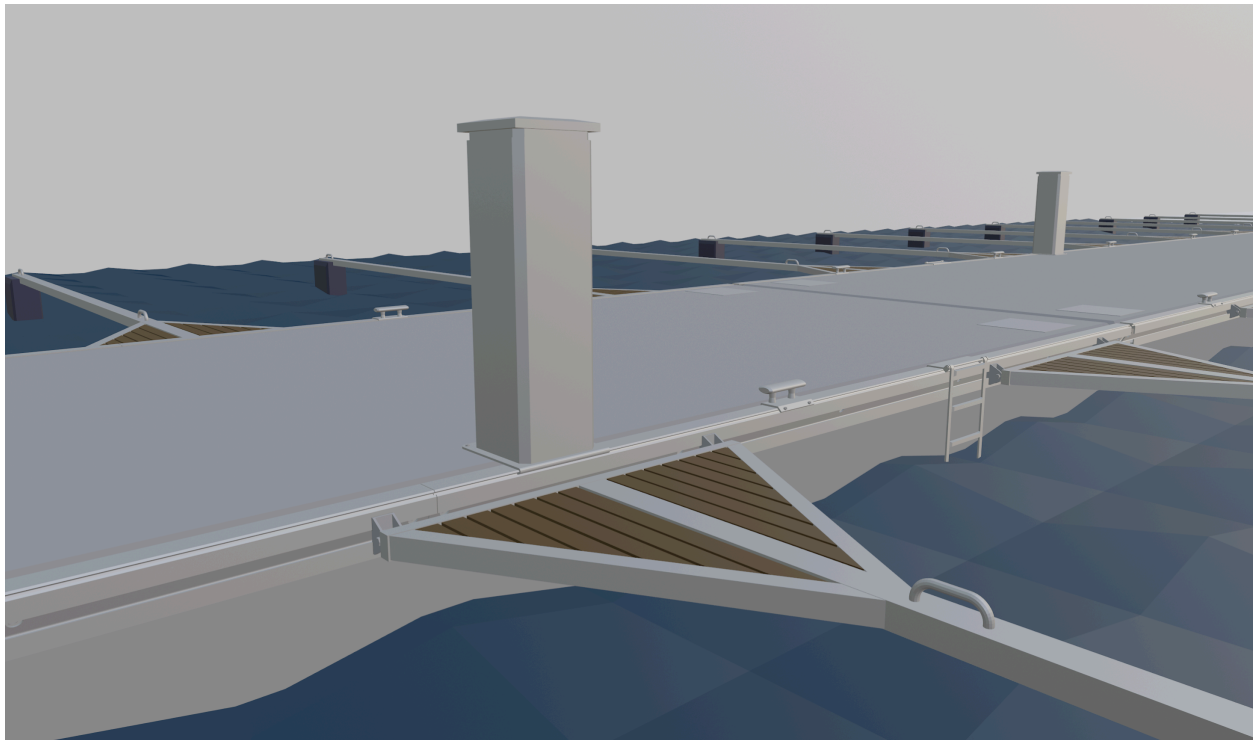
Utan att byta ut profilen kan pontonerna konfigureras för parallell förtöjning, enligt figur 38. Även i denna bild är tre stycken 15-meters pontoner seriekopplade.



Figur 38: Konfiguration för parallell förtöjning

Konceptet innefattar en extruderad aluminiumprofil och fästeanordningar för samtliga av de

tillbehör som idag förekommer på betongpontoner. Samtliga tillbehör monteras helt och hållet på profilen, med undantag för el- och vattenstolpar samt lyktstolpar, som även monteras med skruvar i pontonens ovansida. Kablar och vattenledningar förvaras inuti profilen och kan enkelt föras ut för modifikation, reparation eller byte, vilket eliminerar behovet av att gjuta in kanaler för el- och vattenförsörjning samt brunnar för åtkomst till dessa. Profilen ser likadan ut på varje plats utmed dess längd, vilket innebär minimerade tillverkningskostnader och att samtliga tillbehör kan monteras på varje plats utmed pontonens sidor. Detta betyder också att profilen inte behöver anpassas beroende på önskemålen hos kunden där den monteras. Profilen monteras på pontonen med skruvar och gängade insatser som är ingjutna i pontonens sida, och en sektion av profilen kan därför enkelt bytas ut då den deformerats av kollision eller laster från bommar.

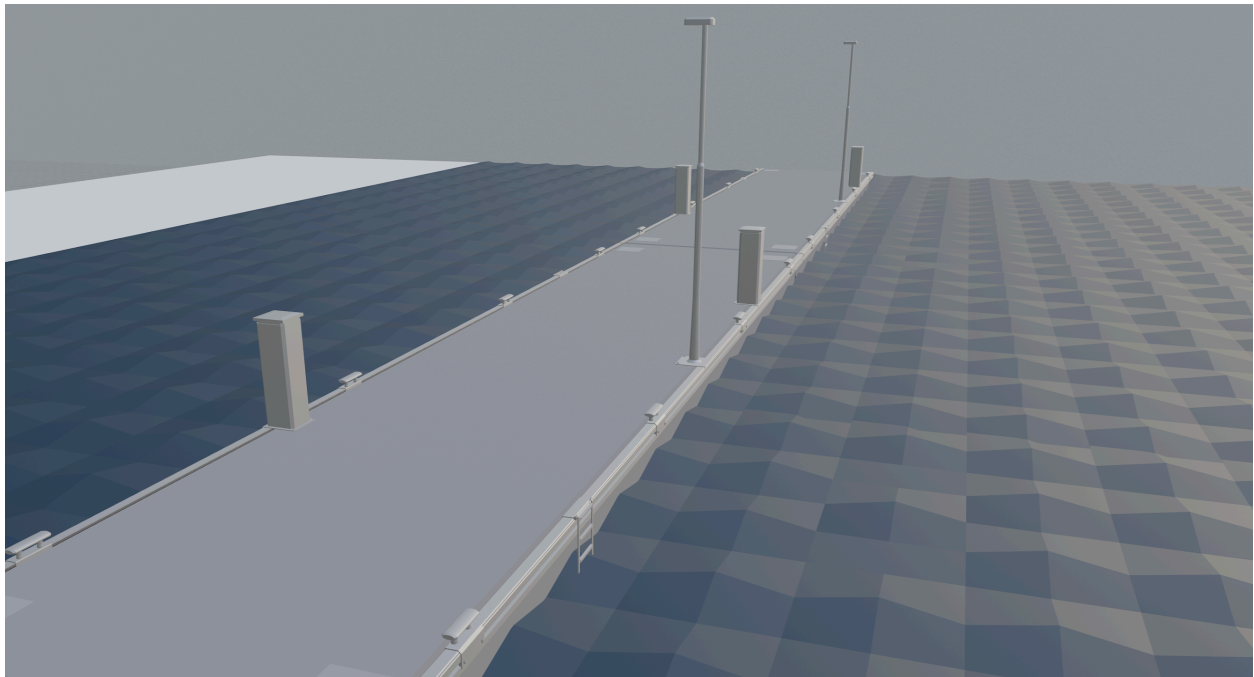


Figur 39: Närbild på Y-bom, el- och vattenstolpe, pollare samt nödstige

God korrosionsbeständighet uppnås genom att profilen och många av dess tillbehör tillverkas av aluminium, och att övriga komponenter är tillverkade av galvaniserat stål. Galvanisk korrosion mellan stål- och aluminiumkomponenter undviks genom att dessa separeras med nylondistanser och ytbehandlade gängade insatser.

El- och vattenstolpar monteras vid bryggans kant, och båtägares personliga kablar kan stuvas undan inuti profilen eller vilandes på gummibussningarna mellan profilen och pontonen. Stolpens placering innebär att den kan användas som stöd vid i- och urstigning av båten, och att problemet med kablar som ligger tvärs över pontonen elimineras. Kablar och vattenledningar dras enkelt och diskret inuti profilen, och leds upp till el- och vattenstolpar utan att exponera ledningarna. T-kopplingar för vattenledningar placeras mellan profilen och pontonen,

undangömda under el- och vattenstolparna. Utrymmet för ledningarna är generöst för att möjliggöra montering av profilen på pontoner med mer extensiv el- och vattenförsörjning, samt för att försäkra att profilen kan tillgodose det stora elbehov som förväntas råda i framtiden. Det fria utrymmet mellan profilen och pontonen möjliggör att viktiga funktioner som uppfylls av nuvarande produkt bibehålls. Dessa inkluderar att kunna förtöja båten för både med eller utan pollare genom att föra en lina runt profilen, att kunna låsa fast båten i bryggan med en kätting, och att montera skräddarsydda tillbehör som tamphållare och stödpinnar. Profilens plana ovansida innebär också att den fungerar som en breddning av pontonens yta, istället för att utgöra ett hinder vid i- och urstigning av båten.



Figur 40: Ponton anpassad för parallell förtöjning, lyktstolpar placerade i kontakt med profilen

5. Diskussion

I följande avsnitt diskuteras genomförandet och resultatet av arbetet, samt rekommendationer för vidare arbete. En hållbarhetsanalys och jämförelse av konceptet och den nuvarande produkten presenteras, och etiken bakom framställningen av de material som utgör slutkonceptet diskuteras.

5.1 Reflektion över användarstudier

Användarstudierna resulterade i många värdefulla insikter som påverkade den slutliga designen, dock hade ett större antal respondenter samt en mer rigorös analys av svaren kunnat ge en klarare bild av användarnas behov. Utöver att använda pontoner till uthyrning av båtplatser och till att förse förtöjningsplatser till gäster, använder marinor även pontoner till tankstationer och plattformar för kommersiella aktiviteter som exempelvis turer med prestandabåtar eller sportfiskebåtar. Det lilla antalet respondenter som representerade personal i marinor innebar en begränsad förståelse för de specifika behov som kan finnas för olika marinor, vilket är en begränsning som även fanns hos de båtägare som intervjuades.

En aspekt av hur KJ-analysen användes innebar också en begränsning i förståelsen av användarnas behov, nämligen att kopplingen mellan svaren och dess respektive respondent bröts. På grund av detta skaffades en mindre komplett uppfattning om vilken del av målgruppen som gav vilket svar, och de resulterande konceptkraven kunde inte viktas lika bra som de annars hade kunnat.

5.2 Reflektion över designprocessen

Efter att kravspecifikationen färdigställts påbörjades idégenereringen, vilket var innan informationssökningen om tillverkning och materialval hade avslutats. Detta beslut togs för att maximera den tid över vilken idégenereringen pågick, i hopp om att generera fler idéer och bättre koncept. Eftersom idégenereringen är en process som är svårare att påskynda jämfört med exempelvis informationssökning, beslutades att utföra dessa processer parallellt. Detta beslut resulterade sannolikt i att fler idéer utforskades, och att vissa idéer kunde utvecklas längre inför konceptvalet. Att utföra informationssökningen före idégenereringen hade kunnat vara en ineffektiv investering av tid, eftersom detta hade krävt att fler tillverkningstekniker och material undersöktes än de som var aktuella för de genererade idéerna. Att utföra processerna parallellt innebar dock att idéerna genererades och utvecklades inom mindre väldefinierade ramar, samt att ett antal idéer eliminerades före den tänkta elimineringsfasen på grund av att de inte var lämpliga att tillverka.

5.3 Projektets begränsningar

De lastfall som beräknats i arbetet har endast kunnat tjäna som uppskattningar, eftersom de förutsätter statiska laster där lasterna i verkligheten är dynamiska. Om dynamiska lastfall hade kunnat studeras med datorsimuleringar hade mer välgrundade designbeslut kunnat tas i relation till hållfasthet. En annan teknisk begränsning som har påverkat arbetet och arbetets resultat är att

FEM-simuleringar inte har kunnat utföras. Detta innebär att samtliga designbeslut som har en inverkan på hållfasthet har gjorts genom uppskattningar, och att konceptet inte har kunnat utvecklas till den nivå att tillräcklig hållfasthet kan garanteras. Trots att dessa begränsningar var kända vid arbetets början, och att arbetets mål aldrig var att utveckla en produkt redo för produktion, så har en betydande mängd tid och energi spenderats på att resonera kring vare sig ett visst designval resulterar i tillräckligt hög hållfasthet eller inte.

5.4 Utvärdering av slutligt koncept

Det slutliga konceptet uppfyller samtliga krav och önskemål i kravspecifikationen, med undantag för hållfasthet vid laster från kollision och bommar. Eftersom det upptäcktes i arbetets senare skede att profilens deformation vid kollision kan vara en funktion istället för en nackdel, hade ett krav på hållfasthet införts som utan god anledning begränsade lösningsrymden vid idégenereringen. Ifall idén om avsiktlig permanent deformation hade uppkommit tidigare, alternativt om hållfasthetskravens vikt hade fastställts tydligare, hade denna begränsning av lösningsrymden kunnat undvikas.

Konceptet bedöms vara hållfast för lasterna på 18.3 kN från pollare, dock är det tveksamt om det är hållfast för laster från avslutningsbommar på 234 kN enligt kravspecifikationen. Lasterna från både Y-bommar och avslutningsbommar orsakar sannolikt permanent deformation av profilen, dock kan Y-bommens tredje fäste förhindra att bommen lossnar från profilen. Staget som sammankopplar avslutningsbommarna på vardera sida av pontonen kan förhindra att dessa lossnar, men lasterna kan också vara stora nog att denna förstärkning inte är tillräcklig.

Ett önskemål som inkluderades i kravspecifikationen är att konceptet skulle motverka halkning, vilket är ett önskemål vars uppfyllande är svårt att uppskatta utan tillgång till en prototyp. Funktionen kan möjliggöras genom att applicera grepptejp på profilens ovansida, dock väcker detta osäkerheter kring monterbarheten av tillbehör och hur ofta tejpens behövt bytas ut för att bibehålla en god nivå av grepp, samt för att undvika ett slitet utseende. Ett annat alternativ är att applicera lettring på profilens ovansida. Detta hade dock inneburit en extra tillverkningsmetod, och det är okänt om lettringen håller under hela produktens livslängd.

Ett möjligt problem med förvaringen av kablar kan vara att högspänningskablar som i framtiden installeras för laddning av eldrivna båtar kräver speciella säkerhetsåtgärder. I det slutgiltiga konceptet förvaras kablar så pass lättåtkomliga att människor och djur enkelt kan komma i kontakt med dem, och eventuella säkerhetshöjande åtgärder hade behövt implementeras utan att negativt påverka andra viktiga funktioner.

Från observationer och intervjuer med användare framkom att en förtöjningspunkt i centrum av utrymmet mellan bommarna, samt möjligheten att montera en fender på samma plats, är viktiga funktioner. Konceptet stödjer i dagsläget inte detta, eftersom pollarens yttre fästpunkt sitter i

vägen för de fendrar som idag finns på marknaden. För att möjliggöra montering av fendrar hade en produktspecifik fender behövt utvecklas och säljas, vilket hade inneburit en ökad kostnad och minskad flexibilitet för kunden. De marinor som observerades i förstudien hade inte investerat i en pollare vid varje båtplats, men detta kan förekomma oftare i marinor där detta koncept hade implementerats. Detta eftersom implementeringen av konceptet resulterar i en dyrare ponton, och att konceptet därför sannolikt hade implementerats i marinor med en högre budget. Att addera pollare till en ponton hade också varit enklare där konceptet implementerats, vilket kan bidra till att detta görs i en högre utsträckning.

Målet med arbetet var att utveckla en konceptlösning som resulterade i mer anpassningsbara och flexibla bryggor, ökad användarvänlighet för marinor samt en förenklad tillverkningsprocess av SF Marinas betongponton. Även om hållfastheten av profilen inte skulle nå de målvärden som specificerats i kravspecifikationen, och konceptet därmed behöver dimensioneras för mindre båtar vid eventuell produktion, uppnår konceptet arbetets mål.

5.5 Rekommendationer för framtida arbete

I dagsläget tillämpas samma metod för att sammankoppla pontoner, vare sig de sammankopplas i serie eller vinkelrätt mot varandra. Cirkulära gummibussningar placeras mellan pontonerna, och vajrar dras genom dessa och klämmer bussningen mellan pontonerna genom att muttrar monteras i ändarna av vajern, inuti vardera ponton. Stora krafter verkar mellan pontonerna under oroligt hav, och därför är denna resurskrävande lösning befogad. Det hade dock varit intressant att undersöka om konceptet kan vidareutvecklas för att ta upp dessa stora krafter, så att pontonerna kan sammankopplas via profilen vid vinkelrät sammankoppling. Detta hade förenklats tillverkningen av pontonerna, och möjliggjort smidig förflyttning samt steglös placering av vinkelrätt sammankopplade pontoner.

Ett av problemen med den nuvarande produkten är svårigheten med att öka antalet eller dimensionerna av kablar och vattenledningar, vilket är en konsekvens av låg åtkomlighet och det begränsade utrymmet i de ingjutna kanalerna. Det sistnämnda kan även vara ett problem med det nya konceptet, speciellt då pontonerna är avsedda för förtöjning av större båtar med ett större elbehov. Eftersom SF Marina tillverkar pontoner för många olika storlekar på båtar kan det vara ineffektivt att lösa problemet genom att endast öka storleken på profilen, eftersom den då i många fall hade varit överdimensionerad. Därför kan det vara intressant att utforska om profilen kan tillverkas i olika storlekar eller modifieras på annat vis, medan funktioner och tillräcklig hållfasthet bibehålls.

En ytterligare funktion som kan utforskas är elastisk deformation av profilen vid kollision med båtar. Tack vare den stora friheten i designen av tvärsnitt vid extrudering av aluminium, kan det vara möjligt att skapa en profil där överdelen har en stötdämpande effekt, vilket hade skyddat både pontonen och båtarna. Detta kan eventuellt uppnås genom varierande vägg tjocklekar, där

vissa sektioner är flexibla medan andra sektioner kan ta upp laster från pollare och bommar. Även bussningarnas utformning kan undersökas, för att möjliggöra en större rotation av profilen åt det håll där profilens övre del förs närmare pontonen jämfört med åt andra hållet.

5.6 Analys av konceptets resulterande koldioxidutsläpp

För att skapa en ökad medvetenhet om konceptets miljömässiga hållbarhet i relation till nuvarande produkt, gjordes en livscykelanalys av den nuvarande produkten och det slutliga konceptet. Analysen inkluderade endast träfendern och profilen, medan samtliga tillbehör exkluderades. Analyser av andra material exkluderades också eftersom profilen behöver tillverkas genom extrudering, vilket begränsar lämpligheten av andra material. Att jämföra de två produkterna är dock intressant, eftersom den ökade livslängden hos det nya konceptet kan tänkas kompensera för dess högre energiåtgång och utsläpp vid produktion.

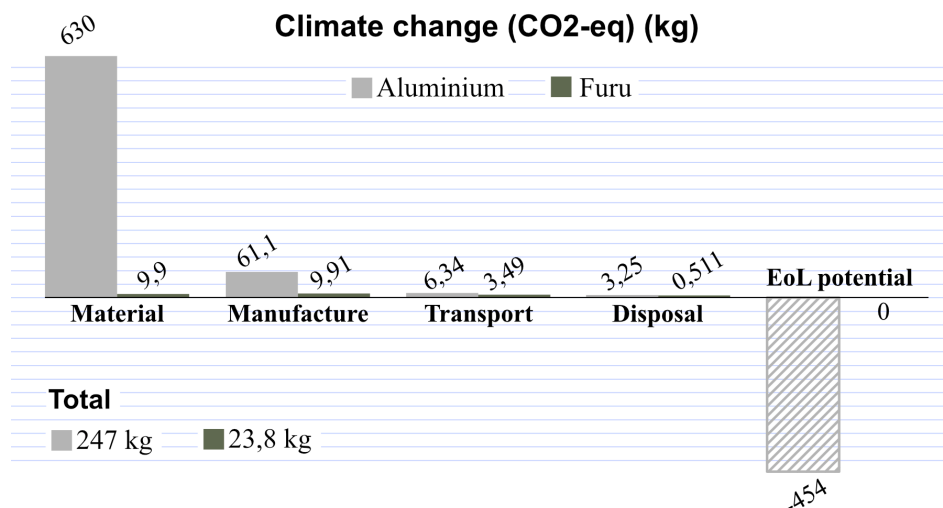
Mängden koldioxidutsläpp och energiåtgång under produkternas livscykler utvärderades med verktyget Eco Audit i mjukvaran Granta Edupack (Ansys, 2024). Värdena som angavs i analysen visas i tabell 6, där värdena för produkternas vikt gäller för fem meter långa sektioner av produkterna.

Tabell 6: Inmatade värden för Eco Audit

ID	Koncept Aluminiumprofil	Nuvarande produkt
Material	Aluminium 5083 H111	Furu (Pinus Sylvestris)
Vikt	66.4 kg	36.5 kg
Andel återvunnet material	<i>Typical % recycled content</i> (av programmet definierat)	100% nyavercat virke
Tillverkningsmetoder	Primär: <i>Extrusion</i> Sekundär: <i>Fine machining</i> (5% avverkat material)	Primär: Manuell inmatning från Granta faktablad (<i>Process energy</i> : 2.135e7 J / kg <i>Climate change CO2-eq</i> : 0.2715 kg/kg) Sekundär: <i>Fine machining</i> (5% avverkat material)
Återvinning	100% insamling och återvinning	Biologisk nedbrytning
Transport	<i>Truck 16-32T Euro 3, 5e5m</i>	<i>Truck 16-32T Euro 3, 5e5m</i>

För att kunna genomföra analysen behövde de två materialen specificeras, utöver programmets redan definierade värden. 5000-serien av aluminium valdes, vilken genom sin magnesiumlegering gör den mycket resistent mot korrosion, och därför ofta används vid marina konstruktioner. För fendern i furu valdes en variant av tall som är vanligt förekommande i Norden. Den andel av produkten som är tillverkad av nyavverkat virke sattes till 100 %, och metoden för kassering sattes till biologisk nedbrytning. Data för transporten var svårtillgänglig, men uppskattades genom att utgå från en inhemsk produktion där virket avverkas i Sverige, och aluminiumprofilerna tillverkas i Sverige av en hög andel återvunnet material. Transporten sker med säkerhet på land, med ett mellanstort fordon. Det var i kategorin Transport som flest antaganden gjordes, dock påverkar detta inte produktens totala utsläpp till någon betydande grad eftersom transporten utgör en liten andel av de totala utsläppen.

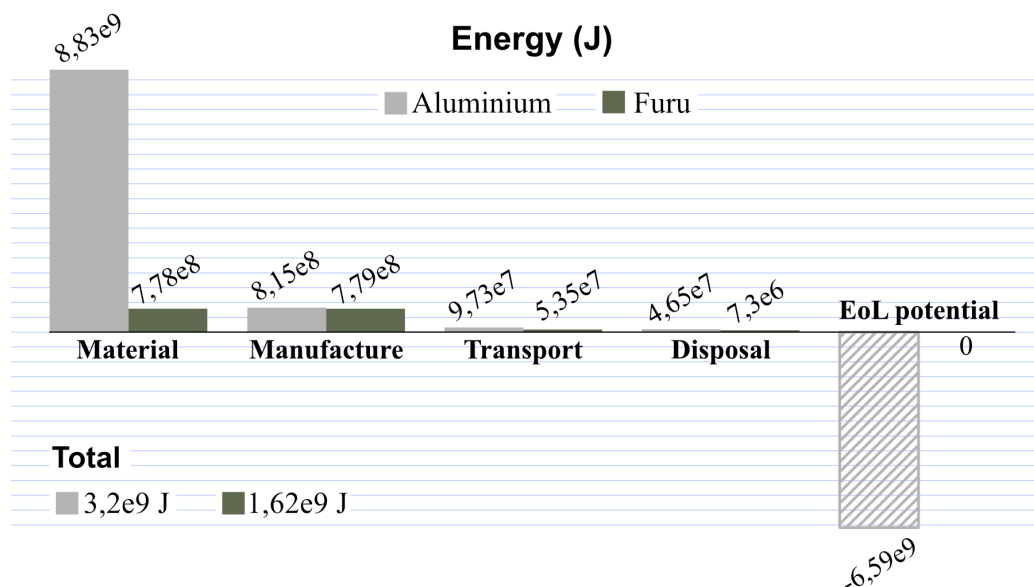
Analysen gav ett resultat av utsläppen i motsvarande koldioxidekvivalenter för de två produkterna, och visar att profilen i aluminium genererar nästan tio gånger mer koldioxidekvivalenter än fendern i furu, under en given livslängd (se figur 41). Den fas i livscykeln där produkternas utsläpp skiljer sig åt som mest är vid framställningen av materialet. Skillnaden blir extrem eftersom aluminium är mycket energikrävande att framställa, medan furu absorberar koldioxid under tiden det växer.



Figur 41: Utsläppen under hela livscykeln, räknat i koldioxidekvivalenter.

Figur 42 beskriver den totala energiåtgången under produkternas livslängd. Även här är det vid framställningen av materialen de skiljer sig åt som mest, och det är tydligt att de stora utsläppen vid framställningen av aluminium är en konsekvens av att dess framställning är mycket energikrävande. Även omhändertagandet av aluminiumprofilen är mer energikrävande, vilket kan tydas i fasen "Disposal", där aluminiumprofilen kräver drygt sex gånger mer energi. Den miljömässiga fördelen hos aluminiumprofilen är att materialet kan återvinnas många gånger om genom att smältas ned och gjutas till nya komponenter, medan materialets egenskaper bibehålls. Värdet under "EoL potential" visar på stora energibesparingar vid återvinning, eftersom man

slipper utvinna ny metall vid tillverkningen av en ny produkt. När detta värde subtraheras från den totala energiåtgången går aluminium från att vara drygt sex gånger så energikrävande som en konstruktion i trä, till att vara knappt två gånger så energikrävande.



Figur 42: Energiåtgången under hela livscykeln.

Slutsatsen som kan dras utifrån resultaten i Eco Audit-analysen är att ett byte från den nuvarande konstruktionen av trä till det nya konceptet i aluminium hade inneburit stora öknings i koldioxidutsläpp. Aluminiumprofilens högre livslängd hade minskat skillnaden mellan de två; ifall profilen i trä har en livslängd på tio år och aluminiumprofilens livslängd är dubbelt så lång halveras skillnaden. För att helt eliminera skillnaden i koldioxidutsläpp mellan produkterna hade konstruktionen i aluminium behövt en tio gånger längre livslängd, vilket med slitage och ersättning inräknat är en orealistisk målbild.

5.7 Etiska konsekvenser av materialval

Genom att aktivt arbeta för en etiskt hållbar tillverkning av en produkt kan välmåendet hos de människor som berörs av produktionskedjan främjas. Sverige ligger i framkant gällande lagar och regleringar för säkerhet och hälsa på arbetsplatser, dock kan råmaterial utvinnas och framställas i andra länder även om en produkts huvudsakliga tillverkning sker inhemskt. Den nuvarande produkten är tillverkad av furu, vilket är ett vanligt förekommande trädslag i Sverige. Ett byte till en profil i aluminium innebär att allt råmaterial behöver importeras från andra länder, och 64% av all bauxit som används i europeisk aluminiumproduktion kommer från Guinea (SGU, 2020), eftersom majoriteten av jordens bauxit tillgångar finns i tropiska länder nära ekvatorn. Mineralutvinning kan vara ett hälsofarligt arbete, samtidigt som många av länderna med dessa gruvor har bristande arbetsvillkor, vilket leder till en etiskt problematisk situation. Arbetarna utsätts för stora risker samtidigt som de är underbetalda, vilket gör att en svensktillverkad produkt inte är tillverkad med socialt hållbara metoder. Denna del av

produktionskedjan befinner sig långt från den slutliga produkten, och därför kan detta uppfattas som ett avlägset problem. För att skapa en produkt som är etiskt hållbar i alla led, behöver de som är involverade i utvinningen av råmaterial få bättre arbetsvillkor. Detta är svårt att åstadkomma för enskilda företag, eftersom åtgärder för en mer etiskt god produktion ofta resulterar i en dyrare produkt. Problemet kan eventuellt lösas genom att större organisationer inför krav och villkor på arbetsgivare och länder där dessa problem är mest påtagliga, samtidigt som konsumenten i det sista ledet både kan ställa krav och välja produkter som är framställda på ett mer etiskt försvarbart vis.

Referenslista

1. American Society of Civil Engineers. (2012). *PLANNING AND DESIGNING GUIDELINES FOR Small Craft Harbors*. 3:e upplagan. [Ascelibrary.org](https://www.ascelibrary.org)
2. Australian Standards. (2020). *Marina Design (AS 3962:2020)*. Australian Standards.
3. BE Group. (u.å.). *Galvaniserat stål, galvaniserade stålrör och galvaniserad plåt*. BE Group. <https://www.begroup.se/kommunikation/kunskap/galvaniserat-stal>
4. British Standard. (1989). *Code of practice for Maritime structures - Part 6: Design of inshore moorings and floating structures (BS 6349-6: 1989)*. British Standard.
5. SF Pontona. (u.å.). *Bommar*. Bryggdelar.se. <https://www.bryggdelar.se/collections/bommar>
6. Clickmetal. (2024). *Galvanised Steel vs Stainless Steel: What Lasts Longer?* Clickmetal. <https://www.clickmetal.co.uk/blog/post/galvanised-steel-vs-stainless-steel#:~:text=Generally%2C%20galvanised%20steel%20lasts%20between,impact%20on%20the%20metal's%20lifespan>
7. Ansys. (2024). *Eco Audit Tool [Programvara]*. Granta EduPack 2024 R4. Ansys. <https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>
8. Laser24. (2021). *Understanding Marine Grade Metals*. Laser24. <https://laser24.co.uk/news/understanding-marine-grade-metals/#:~:text=Galvanised%20steel%20is%20made%20by,of%20steel%20reacting%20with%20saltwater>
9. Machine MFG. (2024). *Can Stainless Steel Be Extruded?* Machine MFG. <https://shop.machinemfg.com/can-stainless-steel-be-extruded/>
10. Martinsson Bonde, J. (2021). *Morpheus (0.6.0)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6502828>
11. Metal Supply. (2020). *Extruderade Stålprofiler*. Metal Supply. https://www.metal-supply.se/announcement/view/544036/extruderade_stalprofiler
12. SF Marina. (2024). *Our Offer*. SF Marina. <https://sfmarina.com/our-offer/>
13. SMHI. (u.å.). *Skalor för vindhastighet*. SMHI. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vind/skalor-for-vindhastighet>
14. Standards Australia. (u.å.). *What We Do*. Standard Australia. <https://www.standards.org.au/about/what-we-do>

15. Steelmore. (u.å.). *Why Stainless Steel Costs More*. Steelmore.
<https://www.steelmore.co.za/stainless-steel-cost/#:~:text=Stainless%20steel%20is%20more%20expensive,agent%20to%20provide%20corrosion%20resistance>
16. Sveriges geologiska undersökning. (2020). *Bauxit*. Sveriges geologiska undersökning.
<https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/bauxit/>
17. Swellbeat. (u.å.). *Wave Calculator*. Swellbeat. <https://swellbeat.com/wave-calculator/>
18. The Engineering ToolBox (2018). Metric Bolt Strength: Minimum, Ultimate Tensile & Proof Loads - Metric. The Engineering ToolBox
https://www.engineeringtoolbox.com/metric-bolts-minimum-ultimate-tensile-proof-loads-d_2026.html
19. Thomson Engineering Design. (u.å.). *A Short Guide To Metric Nuts And Bolts*. Thomson Engineering Design. <https://thomsonrail.com/metric-nuts-and-bolts/>
20. Thurston, L. (2022). *Does Aluminium React With Galvanised Steel?* Rapid Metals.
<https://www.rapidmetals.co.uk/does-aluminium-react-with-galvanised-steel/#:~:text=Despite%20this%2C%20an%20aluminium%20sheet,metals%20such%20as%20galvanised%20steel>
21. Unified Alloys. (u.å.). *Stainless Steel vs. Aluminium*. Unified Alloys.
<https://www.unifiedalloys.com/blog/stainless-steel-vs-aluminum>
22. USACE (2002). *Coastal Engineering Manual - Part I-VI (EM 1110-2-1100)*. U.S. Army Corps of Engineers.

Bilagor

Bilaga A - Sammanställning KJ-analys

Förtöjning

• Bökgitt med u-ögla att få igenom, lättare med pollare som man kan kasta runt. Man kan lägga tampen runt fästet för en moring och bara lägga ringen över, duger.

• Att knyta mellan fendern och bryggan är jobbigt, men det är nog inte det första man gör när man lägger till, snarare en extra förstärkning.

• Mycket bättre om pollare sitter fram på bryggan. Antagligen en kostnadsfråga. Folk som har egen plats har antagligen fixat egna lösningar men tillägg på y-bommen som underlättar när man lägger till.

• Inte så jobbigt med u-fäste (sån fast ögla), så länge den inte är för liten.

• Kan vara svårt att trä tampen genom öglor, har fixat en tamp som hela tiden är fäst i metallöglan, fäster denna i båten. Enklare eftersom tampen alltid är i rätt längd.

• Att bara ha fästpunkter på y-bommen kan göra det svårt att nå, finns en poäng att ha någonting rakt framför på fendern.

• Fördelen med y-bom är att om man kommit in i spiltan så är man fast, mycket lättare än med stolpe ute i vattnet. Då är det ju egentligen förtampen man väljer, letar efter ställe att fästa tamp fram på bryggan, sedan på y-bommen.

• Fästpunkter rakt framför förväntar man sig nog, finns oftast en ögla rakt fram, men ska la egentligen inte behövas.

• Problem att komma ner till bryggan.

• Många sätter upp en tamp mellan y-bommarna, blir som ett stoppband som fångar upp. Beroende på bogens lutning så kan det bli att båten glider uppåt lite, alltså bra.

• Med höga båtar så hjälper det inte att ha någon som står längst fram, lättare att då hoppa av till bommen och gå på den till pollaren eller öglan.

• Y-bommar bör sträcka sig minst $\frac{3}{4}$ av båtens längd. Eftersom vissa båtar är för små för detta så finns det även fästpunkter (som GREFAB installerar) i mitten av y-bommen för att kunna göra en bra förtöjning.

• Liten båt - enkelt att kliva av. Stor båt, stort hopp ner en meter. Ibland steg på båten.

• För dem såg processen att lägga till ut så här:

- Ta fram båtshaken för att lättare nå tampen
- Koll vart öglan på y-bommen är
- Förtöj akterfästena för att bromsa in båten
- Surra fast fören i fästena på bryggan eller på y-bommen

• Korg för tampar.

• En pall för att komma upp till båten är nästan ett måste. Otroligt svårt att komma upp på en hög båt när bryggan ligger så nära vattenlinjen. Även om man har en pall kan det bli väldigt vingligt.

• Någon hoppar först i land med en tamp i handen och snurrar/kastar den runt en pollare. Ifall vinden kommer från höger vill du göra det till höger sida. Viktigt att man inte ska behöva trä en tamp genom en ögla. Omöjligt att hålla emot med ren handkraft. Sedan fäster man båten bättre.

• Oftast finns ringar på fendern. Inte reflekterat över det. Krångligare att förankra akttern.

• Bättre om fästen för tampar sitter på bryggan istället för på Y-bommarna, i fall de då är enklare att nå.

• Hade varit smidigt att ha en karbinhake eller liknande för att fästa tampen, istället för att behöva surra fast den. Speciellt när det går lite för snabbt och man blir stressad.

• Tampar fästpunkt på y-bommar, ca en meter ut. Inte jobbigt eftersom man har koll för man varit där innan, men det förutsätter att det är ens egen plats och inte en gästhamn.

• Ibland är tamparna korta fram och långa bak, pga enkel avstigning. Detta görs ibland tills sista personen gått av, sedan justerar man båten bakåt. Beroende på förens lutning/höjden på bryggan slår man tillslut i den.

• Dåligt att man måste fästa vid bryggfingrets fäste, skaver vid fästet, men ibland finns det inga bättre lösningar. Bra pollare är bra.

• Vissa har klagat på att det är dåligt med pollare, man fäster i y-bommen (fram till vid leden). Vid Saltholmen hade de fäst med lin runt fästet för bommen, linan nöttes sönder.

• På Hinsholmen har de tampar som hänger i akterpölar hela tiden. Finns även tampar från pålarna till bryggan, med dessa kan man dra båten med handkraft vid förtöjning. Finns även tampar som hänger från en klyka i stolparna, som man fångar upp när man lägger till.

• En bekant har installerat en stolpe 0,5-1,0 meter upp på y-bommen som gör det lättare att nå tampen när man lägger till. Utan den måste man sträcka sig ner en bit, vilket kan vara svårt när man har en reling som man måste böja sig över.

• På Hinsholmen (träbrygga) sitter öglorna med ca två meters mellanrum. Alltså är dessa placerade på bryggan, då inga y-bommar finns.

• Finns risk med tamp-pinnarna som kan skada båtarna. Kan ha att göra med den gamla traditionen att bygga träbryggor - folk vet inte hur man gör med flytbryggor.

Säkerhet

• Säsongen är ju verkligen den ljusa tiden på året, ofta bra belyst, alltså inte ett problem.

• Befintliga belysningen brukar räcka.

• En del har dämpare för att kompensera för rörelser i vattnet. Alltså både vågor och tidvatten.

• Har installerat en egen stolpe att hålla i när man går på båten. Utan denna finns det inget förutom relingen på båten att hålla sig i, och även denna sitter väldigt lågt.

• Det är inte svårt att se vart kanten på bryggan går när det är mörkt. Hade kanske varit bra att ha en lampå för skylden som visar vilket nummer båtplatsen har, så man inte råkar ta fel när det är mörkt ute.

• Man förväntar sig lite skav från bryggan, men inga större saker. Trenden för hur skrovet ser ut kan påverka vilka risker det finns. Förut var det inne att

• Har sämre syn idag än förr. Hade uppskattat lysdioder som visar kanten och eventuellt positionering. Reflexer kan vara ännu smidigare, då man kan utnyttja skenet från befintlig belysning. Dock mindre viktigt på lägre bryggor.

• På träbryggan vid Hinsholmen är den yttersta plankan vid kanten lite upphöjd, vilket indikerar att bryggan tog slut. Träbryggor är dock ganska hala när de blir våta.

• En 1 till 2 cm hög kant kan stoppa flaskor och termosar från att rulla ner i vattnet.

• Många sätter en egen gummifender, ofta har man en kätting/lås till båten. Vissa trär kättingen genom en balk/planka i bryggan - alltså ett exempel på en egen lösning.

• Inte krångligt med mörker, man är van. Man är ute på dagen. De flesta vill inte navigera på havet i mörker ändå.

• Ofta är det t ex gatubelysning. Största problemet är när man kommer in mot hamnen, men ofta är det fine när man är där. Oftast inte svårt att se kanten av pontonen i mörker.

• Inga problem att lägga till i mörker. Inte så mörkt på sommaren.

Tillförsel

• Högre kapacitet krävs ofta då elbåtar blir vanligare, 16A säkringar.

• Är ett krav på att inte ha skarv på kabeln till båten. Ska inte ha mer än 20 meter till uttagen.

• Vattenledningarna behöver vara minst 20mm i diameter för att kunna förse tillräckligt med vatten. Slangarna är i dagsläget 25 meter långa (mellan varje koppling).

• På marstrand är elskäpet mitt på bryggan, vilket kanske skyddar mer.

• Problem med elskäp nära? Tror inte man kan krocka med elskäpet.

• Man får ofta ha med sig en lång förlängningssladd. Finns olika system för att betala strömmen med kort.

• Inte ha elstolpe mitt i vägen när man ska av, helst vid y-bommen. Borde inte vara någon risk för krock med båt.

• Vid stolpen finns ofta en ring som går att dra sladden igenom. Då ligger den alltid långsmed marken, vilket tar mycket mindre plats.

• Risk med att ha stolparna långt ut, folk snubblar osv - bättre att placera dem en bit in.

• Ser inga problem med elanvändningen idag, en stolpe per 8 platser.

• Elstolpar sitter ofta ganska nära kanten, inga problem med det.

• Ifall man har komponenter, till exempel el-och vattenledningar, placerade inuti ett utrymme, så får man välja att antingen se till att det alltid sluter helt tätt, eller om det alltid kan rinna ut. Annars riskerar man att få vatten som fastnar inuti utrymmena.

• Alla vill ha uttag, men det finns tillräckligt på x-bryggan.

• Ofta är det trångt för elektrikerna att genomföra underhåll, delvis på grund av de skarpa böjarna. Svårt att få till alla vinklar på eldragningar, ifall det läcker vatten ser man ju det

• Egen fas behövs för extraljus, blir en till kanal för kablar.

• Kan vara jobbigt när eltornet är placerat i mitten av bryggan och alla sladdar dras som ett nät, kortaste sträckan till varje båt. Ett knep för att den inte ska ryckas ut ifall någon råkar rycka i den är att snurra sladden några varv runt stolpen. Tänk på båtarnas lutning framtill, båten kan köra in i stolpen innan bryggan. Flexibla elstolpar eller med en koppling i botten så de inte knäcks ifall de blir påkörda.

• El används väldigt ofta. Toppa upp tankarna. Nästan alla kopplar in el, det vill man ha på varje plats. Gäller både gästhamn och privata platser.

Flexibilitet

• Finns inget stort behov av att flytta bommar, fasta båtplatser. Man byter platser utesflet båten istället. Man bestämmer bredden i förväg.

• De har inte behövt flytta y-bommarna än, eftersom deras flytbryggor är ganska nya.

• Deras hamnentreprenör hade flyttat bommarna, upphandlat av Roger. Dessa utför även mycket annat arbete i deras marinor.

• Kan finnas behov för mer standardiserade tillbehör, kostar dock för hamnen, upp till dem hur mycket de vill kosta på.

• Ifall man inte har några distanser mellan fendern och pontonen kan man sätta Y-bommarna vart man vill. I nuläget kan man inte välja helt fritt eftersom bussningarna är i vägen. Det finns en marina i Bohuslän som löst detta.

• Roger bedömde att man med handkraft kan flytta 4-5 metersbommar. Större än så blir de alldeles för tunga, och då behövs maskiner.

• Egna lösningar som folk fixar är framförallt trappor upp till båten. Får enligt GREFABs regler inte skruvas fast i betongen (risk att folk borrar ner till frigoliten). Här hade en universell lösning underlättat, kan utformas som ett standardtillbehör.

• Att kunna flytta bommar hade varit bra; grannar hade kunnat flytta den lite mellan varandra ifall någon skaffar en mindre båt och någon en större. Man betalar efter storlek på platsen.

• De plockar inte upp y-bommarna eftersom det är väldigt mycket arbete. I till exempel Stockholm är detta arbete vanligare, då de utsätts mer för is.

• Varannan gångbar bom är en önskan vi har mött, men det är dyrt. Varannan bom på Hinsholmen går att gå på. Priset på y-bommar har ökat väldigt mycket senaste åren - enligt Roger ca 70 tkr för de större varianterna.

• På Kössö (Köpmansö) fanns det smidiga skyltar som gick att vika runt för att visa ifall platsen var ledig då man själv var iväg på en längre tur, vilket var smidigt.

• Ibland lånar man ut sin plats när man själv är ute, grön/röd lapp.

• Sett folk som har skruvat fast stegar nedåt på egna träbryggor. På kanten av bryggor har folk gjort stödpinnar som skapar en plats att hålla sig i medan man går på eller går av.

• De flesta fixar tillbehör som funkar för just dem. Mycket är custom till just deras båt. Till exempel pinne för att öka höjden där tampen sitter fast för att enklare nå från sin höga båt.

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se



CHALMERS