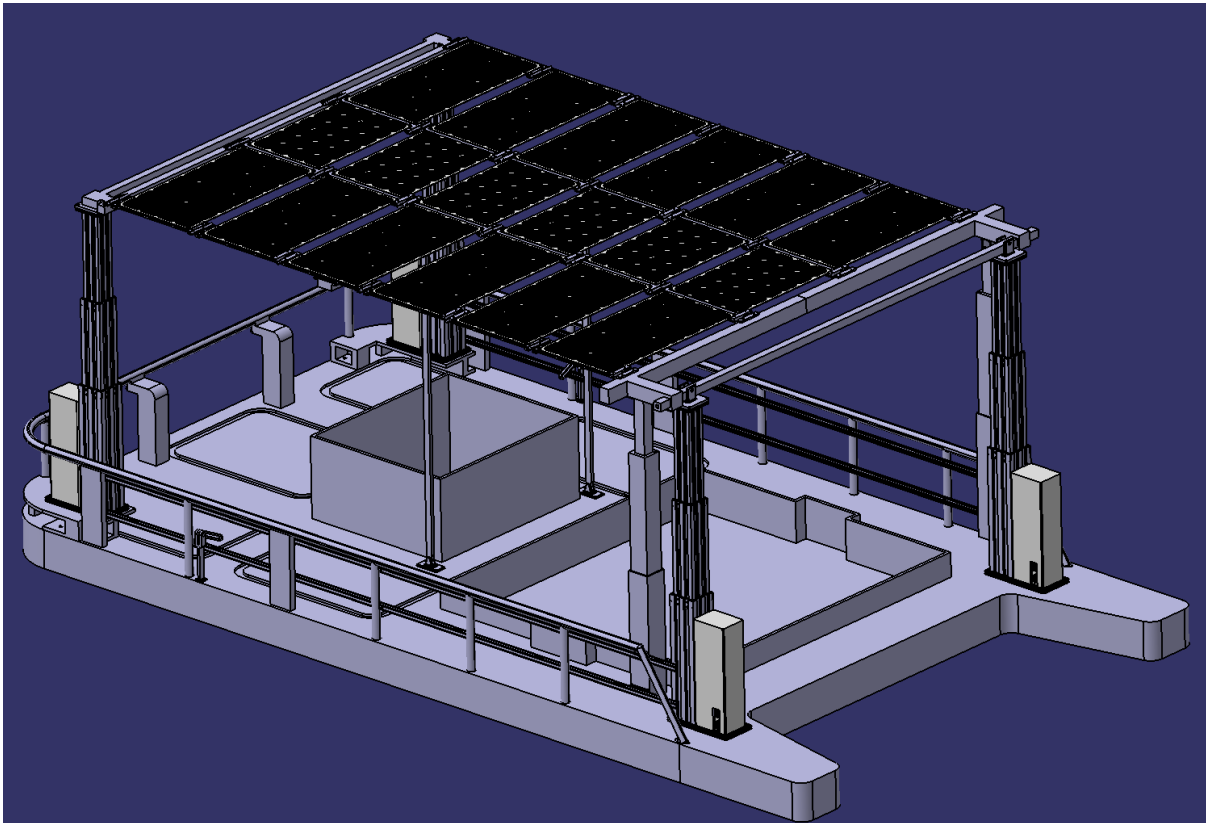




CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Konceptframtagning av mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till renhållningsbåt

Examensarbete inom Maskiningenjörsprogrammet

Niklas Fjordstrand
Dejan Mijuskovic

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2017

Examensarbete 2017

**Konceptframtagning av mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till
renhållningsbåt**

**Concept development of mechanically foldable solar panel system for a
waste collection boat**

Niklas Fjordstrand
Dejan Mijuskovic



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2017

Konceptframtagning av mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till renhållningsbåt
Concept development of mechanically foldable solar panel system for a waste collection boat

Niklas Fjordstrand
Dejan Mijuskovic

© Niklas Fjordstrand, Dejan Mijuskovic 2017

Handledare: Magnus Lorentsen, Altran Engineering
Examinator: Mats Alemyr, Produkt- och produktionsutveckling

Examensarbete 2017
Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Gothenburg
Telefonnummer +46 (0)31-772 10 00

Omslag: En bild på det slutgiltigt framtagna konceptet av solpanelsanordning till renhållningsbåt (Författarnas egen bild).

Göteborg, Sverige 2017

Förord

Denna rapport är ett examensarbete skrivet av två högskoleingenjörstudenter i Maskinteknik med inriktning konstruktion, 180 högskolepoäng, vid Chalmers Tekniska Högskola och omfattar 15 högskolepoäng. Detta arbete har skrivits i samarbete med konsultföretaget Altran Engineering (f.d. Benteler Engineering) med sitt säte i Nya Varvet, Västra Frölunda.

Till att börja med vill vi rikta ett stort tack till Magnus Lorentsen som varit vår handledare på Altran Engineering. Dels för att vi fått chansen att utföra arbetet där men även för alla goda råd och tips längs vägen som bara kan fås från erfarenhet i arbetslivet. Vi vill även tacka alla andra på kontoret som varit trevliga och hjälpsamma när vi varit där och arbetat.

Vi vill även rikta ett stort tack till Oscar Théen på Greenstar Marine för hans positiva och idérika inställning till vårt arbete och för att han gjort detta möjligt för oss. Stort tack också till personalen på Park och Naturförvaltningen i Göteborg som varit hjälpsamma vid studiebesök och med intervjuer.

Sist men inte minst vill vi även rikta ett stort tack till vår examinator och handledare Mats Alemyr som är tekniklektor vid Chalmers Tekniska Högskola för den handledning vi fått längs vägen av arbetet.

Göteborg, maj 2017

Niklas Fjordstrand & Dejan Mijuskovic

Sammanfattning

Greenstar Marine är ett företag som utvecklar och säljer elektriska framdrivningssystem och solpaneler för den marina industrin. De har anlitat Altran Engineering (där arbetet utförts) för att ta fram ett koncept på en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning för energioptimering av en elektriskt driven renhållningsbåt för inre vattenvägar.

Syftet med arbetet har varit att ta fram ett nytt koncept på en systemlösning som består utav en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till en renhållningsbåt som ska generera så mycket energi som möjligt från solen. Utgångspunkten för arbetet har varit en existerande renhållningsbåt som finns i Göteborg. Greenstar Marine har dock poängterat att de även ser att denna typ av koncept på en solpanelsanordning ska kunna tillämpas på olika renhållningsbåtar och i andra delar av världen där det råder bättre förutsättningar.

En kundundersökning har gjorts där kund besvarat vilka krav de ställer på en mekanisk lösning på en solpanelsanordning till renhållningsbåten. Det har även gjorts en marknadsanalys där alternativa lösningar på marknaden analyserades genom sökning i databaser, patentsökning på nätet och besök på Båtmässan 2017 i Göteborg.

Ett flertal koncept har tagits fram för att ställas mot varandra för att avgöra vilket koncept som var bäst. Ett koncept valdes på en mekanisk lösning på en solpanelsanordning till renhållningsbåten så att maximal möjlig energi och effekt kan erhållas med hänsyn till konstruktionens hållfasthet. Detta koncept togs fram med hjälp av existerande lösningar på marknaden och efter givna förutsättningar.

Den slutgiltiga lösningen togs fram utifrån en konstruktörssynpunkt på det främst mekaniska i solpanelsanordningen. Detta gjordes med avseende på hållfasthet, materialegenskaper och andra beräkningar samt utifrån kravspecifikationen.

Resultatet har lett till ett slutgiltigt koncept virtuellt i 3D på ett system på en solpanelsanordning som kan ha en stor energiupptagande area för att sedan kunna fällas ihop till en mindre yta. Konceptet lämpar sig bäst i länder med bra klimatförhållanden och mycket sol då det går att få ut mer energi. Anordningen är även dyr vilket gör att den måste massproduceras för att bli rimlig ur investeringssynpunkt.

Arbetet har även resulterat i rekommendationer för vidareutveckling samt vilka de potentiella leverantörerna är. Betydelsen av resultatet ger dels att Greenstar Marine får ett underlag för att kunna avgöra om de är beredda att bygga vidare på konceptet och för att investera i en eventuell prototyp eller liknande.

Nyckelord: koncept, renhållningsbåt, solceller, solpanel, energi, mekanik, konstruktion, båt

Summary

Greenstar Marine is a company that develops and sells electric propulsion systems and solar panels for the marine industry. They have hired Altran Engineering (where the work is performed) to develop a concept of a mechanically foldable solar panel system for energy optimization of an electrically driven waste collection boat for inland waterways.

The aim with the work has been to develop a new concept of a system solution that consists of a mechanically foldable solar panel system for a waste collection boat to generate as much energy as possible from the sun. The starting point for the work has been an existing waste collection boat in Gothenburg. Greenstar Marine has, however, pointed out that they also see that this type of concept of a solar panel system shall be able to be applied on different kinds of waste collection boats and in other parts of the world where there are better conditions.

A customer survey has been made where the customer responded to the demands they put on a mechanical solution for a solar panel system for the waste collection boat.

There was also a market analysis made where alternative solutions on the market were analyzed by searching databases, patent search online and visiting the Boat Show 2017 in Gothenburg.

A number of concepts have been developed to be put against each other to be able to decide which concept that was the best. One concept was chosen for a mechanically foldable solar panel system for a waste collection boat so that maximum possible energy and power can be obtained while taking account to the strength of the structure. This concept was developed using existing solutions on the market and under given conditions.

The final solution was developed from a designer's point of view on the primarily mechanics of the solar panel system. This was done in terms of strength, material properties and other calculations and according to the requirements specification.

The results have led to a definite concept virtually in 3D of a system of a solar panel device which can have a large energy-absorbing area to allow it to be folded into a smaller surface. The concept is best suited for countries with good climate conditions and a lot of sun since it is possible to get more energy. The system is also expensive, which means that it must be mass-produced to be reasonable from an investment point of view.

The work has also resulted in recommendations for further development as well as who the potential suppliers are. The significance of the results is that Greenstar Marine has a basis for determining whether they are prepared to continue with the concept and to invest in a prototype or similar.

Beteckningar

P_{\max}	= maximal effekt
P_{in}	= effekt in
V_{OC}	= tomgångsspänning
V_{mp}	= spänning vid max effekt
I_{SC}	= kortslutningsström
I_{mp}	= ström vid max effekt
FF	= fyllnadsfaktor
η	= verkningsgrad
A	= area
E	= kilowattimmar per kvadratmeter per år
α	= infallsvinkel från solen

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. Teoretisk referensram	3
2.1 Solceller	3
2.1.1 Solens inverkan på solceller beroende på var i världen solpanelen befinner sig	4
2.1.2 Solens infallsvinkel och dess påverkan	5
2.1.3 Partiell skuggning	6
2.1.4 Serie- och parallellkoppling av solceller	8
2.1.5 Verkningsgraden hos solceller	9
2.1.6 Beräkning av effekt från solceller	9
3. Metod	11
3.1 Framtagning av ramverk för kravspecifikation	11
3.1.1 Funktioner	11
3.2 Kartlägg kundens röst	11
3.2.1 Marknadsundersökning	12
3.2.2 Studiebesök på Park och Naturförvaltning	12
3.2.3 Båtmässan	12
3.3.1 Rita ett funktionellt diagram	13
3.3.2 Analysera framtida lösningar på delsystem	13
3.3.3 Inventera kända koncept	13
3.3.4 Söka i patentdatabas	13
3.3.5 Referenslösning	14
3.4 Skapa ett vinnande koncept	14
3.4.1 Generera alternativa lösningar	14
3.4.2 Vidareutveckla koncepten	15
3.4.3 Välja principlösning	15
3.4.4 Diskussion om optimal energiutvinning	15
3.5 Skriv slutgiltig kravspecifikation	16
3.5.1 Design Review Meeting	16
3.5.2 Slutgiltig kravspecifikation	16
3.6.1 Inledande konstruktionsarbete	16
3.6.2 Systemarkitektur och moduler	17

3.6.3	Detaljkonstruktion	17
3.6.3	Kostnadsuppskattning.....	17
3.7.1	Verifiering och utvärdering av funktioner och prestanda.....	18
3.7.2	Förslag på vidareutveckling.....	18
3.7.3	Slutgiltig beräkning av energin som solpanelsanordningen ger	18
4	Nulägesbeskrivning	19
5	Ramverk för kravspecifikation	21
6	Kartläggning av kundens röst	24
6.1	Marknadsundersökning	24
7	Analys av alternativa lösningar	27
7.1	Funktionellt diagram	27
7.2	Analys av framtida lösningar för delsystem	29
7.3	Inventering av kända koncept på marknaden.....	33
7.4	Patentsökning i databas	35
7.5	Referenslösning	36
8	Konceptframtagning	37
8.1	Generering av alternativa lösningar och vidareutveckling av koncepten	37
8.2	Val av principlösning	45
9	Slutgiltig kravspecifikation	46
9.1	Design Review Meeting	46
9.2	Slutgiltig kravspecifikation.....	46
10	Konstruktion av konceptet.....	47
10.1	Inledande konstruktionsarbete	47
10.2	Systemarkitektur och moduler	47
10.3	Detaljkonstruktion	48
10.3.1	Komplett system i ett uppfällt läge	48
10.3.2	Komplett system i ett hopfällt läge	50
10.3.3	Elektromekaniska lyftkolumner.....	52
10.3.4	Linjärstyrning	54
10.3.5	Teleskopiska pelare	55
10.3.6	Solpanelhållare	56
10.3.7	Solpaneler.....	58
10.3.8	Stöd för solpanel.....	59
10.3.9	Låsningmekanism för anordningen i hopfällt läge	60
10.4	Kostnadsuppskattning och sammanställning av komponenter	61
11	Verifiering av konceptet	63
11.1	Verifiering och utvärdering av funktioner och prestanda.....	63

11.2 Förslag och rekommendationer på vidareutveckling	64
11.3 Slutgiltig beräkning av energin som solpanelsanordningen ger	65
12 Slutsats	68
Referenser	70
Referenser: Figurer.....	74
Bilageförteckning	77

1. Inledning

I detta inledande kapitel förklaras arbetets bakgrund, syfte, avgränsningar och precisering av frågeställningen. Detta är för att få en bra och tydlig bild av arbetet.

1.1 Bakgrund

Greenstar Marine är ett företag som utvecklar och säljer elektriska framdrivningssystem och solpaneler för den marina industrin. De har anlitat Altran Engineering (där arbetet utförts) för att ta fram ett koncept på en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning för energioptimering av en elektriskt driven renhållningsbåt för inre vattenvägar.

Greenstar Marine har gjort en förstudie och sett att det finns ett behov av att plocka upp allt skräp som finns i havet och för att göra det krävs ungefär 44000 renhållningsbåtar/år för att hålla jämna steg. Detta skulle då resultera att Greenstar Marine's elektriska framdrivningssystem skulle kunna tillämpas och de skulle då kunna sälja mer och växa som företag. Två andra personer arbetar med att ta fram ett koncept på själva renhållningsbåten medan detta arbete handlar om att ta fram en universell lösning på hur en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning kan se ut på en renhållningsbåt men även fritidsbåtar. Arbetena skiljer sig då solpanelsanordningen skulle kunna tillverkas och användas separat.

Greenstar Marine samarbetar med sin kund Park och Naturförvaltningen som tillhör Göteborgs kommun och de har en renhållningsbåt som arbetet har utgått ifrån. Greenstar Marine har dock förklarat att de hellre ser att denna typ av solpanelsanordningen skulle kunna användas på platser i världen med bättre klimat och förutsättningar för solenergi. Tanken är inte att Greenstar Marine själva skall tillverka konceptet på solpanelsanordningen utan de tänker lägga ut detta arbete.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att skapa ett nytt koncept på en systemlösning som består utav en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till en renhållningsbåt som ska generera så mycket energi som möjligt från solen.

Uppdraget kommer även omfatta kostnadsuppskattning och studie av hur mycket energi som kan sparas och behövas under drift om en sådan anordning med solpanel skulle installeras. Syftet med detta är att renhållningsbåten förhoppningsvis ska kunna gå längre med tillgång till mer energi då en laddningsstation saknas.

Resultatet som uppdraget ska leda till är ett koncept virtuellt i 3D på hur den mekaniska anordningen ska fungera och se ut samt även hur det skulle påverka renhållningsbåten energimässigt med solpanel och anordning.

1.3 Avgränsningar

Arbetet kommer enbart att behandla lösningar för städbåtar och mindre fritidsbåtar.

Arbetet kommer att utgå från ritningar på en existerande renhållningsbåt.

Arbetet kommer utgå från den miljö och omgivning som Park och Naturförvaltningens renhållningsbåt i Göteborg förhåller sig till.

Arbetet kommer bestå att ta fram mekaniska lösningar till solpanelanordningens konstruktion och inte några elektriska lösningar. Detta betyder att arbetet avgränsas från hur kablar och liknande kopplas samt vilka eventuella elektriska tillbehör som kan behövas bortsett från det som rör själva solpanelerna.

Arbetet kommer också att avgränsas från att beräkna hur vind och aerodynamik påverkar.

1.4 Precisering av frågeställningen

Vilka krav ställer användaren och kunden på en mekanisk lösning på en solpanelsanordning till renhållningsbåten?

Vilka alternativ på lösningar finns på marknaden idag eller förväntas finnas inom en snar framtid?

Hur kan man ta fram ett koncept på en mekanisk lösning på en solpanelsanordning till en renhållningsbåt så att det går att få ut så mycket energi och effekt som möjligt inom möjliga ramar utifrån existerande lösningar på marknaden?

Hur kan det tas fram en lösning utifrån konstruktörens synpunkt på det främst mekaniska i solpanelsanordningen som till exempel hållfasthet, materialegenskaper och andra beräkningar samt med hjälp av datorstödd maskinkonstruktion utifrån kravspecifikationen?

2. Teoretisk referensram

Här presenteras tidigare arbeten och forskning inom området för att informera den intresserade läsaren. Den teoretiska referensramen kommer att behandla en del som innefattar information och teori kring solceller som ligger till grund för konstruktionen.

2.1 Solceller

En solpanel (även kallad solcellsmodul) består av flera solceller och är vanligtvis 36 st. Dessa är viktiga att förstå sig på för att sedan kunna se helheten i en fullständig konstruktion av en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning. En typisk solcell består av kisel och är tunn (ungefär 10x10 cm och några millimeter tjock). Det är en metall på bak och framsida som gör att när solen strålar på solcellen så bildas där en elektrisk spänning som gör att det blir som ett batteri (Green, 2002, s.12).

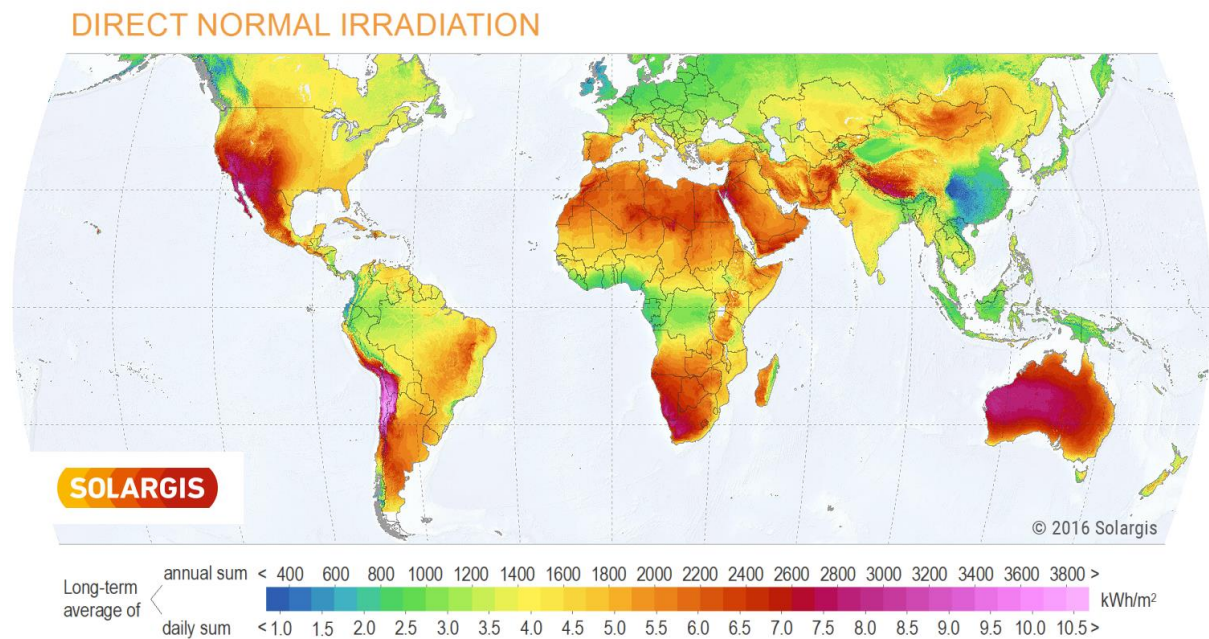
Solcellsforskaren Baranzahi (2013) förklarar att en solcell omvandlar solenergi till elektricitet på så sätt. Han förklarar också djupare om att solljuset absorberas av materialet i solcellen, kisel och att det då är elektroner som frigörs. Han menar att dessa elektroner sedan leds in en krets som gör att det blir till ström. Nedan i figur 1 illustreras en bild på en klassisk solcellsmodul (solpanel) som består av flera solceller.



Figur 1. Klassisk solpanel med flera solceller (Baranzahi, u.d.).

2.1.1 Solens inverkan på solceller beroende på var i världen solpanelen befinner sig

Solens inverkan och effektivitet vad beträffar solceller och solenergi är givetvis beroende på vart i världen en solpanel befinner sig. I till exempel Afrika så står solen mycket högre längre med en bättre vinkel än i Sverige vilket gör att det blir effektivare att ha solpaneler där. Nedan i figur 2 visas en bild hur solens strålning ser ut i världen i genomsnitt på lång sikt.



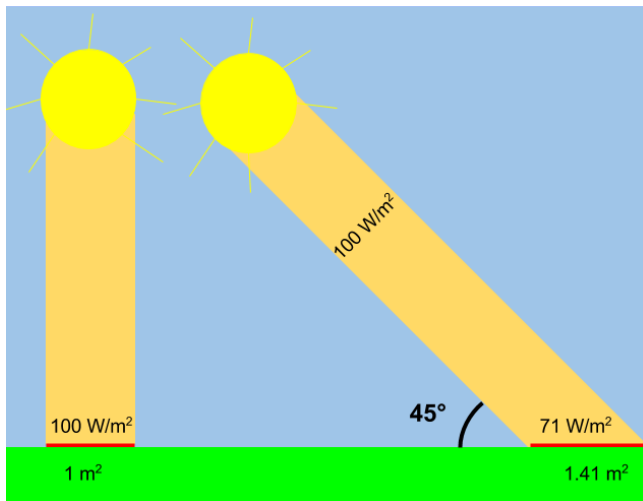
Figur 2. Denna karta illustrerar solens strålning i världen i kWh/m² per år och dagligen (DNI Solar Map © 2016 Solargis).

I figur 2 kan det inses att i Sverige där renhållningsbåten ligger är solens strålning 1000 kWh/m² per år. Däremot så beror det givetvis vilken årstid som äger rum. Detta bekräftas även av Nasa Earth Observatory (2001) där de visar att det är ungefär 0 till 100 kWh/m² per år i januari men i april så är det ungefär 800 - 1000 kWh/m² per år i genomsnitt.

Enligt företaget 3TIER (u.d.) betyder Direction Normal Irradiance (DNI) att det är mängden strålning sol per ytenhet av en yta som alltid är vinkelrät (eller normal) mot strålarna. De menar också att detta är solstrålar som kommer i en rak linje från solens riktning från dess aktuella läge. I nästa delkapitel förklaras påverkan av infallsvinkeln från solen för solceller.

2.1.2 Solens infallsvinkel och dess påverkan

Oscar Théen som är utbildad civilingenjör inom elektroteknik på Chalmers Tekniska högskola (personlig kommunikation, 23 januari 2017) förklarar att det mest optimala för en solpanel är när solen strålar med en infallsvinkel på 90 grader. Det vill säga att solen strålar vinkelrät mot solpanelens yta för att få maximal effekt som även nämndes tidigare i delkapitel 2.1.1. Detta betyder att om en solpanel ska vara så bra som möjligt behöver man en konstruktion som kan se till att den hela tiden är vinkelrät mot solen eftersom vinkeln varierar under dagen. Denna princip och teori bekräftas av Photovoltaic Education Network (u.d.). Se figur 3 nedan som illustrerar principen. Solens infallsvinkel är alltså 45° till höger i figuren.



Figur 3. Här illustreras principen över hur infallsvinkeln från solen påverkar effekten. Det går att se en effektminskning på ungefär 30 % vid denna vinkel (Författarnas egen bild).

Detta betyder alltså att om solen står rakt upp på himlen blir en konstruktion mycket enklare då solcellerna kan ligga plant utan någon lutning alls och ge mer effekt vilket är vanligt på fordon. Däremot så står som sagt solen inte rakt upp hela tiden. Detta bekräftas av Greenstar Marines solpanelsleverantör Sunbeam systems (personlig kommunikation, 13 februari 2017).

Eftersom det är så viktigt att försöka ha den mest optimala vinkeln så är det av hög prioritet att titta på lösningar som kan justera detta och lösa problemet.

2.1.3 Partiell skuggning

Enligt Baranzahi (2013) så är partiell skuggning då en mindre del av solcellspanel befinner sig i skugga. Han beskriver också att skugga inte är så bra för solceller. Detta är på grund av att den del som befinner sig i skugga gör att resten av solpanelen inte genererar ström från den yta som då är i solen. Det vill säga, större delen av effekten försvinner. Han menar att detta är på grund av att solcellerna är seriekopplade och att dessa tillsammans bildar solpanelen. Denna seriekoppling gör att om en enda solcell befinner sig i skugga så får den ett väldigt stort motstånd så att inte strömmen kan gå runt i resten av solcellerna vilket som sagt ger att solpanelens effekt försvinner till stor del. Detta är ett stort problem och denna hänsyn måste tas vid konstruktion av en solpanelsanläggning eftersom ingen idag bra existerande lösning kan lösa problemet. Se figur 4 och 5 nedan som illustrerar ovanstående teori.

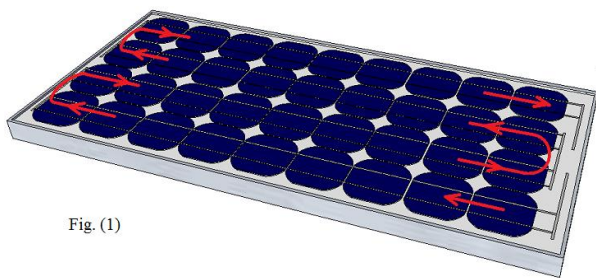


Fig. (1)

Figur 4. Här illustreras en bild på en solpanel med seriekopplade solceller (36 st) (Baranzahi, u.d.).

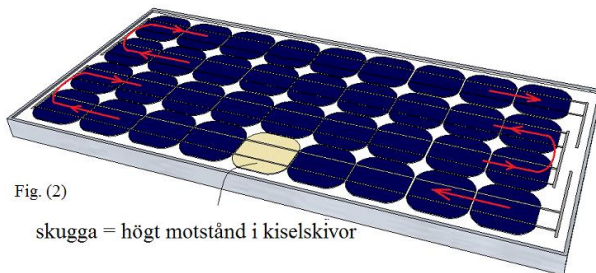


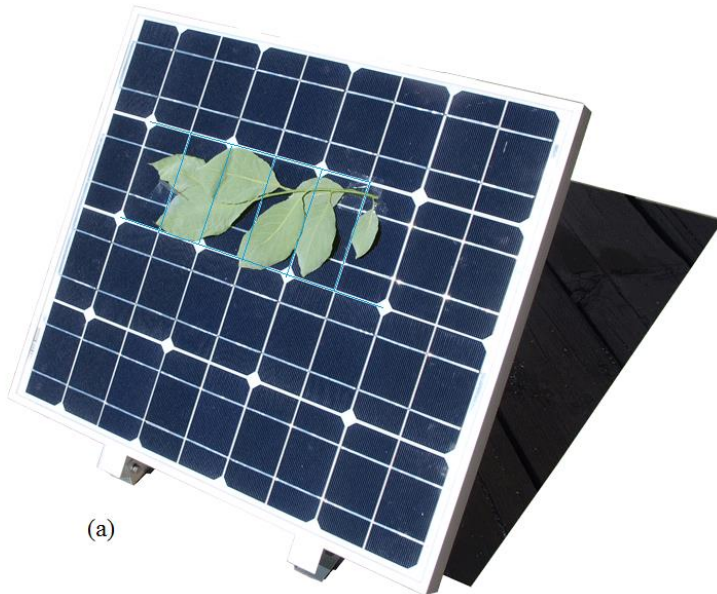
Fig. (2)

skugga = högt motstånd i kiselskivor

Figur 5. Här illustreras en bild över en solpanel som har en solcell i skugga vilket gör att det bildas ett högt motstånd och effekten minskar (Baranzahi, u.d.).

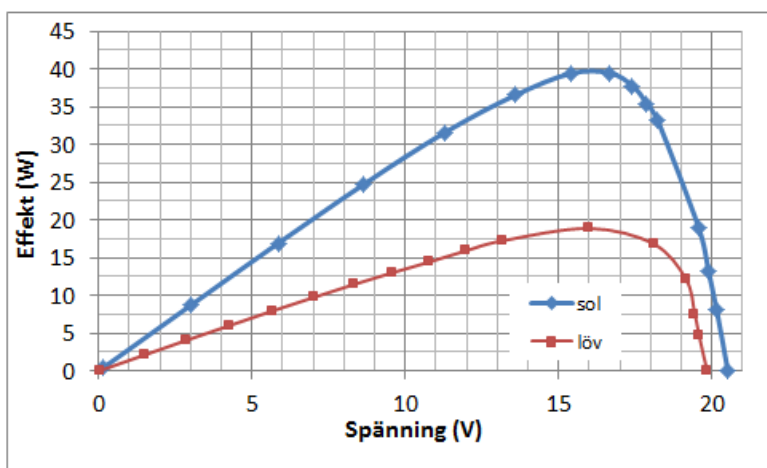
Företaget Solar Lab Sweden har dock en lösning som till viss del löser problemet genom att koppla två bypass dioder (Baranzahi, u.d., s.3) vilket gör att strömmen kan ta en annan väg parallellt men effekten minskar ändå. Givetvis beror allt detta såklart på vilken tillverkare och leverantör som väljs till sin konstruktion eftersom många solpaneler är olika och vissa är bättre än andra. Men ovanstående figurer förklarar teorin kring den partiella skuggningens påverkan.

För att få ett perspektiv illustrerar Baranzahi (u.d.) nedan i figur 6 och 7 hur mycket effekt som kan förloras om några löv täcker en seriekopplad solpanelsyta med 36 stycken solceller som enligt tidigare.



Figur 6. Här illustreras en bild på en solpanel med seriekopplade solceller (36 stycken) där några löv täcker en uppskattad yta på 10 % (Baranzahi, u.d.).

Baranzahi (u.d., s.4) menar att effekten som försvinner är 56 % från solpanelen om dessa löv ligger an och täcker med ungefär 10 % partiellt skuggad yta. Detta bör ge en tydligare bild och bättre förståelse för hur partiell skuggning påverkar en solpanel med solceller.



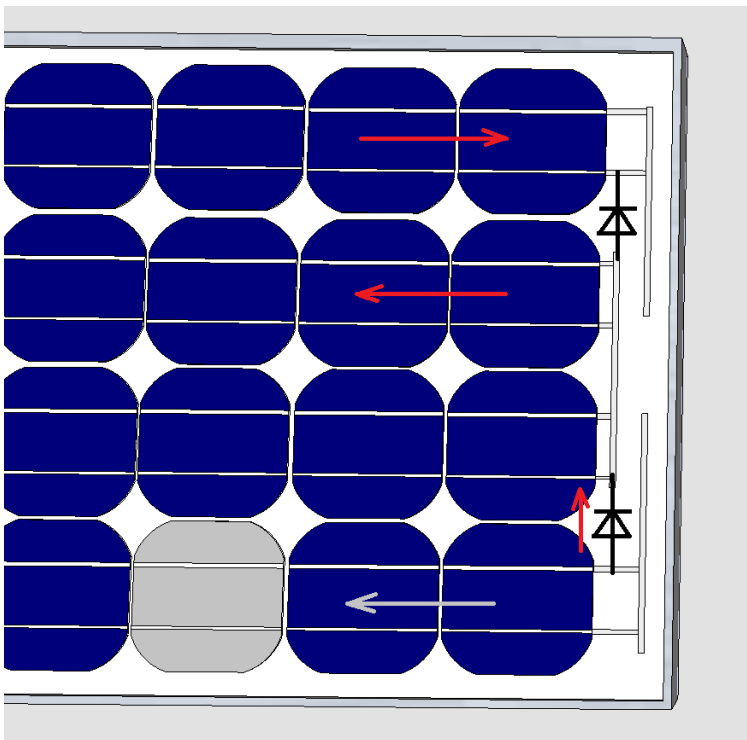
Figur 7. Här illustreras en bild på en solpanel med seriekopplade solceller (36 st) (Baranzahi, u.d., s.4).

2.1.4 Serie- och parallellkoppling av solceller

Företaget Solar Lab Sweden (u.d., s.1) beskriver serie- och parallellkoppling som ett sätt för solpaneler att få den effekt som användaren vill ha i sin solcellsanläggning.

Enligt företaget SUNBEAMsystem (personlig kommunikation, 13 februari 2017) som är solpanelsleverantör till projektbeställaren Greenstar Marine så rekommenderar de kunder att koppla in som de vill för små installationer. Detta på grund av de fina egenskaperna som deras leverantör Sunpower levererar. De menar att små installationer går under 200 W.

Företaget (SUNBEAMsystem) brukar dock rekommendera att om solpanelerna har över 200 W så bör de ha en bypass diod för varje solpanel i serie samt säkringar (inte stopp dioder som ökar spänningsfallet). Denna princip med parallellkoppling illustreras i figur 8 nedan men i detta fall så är det två bypass dioder och 50 % av ström och effekt förloras (Baranzahi, u.d.).



Figur 8. Här illustreras hur solpaneler kan parallellkopplas med bypass dioder för att undvika de störningar som kan uppkomma om till exempel en solpanel lägger av. Strömmen kan alltså ta en annan väg (Baranzahi, u.d., s.3).

2.1.5 Verkningsgraden hos solceller

Enligt företaget Solar Lab Sweden (u.d.) så definieras verkningsgraden som “kvoten mellan nyttigt arbete/energi och tillförd arbete/energi.”.

Solar Lab Sweden (u.d.) förklarar också att (citat):

Från solen kommer varje sekund viss mängd energi, solcellen kan omvandla viss del av detta till elektrisk ström, kvoten av dessa kallas för verkningsgrad. Typisk verkningsgrad för kommersiella solceller är 13-16%. Den absolut högsta teoretiska verkningsgraden på solceller på kisel är nära 30 %. I labbmiljö har man lyckats med solceller på 25-26% verkningsgrad.

Följande ekvationer (Photovoltaic Education Network, u.d.) visar hur beräkning av verkningsgraden kan göras. Se beteckningar eller under formlerna vad respektive storheter betyder.

$$P_{max} = V_{OC} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad \dots (1)$$

$$\eta = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{P_{in}} \quad \dots (2)$$

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad \dots (3)$$

Dessa storheter brukar stå med angivna värden för respektive solpanel på hemsidan hos solpanelsförsäljare. Verkningsgraden är viktig att veta när beräkning görs av den effekt som en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning kan generera i slutändan. Storheten P_{max} står för maximal effekt, P_{in} för effekten in, V_{OC} för tomgångsspänning, V_{mp} för spänning vid max effekt, I_{sc} för kortslutningsström, I_{mp} för ström vid max effekt och FF för fyllnadsfaktor.

2.1.6 Beräkning av effekt från solceller

I detta avsnitt så kommer formler för beräkning av effekten som kan genereras av solenergi tas upp. Förhållanden som partiell skuggning försummas då det är svårt att avgöra i teorin hur mycket det påverkar i praktiken. Infallsvinkeln från solen kommer antas vara 90 grader vilket innebär att optimala förhållanden råder. Det kommer att beräknas utifrån 1000 kWh/m² per år som är genomsnittet i Sverige enligt figur 2 tidigare i delkapitel 2.1.2.

$$E = \eta \cdot 1000 \frac{kWh}{m^2} \text{ per år} \cdot A \cdot \cos \alpha \quad [kWh/\text{år}] \quad \dots(4)$$

Som det går att se i formel (4) så gäller det att maximera den area som består av solceller. Detta betyder att desto mer solpaneler som finns i solpanelsanordningen, kommer det att generera i mer energi och effekt. Givetvis beror det också på vilken verkningsgrad som råder och det beror då på karakteristiken för respektive solpanel som går att beräknas enligt delkapitel 2.1.5.

Exempel: Låt säga att verkningsgraden är 16 % och optimala förhållanden råder. Areal med solpaneler antas vara 3 m². Får då att: $E = 0.16 \cdot 1000 \text{ kWh/m}^2 \cdot 3 \text{ m}^2 = 450 \text{ kWh per år}$.

För att skapa någon form av referens så förbrukar till exempel ett svenskt hushåll ungefär 25000 kWh per år (EON, 2017). För solpanelsanordningen till renhållningsbåten råder andra förhållanden och beräknas i resultatkapitlet. Detta kapitel är till för att illustrera teorin.

I praktiken är det väldigt många faktorer som påverkar hur mycket effekt och energi som en solpanelsanordning av denna typ kan generera vilket gör att beräkningarna blir en approximation. Detta är på grund av att det ligger utanför författarnas område och har begränsade resurser. Fler exempel än ovan på detta är till exempel vilket typ av batteri som användaren har. Enligt Théen (personlig kommunikation, 23 januari 2017) som nämnts tidigare är litiumbatterier ett mycket bättre alternativ än blybatterier eftersom de är effektivare. Givetvis kostar det också därefter. Se resultatkapitlet för slutgiltiga beräkningar.

3. Metod

Detta kapitel avser att beskriva hur arbetet är upplagt. Kapitlet omfattar bland annat arbetsgång och användning av olika datainsamlingsmetoder. Arbetet utgicks från att ha samma arbetsmetod som den välbeprövade Värde modellen av Per Lindstedt (Lindstedt, 2017) där utvalda metoder och delar använts. Tanken med Värde modellen är att det arbetas för att maximera kundens värde. Arbetet har delvis också utgått från boken Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design (Johannesson, Persson, och Pettersson, 2013). Utifrån den boken har några moment och metoder använts som kompletterar Värde modellen. Denna arbetsgång fastställer att konstruktionsarbetet får bästa möjliga förutsättningar.

Först kom fasen att etablera projektet (Lindstedt, 2017) där projektet startades upp och planerades. Därefter beskrevs produkten genom datainsamling av information kring bland annat hur solceller och de elektriska komponenterna fungerar och hur de verkar i samband denna typ av koncept. Det var viktigt för att kunna se om vissa konstruktioner var möjliga rent tekniskt. Detta gjordes noggrant på grund av att erfarenhet och kunskap sedan tidigare inom området kring solceller hade brister. Se teoretisk referensram, kapitel 2.1.

3.1 Framtagning av ramverk för kravspecifikation

Inledningsvis gjordes en funktionsanalys hos projektbeställaren Greenstar Marine för att snabbt få reda på vilka krav och önskemål som gällde. Denna funktionsanalys bygger på delkapitel 3.1.1 nedan och gjorde i ett senare stadiet att en kravspecifikation kunde sammanställas.

3.1.1 Funktioner

För att projektet skulle få en grund och tydlighet att arbeta efter definierades de huvud, tilläggs och önskade funktioner som produkten hade. Hur en projektgrupp skall förhålla sig till de dessa funktioner definieras av Värde modellen (Lindstedt, 2017) enligt nedan.

- Huvudfunktion = “Öka prestanda om kunderna har ett behov och är villiga att betala”
- Tilläggfunktion = “Öka prestanda och antalet funktioner om kunderna har ett behov och är villiga att betala”
- Önskade funktioner = “Reducera och/eller eliminera om kunderna har ett behov och är villiga att betala”

3.2 Kartlägg kundens röst

Efter framtagning av ramverk för kravspecifikation gjordes en kundundersökning (Lindstedt, 2017). Kundundersökningen utfördes på tre olika sätt.

En enkät skapades delades ut till personer som äger fritidsbåtar då det råder brist på personer som äger arbetsbåtar och renhållningsbåtar med just solpaneler. En intervju på Park- och naturförvaltningen i Göteborg genomfördes i samband med ett studiebesök.

Det genomfördes även en marknadsundersökning på båtmässan i Göteborg där flera olika aktörer inom den marina industrin intervjuades genom personlig kommunikation. I kapitlet nedan förklaras hur detta genomfördes.

Informationen från kundundersökningen och funktionsanalysen enligt tidigare sammanställdes sedan till en kravspecifikation i samband med projektbeställaren Greenstar Marine.

3.2.1 Marknadsundersökning

För att formulera kundernas behov, var det av stor betydelse att nå ut till rätt målgrupp. Ett antal hypoteser formulerades om vilka sorts människor som skulle vara en målgrupp för den nya solpanelsanordningen. Utifrån detta skapades en enkät.

Enkäten som skapades syftar mer på personer med fritidsbåtar. Några frågor kring solpanelsanordningen ställdes till personer som äger motorbåtar och segelbåtar. Åtta stycken personer som var både kvinnor och män från 30 till 60 års ålder intervjuades. Denna marknadsundersökning upplevdes mer ge en bild av vad personer tyckte om konceptet och solpaneler på båtar i allmänhet än något som arbetet kunde ta nytta av. Däremot erhöles en del tankar och idéer på lösningar.

3.2.2 Studiebesök på Park och Naturförvaltning

I samband med ett studiebesök hos Park och Naturförvaltningen som tillhandahåller och använder renhållningsbåten genomfördes en intervju och viktiga frågor om båten besvarades. Detta var en viktig del i arbetet då en av frågeställningarna var vilka krav användaren och kunden ställer på en mekanisk lösning på en solpanelsanordning till renhållningsbåten.

Inför studiebesöket skapades en användarenkät specifikt anpassad för Park och Naturförvaltningen. Park och Naturförvaltningens renhållningsbåt är även den båt som varit utgångspunkten i arbetet för framtida koncept. Utöver de frågor som ställdes gjordes mätningar på båten för specifika mått samtidigt som ritningar på renhållningsbåten erhöles. Dessa finns dock inte med i bilagor på grund av sekretess.

Användarna fick bland annat under studiebesök förklara hur de rörde sig på båten och vilka mått som gällde och specifika saker som det borde tänkas på eftersom det rådde relativt stor platsbrist för en solpanelsanordning och många hinder.

3.2.3 Båtmässan

På båtmässan gick marknadsundersökningen ut på att samtala med människor. Marknadsundersökningen på båtmässan i Göteborg gav viktig information och en del idéer om hur solpanelsanordningen kunde se ut. Det pratades med några båttillverkare, båtförsäljare och solpanelsförsäljare om hur de såg på solpaneler på sina båtar och om konceptet med en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till en renhållningsbåt.

Några exempel på företagen som samtalades med var bland annat Nimbus, Storebro, Grandezza, Nord Star, Erlandssons brygga, Sunwind och Sjölanders Marintextil med mera. En del svarade även på enkäten.

Besöket på båtmässan gjordes till en kombination av att få höra potentiella kunders röst och undersöka marknaden med att göra en marknadsanalys. Marknadsanalysen är att analysera alternativa lösningar och det beskrivs mer i kapitel 3.3. Resultaten från båtmässan står i resultatkapitlet.

3.3 Analysera alternativa lösningar

I detta delkapitel beskrivs den metod som genomfördes för att hitta och analysera befintliga alternativa lösningar, kända koncept och existerande patent. Metoden består av utvalda delar ur Värde modellen (Lindstedt, 2017).

3.3.1 Rita ett funktionellt diagram

Först skapades ett funktionellt diagram eller även kallat en funktionell modell (Lindstedt, 2017). Den funktionella modellen delar ett större system till flera mindre delsystem. Syftet med detta är att skapa en överblick över hur de olika delsystemen är sammankopplade med varandra och vad som är deras bidrag till hela systemet. En funktionell modell består utav en systemgräns och inom systemgränsen finns olika delsystem. De olika delsystemen är sammankopplade med varandra och uppfyller funktionen, som kan vara önskad eller oönskad. Om man delar ett större system på så sätt, kan man se vad som är bra och vad som är mindre bra och vad kan förbättras i hela systemet.

3.3.2 Analysera framtida lösningar på delsystem

Samtidigt som skapandet av den funktionella modellen analyserades systemets framtida, potentiella lösningar på delsystem. Dessa delsystem är indelade i fem kategorier. Solceller, vridbar mekanism, konstruktion, vevsystem och höj och sänkbar mekanism. Dessa togs fram utifrån de behov, krav och funktioner som var tvungna att lösas.

3.3.3 Inventera kända koncept

Genom sökmotorn Google (www.google.se) så inventerades kända koncept. De koncept som hittades gällde främst för hela konstruktionen. Däremot så är de flesta koncepten till andra typer av båtar än renhållningsbåtar. Främst större båtar som kanske inte behöver gå under låga broar och ta hänsyn till höjd och bredd samt skuggning från hus med mera på samma sätt. Det tittades även på koncept som kanske inte hade med renhållningsbåtar och vanliga båtar att göra heller eftersom då bredden på idéer ökade markant på koncept som kunde tas nytta av.

En del koncept och idéer på hur konstruktionen kunde se ut kom även från marknadsanalysen som gjordes i samband med båtmässan i Göteborg 2017. Där togs en hel del bilder som sammanställdes och dokumenterades för att användas senare.

3.3.4 Söka i patentdatabas

Patentdatabasen Espacenet (www.worldwide.espacenet.com) användes för att analysera existerande patent som finns på mekaniskt uppfällbara solpanelanordningar till renhållningsbåtar och vanliga fritidsbåtar. Det var svårt att hitta patent på kompletta konstruktioner. Troligen beror det helt enkelt på att det inte finns så många patent på just denna typ av anordning.

Men det hittades några principlösningar och liknande koncept som var registrerade patent som kom till nytta för vidare idégenerering. Det var också lättare att hitta patent på potentiella delsystem till den solpanelsanordningen.

3.3.5 Referenslösning

En referenslösning togs fram utifrån studie av existerande, alternativa lösningar och dess delsystem som finns på marknaden idag och som faktiskt fungerar med beprövad teknik. Ett antal lösningar definierades till olika delsystem som tillsammans skapade en referenslösning. Denna referens kom att användas i ett senare stadie när nya koncept skulle jämföras med referenslösningen för att se om de är bättre eller sämre.

3.4 Skapa ett vinnande koncept

I detta kapitel kommer det tillvägagångssätt beskrivas som användes då ett vinnande koncept togs fram.

3.4.1 Generera alternativa lösningar

Inledningsvis så började konceptfasen med brainstorming och skisser togs fram oavsett hur enkelt eller komplext konceptet var. Många idéer togs från den tidigare delen där alternativa lösningar analyserats samt från de patent som fanns på marknaden. Det har utförts ett grundligt arbete på alternativa lösningar och utifrån den kunskapen har det skapats en bra bild av vad som finns på marknaden på dem olika delsystem som produkten har.

Flertalet dåliga och icke realiserbara skisser och koncept kunde tidigt sällas bort då de kunde konstateras odugliga för vidareutveckling.

De flesta koncept har utförts via funktionell modellering vilket innebär att det har arbetats utifrån punkterna Re-use, Re-fine, Re-duce, Re-inforce, Re-inform och Re-place (Lindstedt, 2017). Detta är en upprepande process för att få fram det bästa. Re-use betyder att något i ett koncept återanvänds. Re-fine betyder att något i ett koncept förfinas. Re-duce betyder att något tas bort i ett koncept. Re-inforce betyder att något förstärks i ett koncept. Re-inform betyder att något införs i konceptet och Re-place betyder att något byts ut i konceptet.

Målet har varit att använda sig av kända tekniker som finns på marknaden idag och ändra så lite som möjligt för att ta fram ett koncept med potential till överträffat kundvärde. Då det arbetas utifrån funktionell modellering gör det att hjulet inte skapas på nytt. En del av koncepten är också skapade som kombination av tidigare framtagna koncept.

Koncepten skapades dels som skisser på papper för hand men även i datorn i programmet SketchUp (www.sketchup.com) då många skisser blev för svåra att rita för hand. Detta underlättade mycket eftersom det är ett enkelt program som går att använda för att snabbt få upp en modell utan komplicerade randvillkor som det är i ett mer avancerat CAD-program.

Programmet gjorde att ett totalt koncept kunde skapas i 3D och studeras från olika vinklar för att hitta brister och andra områden där konstruktionen kunde förbättras.

En del av koncepten som utgått idé- och principmässigt från redan existerande lösningar på marknaden gjordes det varianter på och därefter kunde ytterligare nya koncept skapas. Utifrån dessa gjordes modeller i papp och kartong och även i ett enstaka fall lego för att kunna testa de mekanismer och leder som konceptet hade för att se om det kunde funka rent praktiskt på en renhållningsbåt. Detta var en mycket givande metod för att kunna validera koncept.

3.4.2 Vidareutveckla koncepten

I fasen vidareutveckling så används samma metod som enligt ovan upprepade gånger via funktionell modellering med Re-use, Re-fine, Re-duce, Re-inforce, Re-inform och Re-place (Lindstedt, 2017) på de fåtal koncept som ansågs ha potential till att vidareutvecklas. Detta gjordes i SketchUp (www.sketchup.com).

3.4.3 Välja principlösning

Vid val av principlösning (Lindstedt, 2017) eller det vinnande konceptet skapades och användes en Pugh- matris. Johannesson, Persson, och Pettersson (2013, s.184) beskriver hur utvärderingen av koncepten går till med hjälp av en Pugh-matris vilket användes därefter. De förklarar också att kriterierna eller kravbilden som används ska komma från produktspecifikationen och att grupper av kriterier bör bildas vilket också gjordes. Alltså, kravbilden togs fram utifrån ramverk för kravspecifikation (funktionsanalys), resultat från intervjuer med användare och diskussion om vad som skulle kunna vara bra kriterier för att kunna bedöma koncepten på bästa sätt.

Viss modifiering gjordes så att det passade detta arbete på bästa sätt. Det vill säga, kriterier som innefattade beräkning och uppskattning av kilowattimmar per år och energiupptagande area tillfördes bland annat. Dessa kriterier fanns inte med sedan tidigare.

Efter att ha valt ut vilka koncept som skulle tas med i Pugh-matrisen så gick vart och ett koncept igenom en grundlig utvärdering där fördelar och nackdelar analyserades. De jämfördes sedan med referenslösningen från kapitel 3.3.5. Om ett koncept är "sämre" eller "bättre" värderas det som -1 respektive 1. Sedan beräknas summan av de två. Det koncept med högst resultat betraktas som det bästa konceptet. Om detta koncept har ett värde större än noll, anses det även vara bättre än referenslösningen.

Efter att alla koncept utvärderats och sammanställts kunde ett vinnande koncept väljas och ett alternativt vinnande koncept. Dessa två vidareutvecklades ytterligare för presentation för projektbeställaren Greenstar Marine. Se kapitel 3.5.1, Design Review Meeting.

3.4.4 Diskussion om optimal energiutvinning

Efter att det vinnande konceptet valts ut så diskuterades optimal energiutvinning för den mekaniskt uppfällbar solpanelsanordningen. Ett av koncepten som inte blev det vinnande konceptet genererade mer energi och effekt till renhållningsbåten än de andra på grund av att konceptet hade något större area. Detta ansågs trots detta inte vara tillräckligt för att vara bättre då denna konstruktion var mycket mer otymplig och skulle ha mycket större problem vid trånga utrymmen. Exempel på detta är låga broar med cirkelformad radie, som finns i många inre vattenvägar vid städer där renhållningsbåtar kommer gå.

3.5 Skriv slutgiltig kravspecifikation

I detta kapitel beskrivs den metod som använts och innebörden av Design Review Meeting samt slutgiltig kravspecifikation.

3.5.1 Design Review Meeting

Design Review Meeting är ett möte där olika koncept presenteras för projektets olika intressenter enligt O. Théen (personlig kommunikation, u.d.). Exempel på detta är projektbeställare och andra beslutsfattare som har rätt att påverka vilket av de presenterade koncepten som väljs att gå vidare med till detaljkonstruktion och ytterligare utvärdering. Dessa beslutsfattare kallas för styrgrupp.

Innan mötet skapades en Pugh-matris (se kapitel 3.4.3) som presenterades för beslutsfattarna efter att koncepten presenteras. Där beskrivs de kriterier som tagits hänsyn till vid bedömningen. Därefter motiverades varför det vinnande konceptet valts. Normalt sett så skall alla beslutsfattare vara med och sätta upp kriterierna som ska tas hänsyn till och bedöma Pugh-matrisen innan Design Review Meeting men det gjordes i detta fall, enbart av författarna.

Efter att det vinnande konceptet motiverats (och en alternativ lösning) diskuterades eventuella konsekvenser och synpunkter för den valda konstruktionen innan ett gemensamt beslut tillslut fattades där alla parter är överens.

3.5.2 Slutgiltig kravspecifikation

Enligt Johannesson, Persson, och Pettersson (2013, s.117) så beskriver den slutgiltiga kravspecifikationen vad som gäller för hela produkten då utvecklingen och konstruktionen avslutats. Denna slutspecifikation skrevs klart efter att Design Review Meeting ägt rum samt efter de justeringar som gjordes för det vinnande konceptet som beskrivs i kapitel 3.6.

3.6 Konstruera konceptet

I detta kapitel beskrivs den metod över hur det vinnande konceptet konstruerats.

3.6.1 Inledande konstruktionsarbete

Till att börja med så gjordes en analys efter att "Design Review Meeting" ägt rum. Analysen var över de konsekvenser och synpunkter som tagits upp kring det vinnande konceptet. Flera delar av konceptet var tvunget att göras om för att konceptet skulle bli bättre. Hänsyn togs främst till hållfasthet för om inte anordningen klarar av de belastningar som existerar så fallerar hela tanken med denna typ av koncept. Även skisser med papper och penna gjordes.

Därför gjordes först en ny analys av de delsystem som behövdes och om de gick att köpa in färdiga delsystem eller om de var tvungna att konstrueras. Efter att dessa delsystem analyserats och fastställt utfördes hållfasthetsberäkningar på hela konstruktionen för att se vad som behövde justeras ytterligare för att kunna hålla upp solpanelerna. Beräkningarna utgick från de parametrar som leverantörerna specificerat på sina delsystem som var tänkta att köpas in till konstruktionen.

3.6.2 Systemarkitektur och moduler

Parallellt med slutfasen av det inledande konstruktionsarbetet så skapades en systemarkitektur (Lindstedt, 2017) bestående av ett så kallat trädidiagram för att få en bra bild över alla ingående delar. På grund av att konceptet gjorts om upprepade gånger i utvecklingsprocessen skiljer sig trädidiagrammet sig något från det funktionella diagrammet som gjorts tidigare. Bland annat togs delsystemet vridbar mekanism bort.

Trädidiagram innefattar fyra stycken nivåer i diagrammet. Högst upp är själva systemet som är den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen. Under systemet delas det upp i ett antal delsystem och dessa delsystem delas i sin tur upp i moduler. Moduler bygger upp ett delsystem och består av flera komponenter. Moduler skall vara lätta att byta ut ifall de går sönder exempelvis. Detta trädidiagram ger som sagt en tydlig bild av en systemarkitektur med alla ingående komponenter och underlättar bland annat vid uppdelning av detaljkonstruktionen.

3.6.3 Detaljkonstruktion

Detaljkonstruktionen utfördes med hjälp av modernt datorstöd. I detta fall programmet Catia v.5 som används av konsultföretaget Altran Engineering där arbetet utförts.

Detaljkonstruktionen utgick från den systemarkitektur som skapats vilket gjorde arbetet strukturerat och med en bra överblick. En nackdel vid arbetet kring detaljkonstruktionen var att många leverantörer inte hade tillgång till så att färdiga CAD-filer kunde laddas ner för att sättas ihop i en sammanställning i Catia v.5. Istället fick delsystemen och modulerna ritas helt själv av författarna. Däremot så användes de mått som fanns tillgängliga i produktblad men när inte det fanns fick författarnas egna sunda förnuft och erfarenhet avgöra hur dessa mått skulle sättas och hur delarna skulle ritas.

Efter att delsystemen och modulerna ritats i Catia v.5 så sattes de tillslut ihop i en sammanställning och slutresultatet blev ett komplett koncept där alla inkluderade delar sattes ihop förutom skruvarna. För att sätta anordningen i ett sammanhang för läsaren skapades också renhållningsbåten (dock mindre detaljerad) som projektet utgått ifrån i programmet.

Vad beträffar materialval i konstruktionsprocessen så bör det nämnas att många moduler och komponenter i delsystemen är tänkta att köpas in färdiga från underleverantörer så det behövdes inte göra några materialval i större utsträckning. Däremot gjordes materialval utifrån existerande kunskap hos författarna på de delar som inte köptes in och beskrivs för respektive del i resultatkapitlet. Dessa materialval gjordes när konceptet var klart.

3.6.3 Kostnadsuppskattning

För att projektbeställaren Greenstar Marine AB ska kunna avgöra om konceptet är värt att vidareutvecklas ur en investeringssynpunkt gjordes en kostnadsanalys. Leverantörerna till respektive produkt kontaktades. Några leverantörer gick inte att få tag på vilket gjorde att respektive produkt jämfördes med liknande produkter på marknaden och på så sätt kunde ett uppskattat pris erhållas och sammanställas.

Även priser på moduler och komponenter som konstruerades av författarna själva uppskattades med avseende på faktorer som storlek, materialval och komplexitet till ett rimligt marknadsvärde.

Notera dock att kostnadsuppskattningen endast inkluderar de ingående elementens värde och eventuella tillverkningskostnader och inte transportkostnader och liknande. Detta sammanställdes tillslut i en kostnadskalkyl.

3.7 Verifiering av konceptet

I detta kapitel beskrivs den metod som använts där det framtagna konceptet analyseras, beräknas och verifieras. Detta görs för att konceptet är till för att vidareutvecklas och vilka punkter som i så fall skulle vara aktuella att titta närmare på.

3.7.1 Verifiering och utvärdering av funktioner och prestanda

Efter att det slutgiltigt framtagna konceptet konstruerats och visualiserats så utvärderades dess funktioner och prestanda. Bland annat analyserades vad som till exempel måste tas bort eller göras om på städbåten för att konstruktionen skall vara möjlig. Alltså, det tittades på konstruktionens rörelsemönster och placering.

Det gjordes även beräkningar med avseende på hållfasthet i kritiska punkter. Böjmoment i konstruktionen som består av plattor under solpanelerna beräknades på grund av den egenvikt som uppstår. Böjmoment i infästningspunkterna som sitter i balkarna på de teleskopiska lyftkolumnerna beräknades också. I dessa lyftkolumner så uppstår en deformation eller böjning och detta beräknades också.

3.7.2 Förslag på vidareutveckling

Brister i konstruktionen och vad som hade kunnat göras bättre analyserades för att skapa ett underlag för vidareutveckling. Detta gjordes genom att gå igenom alla delsystem, moduler och komponenter grundligt för det framtagna konceptet och dokumentera.

3.7.3 Slutgiltig beräkning av energin som solpanelsanordningen ger

Till sist analyserades alla de faktorer som påverkar den slutgiltiga utvinningen av energi för det framtagna konceptet och solpanelerna. Beräkningarna har i vissa avseende uppskattats eftersom det är i princip omöjligt att exakt avgöra hur mycket energi som utvinns i praktiken på grund av alla faktorer som spelar roll.

4 Nulägesbeskrivning

I dagsläget så används en renhållningsbåt av Park- och Naturförvaltningen i Göteborg. Mitt inne i staden så går det en kanal där mycket skräp hamnar och därför finns då denna renhållningsbåt för att plocka upp skräp. Denna renhållningsbåt drivs av Greenstar Marine's elektriska drivlina som består av ett komplett system som de säljer för att helt enkelt kunna driva fram båten. Solpanelsanordningen är tänkt att agera som ett komplement till att ladda de åtta batterierna som genererar ström till motorerna (i detta fall två stycken motorer). I figur 9 nedan visas denna renhållningsbåt.



Figur 9. Denna bild illustrerar den renhållningsbåt som finns idag och projektet utgår ifrån (Greenstar Marine Sweden AB, 2016).

I nuläget så laddas båten vid en brygga via ett eluttag och på ett tak intill ligger det solpaneler som genererar solenergi som kan användas för att ladda batterierna i renhållningsbåten. Batterierna är stationära i båten och lyfts aldrig ur denna renhållningsbåt utan det är en kabel som dras från batterier till eluttag. Strömmen som tas ut kommer främst från stadens elnät.

Laddningen sker varje arbetsdag när städbåten inte är i drift på detta sätt under den säsong som städbåten är aktiv. Denna säsong varierar men städbåten brukar sättas i ungefär första april och är aktiv fram tills isen börjar lägga sig i kanalen. Detta varierar också men brukar vara ungefär i slutet av november eller början av december.

I dagsläget ser bryggläget ut enligt nedan i figur 10 och som det går att se så finns det en del hinder för en eventuell solpanelsanordning att breda ut sig hur mycket som helst men enligt projektbeställaren Greenstar Marine skall som sagt inte solpanelsanordningen enbart begränsas till hur det ser ut i Göteborg. Detta är för att om de väljer att gå vidare med ett koncept så vill de kunna massproducera produkten och använda i andra länder.



Figur 10. Denna bild illustrerar det bryggläge som städbåten ligger förtöjd vid i dagsläget när den inte är i drift. Notera även den gröna stolpen med eluttag till vänster samt det mindre huset med solpaneler på taket (Författarens egen bild).

Ett problem som finns idag, framförallt i Göteborgs inre vattenvägar och kanaler är att höjden är väldigt begränsad. Det finns inget utrymme och ingen möjlighet för att ett helt tak, som har fyra stycken fasta stolpar att stå på med två meters höjd, kunna komma under låga broar här. Därför är det viktigt att hitta en lösning som löser detta problem men som ändå gör att renhållningsbåten kan ha solpaneler. I en intervju med Park- och Naturförvaltningen i samband med kundundersökningen så framgick det även att vissa dagar kan de inte ens komma under vissa broar trots sin låga höjd. Detta är på grund av högvatten som inte går att påverka. Detta tyder ändå att naturen sätter sina begränsningar i vissa fall oavsett hur bra slutgiltiga lösningen är. Det gäller helt enkelt att balansera och ta fram en rimlig höjd på konceptet.

5 Ramverk för kravspecifikation

I detta delkapitel beskrivs resultatet från funktionsanalysen som gjordes i samband med projektbeställaren Greenstar Marine. Något som är värt att notera är att inte stödjande funktioner tagits med och hänsyn till och detta är på grund av att projektet inte hade någon redan existerande lösning att utgå ifrån. Stödjande funktioner beror av den valda teknologin enligt Värdemodellen (2017). Dessa stödjande funktioner är också kostnadsdrivande vilket gör att dessa funktioner vill minimeras så mycket som det bara går.

Huvudfunktioner

I tabell 1 nedan illustreras huvudfunktionerna efter samtal med projektbeställare Théen (personlig kommunikation, 23 januari 2017).

Tabell 1. I denna tabell beskrivs och förklaras de huvudfunktioner som projektbeställaren angett och dessa är krav som måste uppfyllas för konstruktionen.

Solpanelsanordningen har funktionen att ladda batterierna	Syftet med anordningen är att skapa möjlighet för renhållningsbåten att kunna generera så mycket energi och effekt som möjligt att ladda batterierna med.
Solpanelsanordningen har funktionen att skapa ytor att placera solpaneler på	För att få så mycket energi som möjligt så måste ytan med solceller på maximeras.
Solpanelsanordningen har funktionen att maximera laddeffekten	Konstruktionen måste vara anpassad för maximal utdelning för laddeffekten.
Solpanelsanordningen har funktionen att vara robust	Den måste vara stabil, hållfast och samtidigt ha tillräckligt låg vikt för att klara av alla belastningar och krav som ställs på den.

Tilläggsfunktioner

I tabell 2 nedan illustreras tilläggsfunktionerna.

Tabell 2. Tabell över de tilläggsfunktioner som projektbeställaren önskar.

Flexibla ytor	Den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen måste kunna vara utvikbar, uppfällbar och vridbar på något sätt och ska ha en funktion för detta.
Skalbarhet	Den ska ha ett grundpaket för att sedan kunna bygga på med moduler så att den blir skalbar.
Ska se estetiskt bra ut	Produkten måste ha ett bra utseende eftersom en kund då skulle bli mer angelägen att köpa.
Reparerbart	Solpanelsanordningen ska vara enkel att reparera, göra service på och komma åt utrymmen om något skulle gå sönder.
Stöttålig	Den ska kunna tåla att stöta emot hinder som till exempel en bro eller vägg utan att allt går sönder och måste ha en funktion för detta.
Reglerbar i höjded	Den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen ska kunna vara hög och sänkbar eftersom den ska kunna lyfta solcellerna. Den måste alltså ha en reglerbar funktion i höjded.
Säkerhetsfunktioner	Det måste finnas säkerhetsfunktioner för att till exempel undvika klämrisk vid rörliga delar.
Aerodynamiken får inte försämräs	Solpanelsanordningen måste ha en funktion/utformning som säkerhetsställer att farkosten inte bromsas av vindarna.
Vindsäker	Den ska ha en funktion som gör att den även kan tåla och klara av att ligga förtöjd en dag det är storm.
Utrymme för personer	Det måste finnas en funktion som gör att ytan inte begränsas så mycket som möjligt. Detta gäller även skopa och hytt. Det är dock tillåtet att ta bort ytor på däck men ska helst inte påverka städningen.
Universellt system	Den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen ska helst kunna ha en funktion att vara anpassbar för olika storlekar för olika båttyper och former. Det vill säga att det går att anpassa konstruktionen med till exempel manövrerbara leder på stängerna/pelarna som håller upp allt.
Vevsystem	En vevsystemsfunktion som är manuell och kan bestå av en vinsch eller hydraulik då elektriskt drivet vevsystem riskerar att förbruka för mycket energi.
Enkelt monterbar konstruktion	Det ska finnas en funktion som gör det enkelt att skruva bort och sätta på delar enkelt.
Soltak	Solpanelsanordningen ska gärna ha en funktion så att operatören kan ha tak över huvudet.
Stöldsdydd	Det ska finnas en funktion så att det inte går att ta något enkelt från båten eller solpanelsanordningen. Ett exempel på detta är att ett soltak skulle kunna fällas ner och täcka båtens innehåll och låsa det inne.
Deformationszoner	Det skall finnas en funktion som förhindrar att inte hela konstruktionen går sönder om man kör in i något.
Laddningsövervakning	En funktion som övervakar hur mycket som solpanelen ger till batterier samt hur mycket som finns tillgängligt.
Kylning av cellerna	En funktion som kylv solcellerna eftersom de helst inte ska vara varma eftersom verkningsgraden minskar.
Skuggning	En funktion som gör att det går att skifta mellan parallell och seriekoppling eftersom parallellkoppling är bättre då det kommer skugga på solcellerna.
Vridbar mekanism	Den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen bör eventuellt ha en funktion som gör att den kan vridas mot solens strålar så att infallsvinkeln blir 90 grader och vinkelrätt mot solpanelen för att få bäst effekt- och energitdelning.

Oönskade funktioner

I tabell 3 nedan presenteras de oönskade funktionerna.

Tabell 3. I denna tabell beskrivs och förklaras de oönskade funktioner som projektbeställaren önskar.

Energikrävande funktioner	All den energi som kan sparas in på kommer att vara bra eftersom då solpanelsanordningen kommer att göra mer nytta.
Fånga för mycket vind och skapa mycket i luftmotstånd	En för stor och icke-aerodynamisk solpanelsanordning kommer att riskera att mer effekt kommer att behöva utnyttjas till att driva båten framåt.
Tung vikt på konstruktionen	Solpanelsanordningen skall helst inte vara för tung då en tyngre renhållningsbåt kräver mer energi för att framföras.
Hög ljudnivå	Den skall helst inte låta för mycket då det kan ses som en störande faktor.
För mycket kablar	Det är både onödigt och krångligt med för mycket kablar samtidigt som det kan bli komplext med alla kopplingspunkter.

6 Kartläggning av kundens röst

I detta delkapitel redovisas de resultat som erhållits från respektive undersökning, intervju och studiebesök.

6.1 Marknadsundersökning

Enkäten för marknadsundersökningen som skapades syftade egentligen mer på fritidsbåtar. Några frågor kring solpanelsanordningen ställdes till personer som äger motorbåtar och segelbåtar men också försäljare av dessa. Resultatet sammanfattas nedan. Se även bilaga 2.

De flesta personerna saknar solceller på sin båt, men de ser positivt på produkten och alla svarade att dem kan tänka sig skaffa solceller och göra sin båt så miljövänlig som möjligt.

Båtgäarna som redan har solceller på sin båt var nöjda med deras funktion och med den energin som dem levererar i förhållande till ytan. De svarade också att de hade en yta med solceller på 1 m² respektive 1.5 m² vilket är en ganska liten yta som inte ger så mycket energi.

På frågan om konceptet med en uppfällbar solpanelsanordning som kan öka ytan/arean för att kunna leverera mer energi, svarade hälften att den är bra och den andra hälften svarade att den är bra, om den sitter på ett ställe där den inte är i vägen.

De flesta tycker att en sådan anordning ska vara automatisk och elektrisk. Det var endast en person av de tillfrågade som svarade att personen helst hade sett en manuell mekanisk lösning. Men det kom även förslag på en kombination av dessa två varianter och tre personer svarade att de inte tyckte det spelade någon roll för dem.

Till slut frågades efter deras åsikt om konceptet med en solpanelsanordning till en redan existerande eldriven renhållnings båt som går inne i Göteborgs hamn och alla utom en person tycker att det låter som en bra idé och tror på detta. Den personen som inte höll med tyckte att konceptet var bra men osäker på om det fungerade i praktiken.

Däremot erhöles en del kommentarer och synpunkter och dessa var bland annat att användning av solceller/paneler är ett väldigt viktigt komplement eller ersättning vid speciella tillfällen. En annan kommentar var att allt som drar ner energin på lång sikt är bra. En annan person nämnde att den ville ha både elektriskt och manuellt så att det kunde fällas upp utan att starta båten eller ha ett eluttag. Den sista kommentaren och synpunkt var att om den sitter på ett ställe där den inte är i vägen, som till exempel på taket, uppe i masten, på ”flybridgen” eller på ”huven” så skulle det vara bra med en som fälls upp som en cabriolet-bil.

Marknadsundersökning på båtmässan i Göteborg gav arbetet viktig information, åsikter från potentiella kunder i framtiden och några idéer om hur solpanelsanordningen kunde se ut.

Det samtalades med några båttillverkare och försäljare som till exempel Nimbus, Storebro, Grandezza, Nord Star och några till. De förklarade att deras kunder ibland brukar efterfråga solceller men att det inte är så vanligt. Däremot berättade de att de tror att det är en produkt som kommer att utvecklas och efterfrågas ännu mer i framtiden.

Det ställdes även frågor som enligt tidigare om en uppfällbar solpanelsanordning som kan öka ytan för att kunna uppta mer solenergi. De tyckte att det var en bra idé, men att det måste tänkas mycket på design för att produkten ska smälta in i båtens form och inte försämra utseendet, som är mycket viktig. En båtförsäljare från företaget Nord Star berättade också att han tyckte det var en bra idé med en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning men att han hade svårt att se hur det skulle fungera i praktiken.

6.2 Studiebesök hos Park- och naturförvaltningen

Resultatet från studiebesöket hos Park- och naturförvaltningen sammanställdes och grupperades så som det var lämpligast. Utifrån gruppering hittades ett mönster som beskrivs nedan.

Användare och ansvariga för renhållningsbåten på Park- och naturförvaltningen tyckte om konceptet med att panelen skulle vara anpassbar i höjdlängd och sidled och som har en mekanisk anordning som möjliggör att solpanelen fälls ut. Detta skulle kunna göras i syftet att renhållningsbåten och solpanelen fortfarande skulle kunna gå under låga broar och klara sig utan att det fastnar någonstans.

De som mest berörs av projektet, det vill säga de personer som kör båten, kunde inte uttala sig var någonstans på båten som det är mest lämpligt att placera panelen. De rör sig överallt på båtens yta och detta var en utmaning som måste lösas på ett ingenjörsmässigt sätt.

Enhetschefen på Park- och naturförvaltningen ville att solpanelens funktion helst skulle användas då båten står stilla i hamnen. Konstruktionen ska vara anpassbar så att solpanelens yta ändras. Från en större panel då båten står stilla i hamnen och laddas till lite mindre yta då båten är i drift. Det var acceptabelt från deras sida att justera solpanelen varje gång de åker ut. Däremot ställdes det stora krav på att processen då skulle gå snabbt och smidigt eftersom risken annars skulle bli att det inte blev av. Det skulle finnas endast två lägen, ett laddningsläge och ett driftläge.

Park- och naturförvaltningen ser helst att solpanelen skulle kunna fällas ut med en mekanisk anordning som inte har några elektriska komponenter. Delvis för att spara på energin och delvis för enkelhetens skull. En mekanism som till exempel en vevmekanism eller liknande är mest lämplig.

De föredrog även en ljussignal som en tilläggsfunktion som påminner operatören (den som kör båten) om panelens läge. Till exempel då operatören är på väg ut med renhållningsbåten, så vill denne person bli påmind att panelen är i laddningsläge och den ska justeras till driftläge, för att undvika eventuella skador på panelen. Och på samma sätt vill operatören bli påmind om att panelen ska fällas ut till laddningsläge då renhållningsbåten är i hamn och motor är avstängd.

Park- och naturförvaltningen tömmer avfallsutrymmet med skräp på renhållningsbåten ungefär tre gånger per vecka och detta görs med en hjälp av lastbil som kommer. Denna lastbil lyfter då hela korgen ungefär 600 mm rakt upp i luften.

Den frågan ställdes för att undersöka om det fanns möjlighet att placera panelen ovanför lastutrymmet då solpanelsanordningen absolut inte ska behöva förhindra tömningsprocessen.

Att applicera tunna panelskivor på golvytan är inte så givande eftersom det förekommer ibland att de lägger stora stockar, cyklar eller annat skräp som inte får plats i korgen där.

Hålen/luckorna i "staketet" runt renhållningsbåten har reklamskyltar på utsidan av staketet. Solpanelen får inte täcka dessa reklamskyltar eftersom det är dessa som sponsrar renhållningsbåten och detta är ett krav. Däremot kan solpanelen appliceras på insidan av staketet och vinklas utåt.

Göteborgs stad ställer stora krav på Park- och Naturförvaltning att deras renhållningsbåt ska vara så miljövänlig som möjligt. Solpanelsanordningen bidrar till en mindre miljöpåverkan genom att minska den energi som tas från stadsnätet.

Vilka mått som gäller för broarna som renhållningsbåten ska gå under i Göteborgs inre kanaler beror på högvattnet. Den största begränsningen i höjddled är höjden på hytten, som är 650 mm hög mätt från golvytan. Detta ska också vara högsta höjden på solpanelsanordningen i driftläge.

De berättar även att de kör och använder renhållningsbåten tre dagar i veckan, sex timmar om dagen och att den sjösätts i början på april och tas upp i november eller december beroende på hur isen ser ut. Renhållningsbåten är alltså i drift i ungefär åtta till nio månader om året. Detta var viktig information för energiberäkningarna hos solpanelen.

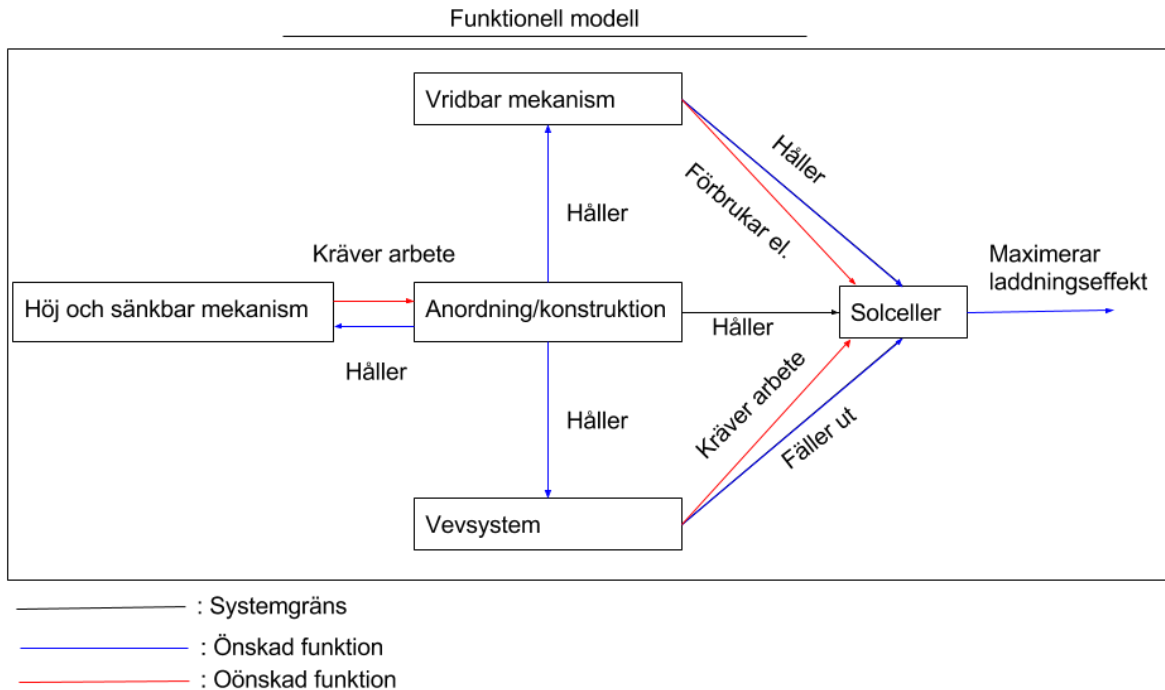
Förutom alla frågor som besvarades, erhöles även alla tekniska ritningar på renhållningsbåten där alla mått fanns. Renhållningsbåten stod i ett garage hos Park- och naturförvaltning då den inspekterades. Det togs en hel del bilder samtidigt som en diskussion fördes med Dennis Andersson som är en av dem som kör och använder renhållningsbåten. Det bestämdes även att komma tillbaka till platsen där renhållningsbåten fanns då det eventuellt skulle behövas när konceptfasen blev aktuell. Samma dag besöktes även den plats där renhållningsbåten brukar stå i hamnen och tog då bilder på bryggan samt runt omkring.

7 Analys av alternativa lösningar

I detta kapitel visas de resultat som tagits fram efter analys av alternativa lösningar.

7.1 Funktionellt diagram

Nedan i figur 11 förklaras och illustreras resultatet för det funktionella diagrammet.



Figur 11. En bild som illustrerar det funktionella diagrammet som inkluderar fem stycken delsystem (Författarnas egen bild).

Nedan beskrivs de delsystem som den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen skall bestå av. Dessa delsystem är indelade i fem kategorier. Solceller, vridbar mekanism, konstruktion, vevsystem och höj och sänkbar mekanism. Dessa togs fram utifrån de behov, krav och funktioner som var tvungna att lösas.

Delsystem solceller:

Delsystem ”Solceller” har funktionen att höja laddningseffekten och utifrån det tittades det på de solceller som har bra prestanda och hög verkningsgrad. Priset är inte en målfunktion som vill minskas i det här fallet. Här delas systemet i två grenar. Solceller på en fast panel, som inte är böjbara. Ett exempel på en sådan panel är de som sitter på hustak. Solceller på böjbar panel som kan formas. Ett exempel på sådan panel är de som sitter på kapelltyg.

Delsystem höj och sänkbar mekanism

Delsystem "Höj och sänkbar mekanism" har en önskad och en oönskad funktion. Den höjer och sänker (håller) anordningen som är en önskad funktion, men den kräver även arbete och detta är en oönskad funktion. Mekanismens funktion är att hålla konstruktionen och anpassa den till en viss höjd. Begränsningen i höjddled gör att konstruktionen med solcellerna på måste vara anpassbar. För att båten ska kunna gå under låga broar så måste finnas en mekanism som sänker konstruktionen till ett säkert läge (driftläge) och på samma sätt höjer konstruktionen till ett laddningsläge då renhållningsbåten är i hamn.

Delsystem anordning/konstruktion

Delsystem "Anordning/konstruktion" har den önskade funktionen att hålla upp solceller och andra delsystem och komponenter på plats. Konstruktionens uppgift är också att möjliggöra att paneler fälls ut och nyttig yta ökas för att maximera laddningseffekten. Det tittades på standardlösningar på solpanelsanordningen, men det tittades även på mer komplicerade lösningar. Dessa lösningar var utfällbara, sänkbara och vridbara.

Delsystem vridbar mekanism

Delsystem "Vridbar mekanism" håller solcellerna som är en önskad funktion men den förbrukar energi och detta är en oönskad funktion. Energiförluster vill minimeras och detta är även en mobil anläggning och nytta av en vridbar mekanism kommer inte fram just här i sin helhet. Delsystemet diskuterades och valdes i ett senare stadie att tas bort eftersom fordon normalt sett har solpaneler på plana ytor som inte anpassar sig efter solen då det är mer praktiskt. Vridbara mekanismer fungerar bättre på stationära objekt.

Delsystem vevsystem:

Delsystem "Vevsystem" fäller ut solcellerna och detta är en önskad funktion men detta kräver arbete och det är då en oönskad funktion. Delsystem "Solceller" har en önskad funktion och detta är att maximera laddningseffekten.

7.2 Analys av framtida lösningar för delsystem

Nedan presenteras de mest aktuella lösningarna för respektive delsystem.

Delsystem solceller

Delsystem solceller delades in i böjbara, fasta och vikbara solpaneler. Nedan presenteras de olika solcellssystem från de bästa leverantörerna på marknaden.

Böjbar solpanel

Böjbara solpaneler har stort användningsområde i båtsammanhang. Delvis för deras låga vikt och delvis för deras höga verkningsgrad då man talar om solceller. Att minska vikt är en viktig målfunktion som båttillverkare har. Böjbara solpaneler kan placeras på till exempel kapelltyg eller andra ställen på båten som tillåter en viss deformation. Nedan i tabell 4 presenteras ett exempel på en bra böjbar solpanel från företaget SUNBEAMsystem.

Tabell 4. Denna tabell innefattar information från en teknisk specifikation från en återförsäljare till SUNBEAMsystem (Viking Yachting, u.d.).

Solpanel SunBeam Standard Jbox 100 Watt	
Standard flexibel solpanel med hög effektivitet	
Hållkrage i rostfritt	
Effekt	100 W
Verkningsgrad	21%
Flexibilitet	Går att böja ca 30 grader
Mått	1060 x 540 x 3 mm
Vikt	1,8 kg utan kablage
Pris	2 490 kr

Sunbeam systems har även flera olika storlekar på denna typ av solpanel och storleken går att anpassa efter de former som användaren vill ha enligt Sunbeam systems.

Solpanel på fasta anläggningar

Här presenteras en solpanel som används på fasta anläggningar som till exempel på ett hustak. I jämförelse med dem böjbara solcellerna har fasta solceller mer vikt, tjocklek och de kan inte anpassas efter och till en viss form. De kan helt enkelt inte böjas. Det största fördelen i jämförelse med dem böjbara solceller är att de fasta har en högre och bättre effektivitet. Nedan i tabell 5 presenteras en solpanel från en ledande leverantör LG.

Tabell 5. Denna tabell innefattar information från ett datablad från en av LG's återförsäljare (Swedensol, u.d.).

Solpanel från LG	LG 300W/320W Neon 2
Effekt	300 W
Verkningsgrad	18.3 %
Mått	1640 x 1000 x 40 mm
Vikt	17,7 kg/st
Pris	3 290 kr

Vikbar solpanel

På båtmässan samtalades det med personer från företag som säljer solceller och solpaneler. Bland annat företagen Erlandssons brygga och Sunwind visade sitt utbud och några bra produkter upptäcktes, som kunde vara användbara i framtida koncept. De presenterade vikbara solceller i tyg, som har relativt hög effekt och verkningsgrad vilket är en mycket efterfrågade lösning i detta sammanhang.

Vikbara solceller sitter på ett kraftigt tyg. Deras funktion möjliggör att dem kan placeras på ett kapell på till exempel en båt. De kan vikas ihop tillsammans med båtkapellet och förvaras på ett lämpligt ställe. Nedan i tabell 6 presenteras en vikbar solpanel från leverantören Erlandssons brygga.

Tabell 6. Denna tabell innefattar information om en vikbar solpanel från företaget Erlandssons brygga (Erlandssons brygga, u.d.).

Solpanel vikbar 80 W	
Max ström	4,5 A
Effekt	80 W
Mått hopfäld	457 x 292 x 51 mm
Mått utfäld	1350 x 902 x 8 mm
Vikt	4,75 kg
Pris	2 790 kr

Delsystem vridbar mekanism

För att solpaneler ska kunna vridas efter solen och få ut som mycket effekt som möjligt i dagsläget används elmotorer för vridbar rörelse. Som nämnts tidigare så är vridbara mekanismer är inget annat än vanliga elmotorer. Denna typ av elmotor finns tillgänglig att köpa hos företaget Stork Drives (www.storkdrives.com) där det går att hitta exemplar som har programmerbar drivelektronik. Detta ligger dock utanför författarnas område.

Enligt en webbartikel i Ny Teknik (Von Schultz, 2012) så har forskare i USA hittat en lösning på hur solpaneler kan röra sig utan motor efter solen, likt en solros. Det står i artikeln att solrosor vrider sig från öst till väst under dagens lopp och att de på så sätt får så mycket solljus som möjligt. Von Schultz skriver fortsättningsvis att det är ett visst material som är lösningen på problemet.

Vidare står det att forskarna har skapat ett ställdon i detta material till solpaneler vilket gör att när värmen stiger i materialet gör att det drar ihop sig och eftersom att det som är närmast solen fortast blir varmt så följer solpanelen med eftersom andra delar kommer att svalna efter hand och på så sätt kan den följa solen och öka effektiviteten på solpanelen (Von Schultz, 2012). Denna lösning låter mycket användbar men tekniken verkar svåråtkomlig.

Delsystem anordning/konstruktion

Solpanelerna måste hållas uppe av någon form av konstruktion eller anordning. Det kan till exempel vara ett simpelt tak med fyra stycken stolpar som håller solpanelerna på plats. Problemet kan dock resultera i att den inte kommer att kunna komma åt vid trånga utrymmen såsom låga broar som finns i hamnar och vid inre vattenvägar.

Däremot så finns det trots allt bra lösningar på anordningar och konstruktioner av detta slag som har potential i samband med ett höj och sänkbart delsystem. Dessa skulle kunna resultera i en bra lösning på en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till en renhållningsbåt.

En vanlig anordning/konstruktion som fritidsbåtar har är den så kallade ”kapell-lösningen” och illustreras i figur 12 nedan. Den fungerar som ett uppfällbart tak med leder som är anpassade efter de rörelser som behövs för att enkelt fälla ihop taket till en begränsad yta. På en sådan anordning skulle exempelvis vikbara solpaneler kunna tillämpas då stora tunga solpaneler inte alls kommer att fungera om inte taket är fast och inte rörligt. Böjbara solpaneler kommer troligtvis inte heller att göra det om de inte kan anpassas till flera smala solpaneler. Nackdelen där leder dock till en ökad kostnad eftersom fler smala solpaneler blir dyrare för tillverkaren eller leverantören att ta fram.



Figur 12. Denna bild är tagen från Båtmässan i Göteborg 2017 (Författarens egen bild).

I många fall är solpanelsanordningen enligt ovan i figur 12 stationär och fast (kan det vill säga inte fällas ihop) där solpanelerna fästs i tyget. En annan lösning för stationära robusta konstruktioner är att helt enkelt lägga fasta tyngre solpaneler på taket.

Ett annat exempel som finns på marknaden i dag är en enkel och simpel solpanelshållare som kan vridas 360 grader och vinklas horisontellt (Lego Elektronik, u.d.) och anpassas efter solen. Denna hållare består av ett simpelt rör som går rakt upp och som kan fästas ihop med omgivningen (exempelvis två horisontella rör eller leder) vilket gör att hållaren kan stå vertikalt och solpaneler kan fästas högst upp i solpanelens fästen med en liten vinkel som går att justeras. Nackdelen med denna produkt är att den inte är justerbar i höjdlängd och kan endast hålla upp en solpanel åt gången.

Det finns dock många varianter av denna typ på marknaden för marina applikationer vilket tyder på att den ändå fungerar bra. Den används främst på segelbåtar.

En annan smart lösning på delsystemet anordning/konstruktion heter Ecos PowerCube (Ecosphere Technologies Inc., 2017). Lösningen är ett mobilt solpanelsystem som består av att en större kub som exempelvis vara ett hus eller rektangulär verkstadsbod har ett platt tak som ser ut och liknar en byrålåda i metall. På taket av denna anordning/konstruktion ligger solpaneler och om det mobila solpanelsystemet står still kan flera solpaneler på sidorna och där bak dras ut likt byrålådor för att på ett smart sätt maximera den energiupptagande arean. Solpanelerna ligger vid olika höjdlägen för att inte krocka eller gå in i varandra i ett infällt läge. Denna lösning skulle kunna utnyttjas i kombination med andra delsystem på en renhållningsbåt. Nackdelen här är dess möjlighet att vara flexibel och fällas ihop för att bli mindre eftersom den metalliska anordningen/konstruktionen måste sitta fast och vara stationär.

Det fanns många olika lösningar på en anordning/konstruktion som skulle kunna tillämpas för marint bruk som egentligen är tänkta för tillämpning på land. Däremot kan inte alla visas i detta kapitel men framtagningen av koncept inspirerades bland annat av dessa.

Delsystem höj och sänkbar mekanism

För att höja och sänka anordningen går det dels att skapa eller konstruera justerbara och rörliga leder som illustreras i figur 12 ovan. Det finns också andra lösningar och principer som exempelvis en saxlyft som kan klara av att höja en anordning med hjälp hydraulik och tillförd energi från en elmotor exempelvis. Det finns väldigt många olika typer av saxlyftar med olika storlek och kapacitet.

Det är givetvis svårt att säga vilken typ av saxlyft som hade passar bäst i detta stadiet men det finns ett företag som heter Marco (Marco AB, 2016) som säljer höjdsaxbord som illustrerar principen bra. Dess bredd, längd och lyftrörelse samt lastkapacitet varierar givetvis beroende på vilken modell som används men en lyftrörelse som finns är 1800 mm vilket är bra. Lyfttiden blir då enligt produktinformationen 19 sekunder med en kapacitet på 500 kg för denna modell. Nackdelen med dessa är att de väger väldigt mycket och i detta fall, 387 kg styck vilket kan bli mycket på en båt samt att de behöver en elektrisk motor som driver och detta kräver en del energi (Marco AB, 2016).

Det finns även en alternativ lösning där principen är tagen från ett höj och sänkbart skrivbord. Lösningen består av att benen till skrivbordet har en slags teleskopsfunktion som gör att den på så sätt går att höjas och sänkas. Däremot så är det troligtvis bäst om en sådan konstruktion konstruerades själv för att få rätt dimensioner med mera då det återigen finns en uppsjö av denna typ av lösning för olika typer av tillämpningar. Denna lösning justeras med en vev.

Företaget Stork Drives (www.storkdrives.com) säljer linjärenheter som är elmotorer för linjära rörelser. Dessa är lämpliga för justering i höjled och möjliggör att konstruktionen med solpanelen kan sänkas eller höjas. Dessa linjärenheter kan även säljas utan elmotor och fungera som en typ av linjärstyrning som är mycket användbar i exempelvis förflyttning i sidled. Dessa är mycket lättillgängliga och det finns många leverantörer för detta delsystem.

Delsystem vevsystem

En vevmekanism kan behövas för att exempelvis veva in eller ut solpaneler så att de kommer på plats. Denna vevmekanism kan också användas för att höja eller sänka den mekaniskt uppfällbara anordningen om den skall vara manuell.

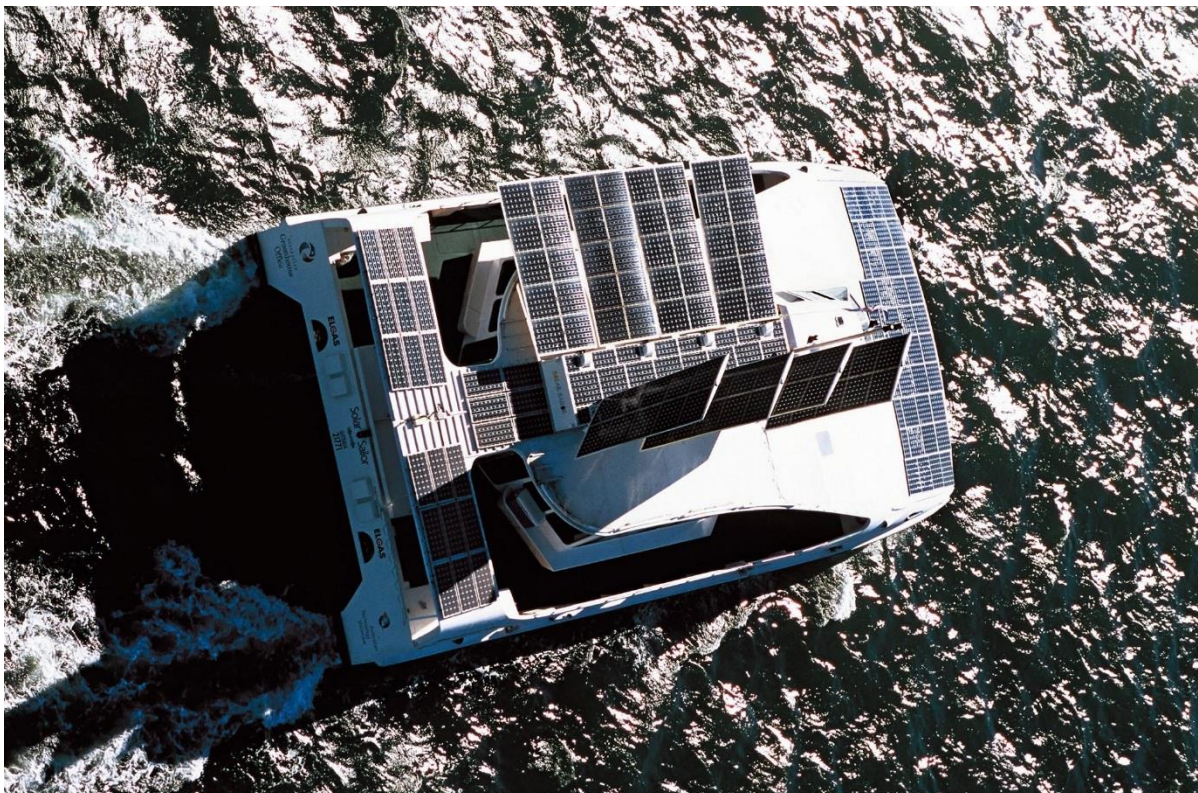
På marknaden idag finns till exempel en manuell vinsch från företaget Lufta brandventilation. Enligt företagets beskrivning för denna produkt så klarar den av att lyfta 50 till 100 kg. Den har också skapad så att veven går att tas bort så att obehöriga inte har tillträde till att använda vevsystemet. De beskriver också att den har bakslagssäker vev och lastrycksbroms som kan hålla fast lasten i alla lägen (Lufta Brandventilation, 2011). Detta är ett mycket bra system.

Företaget Grainger säljer en liknande handvinsch som dock är något mer robustare och klarar av en last på 363 kg som också är en bra alternativ lösning på detta delsystem. Det finns en klass över denna också som klarar av ännu mer last men det kommer troligtvis inte vara så stora laster (Grainger, 2016).

7.3 Inventering av kända koncept på marknaden

I detta delkapitel förklaras de resultat som kommer från inventering av kända koncept som finns idag på marknaden. Som nämnt tidigare så finns det inte så mycket koncept på just renhållningsbåtar med solpaneler så det tittades på mycket koncept som rör även andra båttyper. Alla inventerade koncept som fanns kan inte visas utan här visas några av dessa.

Företaget Ocius (www.ocius.com.au) i Australien har en mindre färja för passagerare med en unik design som den har vunnit pris för och den har en lösning på hur solpaneler kan fällas upp och vridas på båten. Denna lösning är något som eventuellt skulle kunna tillämpas på en renhållningsbåt. Solpanelerna kan fällas rakt upp och även ligga platt om det så önskas. De går även att vrida och vinkla efter solen. Dessa solpaneler kan ses som vingar och kallas för "solar sails" (Ocius, u.d.) och visas nedan i figur 13. Principen är relativt komplex för detta arbetes syfte men skulle kunna gå att tillämpa genom lite omkonstruktion.

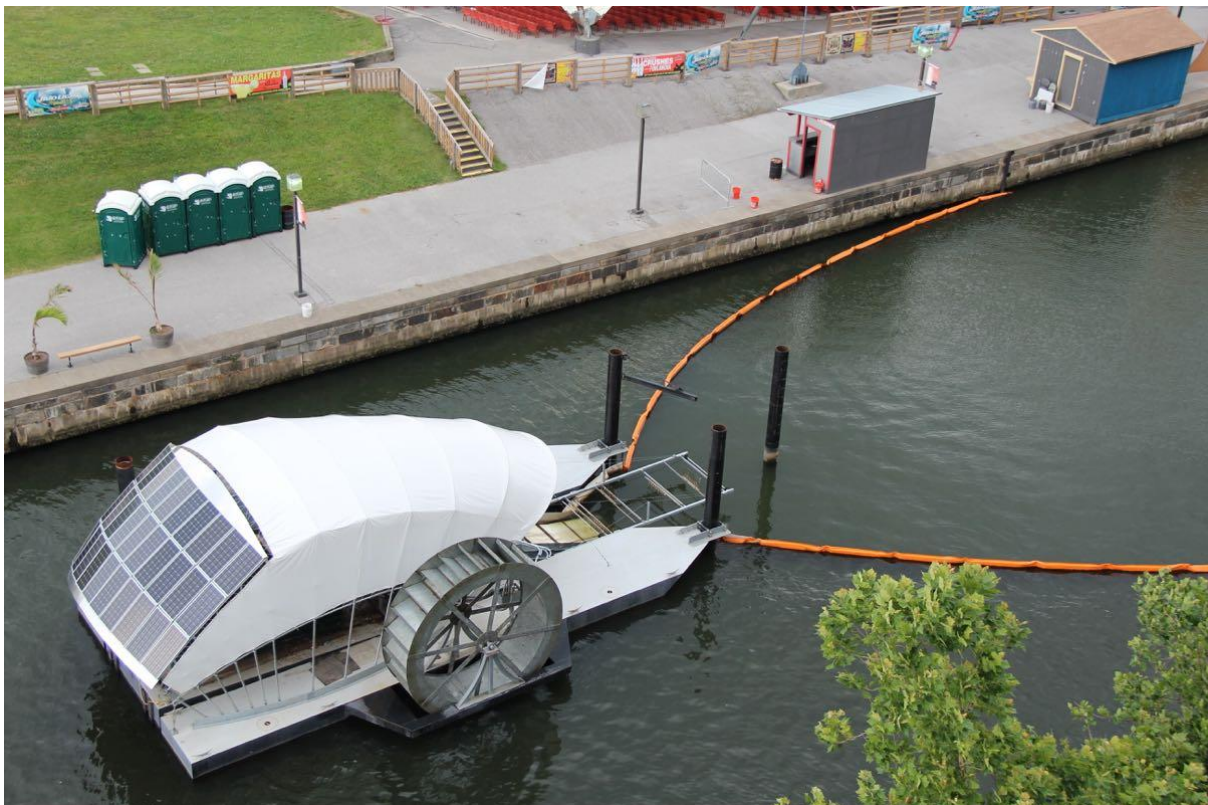


Figur 13. En bild på Ocius passagerarfärja med flexibla solpaneler (Ocius Technology, u.d.).

Det upptäcktes även en annan båt som drivs av solenergi och den heter MS Tûranor PlanetSolar (PlanetSolar, 2017). Enligt företaget PlanetSolar är det den största soldrivna båten i världen med hela 512 m² av solpaneler. Båten är väldigt mycket större än Park och Naturförvaltningens renhållningsbåt och även andra städbåtar på marknaden för den delen. Detta koncept har egentligen ingen mekaniskt uppfällbar lösning utan där ligger solpanelerna utspridda över allt på taket för att kunna dra till sig så mycket solenergi som möjligt.

Återigen skulle ett liknande koncept kunna utvecklas med en konstruktion som har utfällbara solpaneler och solceller.

Det finns även ett känt koncept på en renhållningsbåt som drivs av solenergi från solpaneler och vattenströmmar som driver ett kvarnhjul och som heter Mr. Trash Wheel och finns i USA (Waterfront Partnership of Baltimore, u.d.). Renhållningsbåten har ett mycket stort kapell över sig som har 30 solpaneler vid aktern. Den är bra miljömässigt men det brister i flexibilitet hos solpanelerna då det inte finns någon möjlighet att komprimera dess plats för olika omständigheter. Se Mr. Trash Wheel nedan i figur 14 och notera solpanelerna.



Figur 14. En bild på renhållningsbåten Mr. Trash Wheel i USA med solpaneler (Waterfront Partnership of Baltimore, u.d.).

Det finns många andra koncept på katamaraner, mindre passagerarbåtar och andra båtar som har solceller. Det som kan ses som gemensamt för många av dessa är att de inte har några mekaniskt uppfällbara lösningar utan de fungerar mest som tak som sitter fast över båten. Nackdelen med detta är att de inte kan komma åt under låga broar om taken är för höga. De behöver inte heller det på samma sätt som en renhållningsbåt som ska komma åt vid trånga utrymmen.

Ocius är det företag som verkar ligga längst fram vad gäller flexibla lösningar för solpaneler på båtar. Ett annat företag som också ligger i framkant som är värt att nämna är företaget Bluebird Marine Systems (www.bluebird-electric.net) som har solpaneler på en mindre farkost som är till för att städa och samla upp skräp i havet. Farkosten har flexibla vingar på sidorna med solceller men dock är denna farkost väldigt liten. En motsvarande lösning på en större renhållningsbåt skulle kunna vara bra.

7.4 Patentsökning i databas

Efter sökning i patentdatabasen Espacenet erhöles flera patent på koncept på hela konstruktionen men inga var direkt hänvisade till städbåtar. Dessa gav idéer på hur utformningen av den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen kunde se ut.

Ett av de inventerade patenten kallas "Yacht with solar sailboards" (Cai, W., Si, N., Zheng, B., Yang, Z., Chen, W., 2012) och har en princip där vingar med solceller ligger bak och ihop för att kunna variera utrymme och plats. Patenten säger inget om att ytan går att maximeras men det går att utnyttja denna princip och lägga till exempelvis utfällbara mekanismer för solpaneler. I utfällt läge ser det ut som två vingar som fälls ut som en insekt eller på en fågel. Avsikten är dock oklar för vad som är patentets funktion och syfte.

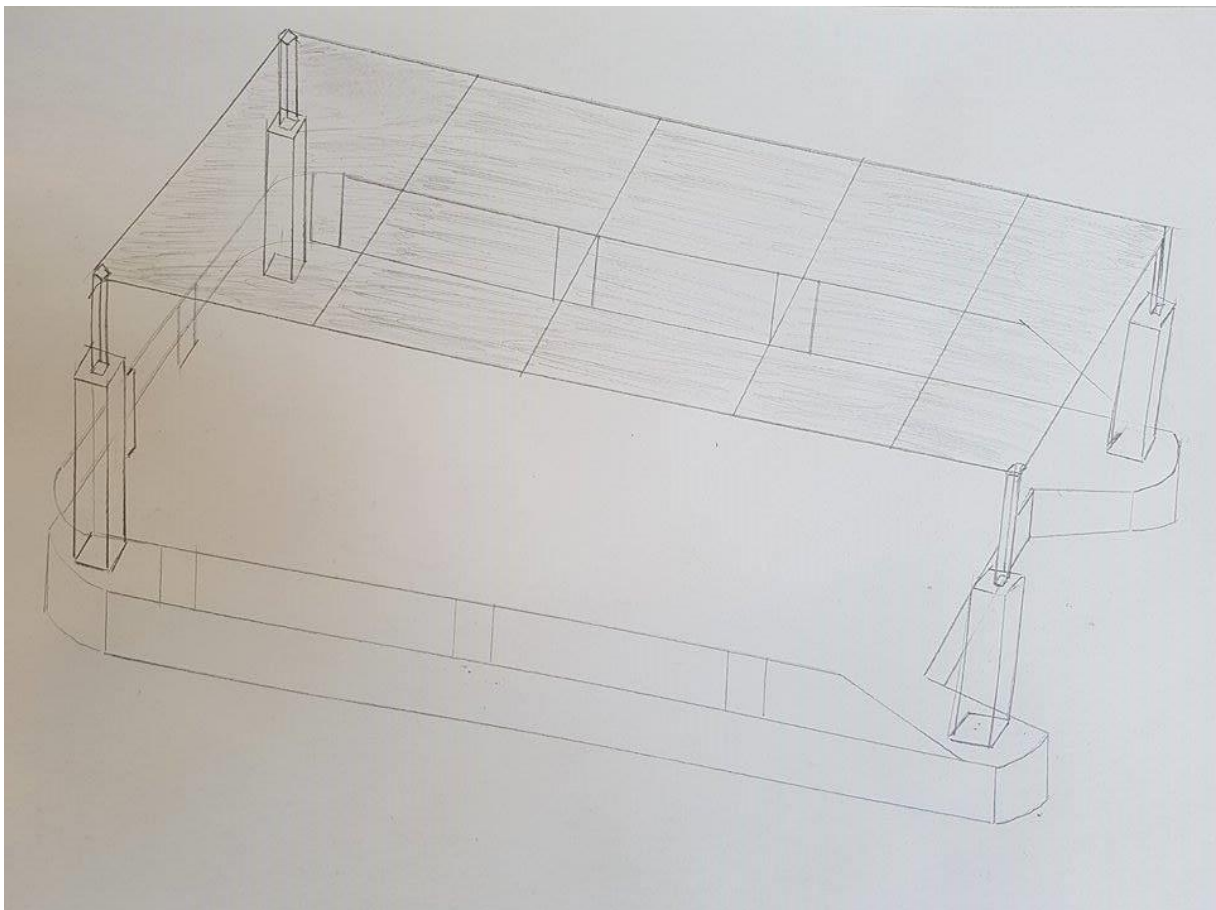
Ett annat patent som inventerades kallas "Novel solar yacht" (Guo, L. Cai, Y, Lin, Z., 2011) och resulterade i en idé på hur det går att placera solpaneler rent utrymmesmässigt och hur de går att sätta fast. Formen stämmer relativt bra överens med renhållningsbåten från Park och Naturförvaltningen som är utgångspunkten vilket kan ses som ett koncept på en variant av en framtida lösning.

Det finns även ett patent på en hjälpande seglingsanordning med solpanel för segelbåtar (Tadashi, T., 1998). Principen är stolpar som sticker upp och har en mekanism som gör att den går att vinklas efter solen. Detta sköts dock manuellt. Denna princip ses väldigt ofta, om inte minst i liknande former på segelbåtar i hamnar och dylikt. Konstruktionen är väldigt liten och endast en eller några få solpaneler går att sätta på stolpen men konstruktionen har potential till att utvecklas vidare. Fördelen med detta patent är att den kan sättas på ytor där det råder väldigt stor platsbrist. Dock verkar inte patentet ha någon lösning på hur den eventuellt skulle kunna gå att manövreras i höjddled.

7.5 Referenslösning

Idag finns det tak och tygkapell med solpaneler på för båtar som fungerar bra. Däremot är de inte hopfällbara eller justerbara i höjdlid. Detta var då tvunget att modifieras och därför sattes det in teleskopiska ben med motorer för ett tak så att det går att höja och sänka. Nackdelen med denna referenslösning är att den begränsar tömningen av skräp för städbåten från Park och Naturförvaltningen. Se figur 15 nedan för en skiss på den framtagna referenslösningen.

Den energiupptagande arean i ett uppfällt läge är ungefär 15 m² vilket representerar den area som täcker den renhållningsbåten som arbetet utgår ifrån, vilket är bra. Denna referenslösning är inte avancerad och särskilt innovativ men det är den bästa lösningen som existerar i detta stadiet. Detta är den referenslösning som senare används för bedömning av hur de andra framtagna koncepten står sig i förhållande till denna.



Figur 15. En illustration av referenslösningen som skissats för hand (Författarnas egen bild).

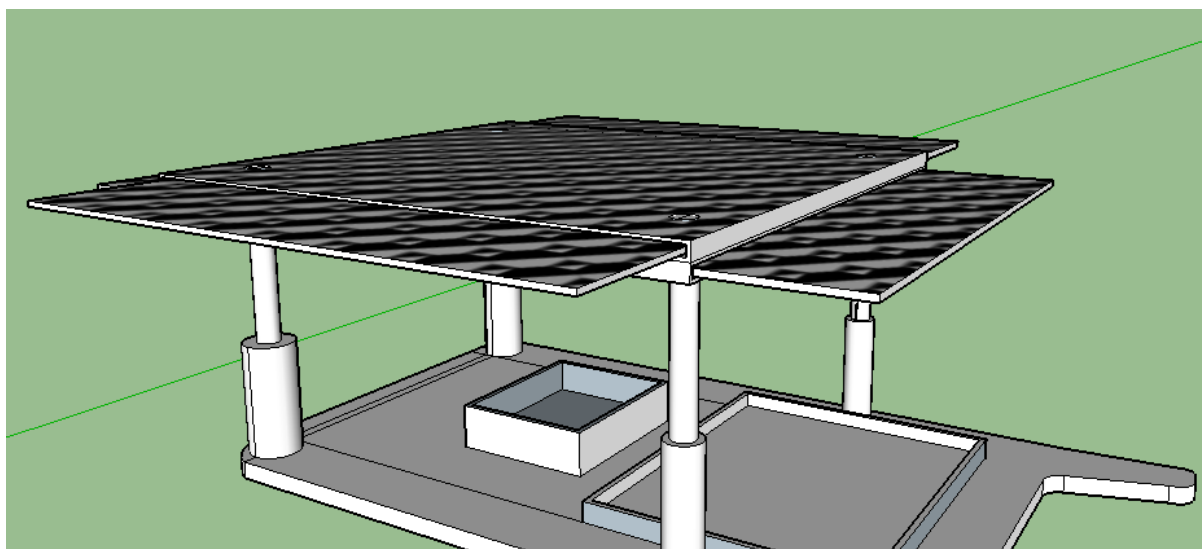
8 Konceptframtagning

Detta kapitel avser att presentera resultatet av framtagningen av några koncept som valts ut och använts för att ställas mot varandra för att ta fram en principlösning eller ett vinnande koncept.

8.1 Generering av alternativa lösningar och vidareutveckling av koncepten

Koncept "Soltak"

Detta koncept består utav fyra stycken teleskopiska ben som håller panelerna på plats. Benen kan sänkas till en höjd och därmed kan hela konstruktionen sänkas och kan ses i figur 16.



Figur 16. En bild som illustrerar ett av de framtagna koncepten (Författarnas egen bild).

Solpanelsytan maximeras genom att dra ut fyra stycken paneler åt alla håll enligt samma princip som lådor dras ut ur en byrålåda. Fördelarna med detta koncept är att det fås en relativ stor yta med solpaneler och det ger i sin tur att en bra laddningseffekt kan uppnås. Det är också möjligt att ett stölskydd för städbåten kan tillämpas genom att sänka konstruktionen så att den täcker hytten med mera. Nackdelen med konceptet är att konstruktionen inte är så flexibel då den inte är hopfällbar bortsett från höjden och därmed försämrar båtens rörelse under drift. Detta är då i fallet då en renhållningsbåt verkar i en begränsad miljö. Den kan inte heller säkerhetsställa att tömning av skräp kan ske rakt upp (vilket är ett krav) utan att göras mycket mindre.

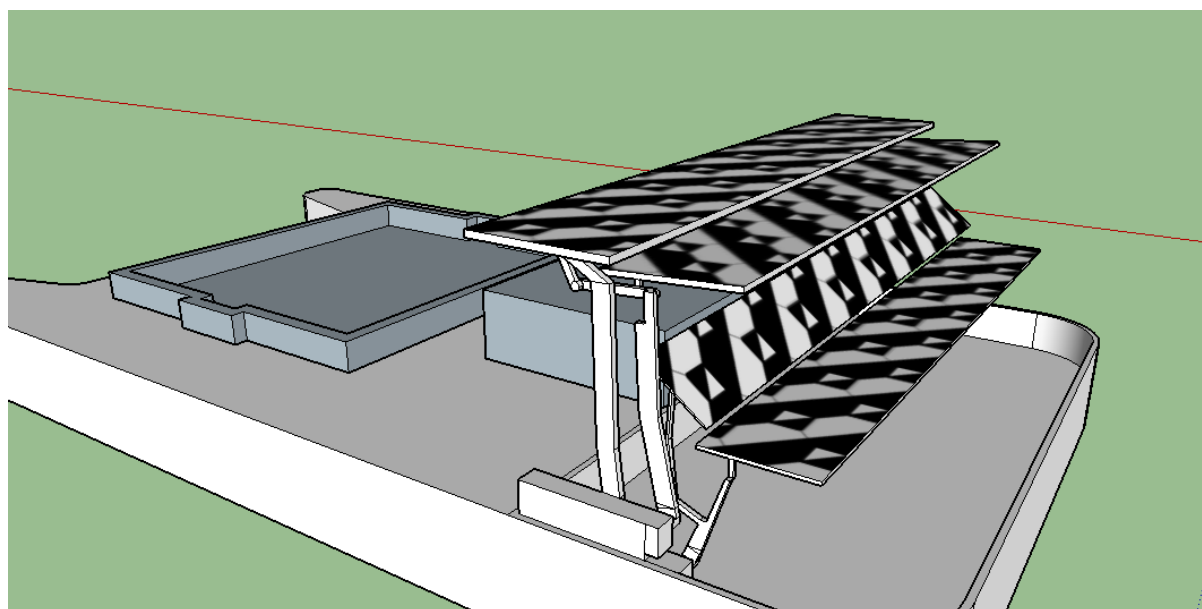
Den maximala panelytan som fås här är uppskattas till 23 m². Detta är den största arean på energiupptagande yta av alla koncept. Nedan i tabell 7 presenteras överskådlig data för detta koncept.

Tabell 7. Här presenteras överskådlig data över koncept "Soltak".

Fördelar	Nackdelar	
Störst energiupptagande area av alla	Inte hopfällbar	
Justerbar i höjddled	Risk att anordningen fastnar under broar	
Utdragbara solpaneler (även som stölskydd)		
Area i uppfällt läge i m²	Panelens verkningsgrad i %	kWh/år
23	22	5100

Koncept "Cabriolet tak"

Som själva namnet säger, så fungerar detta koncept på samma sätt som ett hopfällbart tak på cabriolet-bilar och detta koncept visas nedan i figur 17.



Figur 17. En bild som illustrerar ett av de framtagna koncepten (Författarnas egen bild).

Konceptet har en bra relation mellan ytorna i uppfällt och hopfällt läge. Detta betyder att den energiupptagande arean eller ytan kan ha en väldigt liten yta i ett hopfällt läge och få en relativt stor yta i ett uppfällt läge då den fällts upp. Detta är en av de största fördelarna som konceptet har. Konstruktionen är justerbar i höjddled genom att lyfta upp eller sänka ner armarna som panelerna vilar på via en elmotor. I ett hopfällt läge kan panelerna lagras tätt på varandra i bakre delen på båten.

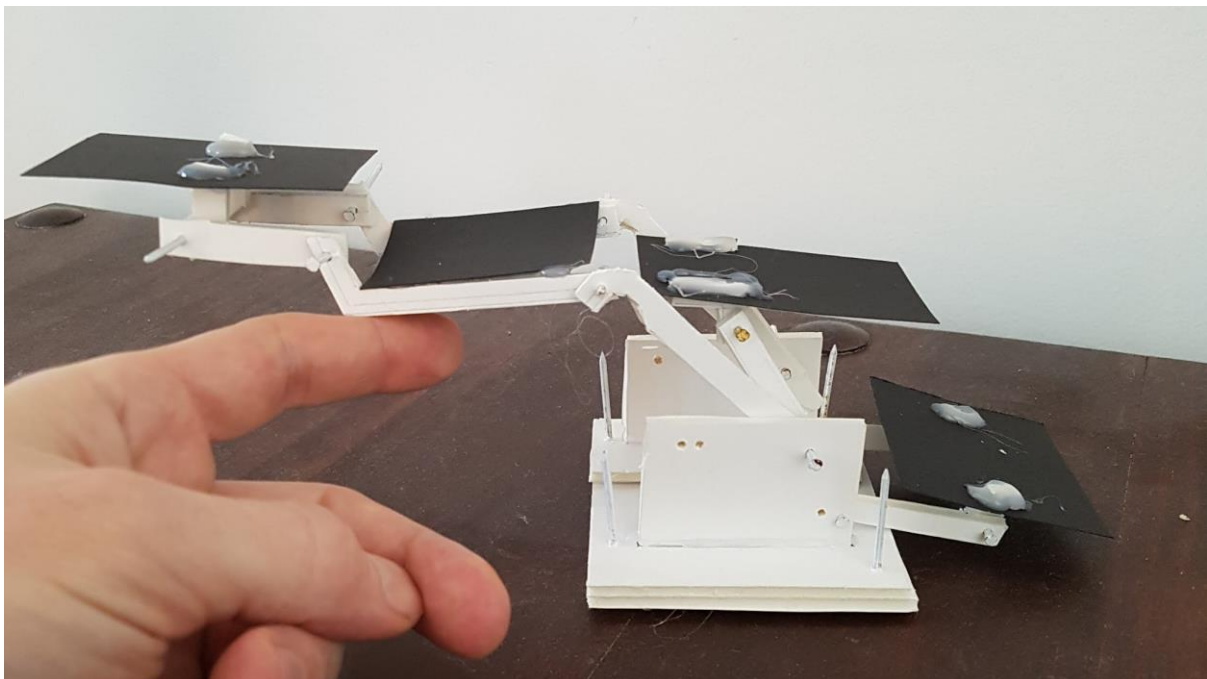
På den existerande städbåten kan det exempelvis gå att ta bort dieselmotor (som enligt intervjuer ändå inte kommer till användning) och använda detta utrymme för konceptet att lagra panelerna där i hopfällt läge. Konceptet kan passa på olika typer av båtar och detta är också en stor fördel med konceptet. Genom uppfällning av panelerna kan de exempelvis möta en vindruta längst fram (hytt eller liknande) och på så sätt säkerställa att ett tak kan skydda från diverse väderförhållanden. Detta sker då samtidigt som laddningsytan maximeras.

Konstruktionen har många komplexa komponenter som kan öka tillverkningskostnader och detta är en nackdel som konceptet har. Den maximala energiupptagande solpanelsytan som fås på städbåten med detta koncept uppskattas här till 8.1 m², se tabell 8 nedan.

Tabell 8. Här presenteras överskådlig data över koncept "Cabriolet tak".

Fördelar	Nackdelar	
Liten area i hopfällt läge	Komplexa konstruktionsdetaljer	
Passar olika båttyper	Liten energiupptagande area	
Justerbar i höjdlägen		
Kan fungera som tak		
Area i uppfällt läge i m²	Panelens verkningsgrad i %	kWh/år
8	22	1777

I figurerna 18 och 19 nedan illustreras den prototyp som gjordes för att verifiera mekanismerna och hur det kunde fungera i praktiken med en enklare modell för koncept "Cabriolet tak".



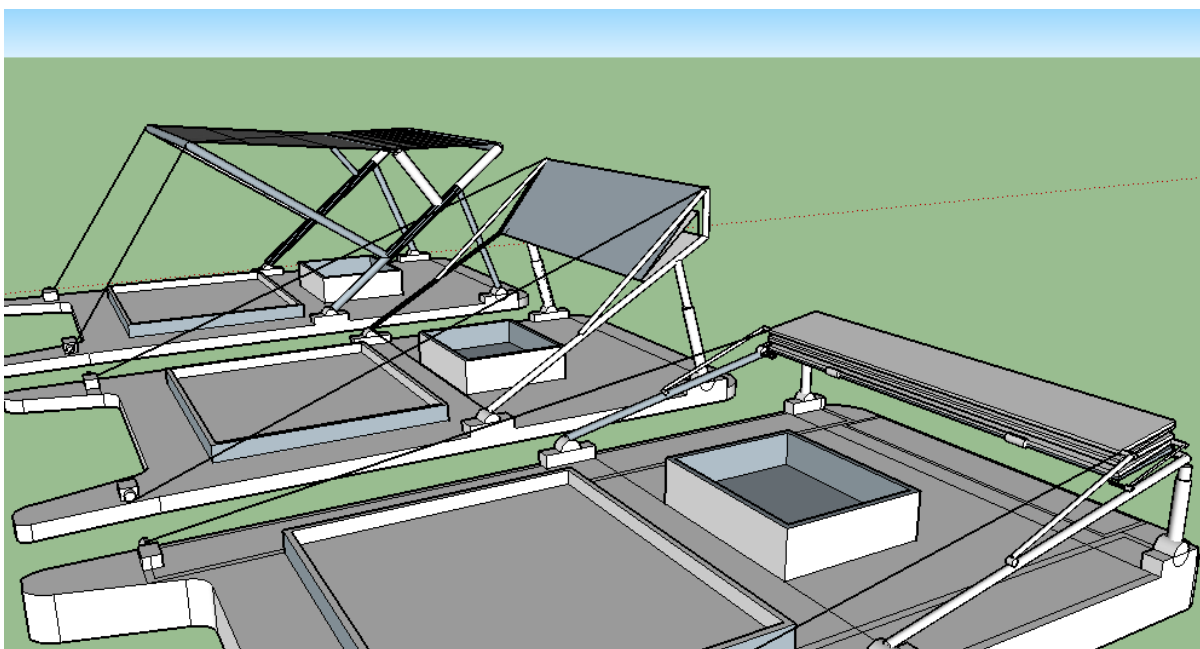
Figur 18. Här är en bild på en prototyp där konceptet testades på de mekanismer som skulle göra så att konceptet gick att fälla upp (Författarnas egen bild).



Figur 19. Här är en annan bild på prototypen där konceptet är i ett hopfällt läge för att testa mekanismerna och dess flexibilitet samt kompressionsförmåga (Författarnas egen bild).

Koncept “Båtmässan”

Detta koncept togs fram efter vidareutveckling i omgångar och denna idé kommer från båtmässan i Göteborg där analys av alternativa lösningar bland annat ägt rum. Konceptet illustreras nedan i figur 20.



Figur 20. En bild som illustrerar ett av de framtagna koncepten i tre stycken olika lägen. Ett i uppfällt läge, ett i mellanläge och ett i hopfällt läge (Författarnas egen bild).

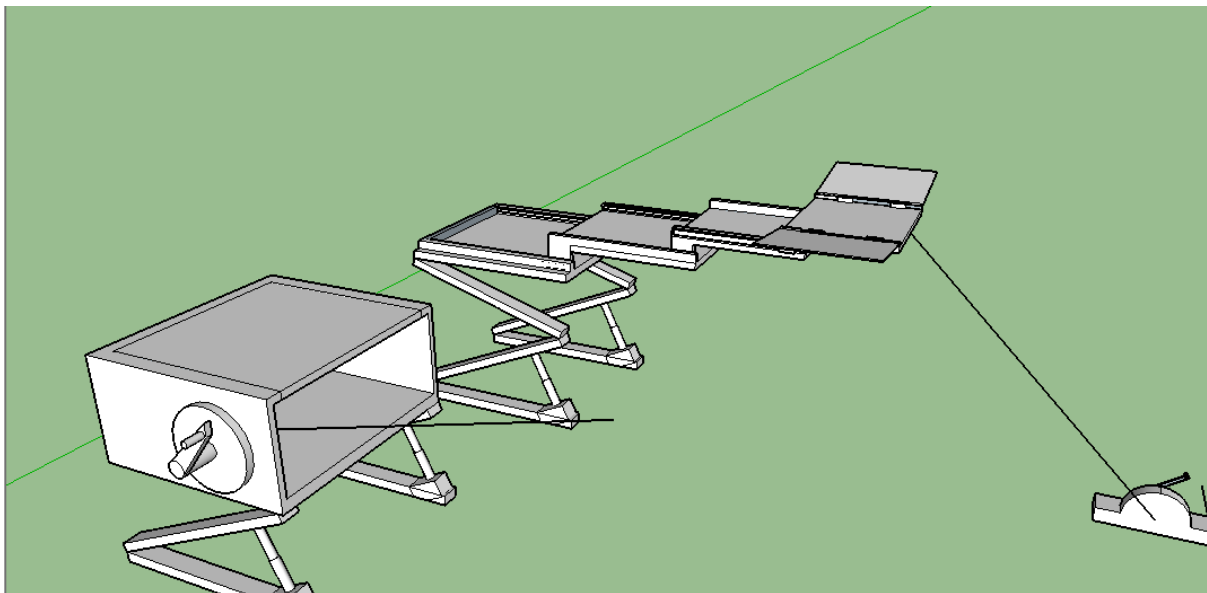
Detta koncept är tänkt att drivas med hjälp av bland annat en kolvcylinder (hydraulik) som pumpar upp anordningen till ett uppfällt läge. I uppfällt mellanläge (se figur 19) drar två stycken linor resterande leder som är vridbara och vecklar ut panelerna till slutläget. Linorna är i sin tur tänkta att drivas av en elmotor som befinner sig längst fram på båten. Panelerna sänks senare ner i omvänd ordning med hjälp av samma elmotor och kolvcylinder till önskad höjd. Konceptet ger en relativt stor energiupptagande yta. Den maximala solpanelsytan som fås på städbåten uppskattas till 12 m².

Tabell 9. Här presenteras överskådlig data över koncept "Båtmässan".

Fördelar	Nackdelar	
Stor laddningsyta	Elektriskt driven	
Lätthanterlig		
Justerbar i höjdlid		
Area i uppfällt läge i m ²	Panelens verkningsgrad i %	kWh/år
12	22	2666

Koncept "Saxlyft"

Detta koncept illustrerar en princip som kan användas för att höja och sänka anordningen och dra ut och in solpanelerna likt en byrålåda. Se figur 21 nedan.



Figur 21. En bild som illustrerar ett av de framtagna koncepten (Författarnas egen bild).

Konceptet består av en låda med anpassat utrymme och står på en saxlyftsanordning med bredd som anpassas efter båten. Anordningen kan via en vev, som kopplas på manuellt, dra ut solpanelerna som ligger ihopsatta på linjärstyrningar i lådan.

En krok fästes i solpanelen högst upp och längst ut och på så sätt dras de ut när saxlyften är vid önskad höjd. Den går att vevas in via en lina eller vajer som sitter i lådan med hjälp av ett vevsystem och principen illustreras i figur 21.

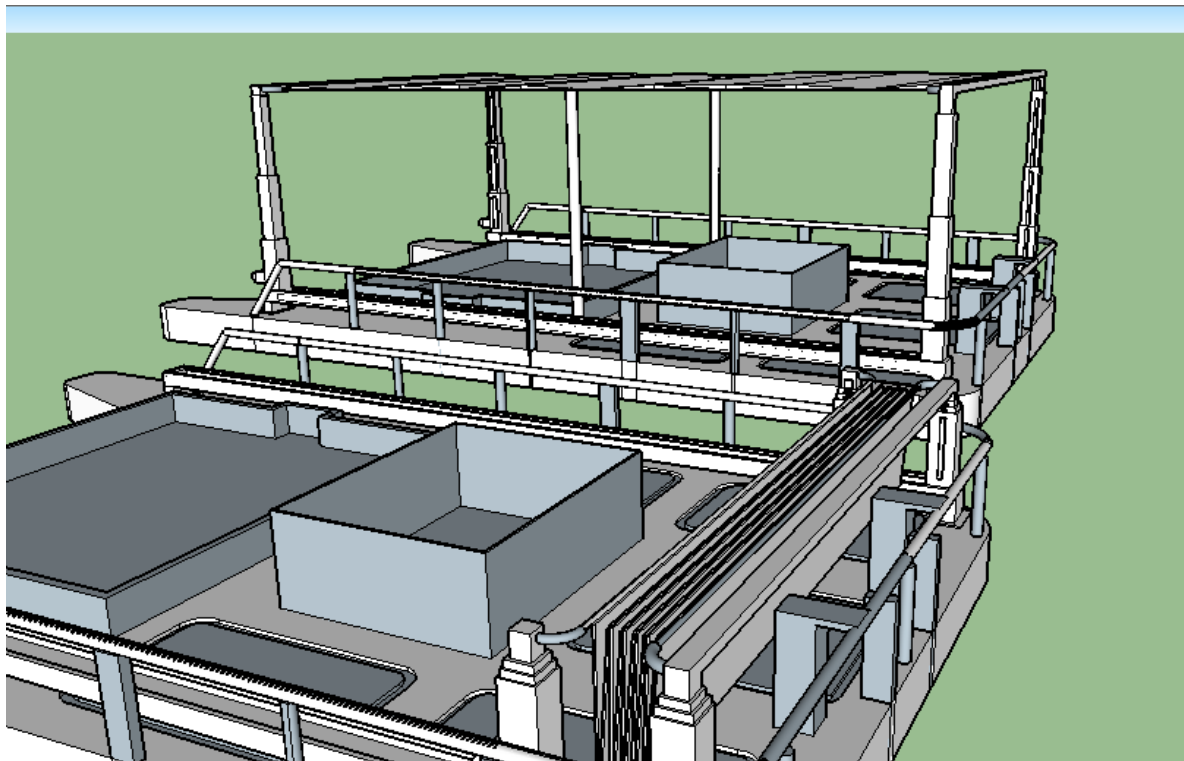
Konceptet har ett bra förhållande mellan ett hopfällt och ett uppfällt läge. Detta betyder att solpanelerna kan komprimeras från stor till liten yta. Nackdelen är att hitta ett bra ställe på båten där själva lådan ska placeras och den har också relativt komplexa konstruktionslösningar som kan öka tillverkningskostnader. För översikt, se tabell 10 nedan.

Tabell 10. Här presenteras överskådlig data över koncept "Saxlyft".

Fördelar		Nackdelar	
Flexibel		Vikt	
Hög och sänkbar i höjdlid		Låda tar plats	
Manuellt vevsystem		Relativt komplex	
Stor energiupptagande area			
Area i uppfällt läge i m ²	Panelens verkningsgrad i %	kWh/år	
11	22	2444	

Koncept "Dragspel"

Detta koncept är ett koncept som vidareutvecklats i flera steg och omgångar. Det kallas koncept "Dragspel" för att solpanelerna går att vikas ihop som ett dragspel och kan ses i figur 22 nedan.



Figur 22. En bild som illustrerar ett av de framtagna koncepten (Författarnas egen bild).

Konceptet har ett bra förhållande mellan ett hopfällt och uppfällt läge. Konstruktionen har fyra stycken teleskopiska ben som är justerbara i höjdlid. Två av dem som sitter längst bak på städbåten är fasta och rör sig bara i höjdlid och de två främre teleskopiska benen kan röra sig på en led längs båten. Benen rör sig fram och panelerna vecklas på så sätt ut.

När benen har nått sitt maximala läge längs leden är panelerna helt utvecklade och justeringen i höjddled kan påbörjas. Det går också att höja benen då de är i den bakre delen av båten. I mitten av städbåten är det tänkt att finnas två stycken extra ben eller stolpar som är manövrerbara. Deras funktion är att säkerställa konstruktionens stabilitet och att egentytningen av solpanelerna samt tillhörande delar kan avlastas.

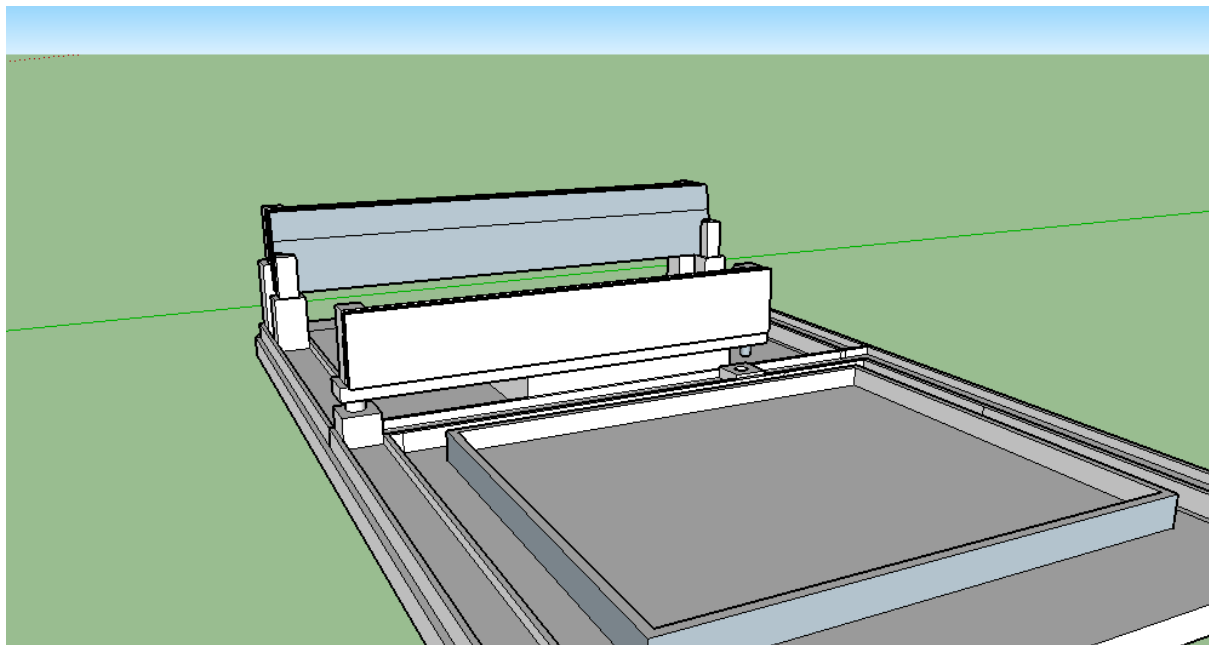
Konceptet ger en bra energiupptagande yta och har relativt enkla konstruktionslösningar i detta stadie. Den maximala solpanelsytan på städbåten uppskattas till 15 m². Se sammanställning av informationen för koncept ”Dragspel” i figur 11 nedan.

Tabell 11. Här presenteras överskådlig data över koncept ”Dragspel”.

Fördelar	Nackdelar	
Väldigt flexibel	Tjockleken i hopfällt läge	
Justerbar i höjd- och längdled	Elektriskt	
Stor energiupptagande area		
Area i uppfällt läge i m²	Panelens verkningsgrad i %	kWh/år
15	22	3300

Koncept ”Dragspel 2.0”

Det här konceptet är en komplettering till koncept ”Dragspel” och illustreras nedan i figur 23.



Figur 23. En bild som illustrerar ett av de framtagna koncepten (Författarnas egen bild).

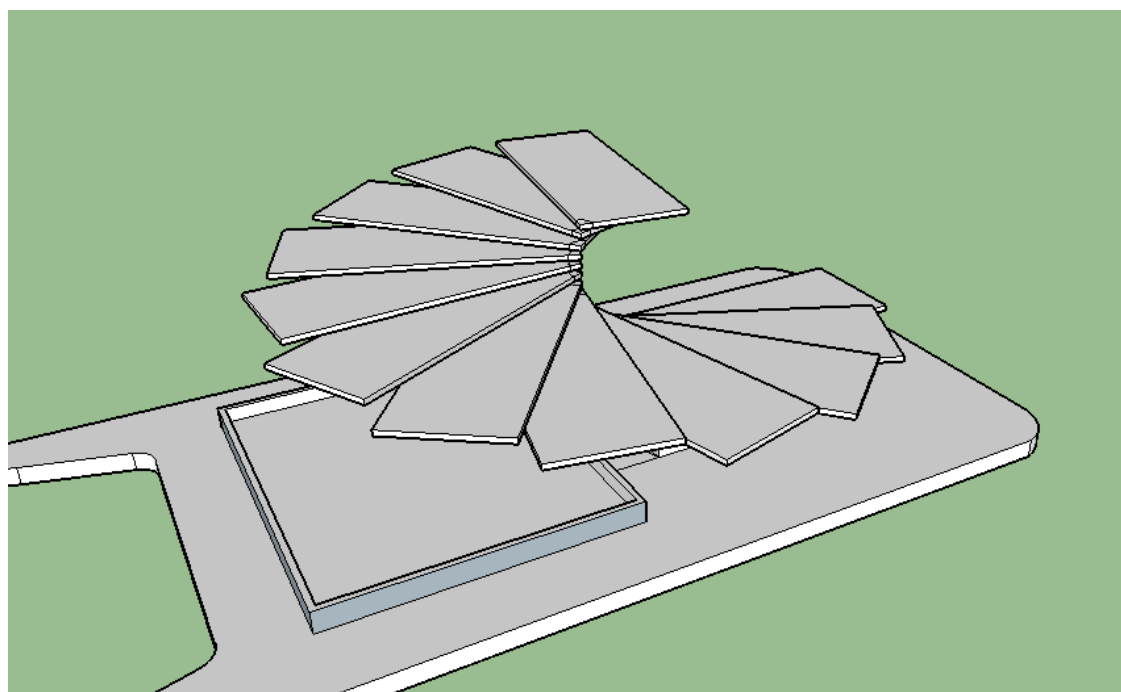
I konceptet ”Dragspel” inses att solpanelernas tjocklek i hopfällt läge kan bli ett problem. På grund av detta delas konceptet ”Dragspel” in i två stycken anordningar. En av dem sitter i bakre delen av båten som förut och en anordning placeras vid insidan av staketet på högra sidan av städbåten. Anordningen som sitter vid insidan av staketet i driftläge kan vridas 90 grader och få konstruktionen på båtens bredd och sedan veckla ut panelen på längden. En sammanställning med fördelar och nackdelar kan ses i tabell 12 nedan.

Tabell 12. Här presenteras överskådlig data över koncept "Dragspel 2.0".

Fördelar	Nackdelar	
Tjockleken bak minskar	Två stycken anordningar	
Stabilare	Tar mer tid att få på plats	
Area i uppfällt läge i m²	Panelens verkningsgrad i %	kWh/år
15	22	3300

Koncept "Solros"

Detta koncept kallas "Solros" på grund av dess form och illustreras nedan i figur 24.



Figur 24. En bild som illustrerar ett av de framtagna koncepten (Författarnas egen bild).

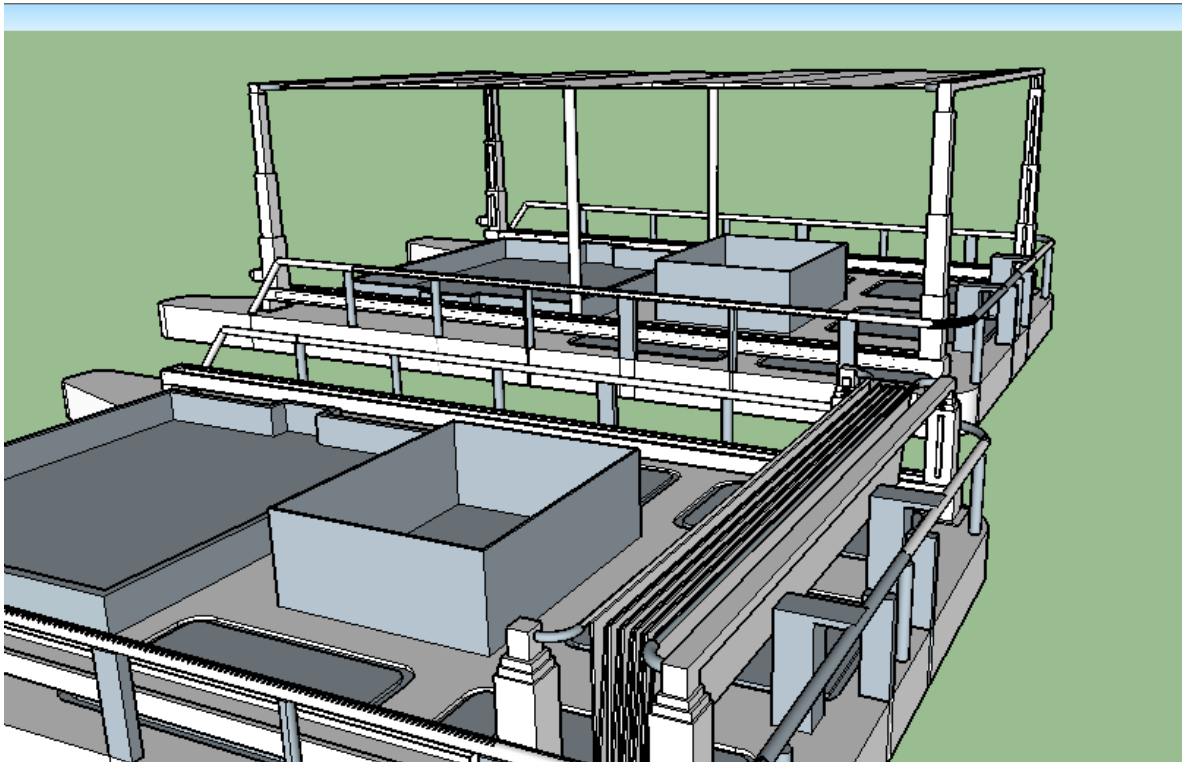
Detta är ett väldigt flexibelt koncept som har en bra relation mellan energiupptagande areor i hopfällt och uppfällt läge. I uppfällt läge ser konceptet ut som en blomma och i ett hopfällt läge ligger solpanelerna ihop och ser ut som en rektangel med flera lager solpaneler. Konstruktionen är tänkt att vara justerbar i höjddled och kan vridas 360 grader kring sin vertikala axel. Den energiupptagande solpanelsytan i uppfällt läge täcker dock inte hela städbåtens yta vilket hade varit optimalt men den går givetvis att göras i olika storlekar. Konceptet har en relativt komplex konstruktion som bidrar till ökade tillverkningskostnader. Panelerna överlappar varandra och risk för skuggning tillkommer vilket inte är bra. Detta bekräftas även i tabell 13 nedan.

Tabell 13. Här presenteras överskådlig data över koncept "Solros".

Fördelar	Nackdelar	
Liten area i hopfällt läge	Relativt liten energiupptagande area	
Kan ha låg höjd och komma under broar	Risk för skuggning	
Area i uppfällt läge i m²	Panelens verkningsgrad i %	kWh/år
8	22	1777

8.2 Val av principlösning

Som det nämndes i metodkapitlet 3.4.3 så skapades en Pugh-matris och en kravbild togs fram med kriterier som indelades i grupper. Dessa grupper är kostnads/komplexitetsdrivare, prestanda, funktioner, robusthet, risker och externa/interna krav. För att kunna se alla kriterier för respektive grupp i Pugh-matrisen bör bilaga 4 analyseras. Alla koncepten som presenteras i kapitel 8.1 ovan ställdes mot varandra i denna matris och utifrån den gjordes bedömningen att koncept "Dragspel" var det bästa konceptet och att den bästa alternativa principlösningen var koncept "Båtmässan". Nedan i figur 25 illustreras det vinnande konceptet eller principlösningen som den också kan kallas.



Figur 25. En bild som illustrerar det vinnande konceptet (Författarnas egen bild).

Anledningen till att detta koncept var bäst var därför att när det ställdes mot referenslösningen med de andra koncepten för att jämföras så var detta koncept bäst. Det som var utmärkande bättre var följande punkter. Den bedömdes ha en lägre vikt och kunna ha en mindre area i ett hopfällt läge som var viktigt för att kunna minimera plats och yta än referenslösningen. Den ansågs även se estetiskt bättre ut och detta är en viktig faktor i båtsammanhang trots att den i detta fall tillämpas på en arbetsbåt. Anordningen ansågs inte heller vara en lika energikrävande och dess storlek ansågs vara bättre. Denna storlek syftar på en helhetsbild som tar hänsyn till båda uppfällt och hopfällt läge. En annan punkt som var utmärkande var de flexibla ytorna då de är vikbara i detta koncept som även ses positivt då det är innovativt. Denna lösning vinner också mycket på grund av att det är lättare och bättre att komma åt skräptömning oavsett hur tömningen egentligen går till då hela anordningen viks och dras ihop till den bakre delen av renhållningsbåten. Systemet är även universellt och kan skapas i olika dimensioner och storlekar. Det anses även ha en mindre klämrisk.

9 Slutgiltig kravspecifikation

I detta kapitel lyfts resultatet fram från “Design Review Meeting” och slutgiltig kravspecifikation.

9.1 Design Review Meeting

Vid detta möte med styrgruppen beslutades att det vinnande konceptet “Dragspel” gick vidare till detaljkonstruktion. Däremot var det punkter som behövdes tittas närmare på. Exempel på detta var att säkerhetsställa att linjärstyrning kan fungera felfritt och inte vara i vägen. En annan punkt var att säkerhetsställa att lyftkolumner kunde fungera i marin miljö. Styrgruppen undrade även hur solpanelernas stabilitet och robusthet skulle säkerhetsställas och förslag på en vajer under konstruktionen togs upp. I detta fall hade endast författarna själva bedömt kriterierna på respektive koncept men egentligen skulle styrgruppen träffats tidigare och bedömt Pugh-matrisen tillsammans. Det blev så på grund av att denna typ av möte inte kunde ske tidigare av olika anledningar. Trots detta valdes alltså koncept “Dragspel”.

9.2 Slutgiltig kravspecifikation

Den slutgiltiga kravspecifikationen fastställdes efter mötet “Design Review Meeting” och denna kravspecifikation kan ses i bilaga 5 för tydlig bild. I kravspecifikationen är de olika kraven och önskemål viktade samt även metod för verifiering har också tagits fram.

10 Konstruktion av konceptet

I detta kapitel beskrivs och illustreras resultatet av konstruktionsarbetet för det vinnande konceptet eller även den så kallade principlösningen.

10.1 Inledande konstruktionsarbete

Inledningsvis så togs den led som ligger tvärs över golvytan och luckor bort för att istället sättas upp på staketet på renhållningsbåten i form av en linjärstyrning. Detta linjärstyrningssystem heter CRSS45 (PBC Linear, u.d.) och kommer från företaget PBC Linear (www.pbclinear.com). Fyra stycken enheter behövdes. Två stycken var sin sida.

Företaget SKF (www.skf.com) kontaktades angående teleskopiska lyftkolumner men de hade ingen elmotor eller drivning som lyfte anordningen och de förklarade att det fick sättas in på egen hand. Därför valdes en annan leverantör i Tyskland som heter Roemheld (www.roemheld.com) där en elmotor eller drivning var integrerat med de teleskopiska lyftkolumnerna. Företaget kontaktades inledningsvis flera gånger angående pris men fick inget svar förens efter att produkten valts att användas i konstruktionen och det visade sig att denna var mycket dyr i förhållande till resterande delsystem. Dessa elektromekaniska lyftkolumner heter "Lift.module Range, 940 mm str. 2000 N, electrically operated telescopic version" (Roemheld, u.d.).

Utifrån dessa två stora delsystem anpassades resterande konstruktion av anordningen och skisser gjordes på resterande delar som sedan sammanställdes i en systemarkitektur. Notera även att de hållfasthetsberäkningar som gjordes finns i bilaga 7.

10.2 Systemarkitektur och moduler

I bilaga 6 illustreras resultatet av den systemarkitektur som togs fram i form av ett trädidiagram och där ges en tydlig bild. Trädidiagrammet är ett mycket bra verktyg att använda sig av vid detaljkonstruktionen då det blir en slags karta och överblick över alla delar. Det går även lätt att bocka av vad som konstruerats och vad som är kvar att göra.

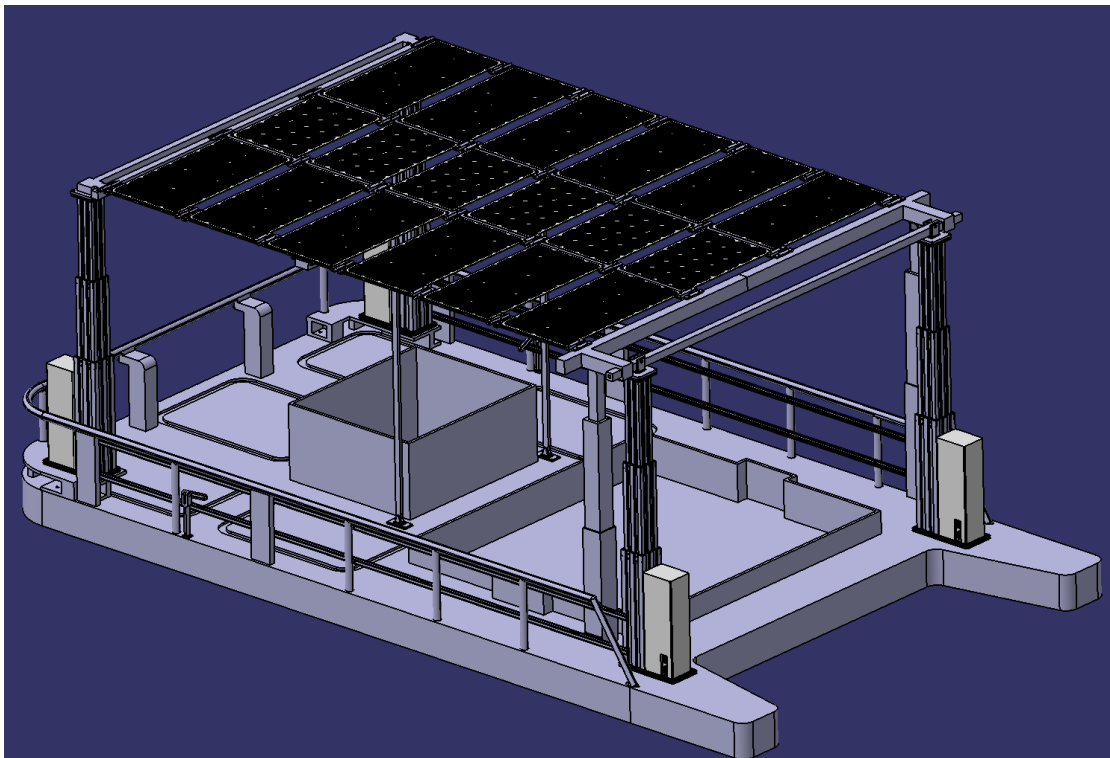
10.3 Detaljkonstruktion

I detta kapitel presenteras och förklaras intressanta delsystem, moduler och komponenter som detaljkonstruerats i Catia v.5. Först presenteras och förklaras det framtagna konceptet som ett komplett system i ett uppfällt och ett i hopfällt läge för att illustrera principen och för att läsaren ska få en bättre bild vad resterande delsystem, moduler och komponenterna är.

För att sätta den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen i ett sammanhang har en enklare modell av renhållningsbåten som projektet utgått ifrån också skapats.

10.3.1 Komplet system i ett uppfällt läge

I hopfällt läge lagras hela systemet i bakre delen på båten. För att systemet ska ställas in i ett uppfällt läge så måste hela anordningen transporteras fram längst hela båten via linjärstyrningarna på staketet. Därefter kan anordningen sedan lyftas upp till en höjd som möjliggör att personalen som jobbar på båten kan röra sig obehindrat. Se figur 26 nedan.

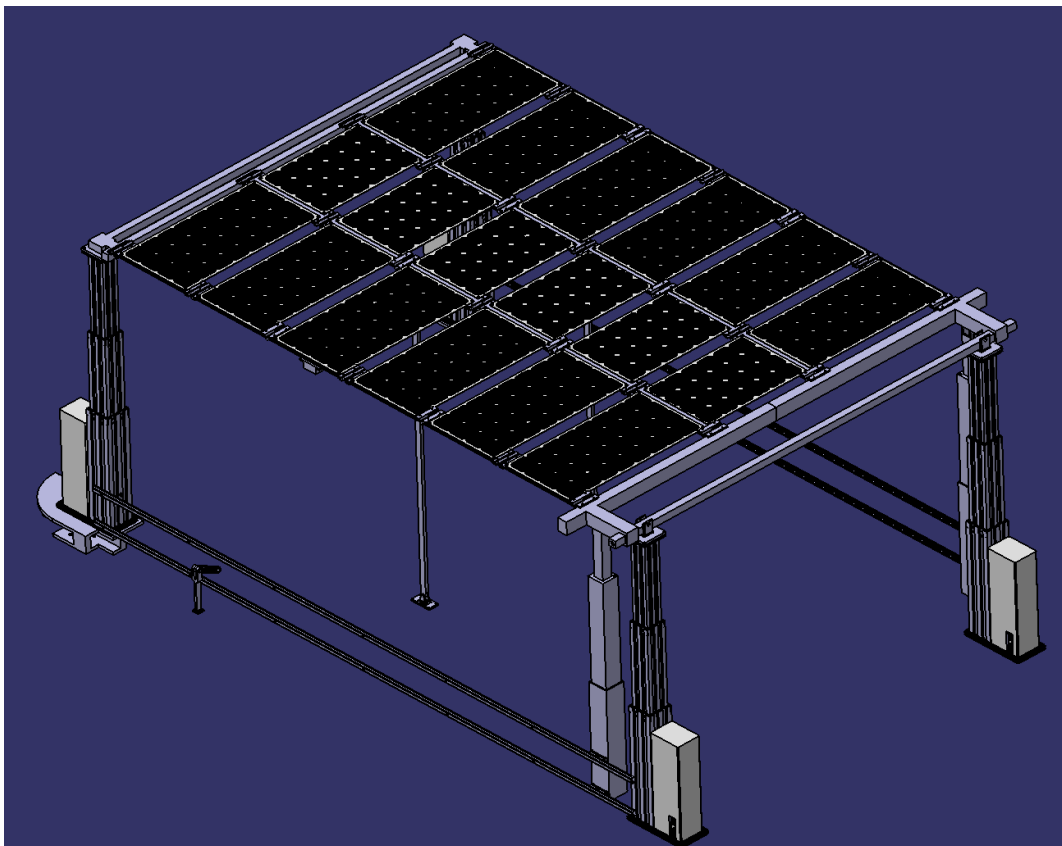


Figur 26. En bild från Catia v.5 på hela systemet i ett uppfällt läge (Författarnas egen bild).

Anordningen lyfts upp till en höjd med hjälp av elektromekaniska lyftkolumner (Roemheld, u.d.). Detta är fyra stycken ben eller kolumner som är justerbara i höjdlängd. Två ben är permanent placerade i bakre delen på båten och två i den främre delen som även dom är permanent placerade.

För att anordningen ska transporteras framåt finns det som sagt linjärstyrningar som sitter på insidan av staketet. Linjärstyrningarna i sin tur är fastkopplade med teleskopiska pelare som rör sig fram och tillbaka, upp och ner. Dessa beskrivs mer i detalj likt andra delar i kommande delkapitel. De teleskopiska pelarna är förbundna med en balk som gångjärnen och solpanelerna är infästa i. När teleskopiska pelare når den främre delen av båten placeras den förbindande balken i hållarna/fästena som sitter på de elektromekaniska lyftkolumnerna och hela systemet kan lyftas upp. Upphöjningen är tänkt att ske via pedaler som levereras med de elektromekaniska lyftkolumnerna. De är även tänkt att det ska finnas en sådan i hytten på renhållningsbåten så att höjden kan justeras under drift.

I figur 27 nedan illustreras en bild på konceptet utan renhållningsbåten och beskriver då det kompletta utvecklade konceptet. Notera även de stödjande pelarna för solpanelerna i mitten och låsningsmekanismerna i bakre delen av linjärstyrningarna. Det kan inses att denna typ av koncept går att tillämpa på många olika båttyper.

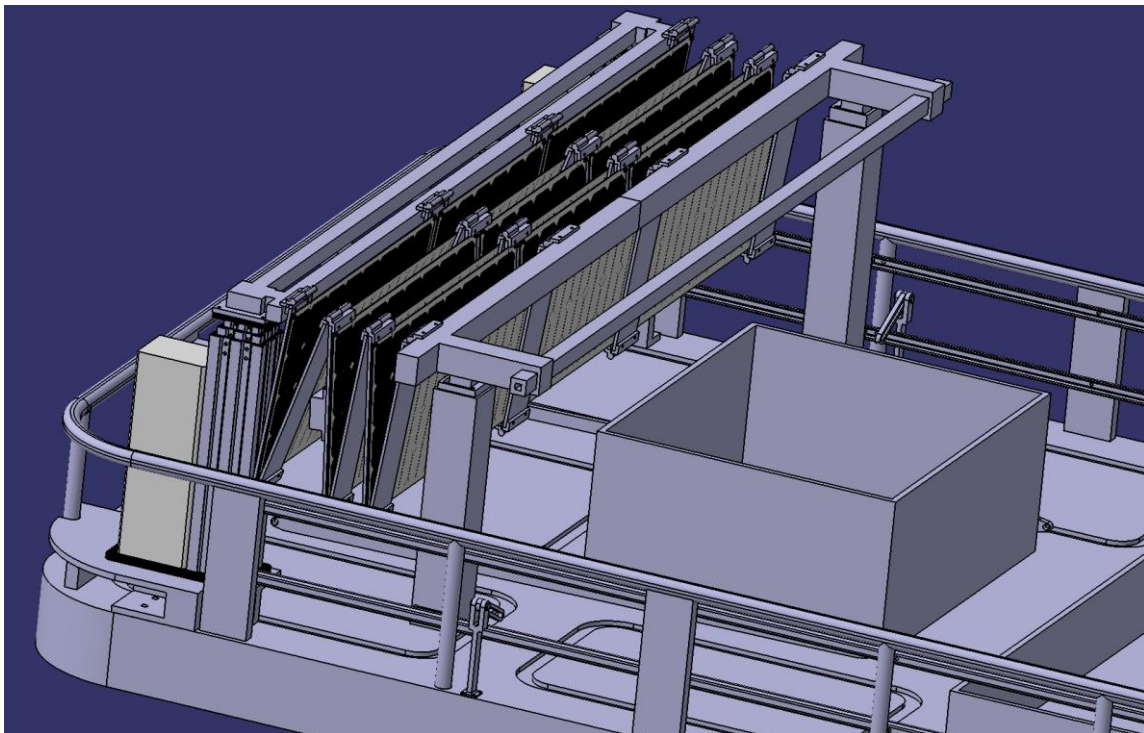


Figur 27. En bild från Catia v.5 på hela systemet i ett uppfällt läge utan renhållningsbåten (Författarnas egen bild).

10.3.2 Komplet system i ett hopfällt läge

Ovan presenteras hur systemet ställs in i ett uppfällt läge. För att komma till ett hopfällt läge upprepas hela processen i omvänd ordning. När panelerna är placerade i bakre delen på båten försäkras att anordningen inte kan röra sig med hjälp av en låsningsmekanism.

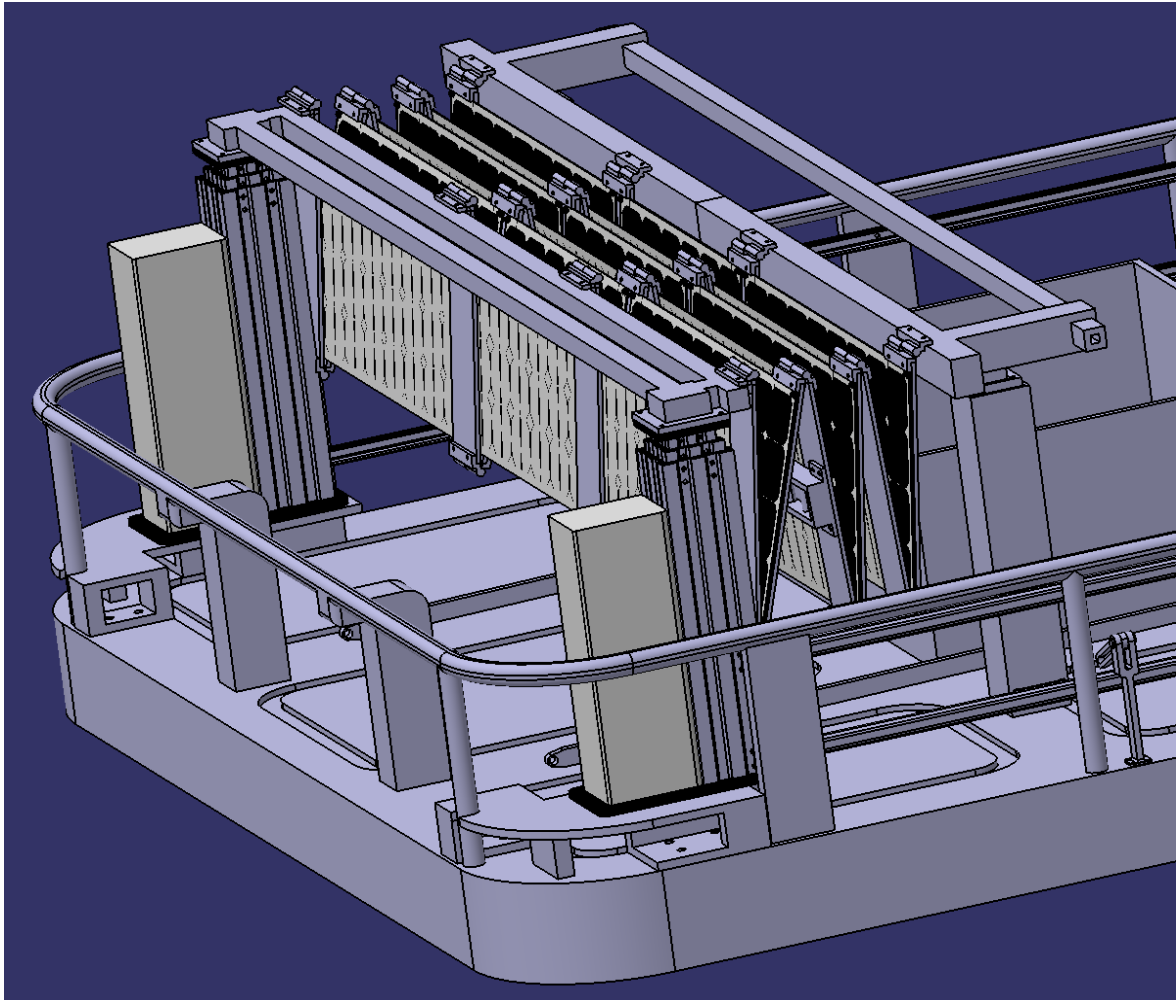
Något som måste lyftas fram är att några ändringar på den existerande städbåten som arbetet utgått ifrån måste göra något få ändringar för att denna lösning skall kunna tillämpas. En aspekt är att hytten som har rätt höjd i figur 28 inte kan ha ett tak som fälls ut eftersom den då skulle slå i den hopfällda anordningen. Det har renhållningsbåten i verkligheten så renhållningsbåten måste göras om och ta bort taket som enkelt görs genom att skruva bort gångjärnen och taket.



Figur 28. En bild från Catia v.5 på bakre delen av systemet i ett hopfällt läge (Författarnas egen bild).

Det bör även nämnas att i såväl hopfällt som uppfällt läge så måste de två bakre luckorna på sidorna av städbåten troligtvis ha en annan lösning för att öppna luckorna istället för dagens lösning om detta koncept skall vara tillämpbart. Detta på grund av att utrymmet är mycket begränsat och därför har en upphöjning i form av ett fäste konstruerats efter omgivningen för de elektromekaniska lyftkolumnerna. Luckorna skulle kunna lyftas upp manuellt istället. Det är inte säkert att detta problem existerar på alla typer av båtar men i detta fall är det så.

En annan aspekt som är viktig att nämna är den mekanism som gör att panelerna vecklas ut på ett symmetriskt och effektivt sätt. Gångjärnen är konstruerade för maximalt kunna vridas 180 grader vilket teoretiskt sett bör göra att utvecklingen av panelerna när anordningen dras ut och fälls ihop går att fällas ihop på ett bra sätt. Dock finns en risk att det i praktiken inte är så och att panelerna eventuellt går sin egen väg och på ett osymmetriskt sätt men detta går inte att fastställa utan en simulering på hur det i så fall skulle se ut. Detta tas även upp i kapitlet som berör vidareutveckling av konceptet och andra rekommendationer. Nedan i figur 29 illustreras en bild snett bakifrån på det hopfällda läget.

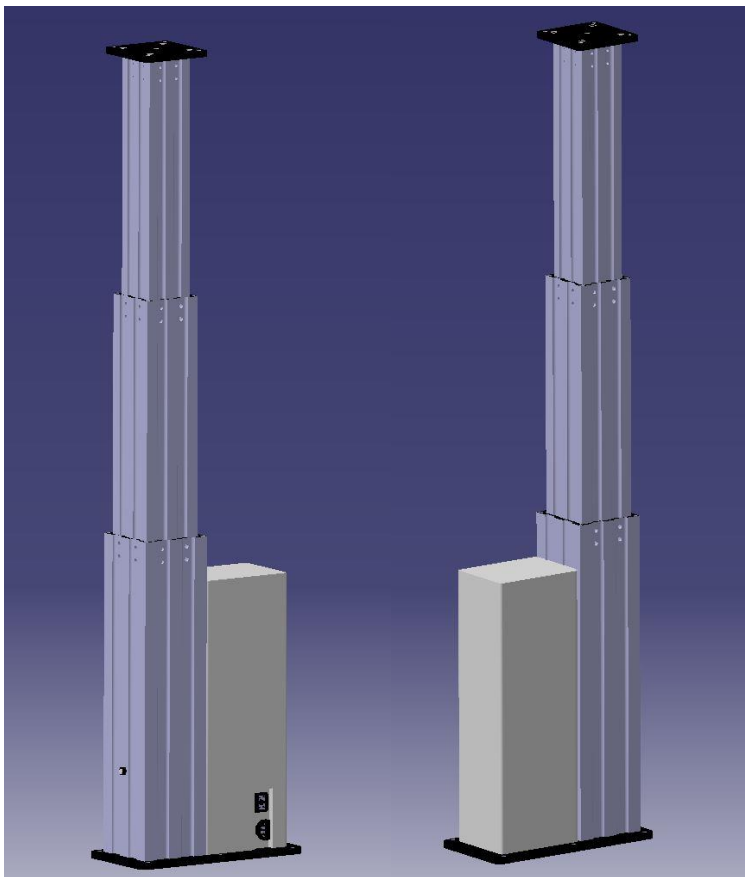


Figur 29. En bild från Catia v.5 på bakre delen av systemet i ett hopfällt läge i en annan vy (Författarnas egen bild).

En annan viktig sak som bör nämnas är att anledningen till att solpanelsanordningen går att fälla eller vika ihop är inte enbart för att komma åt under låga broar. Det också för att möjliggöra så renhållningsbåten kan tömmas då en lastbil måste kunna lyfta upp en skräpbehållare rakt upp och det hade inte gått om enbart ett tak av solpaneler legat över.

10.3.3 Elektromekaniska lyftkolumner

De elektromekaniska lyftkolumnernas funktion är att lyfta anordningen till en höjd som möjliggör att personalen kan röra sig obehindrat på båten. Kolumnerna är eldrivna och höjs upp med hjälp av en elmotor som sitter i ett hölje och som är fastkopplad med den nedersta lyftkolumnen. De är permanent placerade. Två stycken i främre delen och två i den bakre delen. I den första principlösningen i tidig konceptfas betraktades konceptet som att de två främre elektromekaniska lyftkolumnerna skulle transporteras fram och tillbaka, men ur hållfasthetssynpunkt betraktades konceptet som inte så bra. De belastas med ett böjmoment som gör att dem viker sig inåt och hela systemet kan därför kollapsa om de inte sitter fastskruvade på en stationär plats. Dimensionering av de elektromekaniska lyftkolumnerna och hållfasthetsberäkningar presenteras i bilaga 7. Nedan i figur 30 illustreras en bild på en elektromekanisk lyftkolumn i två vyer.



Figur 30. En bild från Catia v.5 på en elektromekanisk lyftkolumn i två vyer (Författarnas egen bild).

Kablarna är tänkta att gå från de elektromekaniska lyftkolumnerna ner under däck till batterierna och resterande maskineri. Enligt O. Théen (personlig kommunikation, 4 maj 2017) så är sammankoppling av den elektriska biten med reglering inga problem.

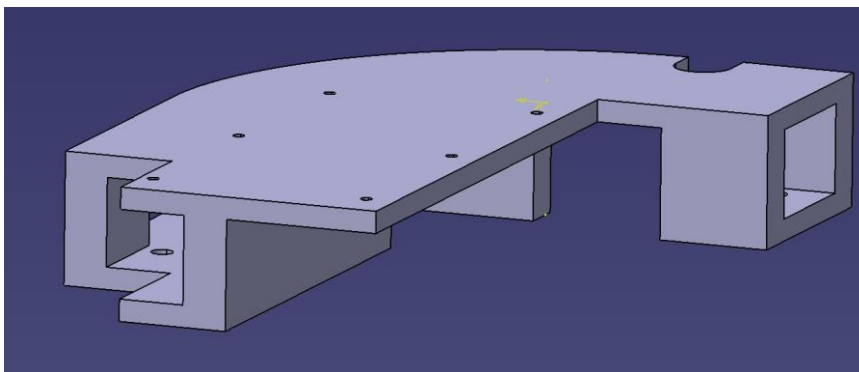
De elektromekaniska lyftkolumnernas prestanda presenteras i tabellen nedan och informationen kommer från ett produktblad från företaget Roemheld (Roemheld, u.d.).

Tabell 14. Denna tabell presenterar information och data för de valda elektromekaniska lyftkolumnerna.

Maximal axialkraft	2000 N
Maximalt vridmoment	500 Nm
Lyfthastighet	70 mm/s
El. koppling	230 VAC/50 Hz
Effekt	0,75 kW
Spänning	24 VDC
Maximal höjd i uppfällt läge	1908 mm
Maximal höjd i hopfällt läge	1020 mm
IP klass	54

Det finns dock vissa nackdelar med dessa kolumner som inte insågs för än efter konstruktionsarbetet. Enligt produktbladet (Roemheld, u.d.) så är bland annat de elektromekaniska lyftkolumnerna känsliga för vibration och är främst lämpade för verkstadsmiljö. De är också väldigt dyra som nämnts tidigare. Dessa är dock oberoende av resterande delsystem så en bättre lösning på detta delsystem hade kunnat lösa dessa problem som exempelvis med hydraulik. Däremot hittades ingen bra hydrauliklösning tidigare.

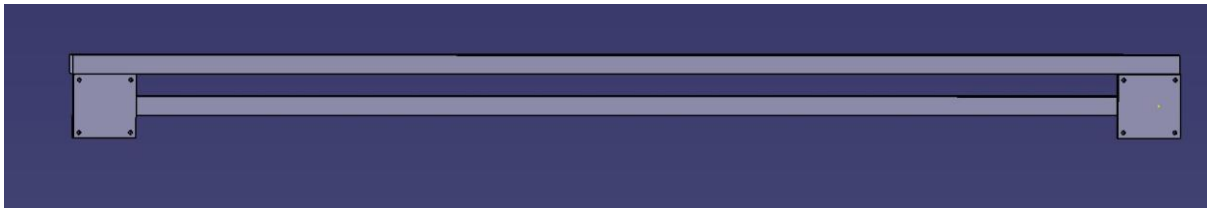
Ett fäste som kan ses i figur 31 konstruerades till de två bakre elektromekaniska lyftkolumnerna och inkluderas därför också i detta kapitel. Eftersom att luckorna som sitter i golvet i bakre delen på båten skulle kunna öppnas obehindrat, var detta fäste tvunget att skapas för att höja upp de bakre lyftkolumnerna för att vinna lite avstånd i höjddled. Materialet för fästet är rostfritt stål.



Figur 31. En bild från Catia v.5 på fäste till en lyftkolumn (Författarnas egen bild).

En egen balk som förbinder de bakre lyftkolumnerna måste införas på grund av att det gör hela systemet stabilare. Solpanelerna och de avlånga plattorna fästs i denna balk med gångjärn.

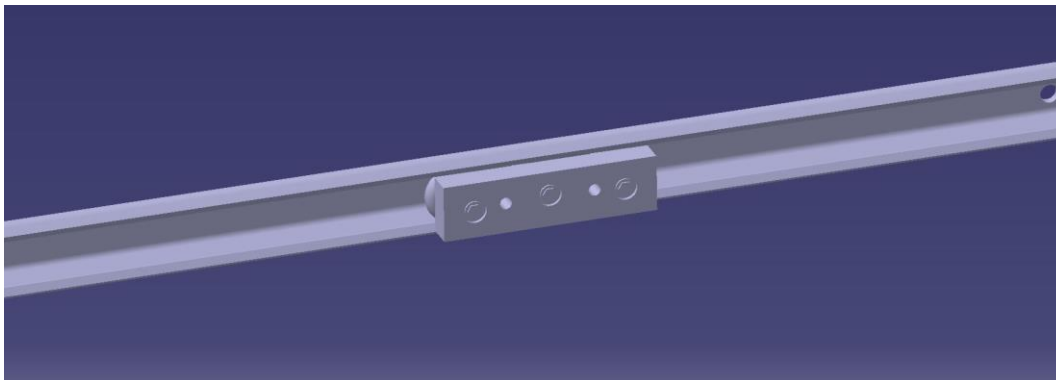
Där av dess viktiga funktion. Balken är utsatt för ett böjande moment på grund av solpanelernas, de avlånga plattorna och gångjärnens egentyngd. Böjmomentet i panelens infästningspunkt beräknades och kan ses i bilaga 7. Nedan i figur 32 presenteras en vy underifrån.



Figur 32. En bild från Catia v.5 på egen balk eller den förbindande balken för de bakre lyftkolumnerna som den också heter (Författarnas egen bild).

10.3.4 Linjärstyrning

Linjärstyrningarnas funktion är att möjliggöra anordningens transport (manuellt) från bakre delen av båten till främre delen. De består utav en räls som är fastskruvad vid insidan på staketet och en platta eller hållare med tre stycken metallhjul. Plattan rör sig fritt in i rälsen. Denna platta är i sin fastskruvad i de teleskopiska pelarna som är manuellt höj och sänkbara och kan ses i figur 33.



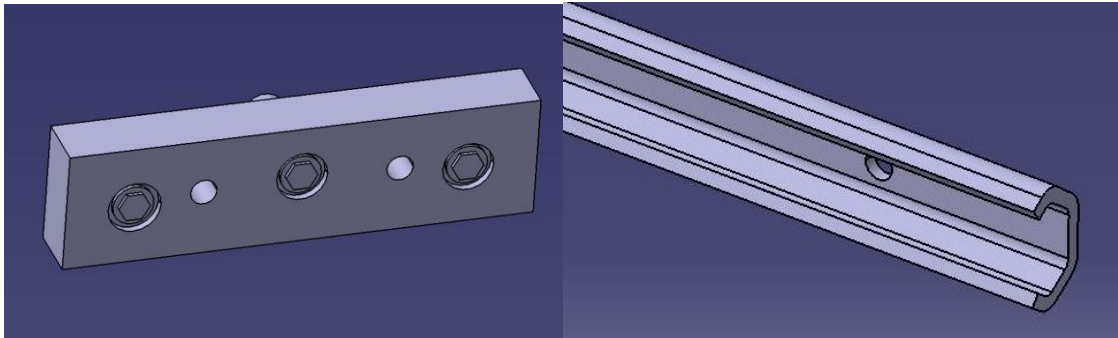
Figur 33. En bild från Catia v.5 på en linjärstyrning (Författarnas egen bild).

Linjärstyrningarnas prestanda presenteras i tabell 15 nedan och informationen kommer från ett produktblad (PBC Linear, u.d.) från företaget PBC Linear.

Tabell 15. Denna tabell presenterar information och data för de valda elektromekaniska lyftkolumnerna.

Material för räls	Förzinkad kolstål plåt eller rostfritt stål
Material för plattan/hållaren	Aluminium 6061-T6
Vertikal belastning	1330 N
Förflyttningshastighet	1,5 m/s

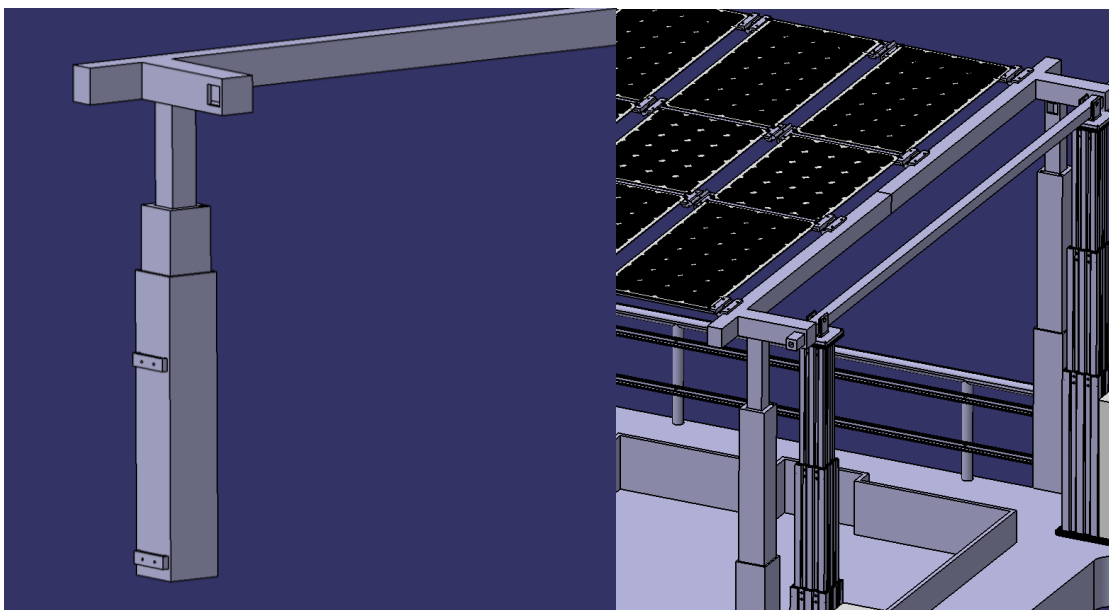
Värt att notera är rälsens inre C-formade profil som möjliggör den linjära rörelsen. Notera även skruvhålen i hållaren för hjul och teleskopiska pelare i figur 34.



Figur 34. En bild från Catia v.5 som illustrerar en hjulhållare samt rälsen till en linjärstyrning (Författarnas egen bild)

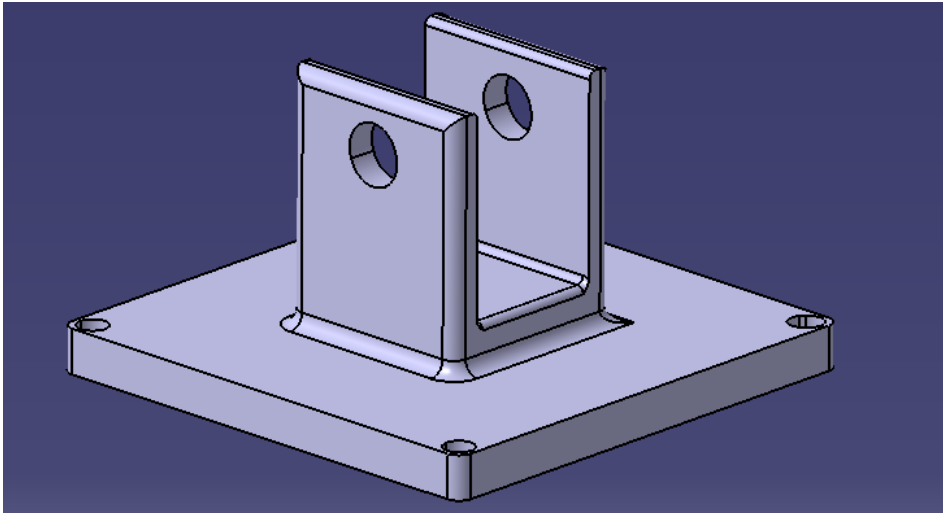
10.3.5 Teleskopiska pelare

Två stycken teleskopiska pelare rör sig fritt i rälsen och de är förbundna med en svetsad balk. Solpanelerna (gångjärnen och de avlånga plattorna) fästs i balken och när anordningen nått främre delen på båten, placeras balken i en hållare (manuellt) som skruvats fast och sitter på de främre lyftkolumnerna och sedan kan anordningen hissas upp. Pelarnas funktion är att transportera fram balken där panelerna är infästa. Att transportera fram teleskopiska pelare i stället för elektromekaniska lyftkolumner är en bättre lösning ur hållfasthetssynpunkt som nämnts tidigare. Elektromekaniska lyftkolumner är utsatta för ett vridmoment och genom att ha dem permanent placerade försäkras anordningens stabilitet. De teleskopiska pelarna är fritt rörliga i höjdlid och illustreras i figur 35 nedan.



Figur 35. En bild från Catia v.5 som illustrerar den högra delen med teleskopiska pelare (t.h.) och när teleskopiska pelare möter främre lyftkolumner (t.v.) (Författarnas egen bild).

Bilden till höger i figur 35 ovan visar hur gångjärnen är infästa i förbindelsebalken och hur balken i sin tur placeras på angiven plats i hållarna som sitter på de främre elektromekaniska lyftkolumnerna. Nedan i figur 36 illustreras dessa hållare och de är fastskruvade. Notera även hålet som är till för att det ska kunna gå att sätta in en säkerhetspinne som låser fast balken innan den lyfts upp. Dessa hållare, de fastsvetsade balkarna och de teleskopiska pelarna har alla samma material och detta är rostfritt stål. Detta är dels på grund av kostnaden men även för att det ska vara robust och klara en marin miljö.



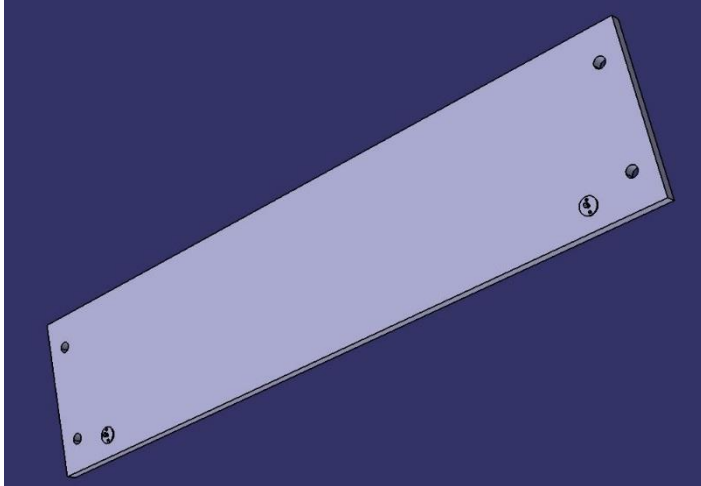
Figur 36. En bild från Catia v.5 som illustrerar en balkhållare till de främre elektromekaniska lyftkolumnerna så att stång kan låsas fast (Författarnas egen bild).

10.3.6 Solpanelhållare

Solpanelhållarnas funktion är att bära solpanelerna och ta upp deras vikt. Solpanelerna är känsliga och får inte belastas. Belastning i solpanelerna kan orsaka deras slitage och detta måste förhindras och detta är också en funktion som dessa hållare står för. De har också funktionen att agera som ett robust fäste för gångjärnen eftersom inga gångjärn kan fästas i solpanelerna på hållbart sätt.

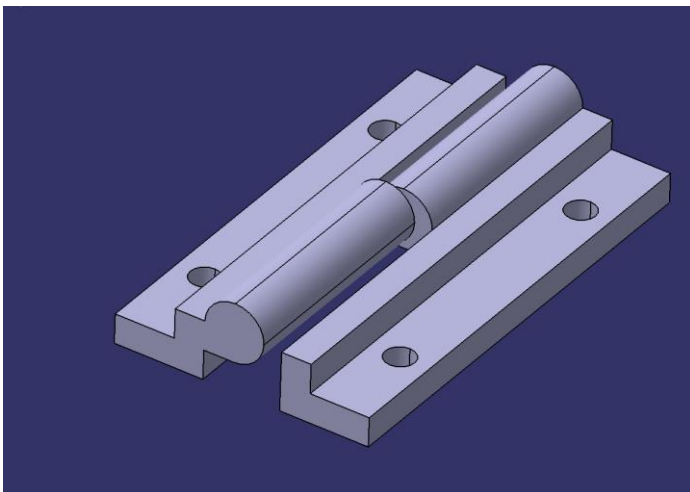
För att inte belasta hela anordningen med extra vikt som kommer från hållarna, gjordes en lämplig uppskattning av materialval då målfunktionen är att minska vikt på hållarna. Därför valdes aluminium som material för hållarna. Hållfasthetsberäkningar genomfördes för alla solpanelhållare (se bilaga 7). Detta gjordes för att beräkna det största böjande momentet i dem. Sedan kunde en platta dimensioneras som utsätts för det största böjande momentet. Spänningar och deformationer kunde därefter beräknas för dessa solpanelhållare eller avlånga plattor som de också kan benämnas och detta kan ses i bilaga 7.

Notera skruvhålen i figur 37 nedan som är till för gångjärnen som förbinder solpanelerna och dessa avlånga plattor. På bilden är endast två stycken tysktillverkade “LOXX-knappar” (SUNBEAMsystem, 2017) fastsvetsade. Dessa är till för att kunna fästa solpanelerna på dessa plattor. Dessa klarar enligt leverantören SUNBEAMsystem av storm vilket är vindstyrka på 25 m/s. De två stycken avlånga plattorna som sitter i mitten på en rad av anordningen har fyra stycken “LOXX-knappar”. Dessa är i rostfritt stål.



Figur 37. En bild från Catia v.5 som illustrerar en solpanelhållare eller avlång platta i aluminium som håller upp solpanelerna. (Författarnas egen bild)

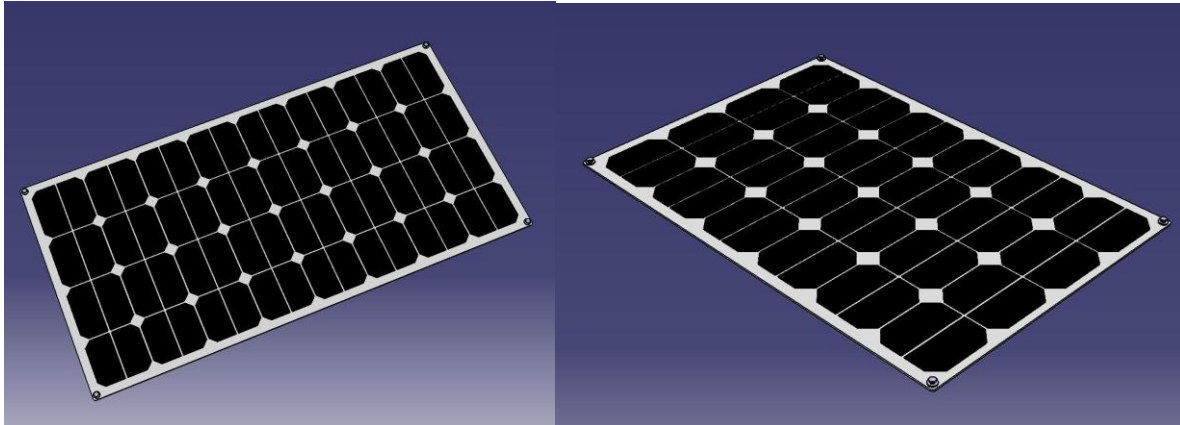
De avlånga plattorna är förbundna med två gångjärn som möjliggör att solpanelerna kan vinklas och packas på det sättet som är i det hopfällda läget för anordningen. Gångjärnen ska tillverkas i aluminium och maximalt kunna vinklas 180 grader och ses nedan i figur 38.



Figur 38. En bild från Catia v.5 som illustrerar ett gångjärn i aluminium för solpanelhållare eller avlång platta (Författarnas egen bild).

10.3.7 Solpaneler

De solpaneler som används i detta koncept för denna konstruktion är två stycken böjbara solpaneler från företaget SUNBEAMsystem och visas i figur 39. Dessa solpaneler heter T100f och T70f (SUNBEAMsystem, 2017). T står för "Tough" vilket enligt företaget betyder att solpanelerna skall klara av en tuffare miljö.



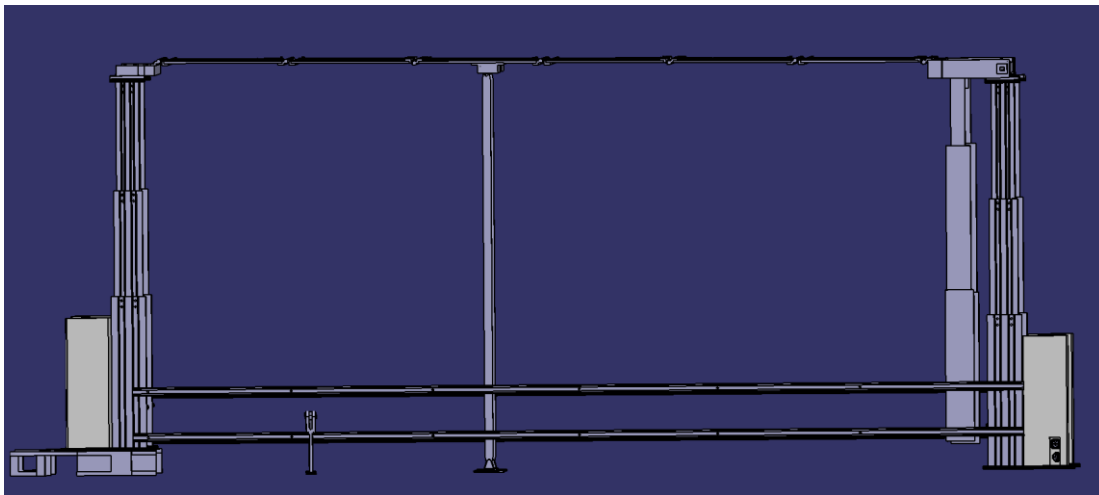
Figur 39. En bild från Catia v.5 som illustrerar de böjbara solpanelerna som används i konceptet. T100f (t.h.) och T70f (t.v.) (Författarnas egen bild).

Enligt leverantören SUNBEAMsystem (personlig kommunikation, den 4 maj 2017) så är det dock viktigt att panelerna inte får riskera att böjas allt för mycket på grund av vinden. Alltså att mitten av solpanelerna rör sig upp och ner. Detta för att det förr eller senare kommer att ske materialnötning i panelen vilket innebär att olika saker kommer gå sönder till slut. Dock så är de valda panelerna av modellen "Tough" vilket ska vara något mer robustare.

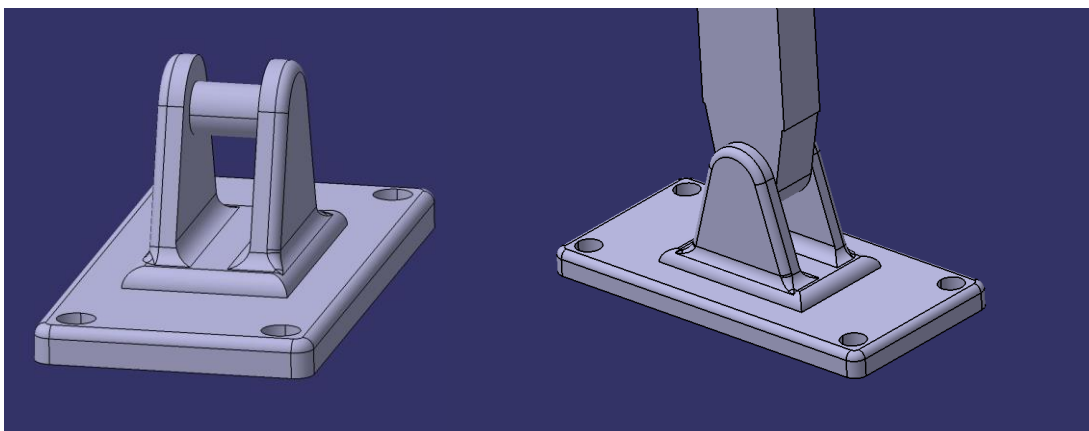
Kablar som medföljer vid beställning av dessa är så kallade "Flush-kablar" (SUNBEAMsystem, 2017) och dessa är enligt leverantören är mycket platta och praktiska kablar som har bästa livslängd och effekt. Det är tänkt att solpanelerna skall vara parallellkopplade med elektriska lösningar som kan göras av en elektriker eller leverantör. Det är även tänkt att kablarna skall gå mot den bakre delen av solpanelsanordningen och i uppfällt läge så hänger en flexibel kabel ner och anpassar sig och följer med då anordningen sänks och höjs. Dessa kablar är sedan tänkta att gå ner under till maskinrummet där batterier med mera finns. Eventuellt kan dessa kablar även gå via de elektromekaniska lyftkolumnerna och ner. Detta är inget problem för projektbeställare på Greenstar Marine och detta kan lösas av dem själva (personlig kommunikation, den 4 maj 2017).

10.3.8 Stöd för solpanel

För att försäkra anordningens stabilitet och avlasta de elektromekaniska lyftkolumnerna från solpanelernas och plattornas egenvikt infördes ett delsystem till som benämns “stöd för solpanel”. Något skild från mitten placeras två stycken stödben och är vridbara i två fästen som sitter fastskruvade i golvet. Då hela systemet är i ett uppfällt läge och på sin maximala höjd kan stödbenen resas upp och detta görs för hand. Stödbenen ligger på golvytan då systemet inte används. Anordningen klarar dock givetvis också av att sänkas ner utan stödbenen under perioder då båten exempelvis skall åka under en bro eller liknande. Då hyttens golv går ner en bit under däck påverkas ej föraren. Stödbenen och fästet skall tillverkas i materialet rostfritt stål. Stödbenen kan ses i figur 40 och fästet i figur 41 nedan.

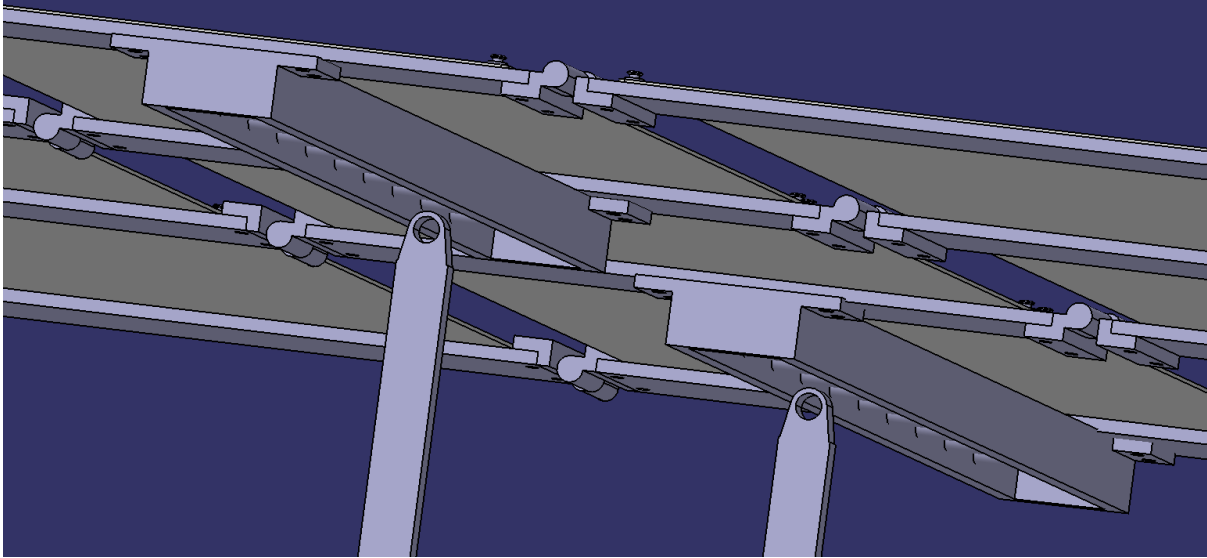


Figur 40. En bild från Catia v.5 som illustrerar hur stödbenen ser ut i ett uppfällt läge för systemet som kompenserar för solpanelernas vikt (Författarnas egen bild).



Figur 41. En bild från Catia v.5 som illustrerar ett fäste i golvet som stödbenen är vridbara i och är i rostfritt stål. (Författarnas egen bild).

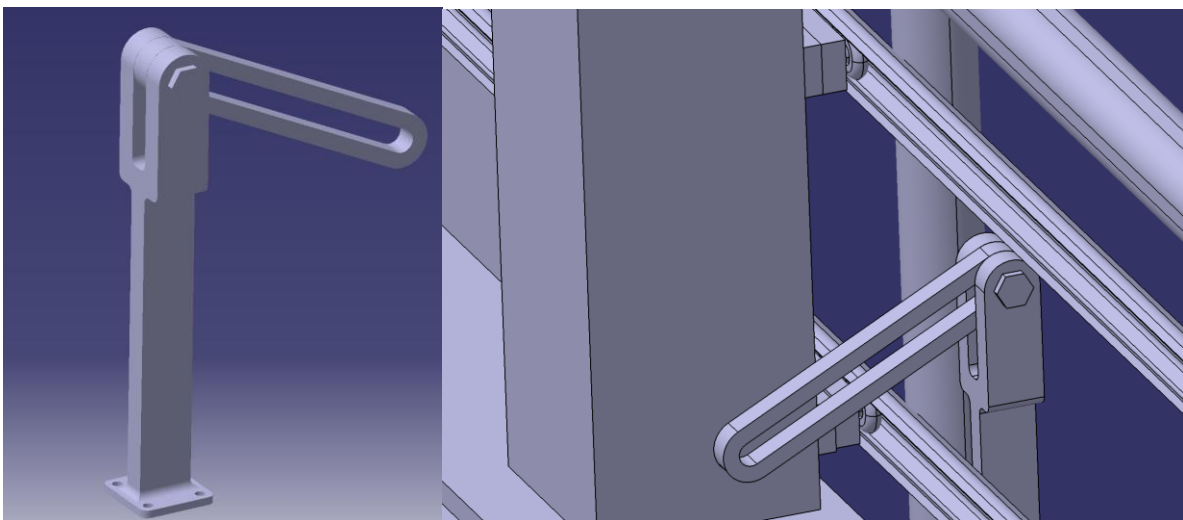
På undersidan av solpanelsanordningen sitter två stycken stödbalkar monterade som är gjorda i materialet aluminium. Dessa sitter fastskruvad i de avlånga plattorna som går att se i figur 42 nedan. De har funktion att låsa fast stödbenen när solpanelsanordningen skall avlastas. Inne i stödbalken sitter det fastsvetsade cylindrar eller cirkulära stänger som gör att stödbenen kan sättas fast. Den rundade spetsen på stödbenen gör att de lätt kunna förflyttas ur sin fasta position genom handkraft (går även att höja upp lyftkolumnerna något).



Figur 42. En bild från Catia v.5 som illustrerar hur stödbalkarna i aluminium sitter på undersidan av solpanelsanordningen (Författarnas egen bild).

10.3.9 Låsningsmekanism för anordningen i hopfällt läge

När hela anordningen kommer till ett hopfällt läge så måste systemet låsas fast så att det inte kommer i rörelse. Detta görs med hjälp av en hasp i rostfritt stål som visas i figur 43 nedan.



Figur 43. En bild från Catia v.5 som visar hur låsningsmekanismen för ett hopfällt läge ser ut och fungerar. Haspen kan röra sig fritt och föras fram och bak (Författarnas egen bild).

10.4 Kostnadsuppskattning och sammanställning av komponenter

Resultatet av kostnadsuppskattningarna för respektive delsystem, modul och komponent samt tillbehör sammanställdes i två Excel-dokument i form av kalkyler och finns i tabell 16 nedan men även andra exempel på kostnadsuppskattningar finns i bilaga 10.

Det gick då att uppskatta att kostnaden för hela konceptet skulle kosta ungefär 450 000 kr om det koncept som konstruerats skulle tillverkas och köpas in idag som endast en produkt. Det som gör att kostnaden blir så hög för denna produkt är för att de elektromekaniska lyftkolumnerna kostar 93 500 kr/styck (utan rabatt) och att bara solpanelerna kostar 65 820 kr tillsammans. Greenstar Marine har en rabatt här på solpanelerna från SUNBEAMsystem men det kan inte antas att alla potentiella kunder och beställare i framtiden har rabatt. Se tabell 16 för sammanställning av kostnad och komponenter.

Tabell 16. En tabell över samtliga komponenter och dess kostnad för det framtagna konceptet.

	Antal (st)	Kostnad (kr)	Tillverkningskostnad	Total kostnad (kr)	Kommentar
Solpaneler					
T100f	12	3 990,00 kr		47 880,00 kr	
T70f	6	2 990,00 kr		17 940,00 kr	
LOXX-knappar och fästen	72	0			Ingår i totala kostnaden
Kablar		0			Ingår i totala kostnaden
Summa:				65 820,00 kr	Greenstar har dock rabatt
Solpanelhållare					
Avlång plattor	24	192,62 kr	500,00 kr	5 122,83 kr	
Gångjärn	28	150,00 kr		4 200,00 kr	
Stödbalk	2	765,00 kr	800,00 kr	2 330,00 kr	
Stödben	2	855,30 kr	500,00 kr	2 210,59 kr	
Stödbensfästen	2	166,39 kr	520,00 kr	852,78 kr	
Summa:				14 716,20 kr	
Elektromekaniska lyftkolumner					
Elektromekaniska lyftkolumner	4	93 500,00 kr		336 600,00 kr	Rabatt 10 %
Batterier	4				
Kablar					
Fäste för lyftkolumner	2	5 071,92 kr	1 000,00 kr	11 143,84 kr	
Summa:				347 743,84 kr	
Teleskopiska pelare					
Hasp/låsningmekanism	2	161,35 kr	500,00 kr	822,70 kr	
Fastsvetsad anordning av stänger				10 739,92 kr	
Ihålliga pelare med kvadratisk tvärsnitt					Ingår i kostnad ovan
Hållare, fäste för stång					Ingår i kostnad ovan
Summa:				11 562,62 kr	
Linjärstyrning					
Vagn komplett	4	428,00 kr		1 712,00 kr	
Räls	10	407,60 kr		4 076,04 kr	
Summa:				5 788,04 kr	
Total summa kostnad:				445 630,71 kr	

Däremot så är det mycket viktigt att poängtera att det skiljer sig väldigt mycket på hur många koncept som tillverkas och säljs. Massproduceras produkten skulle kostnaderna kunna halveras enligt O. Théen (personlig kommunikation, u.d.).

Han nämner även att de kritiska elektromekaniska lyftkolumnerna troligtvis skulle kunna gå att få för 30 000 kr styck istället för dagens 93 500 kr styck. Det är en mycket stor minskning i kostnad men är trots allt rimligt om det massproduceras då speciella avtal skulle kunna skrivas.

Med hänsyn till detta så skapades en andra kalkyl som nämnts tidigare och kan också ses i bilaga 10. Om denna kalkyl har lyftkolumner för 30 000 kr/styck skulle produkten totalt kosta 229 030 kr. Detta något mer än en halvering av priset. Detta är en mycket mer rimlig kostnad för denna typ av produkt och priset skulle även kunna sänkas ännu mer men exakta priser går inte att fastställa då dessa förhandlas fram. För mer exakt kostnadsuppskattning för respektive delsystem, modul och komponent, se bilaga 10 återigen.

Senare i kapitel 11.3 så tas återbetalningstid upp och då finns ett exempel där hela systemet kostar 200 000 kr. Återbetalningstiden är beroende av bland annat energipris, geografisk verkningsgrad och systemets kostnad med mera.

11 Verifiering av konceptet

I detta kapitel beskrivs resultatet av verifieringen av det framtagna konceptet

11.1 Verifiering och utvärdering av funktioner och prestanda

Konceptet uppfyller alla huvudfunktioner. Detta betyder att funktionen att ladda batterierna och att skapa ytor att placera solpaneler på uppfylls. Laddningseffekten är också maximerad utifrån omständigheterna. Det enda som kan anmärkas på vad gäller huvudfunktionerna är konstruktionens robusthet. Solpanelerna är känsliga och allt för hårda vindar vid storm kommer de troligtvis inte klara av. Men då kan anordningen fällas ihop eftersom resterande konstruktion är väldigt robust.

Vad gäller prestandan så klarar de elektromekaniska lyftkolumnerna av yttre belastning på 500 N i horisontell led men det beror också på om det är högst upp eller längst ner som det belastas. Absolut högst upp klarar inte konceptet av 500 N. Däremot så tål konceptet den vertikala belastningen på 2000 N per lyftkolumn. Anordningen skall enligt beräkningar och given information klara av 25 m/s vilket innebär storm. Däremot går konceptet att fällas ihop vilket är optimalt.

Solpanelanordningens maximala höjd är under 2000 mm och solpanelens maximala höjd i nedfällt läge är 1000 mm vilket har kunnat bekräftas i Catia v.5. Däremot väger solpanelsanordningen något mer än 500 kg men detta gör inget även om en lättare konstruktion hade varit bättre givetvis.

Konceptet hade inga begränsningar prismässigt inledningsvis. Däremot sattes 250 000 kr som en gräns och det uppfyller inte anordningen om de elektromekaniska lyftkolumnerna används då det är väldigt dyra. Däremot beräknas kostnaden bli runt 230 000 kr om ett annat höj och sänkbart delsystem införs men priset kan även sänkas ännu mer och komma under denna summa om konceptet massproduceras.

Det finns även tillräckligt med plats för operatörer att arbeta då anordningen är i ett uppfällt läge. Givetvis blir det något begränsat i bakre delen av båten när anordningen är i ett hopfällt läge men detta går inte att påverka. Motorluckor går även att öppna under körning då anordningen fälls upp och den fungerar även i hamn som i drift i ett uppfällt läge beroende på vad användaren önskar. Anordningen är även mycket användarvänlig även om tester givetvis måste göras för att säkerhetsställa. Det går dock att konstatera att ingen utbildning eller förkunskaper krävs för att förstå hur den skall användas.

En annan viktig sak är att konceptet skall vara universellt. Principen av konceptet går att använda på olika typer av båtar men det går inte att bara att sätta på denna typ av anordningen utan att mått och liknande stämmer vilket dock är självklart. Dimensionerna kan dock anpassas och göras i samma fabrik i olika storlekar och på så skulle det kunna vara universellt. Annars anses det svårt att tillämpa konceptet om inga ändringar görs på koncept eller båt som det ska användas på.

Denna verifiering kan listas långt men sammanfattningsvis så uppfyller konceptet sitt syfte med avseende på huvudfunktionerna och minskning av energi som tas från stadsnätet. Även om det finns utvecklingspotential och saker kan förbättras.

11.2 Förslag och rekommendationer på vidareutveckling

De elektromekaniska lyftkolumnerna som visades och beskrevs i konstruktionskapitlet är den svaga punkten i konceptet. Deras pris påverkar hela konceptet och därför tittades det på andra system som kan ersätta dessa elektromekaniska lyftkolumner. Leverantören kontaktades först via mejl om priset utan respons. Dock så fattades då ett beslut om att konstruera vidare med de elektromekaniska lyftkolumnerna som ett delsystem innan offerten kom. Detta innebär att CAD modeller och ritningar för de elektromekaniska lyftkolumnerna behålls.

Däremot ges här förslag på vilka andra system skulle kunna vara aktuella istället. En bra lösning istället kan vara hydrauliska teleskopcyndrar under förutsättningar att dem klarar av de böjande moment som de utsätts för. Se hållfasthetsberäkningar i bilaga 7 för exakt data. Hydraulik är även mycket bra för marin miljö men det finns också risk här för att det blir svårt att hitta sådana som inte är alltför överdimensionerade i lastkapacitet då det blir onödiga kostnader som då tillkommer. Detta är bland annat en orsak till varför de elektromekaniska lyftkolumnerna valdes.

De elektromekaniska lyftkolumnerna i sig (som ett eget delsystem) har ingen påverkan på de andra delsystemen och komponenterna. Detta betyder att de inte är fast förbundna eller fastsvetsade med andra delsystem och detta gör dem ersättbara. Alltså, skulle det visa sig att det finns bättre och billigare lösningar istället för de elektromekaniska lyftkolumnerna så är det bara att byta ut dem mot det nya systemet.

Solpanelerna är fastsatta på solpanelhållarna (de avlånga aluminium-plattorna) med hjälp av "LOXX-knappar". Enligt leverantören (SUNBEAMsystem, 2017) ska dessa knappar försäkra att solpanelerna klarar storm (25 m/s). Blir det då storm då kan panelerna börja vibrera och böja sig. Panelerna klarar böjning eftersom det är böjbara solpaneler, men det vill undvikas en konstant rörelse som kan leda till utmattning i panelerna. För att undvika en konstant böjande rörelse och bildning av luftfickor vid solpanelernas undersida som orsakas av vindens hastighet, så kan det rekommenderas att konstruera ett skydd.

Detta skydd kan vara i form av en tunn skiva som helst är väldigt hårt och lätt med en bra hållfasthet. Detta kan till exempel vara en hård plast eller något annat lätt och starkt material som täcker solpanelernas undersida. Det är dock viktigt att vikten inte ökas för mycket på detta skydd eftersom detta fanns i åtanke från början och är därför konceptet ser ut som det gör och inte har det redan. Alltså ska skyddet minimera solpanelernas böjande rörelse och det är skyddet som belastas av hårda vindar i första hand då.

I dagsläget finns även ett litet glapp mellan panelerna. En rekommendation för vidareutveckling skulle kunna vara att konstruera gångjärn så att glappet minskar. Dock måste panelerna kunna vikas utan att de går i varandra. Detta skulle då resultera i att det fås mer plats för fler paneler. Just på denna renhållningsbåt som arbetet utgått ifrån är detta avstånd så litet det går. Däremot kan detta vara bra att ta hänsyn till på en annan båt.

Denna ökning av area med solpaneler är inte så värst stor, men mer solpanelsarea betyder att det kan generera mer effekt och energi.

Ett annat problem som kan uppstå är då solpanelsanordningen skall dras ut från ett hopfällt läge. Detta problem är att anordningen måste justeras lite för hand då den transporteras över

hytten för att den inte ska fastna där men detta gäller då för den befintliga renhållningsbåten men problemet kan även uppstå på andra båtar. Konstruktörerna var medvetna om problemet från första början, men dem fick en frihet att ändra vissa saker på den befintliga båten för att konceptet ska fungera. Då båtens hytt kan göras om och ändras var detta inte något problem längre. I rapporten behandlas inte omkonstruktion av hytten.

Det finns även en risk att panelerna eventuellt kan vecklas ut osymmetriskt (trots att gångjärnen endast kan vinklas 180 grader) eller att panelerna hänger ner och slår i hytt och golv innan panelerna dragits ända ut. Ett förslag eller en rekommendation för att lösa dessa problem är att det införs någon form av styrning på sidorna eller under panelerna som gör att panelerna alltid vecklas ut symmetriskt varje gång. Detta kan dock eventuellt vara en relativt komplex mekanism i sammanhanget så detta arbete kan då ta lite tid att utveckla. En annan sak kan vara att införa en vajer som går under som gör att panelerna inte hänger ner när de vecklas ut. Detta är dock saker som bör simuleras och testas i form av någon prototyp.

11.3 Slutgiltig beräkning av energin som solpanelsanordningen ger

I detta kapitel beräknas den energi i kWh som den mekaniskt uppfällbara solpanelsanordningen kan generera till renhållningsbåten utifrån det slutgiltiga konceptet. För utförliga energiberäkningar och sammanställningar, se bilaga 8 och 9.

Med ekvation (4) från teorikapitlet som tagits fram utifrån erhållen kunskap av tillgänglig forskning, så går det att beräkna den energi som solpanelsanordningen kan utvinna.

$$E = \eta \cdot 1000 \frac{kWh}{m^2} \text{ per år} \cdot A \cdot \cos \alpha \quad [kWh/\text{år}] \quad \dots(4)$$

η är solpanelens verkningsgrad och är ett konstant värde oberoende var någonstans i världen anordningen befinner sig. Solpanelerna som visas i rapporten för det vinnande konceptet och i kapitlet "Konstruktion av konceptet" är från leverantören SUNBEAMsystem och har en verkningsgrad 22 %. Verkningsgraden beräknas utifrån den valda solpanelens tekniska specifikation och givna data från leverantören.

Hur mycket energi solcellerna levererar och hur snabb återbetalningstiden det blir, beror främst på det geografiska läget där solpanel anordningen finns. Detta geografiska läge är kopplat till en geografisk verkningsgrad och enligt Solkartan från Göteborg Energi (Göteborg Energi, 2017) är det 1000 kWh/m² i Göteborg i genomsnitt per år.

I beräkningarna så måste det tas hänsyn till att solen hela tiden rör på sig på himlen och vart i världen renhållningsbåten befinner sig. Detta innebär att det slutgiltiga konceptets solpaneler inte hela tiden har en infallsvinkel på 90 grader, det vill säga vinkelrät mot solen. Men för att underlätta beräkningar sätts $\cos \alpha$ lika med 1, vilket innebär ideala förhållanden.

Detta måste antas eftersom det blir svårt att beräkna annars. Givetvis spelar skuggning, värme och andra faktorer en viktig roll men för att på något sätt ändå uppskatta ett rimligt värde kan ändå en del punkter försummas, så som de nämnda.

Detta ger slutligen att den energi som båten uppskattas utvinna i Göteborg är

$$E = 0,22 \cdot 1000 \frac{kWh}{m^2} \text{ per år} \cdot 9,4 \cdot 1 = 2068 kWh/\text{år}$$

Däremot säger inte detta så jättemycket utan det viktiga är egentligen vad som solpanelerna kan generera per dag och utifrån detta fås det att energikällor, dvs. solpaneler levererar 5664 Wh per dygn. Renhållningsbåten har en batteribank med 17152 Wh. Detta är alltså den summa energi som finns tillgänglig varje dag som båten körs ut efter uppladdning.

Summan av alla förbrukare under en arbetsdag är 13942 Wh. Den energin som måste kompenseras från stadsnätet är 8278 Wh per dygn om denna solpanelsanordning finns. Hade inte solpanelerna funnits hade alltså det varit nödvändigt att ta 13942 Wh från stadsnätet.

Slutsatsen är att energin som finns i batteribanken räcker väl för att båten ska kunna utföra sina uppgifter under en arbetsdag utan solceller på båten. Enligt beräkningar ovan kommer det att vara 3210 Wh (batteribank subtraherat med energiförbrukare) kvar i batteribanken när båten är tillbaka i hamnen efter en arbetsdag. Detta gäller då solcellerna inte laddas vid drift ute på vattnet och solpanelsanordning är i ett hopfällt läge. Skulle solpanelsanordningen vara uppfällt läge hela tiden så behöver den återigen kompenseras i snitt med 8278 Wh.

Det kan vara svårt för någon som inte är insatt att avgöra om detta är bra eller dåligt. Därför har en sammanställande tabell skapats för att illustrerar återbetalningstiden för olika platser i världen med hänsyn till den totala kostnaden för hela systemet och energipris. Energipriset har antagits vara 2 kr per kWh och denna sammanställning är alltså väldigt optimistisk. Se tabell 17 nedan för att avgöra om energiberäkningar ovan är bra eller dåliga ur investeringssynpunkt.

För energiberäkningar i andra platser av världen som till exempel medelhavet och Australien, se bilaga 8 och 9. I medelhavet så kan solpanelerna generera 11 325,6 Wh per dygn och om då förbrukningen per arbetsdag då är 13 942,6 så behövs endast 2 616,9 Wh kompenseras från stadsnätet för att ladda batteribanken. I Australien är den dagliga genererade energin på 15 285,6 Wh vilket innebär att nästan hela batteribanken på 17 152 Wh kan laddas bara från solpanelerna. Detta är mycket bra men då måste optimala förhållanden gälla. Här genererar alltså solcellerna ett energiöverskott per dygn och år vilket innebär att den energin som blir över skulle kunna gå att sälja eller lagras på något annat ställe. Hur detta skall lösas är en annan frågeställning.

Tabell 17. I denna tabell illustreras en sammanställning av återbetalningstiden.

Sammanställning av återbetalningstiden

System med elektromekaniska lyftkolumner (93 500 kr styck)			
Systemets position	Geografisk verkningsgrad (%)	Systemets kostnad (kr)	Återbetalningstid (år)
Göteborg	14,3	445 630,71 kr	108
Medelhavet	28,6	445 630,71 kr	54
Australien	38,6	445 630,71 kr	40
Exempel: System med andra lyftkolumner (30 000 kr styck)			
Systemets position	Geografisk verkningsgrad (%)	Systemets kostnad (kr)	Återbetalningstid (år)
Göteborg	14,3	229 030,71 kr	55
Medelhavet	28,6	229 030,71 kr	28
Australien	38,6	229 030,71 kr	21
Exempel: System som massproducerats och kostar 200 000 kr			
Systemets position	Geografisk verkningsgrad (%)	Systemets kostnad (kr)	Återbetalningstid (år)
Göteborg	14,3	200 000,00 kr	48
Medelhavet	28,6	200 000,00 kr	24
Australien	38,6	200 000,00 kr	18

Som det går att se är en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning belägen i Göteborg inte speciellt bra ur ett investeringsperspektiv. Det tar alltså 108 år att få tillbaka den summa som en investerare spenderat för ett system som kostar 445 631 kr.

Däremot går det att se att detta system är väldigt bra om det massproduceras och det går att få ner priset till 200 000 kr per system. Fortfarande är konceptet inte lika bra i Göteborg men om systemet finns i Australien så kan återbetalningstiden med detta koncept gå ner till 18 år. Detta får anses som ett bra värde. Även i medelhavet skulle en massproducerat produkt vara bra med 24 år i återbetalningstid i jämförelse med Göteborg.

12 Slutsats

Slutsatsen av arbetet kan inledas med att behandla frågeställningen om vilka krav användaren och kunden ställer på en mekanisk lösning på en solpanelsanordning till renhållningsbåten. Projektbeställaren Greenstar Marine och användarna på Park och Naturförvaltningen hade många önskemål och krav och dessa togs hänsyn till i kravspecifikationen och arbetet fick försöka se till att alla uppfylla alla så gott det gick.

En stor erfarenhet av denna fas är att en projektbeställare kan komma att ändra sig angående sina önskemål och krav längs vägen och ändra spelreglerna med nya tankar och idéer som måste tas hänsyn till. Detta är bra men kan ta mycket tid i ett arbete där det finns begränsad tid. De viktigaste kraven var att solpanelsanordningens funktion var att ladda batterierna, skapa ytor att placera solpaneler på, maximera laddningseffekten och att vara robust. En annan sak som är viktig är att ge denna inledning tid då det är bra att verkligen få med sig mycket information i början.

En annan slutsats kan också dras för frågeställningen kring vilka alternativ på lösningar som finns på marknaden idag eller förväntas finnas inom en snar framtid. Erfarenheten av detta arbete har genererat en förståelse för att det kan vara svårt att hitta lösningar på saker som det inte redan finns tydliga liknande existerande lösningar på. En erfarenhet av detta är att det får tittas på andra lösningar till andra tillämpningar som på så sätt kan sättas samman till en önskad idé eller uppfinning. Exempel på alternativa lösningar är användandet av olika typer av solpaneler, höj och sänkbara mekanismer, vridbara mekanismer för solpaneler så att de kan anpassa sig efter solen och olika anordningar och konstruktioner som håller upp systemet. En mer konkret lösning på en alternativ lösning för hela systemet kan vara ett höj och sänkbart solpanelstak under förutsättning att skräptömning inte begränsas vilket det i många fall gör.

Angående hur det kan tas fram ett koncept på en mekanisk lösning på en solpanelsanordning till en renhållningsbåt så att det går att få ut så mycket energi och effekt som möjligt, så kan följande slutsats dras. Att få ut så mycket energi som möjligt av en solpanelsanordning är såklart väldigt viktigt för användare och slutkonsument men hänsyn måste också tas till hållfasthet, elektronik och kostnad med mera bortsett från de krav som projektbeställare och användare ställer. Erfarenheten av detta har resulterat i att hellre begränsa den energiupptagande ytan något och göra en stabilare konstruktion så att anordningen håller för annars fallerar konstruktionen.

På grund av detta ser det valda och slutgiltigt framtagna konceptet ut som det gör. Konceptet går att fällas ihop och upp för att exempelvis kunna komma under låga broar och möjliggöra skräptömning. Den kan även fällas ihop för att klara hårda vindar med mera. Detta koncept uppfyller många krav och önskemål och ger en bra energiupptagande area samtidigt som den är robust. Konceptet kan även tillämpas på många olika typer av renhållningsbåtar även om viss anpassning måste göras för att det ska stämma överens helt perfekt.

Genom beräkningar som gjorts går det då att fastställa att solpaneler i dagens läge i Göteborg inte ger tillräckligt mycket energi för att någon skulle vilja investera i en allt för dyr anordning vilket i detta fall är runt 450 000 kr. I detta stadié så är lösningen inte speciellt rimlig ur en produkt- och investeringskostnads perspektiv. Dock är detta mycket på grund av de elektromekaniska lyftkolumnerna. Konceptet skulle också kunna komma ner i pris om den massproducerades vilket enligt beräkningar kan bli mellan 200 000 till 250 000 kr.

Det bör även nämnas att studie av energiförbrukningen har i samband med projektbeställare som har hand om det elektriska framdrivningssystemet, gjort kvalificerade uppskattningar och antaganden då inte exakta värden kunde tas fram. Detta har resulterat till ytterligare en erfarenhet i att ingenjörsmässig intuition och erfarenhet är en stor del i beräkningar. Detta gjordes även under delen vid kostnadsuppskattning av egna konstruerade delar.

En annan slutsats är att denna typ av solpanelsanordningen inte lämpar sig som bäst i Göteborg och Sverige utan geografiska verkningsgraden kan fördubblas eller till och med trefaldigas i exempelvis medelhavet eller Afrika vilket dock kan konstateras utan beräkningar.

Avslutningsvis ska det poängteras att det här konceptet på en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till en renhållningsbåt går att vidareutvecklas och är ett bra underlag för det. Det finns många punkter och delar i detta arbete bortsett från det slutgiltiga konceptet som andra konstruktörer och ingenjörer kan använda som underlag för att ta hjälp vid konstruktion av en liknande produkt. Det ger en tydlig bild av vad som är möjligt och inte, vad som finns på marknaden och vilka tekniker som går att använda sig av.

Referenser

3TIER. (u.d.) *What is Direct Normal Irradiance?* Hämtad från:

<http://www.3tier.com/en/support/solar-prospecting-tools/what-direct-normal-irradiance-solar-prospecting/>

[2017-02-09]

Baranzahi, A. (u.d.). *Partiell Skuggning i solpaneler*

Hämtad från: <http://solarlab.se/solpanel/datablad/partiell-skuggning.pdf>

[2017-02-02]

Baranzahi, A. (2013). *Vad är partiell skuggning?*

Hämtad från: <http://solarlab.se/solpanel/knowledgebase/faq/vad-ar-partiell-skuggning/>

[2017-02-02]

Baranzahi, A. (2013). *Vad är en solcell?*

Hämtad från: http://solarlab.se/solpanel/knowledgebase/faq/vad_ar_en-solcell/

[2017-02-09]

Cai, W., Si, N., Zheng, B., Yang, Z., Chen, W. (2012). Patentnummer CN202175192 (U).

Espacenet: Patent search.

[2017-05-03]

Guo, L. Cai, Y, Lin, Z. (2011) Patentnummer CN201941960 (U). Espacenet: Patent search.

[2017-05-03]

Göteborg Energi. (2017) *Solkartan*. Hämtad från:

https://www.goteborgenergi.se/Foretag/Projekt_och_etableringar/Fornybar_energi/Solceller/Solkartan

[2017-05-15]

Ecosphere Technologies Inc. (2017). *Technologies: Ecos PowerCube*. Hämtad från:

<http://www.ecospheretechnologies.com/environmental-engineering-technologies/powercube>

[2017-04-28]

EON. (2017) *Normalförbrukning: Genomsnittlig förbrukning i villa*. Hämtad från:

<https://www.eon.se/privat/for-hemmet/energiradgivning/normalfoerbrukning.html>

[2017-02-10]

Erlandssons brygga. (u.d.). *Solpanel vikbar 80W*. Hämtad från:
http://www.erlandssonsbrygga.se/Hemsida/El_Laddning/Solcell_Vindkraft/Solcell_Regulator/SOLPANEL_VIKBAR_80W?id=05726
[2017-03-04]

Grainger. (2016). *Hand Winches, Dutton-Lainson*. Hämtad från:
[https://www.grainger.com/product/DUTTON-LAINSON-Hand-Winches-WP97564/_N-k17?breadcrumbCatId=4529&s_pp=false&picUrl=//static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/6W045_AS01?\\$smthumb\\$](https://www.grainger.com/product/DUTTON-LAINSON-Hand-Winches-WP97564/_N-k17?breadcrumbCatId=4529&s_pp=false&picUrl=//static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/6W045_AS01?$smthumb$)
[2017-03-05]

Green, M. (2002) *Solceller: Från solljus till elektricitet*
Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Johannesson, H., Persson, J-G., & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.

Lego Elektronik. (u.d.). *Vridbar solpanelshållare*.
Hämtad från: <https://www.legoelektronik.se/sortiment/sol-vind/solpanel-bat/vridbar-solpanelhallare.html>
[2017-03-04]

Lindstedt, P., Burenius, J. (1998). *Professionellt Projektarbete, Del 1 Värdeserien*. Ödeborg: Nimba AB

Lindstedt, P. (2017) *Värde modellen (Version 1.0) [Mobil programvara]* Hämtad från
<http://itunes.apple.com>
[2017-04-26]

Lufta Brandventilation. (2011). *Manuell Vinsch WA50 & WA100*.
Hämtad från: http://www.lufta.se/mekaniska/vevar/manuell_vinsch_wa50_amp_wa100/
[2017-03-05]

Marco AB. (2016). *Höjdsaxbord: M2 005180-D12H*
Hämtad från: <http://marco.se/produkt/m2005180-d12h/>
[2017-03-05]

NASA Earth Observatory (2001). *Solar insolation images*. [Elektronisk bild].
Hämtad från: <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=1355>
[2017-02-09]

Ocius. (u.d.). *SolarSailor Ferries: Current Designs*. Hämtad från: <http://ocius.com.au/solar-sailor-ferries/current-designs/>
[2017-04-28]

PBC Linear. (u.d.). Commercial Rail [Produktblad]. Hämtad från:
<http://www.pbclinear.com/Download/DataSheet/CRT-Commercial-Rail.pdf>
[2017-05-07]

Photovoltaic Education Network (u.d.). *Fill factor*.
Hämtad från: <http://www.pveducation.org/pvcdrom/fill-factor-0>
[2017-02-10]

Photovoltaic Education Network (u.d.). *Solar cell efficiency*.
Hämtad från: <http://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-efficiency>
[2017-02-10]

Photovoltaic Education Network (u.d.). *Solar Radiation on a Tilted Surface*. Hämtad från:
<http://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-sunlight/solar-radiation-tilted-surface>
[2017-02-09]

PlanetSolar (2017) *The MS Turanor PlanetSolar*. Hämtad från:
<http://www.planetsolar.ch/>
[2017-04-28]

Roemheld. (u.d.). Lift.module Range, 940 mm str. 2000 N, electrically operated telescopic version. [Produktblad]. Hämtad från:
<http://www.roemheld.com/en/roemheld.aspx?cmd=DETAILS&Article=89240294E&csid=15401&sm=>
[2017-05-07]

Solar Lab Sweden. (u.d.). *Serie- och parallellkoppling av solceller*
<http://solarlab.se/solpanel/datablad/Serie-parallellkoppling-solpaneler.pdf>
[2017-02-02]

Solar Lab Sweden. (u.d.). *Solcells fakta: Verkningsgrad*.
Hämtad från: <http://solarlab.se/solpanel/solcell-fakta>
[2017-02-10]

SUNBEAMsystem. (2017) *FLUSH – Förstahandsvalet vid däcksmontage*.
Hämtad från: <http://www.sunbeamsystem.com/sv/bat/>
[2017-05-08]

SUNBEAMsystem. (2017) *QUICKFIX – Semi-permanent installation på kapell eller andra underlag*. Hämtad från: <http://www.sunbeamsystem.com/sv/bat/>
[2017-05-08]

SUNBEAMsystem. (2017) *TOUGH – Med extrem tålighet*. Hämtad från: <http://www.sunbeamsystem.com/sv/bat/>
[2017-05-08]

Swedensol. (u.d.). *Solpanel: LG Neon 2 Black. [Produktblad]*
Hämtad från: <http://www.swedensol.se/pdf/LG300wnya.pdf>
[2017-03-01]

Tadashi, T. (1998) Patentnummer JPH10167186 (A). Espacenet: Patent search. [2017-05-03]

Viking Yachting. (u.d.). *Solpanel SunBeam Standard Jbox 100 Watt*.
Hämtad från: <http://www.vikingyachting.se/Webshop/El--ventilation-belysning/Sol--vindkraft/Solpanel-SunBeam-Standard-Jbox-100-Watt.aspx> [2017-03-01]

Von Schultz, C. (2012, 21 augusti). Effektiv solpanel vrider sig mot solen. *Ny Teknik*.
Hämtad från: <http://www.nyteknik.se/energi/effektiv-solpanel-vrider-sig-som-solrosen-6416851>
[2017-03-05]

Waterfront Partnership of Baltimore (u.d.). *Mr. Trash Wheel*. Hämtad från: <http://baltimorewaterfront.com/healthy-harbor/water-wheel/>
[2017-04-28]

Referenser: Figurer

Figur 1 : Baranzahi, A. (u.d.). *Partiell Skuggning i solpaneler* [Elektronisk bild].
Opublicerad.
[2017-02-05] Återgiven med tillstånd.

Figur 2: Solargis. (2016). *World solar resource maps* [Elektronisk bild].
Hämtad från: <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/download/world>
[2017.02-09] Återgiven med tillstånd.

Figur 3: Egen figur.

Figur 4 : Baranzahi, A. (u.d., s.3). *Partiell Skuggning i solpaneler* [Elektronisk bild]. Hämtad
från: <http://solarlab.se/solpanel/datablad/partiell-skuggning.pdf>
[2017-02-05] Återgiven med tillstånd.

Figur 5: Baranzahi, A. (u.d., s.3). *Partiell Skuggning i solpaneler* [Elektronisk bild]. Hämtad
från: <http://solarlab.se/solpanel/datablad/partiell-skuggning.pdf>
[2017-02-05] Återgiven med tillstånd.

Figur 6 : Baranzahi, A. (u.d. s,4). *Partiell Skuggning i solpaneler* [Elektronisk bild]. Hämtad
från: <http://solarlab.se/solpanel/datablad/partiell-skuggning.pdf>
[2017-02-05] Återgiven med tillstånd.

Figur 7 : Baranzahi, A. (u.d., s,4). *Partiell Skuggning i solpaneler* [Elektronisk bild].
Hämtad från: <http://solarlab.se/solpanel/datablad/partiell-skuggning.pdf>
[2017-02-24] Återgiven med tillstånd.

Figur 8 : Baranzahi, A. (u.d., s.3). *Partiell Skuggning i solpaneler* [Elektronisk bild].
Hämtad från: <http://solarlab.se/solpanel/datablad/partiell-skuggning.pdf>
[2017-02-24] Återgiven med tillstånd.

Figur 9: Greenstar Marine Sweden AB (2016) Bild på städbåten Renström
Hämtad från: Mejl från Oscar Théen, Technical Manager vid Greenstar Marine Sweden AB.
[2017-04-28] Återgiven med tillstånd.

Figur 10: Egen figur.

Figur 11: Egen figur.

Figur 12: Ocious Technology (u.d.). SolarSailor Ferries: Current Designs - 100 PAX TOURISM BOAT. Hämtad från: Mejl från Robert Dane, Chief Executive Officer vid Ocious Technology.

[2017-04-28] Återgiven med tillstånd.

Figur 13: Waterfront Partnership of Baltimore (u.d.). Mr. Trash Wheel. Hämtad från: Mejl från Freddi Nevins, Account Executive vid Waterfront Partnership of Baltimore.

[2017-04-28] Återgiven med tillstånd.

Figur 14: Egen figur.

Figur 15: Egen figur

Figur 16: Egen figur

Figur 17: Egen figur

Figur 18: Egen figur

Figur 19: Egen figur

Figur 20: Egen figur

Figur 21: Egen figur

Figur 22: Egen figur

Figur 23: Egen figur

Figur 24: Egen figur

Figur 25: Egen figur

Figur 26: Egen figur

Figur 27: Egen figur

Figur 28: Egen figur

Figur 29: Egen figur

Figur 30: Egen figur

Figur 31: Egen figur

Figur 32: Egen figur

Figur 33: Egen figur

Figur 34: Egen figur

Figur 35: Egen figur

Figur 36: Egen figur

Figur 37: Egen figur

Figur 38: Egen figur

Figur 39: Egen figur

Figur 40: Egen figur

Figur 41: Egen figur

Figur 42: Egen figur

Figur 43: Egen figur

Bilageförteckning

Bilaga 1 - Svar på användarenkäten från Park- och Naturförvaltningen

Bilaga 2 - Enkät marknadsundersökning

Bilaga 3 - Sammanställning av enkät för marknadsundersökning

Bilaga 4 - Pugh-matris (Relativ beslutsmatris)

Bilaga 5 - Slutgiltig kravspecifikation

Bilaga 6 - Träddiagram (Systemarkitektur)

Bilaga 7 - Hållfasthetsberäkningar

Bilaga 8 - Energiberäkningar

Bilaga 9 - Sammanställning energiberäkningar - Excel

Bilaga 10 - Kostnadsuppskattning och kalkyler

Bilagor

BILAGA 1. Sid 1(3) Svar på användarenkäten från Park- och Naturförvaltningen

Konceptframtagning av mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till renhållningsbåt

Användarenkät - Park och naturförvaltningen

- Kan ni tänka er att ha en solpanel som är anpassbar i höjdlid och sidled och som har en mekanisk anordning som möjliggör att solpanelen fälls ut? Allt detta gör vi i syftet för att solpanelen ska kunna gå under låga broar och klara sig utan att den fastnar någonstans.

Svar: Vi ser problem med var vi skall placera panelerna.

- Ur eran synpunkt, var någonstans på båten skulle det varit mest optimala stället att applicera solpanelen? Dvs. vilken arbetsyta på båten är minst belastad så att solpanelen inte står i vägen för er när ni är ute och utför ert arbete?

Svar: Se fråga 1

- Solpanelens funktion är att vara anpassbar, dvs att den också kan göra så att solpanelens yta ändras. Från en större panel då båten står stilla i hamnen och laddas till lite mindre yta då båten är i drift. Kan det vara tänkbart att ni själva justerar solpanelen varje gång när ni ska åka ut? Det ska finnas bara två läge, en laddningsläge och en driftläge. Justeringen ska gå snabbt och smidigt.

Svar: ?

- Vi tänker att solpanelen ska fällas ut med en mekanisk anordning som inte har några elektriska komponenter för att spara på energin. Kan ni tänka er att ni fäller ut panelen med hjälp av en vevstake (detta är inte ett svårt arbete och tar inte så mycket tid, cirka 1-2 min) Är detta acceptabelt?

Svar: Ja

- Vad tycker ni om en ljudsignal eller en liknande tilläggsfunktion som påminner operatören (den som kör båten) om panelens läge? T.ex då man är på väg ut så vill man bli påmind att panelen är i laddningsläge och den ska justeras till driftläge, för att undvika eventuella skador på panelen. Och på samma sätt vill man bli påmind om att panelen ska fällas ut till laddningsläge då båten är i hamn och motor är avstängd.

Svar: Vi ser hellre en ljussignal.

BILAGA 1. Sid 2(3)

- Hur ofta tömmer man lastutrymme och hur gör man det? Vi skulle vilja vara på plats och titta då container töms, för att vi vill undersöka om det finns möjlighet att placera panelen ovanför lastutrymmet. Vi vill absolut inte att panelen ska förhindra tömningsprocessen.

Svar: I snitt var 3e dag.

- En del av solpanelen kan appliceras på golvytan. Det är en solpanelskiva med solceller som är tunn och okänslig och man kan trampa på den. Brukar ni täcka golvytan med någonting, eller med någon slags av last?

Svar: Det finns ingen yta att tillgå.

- Vi ser att hålen/luckorna i "staketet" runt båten har ingen funktion, kan man tänka sig att applicera panelskivor även där?

Svar: Nej(reklam)

- Hur viktigt är det för er att eran båt blir så miljövänlig som möjligt (förbrukar mindre energi från stadsnätet som kompenseras med energi från solen)

Svar: Staden har ett krav att vi skall vara så miljövänliga som möjligt.

- Finns det mer ställen (ytor) på båten som inte har någon användning och som kan utnyttjas för solpanel? Alla förslag uppskattas.

Svar: Nej

- Kommer vi kunna vara där och mäta själva mått som vi behöver eller vill ha för att kunna få ut viktig data?

Svar: Ja

- Vet ni redan nu konkret vilka mått som gäller för broarna (dvs höjd, bredd och begränsningar) eller får vi mäta själva?

Svar: Beror på vattennivån från dag till dag.

BILAGA 1. Sid 3(3)

- Hur påverkas eran körning av låg respektive högvatten. Finns det mycket utrymme kvar när det är högvatten till "tak" under bron?

Svar: Vi kommer inte under alla broar vid högt vattenstånd.

- Vad är den lägsta höjden under en bro som vi ska försöka anpassa konstruktionen för?

Svar: Styrhyttens höjdmått vid stängd hytt.

- Vilka mått gäller för båten (bredd och längd)? Vet ni hur högt över vattenytan som golvet är ungefär (gärna exakt om det går), dvs hur "hög" är båten?

Svar: Ni får titta praktiskt när ni kommer hit.

- Hur rör ni er i båten under ett arbetstillfälle? Dvs finns det stor risk att eventuell solpanel försvårar ert arbete markant?

Svar: Det försvårar på grund utav begränsad yta.

- Hur ofta kör ni? Hur många timmar blir det ungefär i snitt per dag? Hur många dagar i veckan? Hur skiljer sig vintern från sommaren angående bruk av renhållningsbåten? När ställer tar ni upp båten för vintern och när sätter ni i båten igen?

Svar: Vi kör mellan 1 april till isen har lagts sig. 3-4 dagar /vecka 6 timmar /dag.

- Skulle ni helst vilja ha en mekanisk och manuell lösning där man ex vevar upp/ut saker för hand eller vill ni att det ska skötas elektriskt och automatiskt även om det kommer krävas mer energi till det?

Svar: Manuell lösning är att föredra

- Finns det några begränsningar vid platsen där ni förtöjer båten? Dvs finns det risk att om solpanelen fälls ut att den åker in eller stöter i andra saker?

Svar: Ja.

- Finns det något annat vi behöver veta/tänka på vad gäller ytor/utrymme och plats?

Svar: Ni kan diskutera det när ni kommer till oss.

BILAGA 2. Sid 1(2) Enkät marknadsundersökning

Båtmässan 2017 - Marknadsundersökning

Hej! Vi är två studenter i maskinteknik från Chalmers som håller på med ett examensarbete som går ut på att ta fram ett koncept på en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till en renhållningsbåt. Vi behöver er hjälp och hade varit väldigt tacksamma om ni kunde besvara nedanstående frågor. Tack!

Frågor (ringa gärna in eller stryk under svaren):

1. Äger du en motorbåt eller segelbåt?

Motorbåt

Segelbåt

2. Skulle du kunna tänka dig att ha solceller på din båt?

Ja

Nej

Kanske

3. Har du solceller på din båt?

Ja

Nej

Om Ja: ungefär hur stor yta solceller har du totalt på båten?

Svar: kvadratmeter [m²]

4. Är du nöjd med deras funktion?

- Ja, jag är nöjd med den energi som solcellerna genererar
- Jag är nöjd även om det inte ger så mycket då det ser bra ut
- Nej, solcellerna är alldeles för ineffektiva
- De är alldeles för dyra i förhållande till dess nytta

5. Vad tycker ni om en uppfällbar solpanel som kan öka ytan/arean på antalet energiupptagande solceller ute på till exempel havet eller i hamnen för att kunna ta upp mer energi vid behov när som helst?

- Bra!
- Bra, om den sitter på ett ställe där den inte är i vägen!
- Dåligt, kommer påverka mitt båtanvändande negativt!
- Tror inte på idén!

BILAGA 2. Sid 2(2)

6. Skulle ni i så fall vilja att en sådan lösning var mekanisk och sköttes manuellt eller elektrisk och automatisk oavsett hur energibehovet påverkas?

Manuell Automatisk Spelar ingen roll

7. Hur viktigt är det för er att eran båt blir så miljövänlig som möjligt? (dvs förbrukar mindre energi från stadsnätet som kompenseras med energi från sol) ?

Ej viktigt Mindre viktigt Viktigt Mycket viktigt Vet ej

8. Att ha en egen energikälla på sin båt är en fördel. Om man seglar, åker långt eller om man vill ligga i båten utanför hamnen och inte har möjlighet att ansluta sig till ett stadsnät så har man tillräckligt med energi till lampor, kylskåp, apparater . Hur viktigt är detta för er?

Ej viktigt Mindre viktigt Viktigt Mycket viktigt Vet ej

9. Vad tror ni om en idé på en solpanelsanordning till en redan existerande elektriskt driven renhållningsbåt som går inne i Göteborgs hamn?

- Det låter inte som att det kommer ge så mycket
- Det låter som en bra idé men osäker om det funkar i praktiken
- Det låter som en bra idé och jag tror det funkar
- Det låter som en bra idé om det varit på en annan plats

Lämna gärna en kommentarer och eventuella synpunkter:

*Stort tack för att du tog dig tid!
Niklas & Dejan*

BILAGA 3. Sid 1(5). Sammanställning av enkät för marknadsundersökning

Båtmässan 2017 - Marknadsundersökning

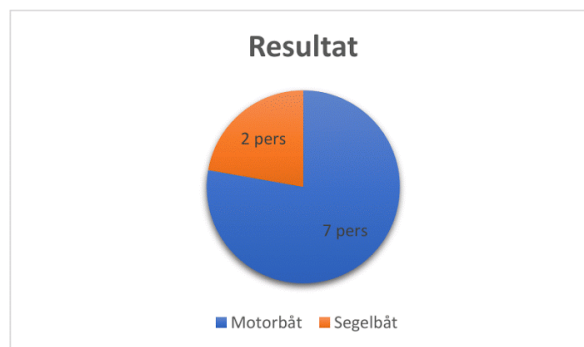
Hej! Vi är två studenter i maskinteknik från Chalmers som håller på med ett examensarbete som går ut på att ta fram ett koncept på en mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till en renhållningsbåt. Vi behöver er hjälp och hade varit väldigt tacksamma om ni kunde besvara nedanstående frågor. Tack!

Frågor (8 personer svarade på denna marknadsundersökning):

1. Äger du en motorbåt eller segelbåt?

Motorbåt

Segelbåt



2. Skulle du kunna tänka dig att ha solceller på din båt?

Ja

Nej

Kanske

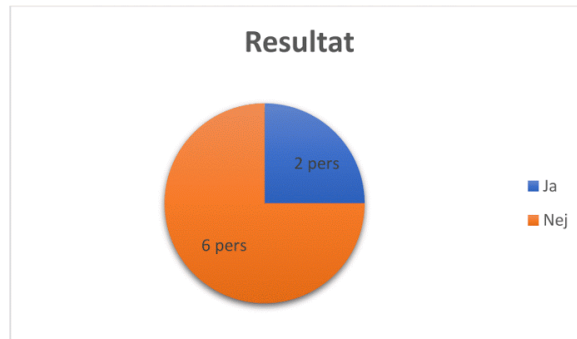


BILAGA 3. Sid 2(5).

3. Har du solceller på din båt?

Ja

Nej



Om Ja: ungefär hur stor yta solceller har du totalt på båten?

Svar: 1 m² och 1.5 m² kvadratmeter [m²]

4. Är du nöjd med deras funktion?

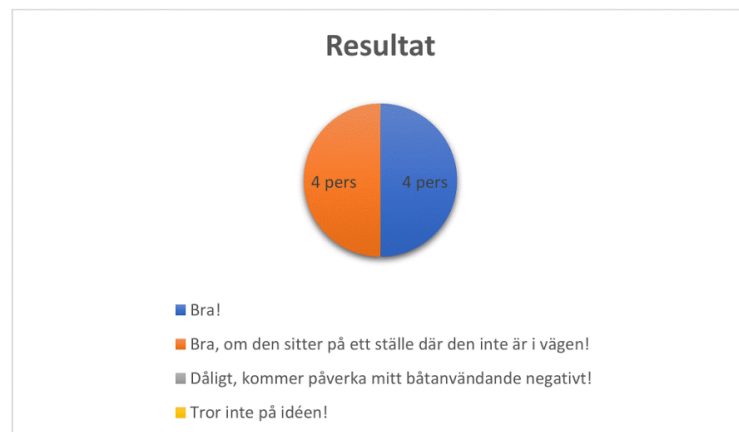
- Ja, jag är nöjd med den energi som solcellerna genererar
- Jag är nöjd även om det inte ger så mycket då det ser bra ut
- Nej, solcellerna är alldeles för ineffektiva
- De är alldeles för dyra i förhållande till dess nytta



BILAGA 3. Sid 3(5).

5. Vad tycker ni om en uppfällbar solpanel som kan öka ytan/arean på antalet energiupptagande solceller ute på till exempel havet eller i hamnen för att kunna ta upp mer energi vid behov när som helst?

- Bra!
- Bra, om den sitter på ett ställe där den inte är i vägen!
- Dåligt, kommer påverka mitt båt användande negativt!
- Tror inte på idén!

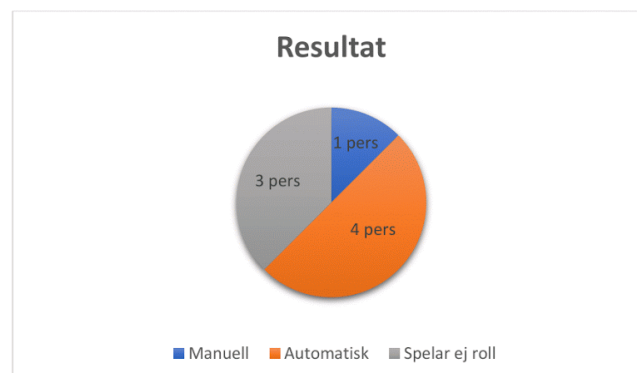


6. Skulle ni i så fall vilja att en sådan lösning var mekanisk och sköttes manuellt eller elektrisk och automatisk oavsett hur energibehovet påverkas?

Manuell

Automatisk

Spelar ingen roll



BILAGA 3. Sid 4(5).

**7. Hur viktigt är det för er att eran båt blir så miljövänlig som möjligt?
(dvs förbrukar mindre energi från stadsnätet som kompenseras med energi från sol) ?**

Ej viktigt Mindre viktigt Viktigt Mycket viktigt Vet ej



8. Att ha en egen energikälla på sin båt är en fördel. Om man seglar, åker långt eller om man vill ligga i båten utanför hamnen och inte har möjlighet att ansluta sig till ett stadsnät så har man tillräckligt med energi till lampor, kylskåp, apparater . Hur viktigt är detta för er?

Ej viktigt Mindre viktigt Viktigt Mycket viktigt Vet ej



BILAGA 3. Sid 5(5).

9. Vad tror ni om en idé på en solpanelsanordning till en redan existerande elektriskt driven renhållningsbåt som går inne i Göteborgs hamn?

- Det låter inte som att det kommer ge så mycket
- Det låter som en bra idé men osäker om det funkar i praktiken
- Det låter som en bra idé och jag tror det funkar
- Det låter som en bra idé om det varit på en annan plats



Resultat från kommentarer och synpunkter:

1. Användning av solceller / paneler är ett jätteviktigt komplement eller ersättning vid speciella tillfällen. Anordning liknande mars.
2. Allt som drar ner energin på lång sikt är bra.
3. Både elektriskt och manuellt så att man kan fälla upp den utan att starta båten eller ha ett eluttag.
4. Om den sitter på ett ställe där den inte är i vägen som till exempel på taket, uppe i masten, på flybridgen eller på "huvu" så skulle det vara bra med en som fälls upp som en cabbad bil.

Stort tack för att du tog dig tid!
Niklas & Dejan

BILAGA 4. Sid 1(1). Pugh-matris (Relativ beslutsmatris)

		KONCEPT										
		A . Koncept Soltaket	B. Koncept Cabriolet tak	C. Koncept Båtmassan	D. Koncept Saxlyft	E. Koncept Dragspel	F. Koncept Dragspel 2.0	G. Koncept Solfros	H. Koncept Trappa	I. Koncept Markisrulle		
	Referens. Solpanelstak med fyra stolpar											
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Aantal komponenter	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vikt	x	+	+	-	+	x	+	+	x	+	x
	Komplexitet	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prestanda	Tillverkningskostnad	x	-	+	-	+	x	-	x	-	x	-
	Underhåll	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Energiupptagande area i utfallt läge	x	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-
	Area i ihopfällt läge	x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ska se estetiskt bra ut	x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Energikrävande anordning	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Effektivitet solpanel	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-
	Storlek	x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Flexibla ytor	x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Skalbarhet	x										
Funktioner	Reglerbar i höjdlid	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Utrymme för personer	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x
	Mekaniskt vevsystem	x	x	x	+	x	x	x	x	x	x	x
	Soltak	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	Manuell hantering	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Vridbar mekanism	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Komma åt vid skräptömning	x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Universellt system och storlek	x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Stöttålig anordning	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-	-
	Deformationszoner	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Risker	Klämrisk	x	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
	Skuggning	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Ljudnivå	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Externa / interna krav	Solpaneler får ej täcka reklamskyltar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Så miljövänlig som möjligt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Motorlyckor ska öppnas vid körning av båten	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x
	Användarvänlig och lätthanterlig	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x
Summa +		0	3	7	8	9	8	8	8	8	10	
Summa -		0	3	5	12	2	3	9	11	7	7	
Summa x		x	14	16	10	18	17	12	10	12	12	
Utslag		0	-1	3	-5	7	6	-1	-3	3	3	
Vidareutveckling		nej	ja	ja	nej	ja	ja	nej	nej	nej	nej	

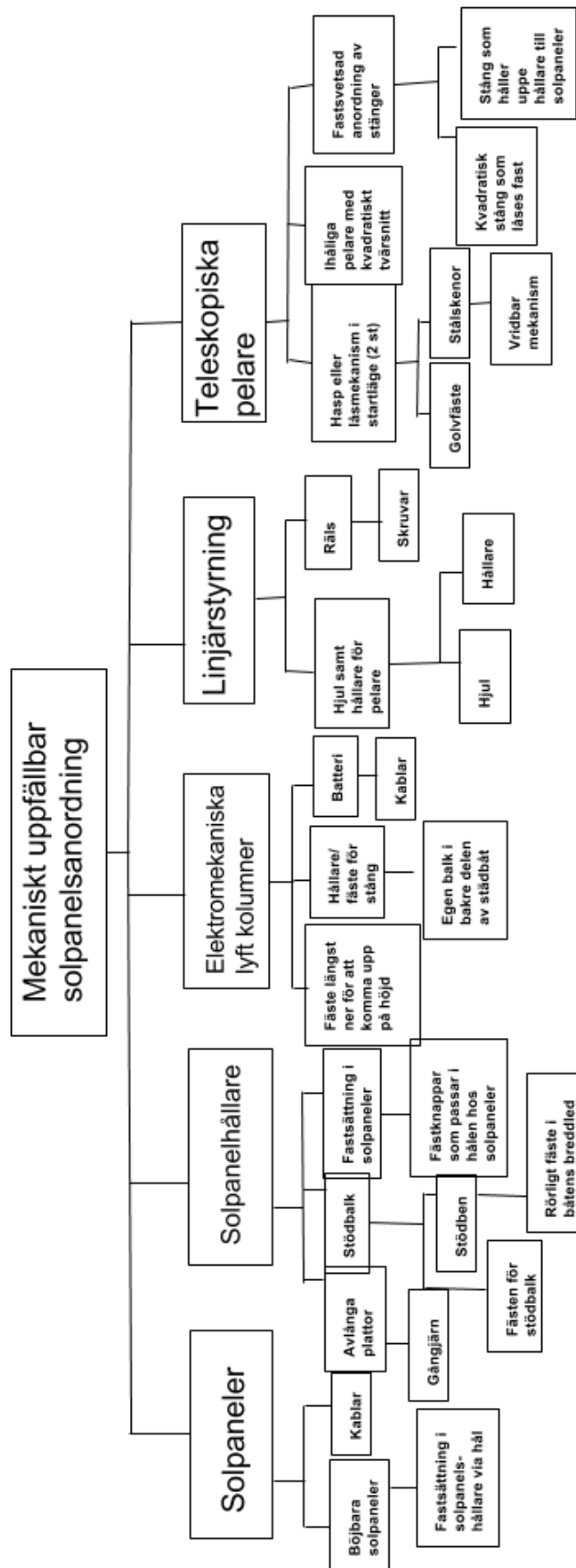
BILAGA 5. Sid 1(2). Slutgiltig kravspecifikation

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
Utförare	Examensarbete	Mekaniskt uppfällbar solpanelsanordning till renhållningsbåt				
Dejan Mijuskovic & Niklas Fjordstrand		Skapad: 2017-02-16				
	Modifierad:					
	Målvärde	K/Ö Viktnin, Verifieringsmetod				Referens (kravställare)
Kriterier	Funktion/er					
	Solpanelsanordningen har funktionen att ladda batterierna	K				
	Solpanelsanordningen har funktionen att skapa ytor att placera solpaneler på	K				
	Solpanelsanordningen har funktionen att maximera laddeffekten	K				
	Solpanelsanordningen har funktionen att vara robust (tillräckligt låg vikt)	K				
1.	Prestanda					
1.1	Skatåla yttre belastningar (horisontell belastning)	500 N per teleskopsben	Ö	4	Hållfasthetsberäkningar	Greenstar Marine Sweden AB
1.2	Skatåla vertikal belastning	2000 N per teleskopsben	Ö	4	Hållfasthetsberäkningar	Greenstar Marine Sweden AB
1.3	Säkerhetsfaktor belastningar	1.5	Ö	4	Hållfasthetsberäkningar	Greenstar Marine Sweden AB
1.4	Ska klara hårda vindar (storm)	25 m/s	Ö	4	Hållfasthetsberäkningar	Greenstar Marine Sweden AB
1.5	Solpanelsanordningens maximala höjd i uppfällt läge	2000 mm	Ö	5	Mätning	Greenstar Marine Sweden AB
1.6	Solpanelsanordningens maximala höjd i nedfällt läge	1000 mm	Ö	4	Mätning	Greenstar Marine Sweden AB
1.7	Solpanelsanordningens maximala tyngd	500 kg	Ö	3	Mätning	Greenstar Marine Sweden AB
1.8	Reglerbar i höjdlägen	<2000 mm	Ö	4	Mätning	Greenstar Marine Sweden AB
1.9	Deformationszoner (kör man in i något vill man inte att hela konstruktionen ska gå sönder)	Ett teleskopsven ska gå sönder och inte hela konstruktionen	Ö	3	Test	Greenstar Marine Sweden AB
1.10	Skalbarhet (grundpaket, bygga på med modulerna, vika ut)	Ja, men då påverkas konstruktionen	Ö	3	Test	Greenstar Marine Sweden AB
1.11	Ska se estetiskt bra ut	Funktionellt tilltalande	Ö	3	Konsultation	Greenstar Marine Sweden AB
1.12	Skuggning (Parallell eller seriekoppling)	Parallellkoppling	Ö	4	Jämförelse	Greenstar Marine Sweden AB
1.13	Ska vara så miljövänlig som möjligt	Minskning av energi som tas från stadsnätet	Ö	5	Konsultation	Park- och Naturförvaltningen

BILAGA 5. Sid 2(2).

2.	Kostnader								
2.1	Tillverkningskostnad	250 000 kr	Ö	3	Kostnadskalkyl	Greenstar Marine Sweden AB			
2.2	Underhåll	Max 1 gång per år	Ö	3	Standard	Greenstar Marine Sweden AB			
3.	Storlek								
3.1	Flexibla ytor (utvikbar, uppfällbar, solfjäder, vridbar)	15 kvadratmeter	Ö	4	Mätning	Greenstar Marine Sweden AB			
3.2	Utrymme för personer, dvs inte begränsa ytan så möjligt det går (även skopa o hytt, dock tillåtet att ta bort däcksytor men ska helst inte påverka städningen)	Tillräckligt utrymme skall finnas för att operatör skall kunna verka obehindrat	Ö	5	Användartest	Greenstar Marine Sweden AB			
3.3	Motorluckor ska kunna öppnas vid körning av båt!	Motorluckor ska kunna öppnas vid körning av båt!	K	Användartest	Park-och Naturförvaltningen				
3.4	Solpaneler får ej täcka reklamskyltar!	Reklamskyltar skall synas vid drift	K	CAD	Park-och Naturförvaltningen				
3.5	Fördrar att solpanelansordningen är aktiv när båten står still!	Båten skall ligga i hamn när solpanelansordningens funktion är aktiv	Ö	5	Konsultation	Park-och Naturförvaltningen			
4.	Gränssnitt								
4.1	Användarvänlig och lättanterlig	> 90 % av användarna förstår hur man använder solpanelansordningen	Ö	4	Test	Park-och Naturförvaltningen			
5.	Extra funktioner								
5.1	Universellt system - olika storlekar för olika båtar, dvs kunna anpassa konstruktionen med t.ex manöverbara leder (på t.ex stängerna/pelarna som håller upp	Solpanelansordningen skall inte bara vara begränsad för en båttyp	Ö	3	Test	Greenstar Marine Sweden AB			
5.3	Monterbar konstruktion, skruva bort och sätt på enkelt, enkelt underhåll	Konstruktionen skall bestå av ett antal moduler	Ö	3	Användartest	Greenstar Marine Sweden AB			
5.4	Soltak (extra så att man kan få tak över huvudet)	Skall vara ett tak över hytten under drift	Ö	3	CAD	Greenstar Marine Sweden AB			
5.5	Stölskydd (soltak kunna fällas ner och täcka båten innehåll)	Skall ha lås	Ö	3	CAD	Greenstar Marine Sweden AB			
5.6	Reparerbart	Enkel att komma åt mekaniska komponenter.	Ö	4	Användartest	Greenstar Marine Sweden AB			
5.11	Infällsvinkeln är 90 grader mot panel för att då får man bäst effektutdelning)	Konstant 20 grader lutning	Ö	3	CAD	Greenstar Marine Sweden AB			
6.	Material								
6.1	Så lätt vikt som möjligt	500 kg	Ö	4	CAD	Greenstar Marine Sweden AB			
7.	Säkerhet								
7.1	Säkerhetsfunktioner som till exempel att undvika klämrisk för rörliga delar	Höjlen som skyddar rörliga delar	K	Konsultation	Greenstar Marine Sweden AB				

BILAGA 6. Sid 1(1). Träddiagram (Systemarkitektur)

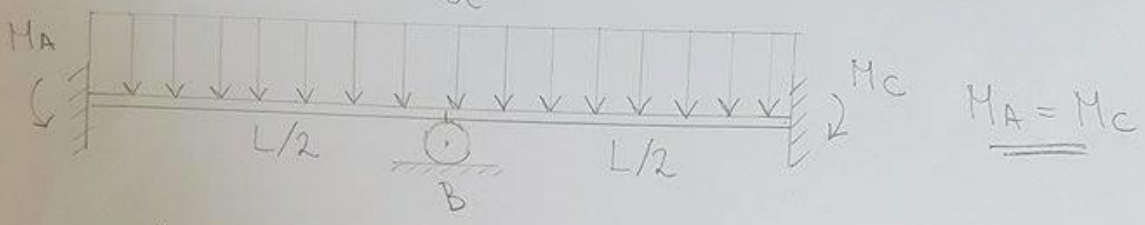


BILAGA 7. Sid 1(7). Hållfasthetsberäkningar

$L = 3,7\text{m}$
 $Q = 1000\text{N}$
 Elementarfäll [F.S Tore Dahlberg s. A.14]

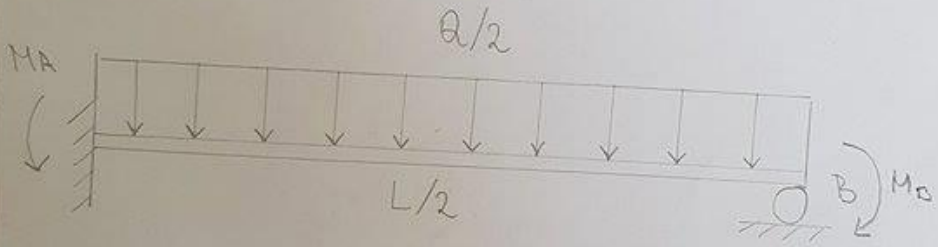
Panelytare betraktas som en
 fast inspänd balk.

1



= Elementarfallet delas i:

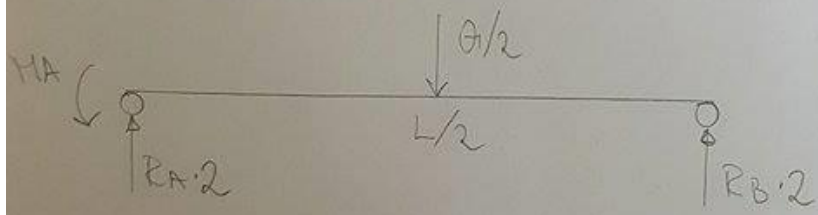
Elementarfäll [F.S Tore Dahlberg s. A.14]



$$M_A = \frac{M_B}{2} \quad (1) = \frac{1000 \cdot 3,7}{2} \cdot \frac{3,7}{2} = 1150 \text{ Nm}$$

$$\therefore M_A = M_C = 1150 \text{ Nm}$$

Bestäm stödreaktionerna vid A & B
 Elementarfallet ovan kan betraktas:



BILAGA 7. Sid 2(7).

Jämvikt:

2

$$\uparrow: 2R_A + 2R_B - \frac{Q}{2} = 0 \quad (1)$$

$$\curvearrowleft_A: 2R_B \cdot \frac{L}{2} - \frac{Q}{2} \cdot \frac{L}{4} + M_A = 0 \quad (2)$$

$$(2) \text{ ger: } R_B = \frac{Q \cdot L - 8M_A}{8L} = \frac{800 \cdot 5 - 8 \cdot 125}{8 \cdot 5} = 75 \text{ N}$$

$$(1) \quad R_A = \frac{Q - 4R_B}{4} = \frac{800 - 4 \cdot 75}{4} = 125 \text{ N}$$

$$\therefore R_A = R_C = 125 \text{ N} \quad \text{och} \quad R_B = 75 \text{ N}$$

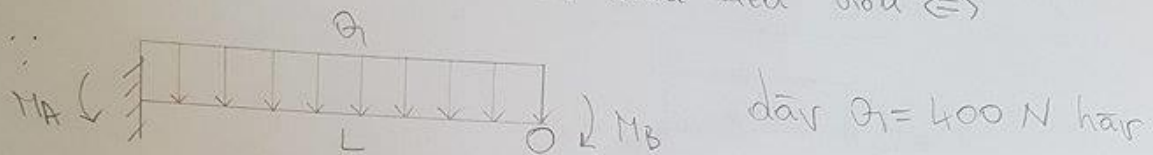
BILAGA 7. Sid 3(7).

Moment i punkten $L=1,85\text{m}$, vid stödpunkten.
 $Q = 400\text{ N}$

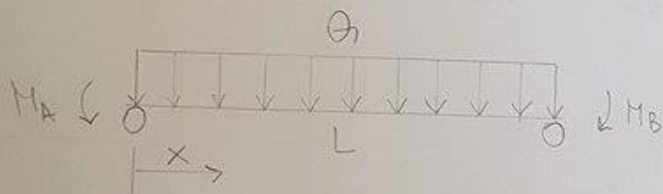
3



Utböjning i punkten B är lika med noll \Leftrightarrow



$$M_A = \frac{Q \cdot L}{2} - \frac{M_B}{2} \quad (1)$$



Utböjning $W(L) = 0 \Leftrightarrow$

$$\frac{(-M_A)L}{6EI} - \frac{(-M_B)L}{3EI} - \frac{QL^2}{24} = 0 \quad (2)$$

(1) in i (2) ger M_B

$$M_B = \frac{QL}{6} - \frac{QL}{3} = -308\text{ Nm} \quad (2)$$

\therefore (2) in i (1) ger :

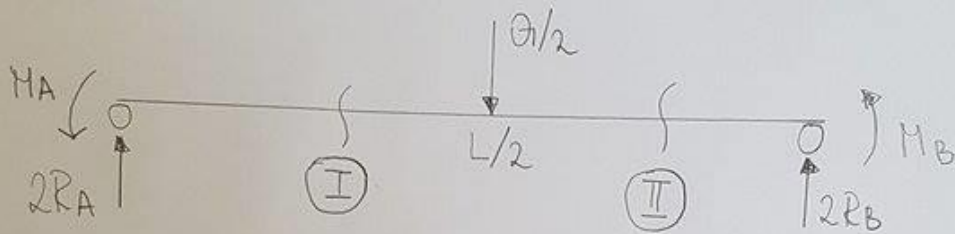
$$M_A = M_C = \frac{-M_B}{2} = -154\text{ Nm}$$

BILAGA 7. Sid 4(7).

Böjmoment diagram.

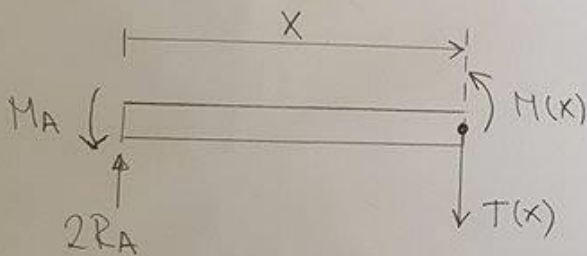
$$R_A = 125 \text{ N}, \quad R_B = 75 \text{ N}, \quad M_A = \frac{M_B}{2} = -154 \text{ Nm}$$
$$L = 3,7 \text{ m}, \quad Q = 1000 \text{ N}$$

4



Snitt I $0 \leq x \leq L/4$

Frilägg vänster delen:



Jämvikt: $\downarrow: T(x) - 2R_A = 0$

$$T(x) = 2R_A = 250 \text{ N}$$

$\curvearrowright: M(x) - 2R_A \cdot x + M_A = 0$

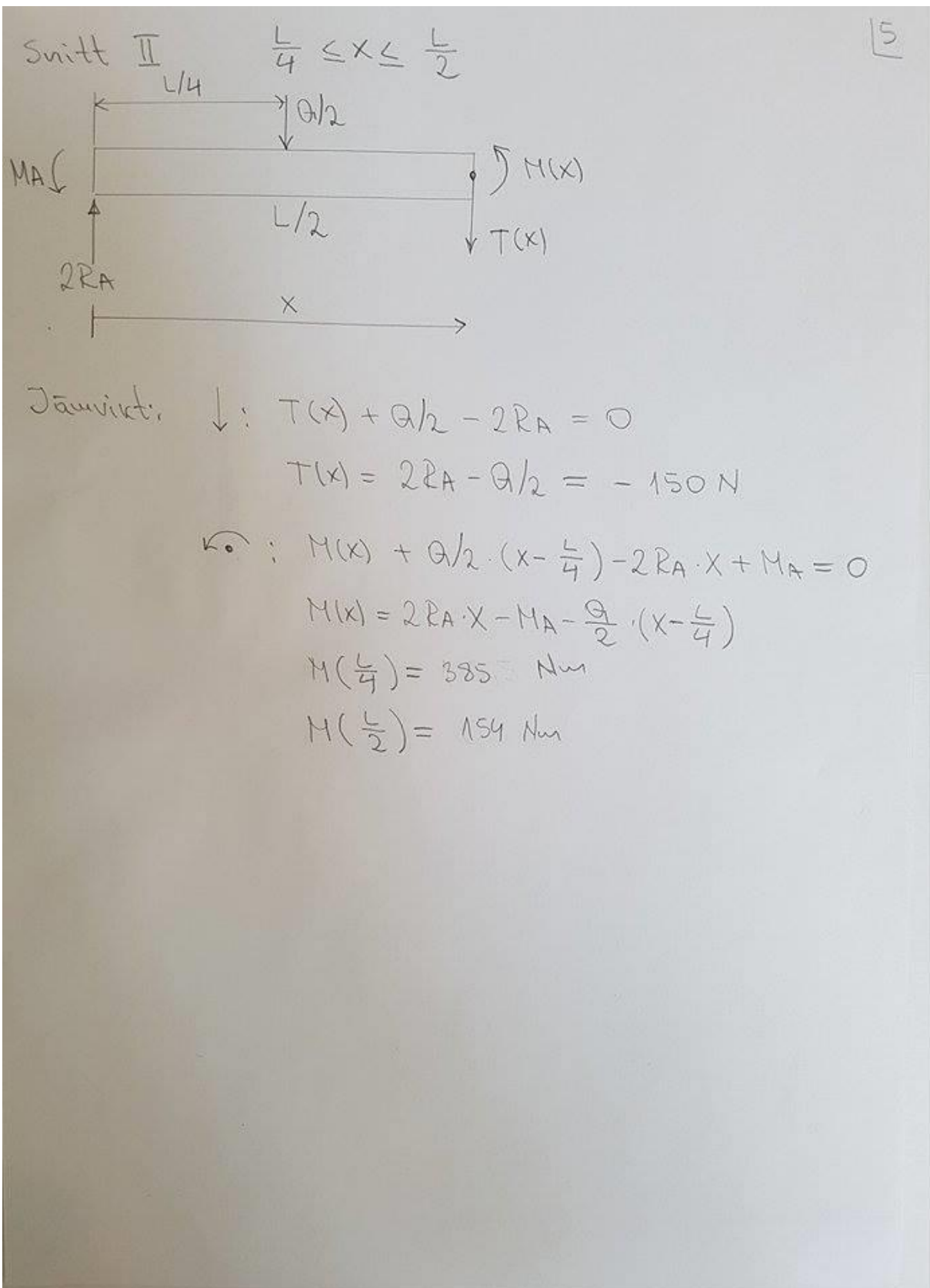
$$M(x) = 2R_A \cdot x - M_A$$

$$M(0) = -M_A = -154 \text{ Nm}$$

$$M\left(\frac{L}{4}\right) = 2 \cdot R_A \cdot \frac{L}{4} - M_A$$

$$M\left(\frac{L}{4}\right) = 385 \text{ Nm}$$

BILAGA 7. Sid 5(7).



BILAGA 7. Sid 6(7).

Benet betraktas som en konsolbalk

6

$$L = 1,7 \text{ m}$$

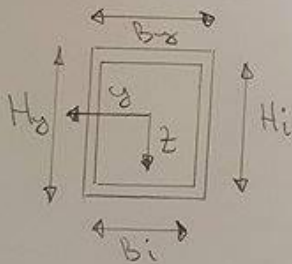
$$M = 154 \text{ Nm}$$



$$W(x) = \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{x^2}{2} \quad (1)$$

$$M(x) = -E \cdot I \cdot \frac{M}{E \cdot I} = -M \quad (2)$$

$$T(x) = -E \cdot I \cdot 0 = 0 \quad (3)$$



$$I = I_g - I_i = \frac{B_g \cdot H_g^3}{12} - \frac{B_i \cdot H_i^3}{12} =$$

$$\frac{0,17^4}{12} - \frac{0,156^4}{12} = 6,96 \cdot 10^{-5} - 4,93 \cdot 10^{-5}$$

$$H_g = B_g = 0,17 \text{ m}$$

$$H_i = B_i = 0,156 \text{ m}$$

$$\therefore I = 2,03 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$E_{\text{stål}} = 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

(n) gev utböjning vid $x = L = 1,7 \text{ m}$

$$W(L) = \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{L^2}{2} = \frac{154}{210 \cdot 10^9 \cdot 2,03 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{1,7^2}{2} = 5,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$\approx 0,0522 \text{ mm}$$

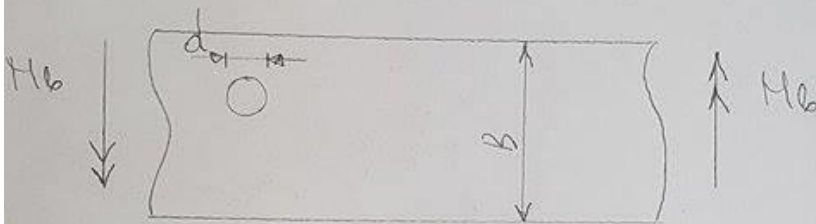
BILAGA 7. Sid 7(7).

Dimensionering av en Al-platta

[Spänningskoncentration - Böjning]

Max. värdet av normalspänningen vid en anvisning är:

$\sigma_{max} = k_t \cdot \sigma_{nom}$, där k_t och σ_{nom} ges i diagram [FS Tore Dahlberg]



$$M_b = 385 \text{ Nm}, \quad d = 0,01 \text{ m}$$

$$b = 0,150 \text{ m}, \quad t = 0,01 \text{ m} \text{ [godstjocklek]}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{nom} \cdot k_t \quad (1)$$

$$\sigma_{nom} = \frac{6 \cdot M_b}{(b-d) \cdot t^2} \quad (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} d/t = 1 \\ d/b = 0,07 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{diagram ger } k_t \approx 2,2 \quad (3)$$

$$(2) \text{ ger } \sigma_{nom} = \frac{6 \cdot 385}{(0,150 - 0,01) \cdot 0,01^2} = 165 \text{ MPa}$$

$$(1) \text{ ger } \sigma_{max} = 165 \cdot 2,2 = 363 \text{ MPa} //$$

Hook's lag $\sigma_{max} = E \cdot \varepsilon$, där $E [\text{Al}] = 69 \cdot 10^3 \text{ MPa}$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{max}}{E} = 0,53\% \text{ [töjning]}$$

BILAGA 8. Sid 1(5). Energiberäkningar

Energiberäkning

1

Solpanelernas verkningsgrad = 22%

Instrålning = 1000 kWh/m² per år i Göteborg

[enligt solkartan för Göteborgsområdet]

Energi = 1000 kWh/m² per år · 0,22 = 220 kWh/m² och år

Solpanelsarea = 9,4 m²

∴ Energi per år

220 kWh/m² och år · 9,4 m² = 2068 kWh per år

Obs! Benämningen geografisk verkningsgrad kommer att benämnas på kommande sidor med beräkningar.

Detta är inte samma som solpanelernas verkningsgrad utan den kan ses som redan inbakad i den geografiska verkningsgraden.

Exempel: 1000 kWh/m² per år - Göteborg (Sverige)
2000 kWh/m² per år - Medelhavet
2700 kWh/m² per år - Australien

Som det går att se så är energin per år i medelhavet 2 gånger eller dubbelt så stor än i Sverige.

Det går då att räkna enligt följande med geografiska verkningsgraden:

14,3% - Göteborg (Sverige)

28,6% - Medelhavet

38,6% - Australien

BILAGA 8. Sid 2(5).

Energikällor

[2]

Solpaneler:

Effekt = 1650 W, Geografisk verkningsgrad = 14.3 %

Verklig effekt = 1650 W · 0.143 = 236 W

Användningstid per dygn = 24 h

Energi per dygn = 236 W · 24 h = 5664 Wh

Energi per år = 5664 Wh · 365 dagar = 2068 kWh/år

Kontroll: η = solpanelernas verkningsgrad = 22 %

$A = 9.4 \text{ m}^2$ = energiupptagande area

$\cos \alpha = 1$ vid vinkelrät instrålning (idealt)

1000 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ / år i Göteborg och Sverige.

$$E = 0.22 \cdot 1000 \cdot 9.4 \cdot 1 = \underline{2068 \text{ kWh/år}}$$

Obs: För att ta fram den geografiska verkningsgraden så beräknas det baklänges enligt följande steg:

Energi per år \rightarrow Energi per dygn \rightarrow

\rightarrow Verklig effekt (eller energi per timme) \rightarrow

\rightarrow Verklig effekt = Effekt · Geografisk verkningsgrad

\rightarrow Geografisk verkningsgrad = $\frac{\text{Verklig effekt}}{\text{Effekt}} = \frac{P_{\text{verkl.}}}{P}$

BILAGA 8. Sid 3(5).

Energireserv och förbrukare

3

Batteribank:

$$\text{Energi} = \underline{17152 \text{ Wh}} \text{ per dygn}$$

Bidrag från solpaneler: (enligt tidigare)

$$\text{Energi} = \underline{5664 \text{ Wh}} \text{ per dygn}$$

Förbrukare: ($\eta = 1$ på alla utom mekanisk utdragning)

$$\text{Elmotorer f.d. ekonomifart} = 1600 \text{ W} \cdot \eta \cdot 4 \text{ h} = 6400 \text{ Wh/dygn}$$

$$\text{Elmotorer f.d. fullfart} = 10000 \text{ W} \cdot \eta \cdot 0.5 \text{ h} = 5000 \text{ Wh/dygn}$$

$$\text{Länspumpar} = 50 \text{ W} \cdot \eta \cdot 0.05 = 2.5 \text{ Wh/dygn}$$

$$\text{Mekanisk utdragning} = 0 \text{ Wh/dygn}$$

$$\text{Resning av paneler} = 3000 \text{ W} \cdot \eta \cdot 0.04 \text{ h} = 120 \text{ Wh/dygn}$$

$$\text{Sänkning av paneler} = 3000 \text{ W} \cdot \eta \cdot 0.04 \text{ h} = 120 \text{ Wh/dygn}$$

Obs! Anordningen uppskattas falla upp och ner 10 gånger per dag \Rightarrow Användningstid 0.04 h.

$$\text{Elektronik} = 50 \text{ W} \cdot \eta \cdot 6 \text{ h} = 300 \text{ Wh/dygn}$$

$$\text{Städutrustning} = 1000 \text{ W} \cdot \eta \cdot 2 \text{ h} = 2000 \text{ Wh/dygn}$$

Obs! Anordningens vikt försummas på sätt i sammanhanget att energiförbrukningen anses inräknad i elmotorens framdriftsförbrukning.

Obs! Effektförbrukningen baseras på information från projektbeställare samt kvalificerad uppställning.



BILAGA 8. Sid 4(5).

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Summa total energiförbrukning} &= \boxed{4} \\ &= 6400 + 5000 + 2,5 \cdot 120 + 120 + 300 + 2000 = \underline{13942.5 \text{ Wh/dygn}} \end{aligned}$$

Detta ger en energibalans som beräknas enligt:

$$\begin{aligned} \text{Energibalans} &= \text{Batteribank} + \text{Energikälla} - \text{Energiförbrukning} = \\ &= 17152 \text{ Wh} + 5664 \text{ Wh} - 13942.5 \text{ Wh} = \underline{8873.5 \text{ Wh/dygn}} \end{aligned}$$

Energibalansen är den summa energi som finns kvar i batteribanken efter en arbetsdag.

$$\begin{aligned} \text{Energikälla} - \text{Energiförbrukning} &= 5664 \text{ Wh} - 13942.5 \text{ Wh} = \\ &= \underline{-8278.5 \text{ Wh/dygn}} \end{aligned}$$

och detta värde med minustecken är den summa som förloras under arbetsdag.

Det är också den summa som motsvarar den summa som måste tas från stadsnätet varje dag.

Obs! Solpanelerna ger helt klart ett betydande energitillskott men solpanelerna kan inte ge tillräckligt med energi för att driva allt helt själv utan energistöd från stadsnätet.

Däremot kan en batteribank driva allt under en arbetsdag så om båten skulle stå och laddas upp i solen några dagar och användas mindre skulle den kunna klara sig på enbart solpanelanordningens energi.

BILAGA 8. Sid 5(5).

Exempel Medelhavet: Geografisk verkningsgrad = 28.6% 5

$$\text{Verklig effekt} = 1650 \text{ W} \cdot 0.286 = 471.9 \text{ W}$$

$$\text{Energi per dygn} = 471.9 \cdot 24 = 11325.6 \text{ Wh}$$

$$\text{Energi per år} = 11325.6 \text{ Wh} \cdot 365 \text{ dagar} = \underline{4134} \text{ kWh/år}$$

$$\text{Kontroll: } E = 0.22 \cdot 2000 \cdot 9.4 \cdot 1 = \underline{4136} \text{ kWh/år} \quad \underline{\underline{OK}}$$

Australien: Geografisk verkningsgrad = 38.6 %

$$\text{Verklig effekt} = 1650 \text{ W} \cdot 0.386 = 636.9 \text{ W}$$

$$\text{Energi per dygn} = 636.9 \cdot 24 = 15285.6 \text{ Wh}$$

$$\text{Energi per år} = 15285.6 \text{ Wh} \cdot 365 \text{ dagar} = \underline{5579} \text{ kWh/år}$$

$$\text{Kontroll: } E = 0.22 \cdot 2700 \cdot 9.4 \cdot 1 = \underline{5584} \text{ kWh/år} \quad \underline{\underline{OK}}$$

Obs! Notera att alla beräkningar som berör energin kring solpaneler utgår ifrån ideala förhållanden. Därför bör det inses att detta är vad som maximalt kan utvinnas och inte exakt vad som utvinns i verkligheten. Detta på grund av oförutsägbara faktorer.

BILAGA 9. Sid 1(3). Sammanställning energiberäkningar - Excel

Resultat för det vinnande konceptet i Göteborg

	Effekt (W)	Geografiska Verkningsgrad (%)	Verklig effekt (W)	Användningstid per dygn (h)	Energi (Wh)	Energi per år (Wh/år)
Energireserv						
Batteribank					17152	
Summa:					17152	
Energikällor						
Solpaneler	1650	14,30%	235,95	24	5662,8	2066922
Landström						
Summa					5662,8	
Förbrukare						
Elmotorer framdrift ekonomifart	1600	100%	1600,00	4	6400	2336000
Elmotorer framdrift fullfart	10000	100%	10000,00	0,5	5000	1825000
Länspumpar	50	100%	50,00	0,05	2,5	912,5
Mekanisk utdragning	0	0	0	0	0	0
Resning av paneler	3000	100%	3000,00	0,04	120	43800
Sänkning av paneler	3000	100%	3000,00	0,04	120	43800
Elektronik	50	100%	50,00	6	300	109500
Städutrustning	1000	100%	1000,00	2	2000	730000
Summa					13942,5	5089012,5
Energibalans						
					-8279,7	
Kostnad						
Energipris (kr per kWh)	2,00 kr					
Summa genererad el	11,33 kr					
Summa köpt el	16,56 kr					
Systemets kostnad:	445 630,71 kr					
Återbetalningstid (dygn)	39347					
Återbetalningstid (år)	108					

BILAGA 9. Sid 2(3). Sammanställning energiberäkningar – Excel

Resultat för konceptet om det varit placerat i Medelhavet

	Effekt (W)	Geografiska Verkningsgrad (%)	Verklig effekt (W)	Användningstid per dygn (h)	Energi (Wh)	Energi per år (Wh/år)
Energireserv						
Batteribank					17152	
Summa:					17152	
Energikällor						
Solpaneler	1650	28,60%	471,90	24	11325,6	4133844
Landström						
Summa					11325,6	
Förbrukare						
Elmotorer framdrift ekonomifart	1600	100%	1600,00	4	6400	2336000
Elmotorer framdrift fullfart	10000	100%	10000,00	0,5	5000	1825000
Länspumpar	50	100%	50,00	0,05	2,5	912,5
Mekanisk utdragnig	0	0	0	0	0	0
Resning av paneler	3000	100%	3000,00	0,04	120	43800
Sänkning av paneler	3000	100%	3000,00	0,04	120	43800
Elektronik	50	100%	50,00	6	300	109500
Städutrustning	1000	100%	1000,00	2	2000	730000
Summa					13942,5	5089012,5
Energibalans						
					-2616,9	
Kostnad						
Energipris (kr per kWh)	2,00 kr					
Summa genererad el	22,65 kr					
Summa köpt el	5,23 kr					
Systemets kostnad:	445 630,71 kr					
Återbetalningstid (dygn)	19674					
Återbetalningstid (år)	54					

BILAGA 9. Sid 3(3). Sammanställning energiberäkningar – Excel

Resultat för konceptet om det varit placerat i Australien

	Effekt (W)	Geografiska Verkningsgrad (%)	Verklig effekt (W)	Användningstid per dygn (h)	Energi (Wh)	Energi per år (Wh/år)
Energireserv						
Batteribank					17152	
Summa:					17152	
Energikällor						
Solpaneler	1650	38,60%	636,90	24	15285,6	5579244
Landström						
Summa					15285,6	
Förbrukare						
Elmotorer framdrift ekonomifart	1600	100%	1600,00	4	6400	2336000
Elmotorer framdrift fullfart	10000	100%	10000,00	0,5	5000	1825000
Länspumpar	50	100%	50,00	0,05	2,5	912,5
Mekanisk utdragning	0	0	0	0	0	0
Resning av paneler	3000	100%	3000,00	0,04	120	43800
Sänkning av paneler	3000	100%	3000,00	0,04	120	43800
Elektronik	50	100%	50,00	6	300	109500
Städutrustning	1000	100%	1000,00	2	2000	730000
Summa					13942,5	5089012,5
					1343,1	
Energi balans						
Kostnad						
Energi pris (kr per kWh)	2,00 kr					
Summa genererad el	30,57 kr					
Summa köpt el	-2,69 kr					
Systemets kostnad:	445 630,71 kr					
Återbetalningstid (dygn)	14577					
Återbetalningstid (år)	40					

Sammanställning av återbetalningstiden

Sammanställning av återbetalningstiden

System med elektromekaniska lyftkolumner (93 500 kr styck)

Systemets position	Geografisk verkningsgrad (%)	Systemets kostnad (kr)	Återbetalningstid (år)
Göteborg	14,3	445 630,71 kr	108
Medelhavet	28,6	445 630,71 kr	54
Australien	38,6	445 630,71 kr	40

Exempel: System med andra lyftkolumner (30 000 kr styck)

Systemets position	Geografisk verkningsgrad (%)	Systemets kostnad (kr)	Återbetalningstid (år)
Göteborg	14,3	229 030,71 kr	55
Medelhavet	28,6	229 030,71 kr	28
Australien	38,6	229 030,71 kr	21

Exempel: System som massproducerats och kostar 200 000 kr

Systemets position	Geografisk verkningsgrad (%)	Systemets kostnad (kr)	Återbetalningstid (år)
Göteborg	14,3	200 000,00 kr	48
Medelhavet	28,6	200 000,00 kr	24
Australien	38,6	200 000,00 kr	18

BILAGA 10. Sid 1(2). Kostnadsuppskattning och kalkyler

Kostnadsuppskattning med elektromekaniska lyftkolumner.

	<u>Antal (st)</u>	<u>Kostnad (kr)</u>	<u>Tillverkningskostnad</u>	<u>Total kostnad (kr)</u>	<u>Kommentar</u>
Solpaneler					
T100f	12	3 990,00 kr		47 880,00 kr	
T70f	6	2 990,00 kr		17 940,00 kr	
LOXX-knappar och fästen	72	0			Ingår i totala kostnaden
Kablar		0			Ingår i totala kostnaden
Summa:				65 820,00 kr	Greenstar har dock rabatt
Solpanelhållare					
Avlånga plattor	24	192,62 kr	500,00 kr	5 122,83 kr	
Gångjärn	28	150,00 kr		4 200,00 kr	
Stödbalk	2	765,00 kr	800,00 kr	2 330,00 kr	
Stödben	2	855,30 kr	500,00 kr	2 210,59 kr	
Stödbensfästen	2	166,39 kr	520,00 kr	852,78 kr	
Summa:				14 716,20 kr	
Elektromekaniska lyftkolumner					
Elektromekaniska lyftkolumner	4	93 500,00 kr		336 600,00 kr	Rabatt 10 %
Batterier	4				
Kablar					
Fäste för lyftkolumner	2	5 071,92 kr	1 000,00 kr	11 143,84 kr	
Summa:				347 743,84 kr	
Teleskopiska pelare					
Hasp/låsningmekanism	2	161,35 kr	500,00 kr	822,70 kr	
Fastsvetsad anordning av stänger				10 739,92 kr	
Ihålliga pelare med kvadratisk tvärsnitt					Ingår i kostnad ovan
Hållare, fäste för stång					Ingår i kostnad ovan
Summa:				11 562,62 kr	
Linjärstyrning					
Vagn komplett	4	428,00 kr		1 712,00 kr	
Räls	10	407,60 kr		4 076,04 kr	
Summa:				5 788,04 kr	
Total summa kostnad:				445 630,71 kr	

BILAGA 10. Sid 2(2).

Kostnadsuppskattning med andra billigare lyftkolumner (30 000 kr).

	<u>Antal (st)</u>	<u>Kostnad (kr)</u>	<u>Tillverkningskostnad</u>	<u>Total kostnad (kr)</u>	<u>Kommentar</u>
<u>Solpaneler</u>					
T100f	12	3 990,00 kr		47 880,00 kr	
T70f	6	2 990,00 kr		17 940,00 kr	
LOXX-knappar och fästen	72	0			Ingår i totala kostnaden
Kablar		0			Ingår i totala kostnaden
Summa:				65 820,00 kr	Greenstar har dock rabatt
<u>Solpanelhållare</u>					
Avlånga plattor	24	192,62 kr	500,00 kr	5 122,83 kr	
Gångjärn	28	150,00 kr		4 200,00 kr	
Stödbalk	2	765,00 kr	800,00 kr	2 330,00 kr	
Stödben	2	855,30 kr	500,00 kr	2 210,59 kr	
Stödbensfästen	2	166,39 kr	520,00 kr	852,78 kr	
Summa:				14 716,20 kr	
<u>Elektromekaniska lyftkolumner</u>					
Elektromekaniska lyftkolumner	4	30 000,00 kr		120 000,00 kr	Rabatt 10 %
Batterier	4				
Kablar					
Fäste för lyftkolumner	2	5 071,92 kr	1 000,00 kr	11 143,84 kr	
Summa:				131 143,84 kr	
<u>Teleskopiska pelare</u>					
Hasp/låsningmekanism	2	161,35 kr	500,00 kr	822,70 kr	
Fastsvetsad anordning av stänger				10 739,92 kr	
Ihålliga pelare med kvadratisk tvärsnitt					Ingår i kostnad ovan
Hållare, fäste för stång					Ingår i kostnad ovan
Summa:				11 562,62 kr	
<u>Linjärstyrning</u>					
Vagn komplett	4	428,00 kr		1 712,00 kr	
Räls	10	407,60 kr		4 076,04 kr	
Summa:				5 788,04 kr	
Total summa kostnad:				229 030,71 kr	