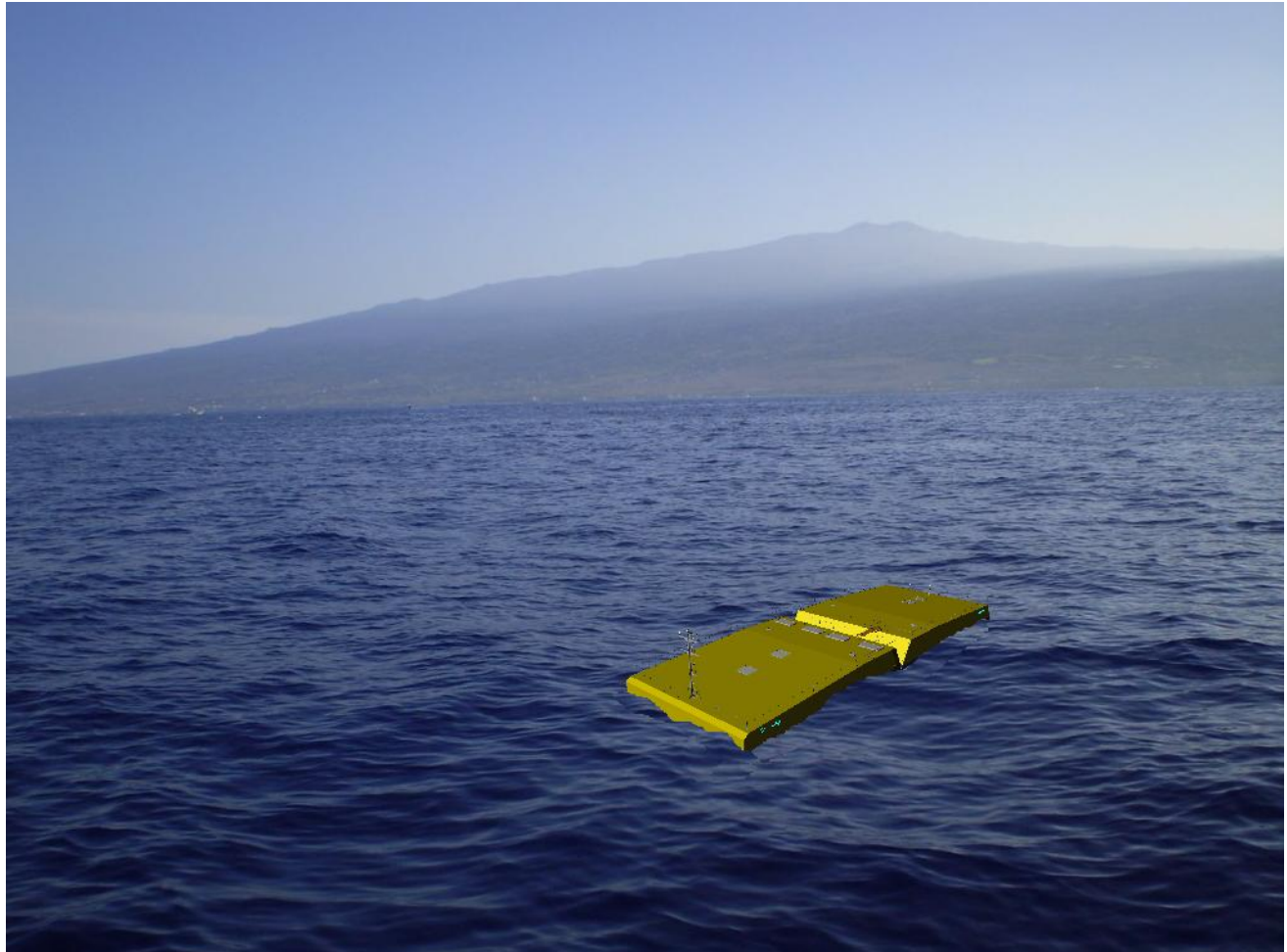


Grov engineering og Cost of Energy analyse Waveenergyfyn rapport



Detailed engineering and design of WECén Crestwing nr. 10801

Grov engineering og Cost of Energy analyse Crestwing

Indhold

Grov engineering og Cost of Energy analyse Waveenergyfyn rapport.....	1
Baggrund	4
0. Indledning.....	5
1. Sammenfatning.....	5
1.1 Engineering af Crestwing prototypen	5
Hovedkonstruktionen	6
Forankringssystemet.....	6
Dæks arrangement	7
Power take off systemet	7
1.2 Cost of Energy analyse på basis af COE beregnings ark.....	7
Costanalyse	8
2. Konklusion	10
Engineeringen	10
Costanalysen.....	10
Costanalysen ved udlægning af Crestwing L60 B20 i Nordsøen.....	11
Perspektivering ud fra Costanalysen.....	12
3. Engineering af Crestwing prototypen	12
3.1 Beskrivelse af Crestwing prototypens hovedkonstruktion	15
Crestwings grundstruktur	15
Crestwings hoveddimensioner.....	15
Myndighed og Klasse	16
Stabilitet.....	16
General arrangement.....	16
Profile & Plan	17
Overfladebehandling jf. skibsstandard	19
Moment og kræfter i hovedkonstruktion	19
Disponering af Luger, døre og mandehuller.....	20
Klys/Pullerter	21
Båd landing	21
Lanterne og Antenne arrangement.....	21

3.2 Beskrivelse af Crestwing prototypens Power take off.....	22
PTO systemets udviklings forløb	22
PTO systemets opbygning og funktion.....	23
PTOéns hoved dimensioner	23
PTOéns indbygning	23
3.3 Beskrivelse af Crestwing prototypens Forankring.....	24
Udvikling af forankrings system	24
Udvikling, konstruktion og design af trepunkts forankring	25
Beskrivelse af Crestwing prototypens Havarikontrolplan	26
4 Costanalyse Crestwing prototype	26
Generelle forudsætninger for Cost analyse	27
Omkostninger forudsat i COE værktøjet	27
Anvendt absorber effektivitet.....	27
Anvendt PTO effektivitet	27
Basis budget Crestwing L60 B20	28
Costanalyse.....	29
Costanalysens hoved resultater	30
Costanalyse over Crestwing	31
Costanalyse diagrammer Crestwing.....	32
Analyse over O&M som funktion af Capex contra Elproduktionen.....	34
Appendiks	35
Appendiks 1. General arrangement	35
Appendiks 2. Profile & Plan.....	36
Appendiks 3. Dæks arrangement	37
Appendiks 4. Outline specifikation	38

Baggrund

Denne rapport fra Waveenergyfyn over projekt Detailed engineering and design of WECén Crestwing ” PSO-F&U projekt nr. 10801 omfatter resultatet af den gennemførte grov engineering og cost of Energy analyse over Crestwing fuld skala konceptet.

Der er forud for ”Grov engineering og Cost of Energy analyse Crestwing” afholdt

- Indledende test på AAU af The Crestwing blev afviklet i perioden 13-03-08 til 30-02-09 og udført af Jens Peter Kofoed og Michael P. Antonishen AAU i samarbejde med Henning Pilgaard Waveenergyfyn.
- Ved afslutning af de indledende forsøg på AAU af 2008/2009 indsendte Waveenergyfyn afsluttende rapporter dels egen afrapportering Waveenergyfyn rapport Crest Wing - 2nd test fase og dels forsøgsrapport The Crest Wing Wave Energy Device - 2nd phase testing fra AAU. Rapporterne er tilgængelige hos energinet.dk.
- Final test på DHI ”Projektet Crestwing final test” PSO-F&U projekt nr.10465” afviklet i perioden februar 2010 til marts 2011 udført af Bjarne Jensen M.Sc. Eng. Hydraulic Engineer & CFD expert Ports & Offshore Technology DHI i samarbejde med Russell James Brice Senior Naval Architect KEH og Henning Pilgaard Waveenergyfyn.
- Projekt ” Crest Wing final test follow-up offshore” omhandler bygning, udlægning og offshore test af en Crestwing i en skala 1-5 af fuldskala Hanstholm efterfølgende kaldt Fladstrand anlægget. Survival and behavior testen af Fladstrand anlægget gennemførtes i sidste halvdel af 2011. Projektet afsluttes i 2014 med test af PTO system, forankringssystem og elproduktion til net.

Kontakt vedr. Waveenergyfyns rapporter kan rettes til:

Henning Pilgaard Ingeniør og indehaver af Waveenergyfyn. Kissendrupvej 15 DK-5800 Nyborg, Denmark.

Phone: (+45) 65 36 17 65 E-mail: crestwing@gmail.com Facebook: <https://www.facebook.com/Crestwing>

Hjemmeside: <http://crestwing.dk>

Bilag:

1. Outline specifikation Crestwing
2. General arrangement Crestwing
3. Profil & Plan Crestwing
4. Lanterne og Antenne arrangement Crestwing
5. Hesselbæk Consult forprojekt for Waveenergyfyn
6. AAU rapport fase 2 Crest Wing WEC
7. DHI rapport Crestwing WEC Model Tests

Fortrolighed: Forud for videregivelse af rapporten og bilag til tredje part bedes Energinet.dk kontakte Waveenergyfyn.

0. Indledning

Projektet "Grov engineering og Cost of Energy analyse Crestwing" er bevilget med et reduceret budget i forhold til ansøgningen om støtte til "Detailed engineering and design of WECén Crestwing" i 2012. Projektafviklingen, er udarbejdet ud fra den reviderede projektbeskrivelse benævnt "Grov engineering og Cost of Energy analyse Crestwing".

Forudsætning

Den reviderede projektbeskrivelse omfatter en forprojektering udført af et team bestående af Waveenergyfyn i et samarbejde med Shipcon ApS Havnepladsen 12 9900 Frederikshavn og Hesselbæk Consult Friggsvej 18 9870 Sindal.

Forprojekteringen sker i tæt samarbejde med de øvrige partnere herunder speciel Shipcon ApS på basis af Waveenergyfyns design oplæg. Den eksakte fordeling og omfang af konstruktions/projekts arbejdet mellem Shipcon ApS og Waveenergyfyn fastlægges endeligt ud fra design oplægget.

Waveenergyfyn forestår Cost of Energy analyse på basis af COE beregnings ark.

Projekt forløb

Forprojekteringen opstartedes i 2012 med pre-design og Costanalyse ud fra Energinet's daværende COE beregnings ark. Waveenergyfyn's pre-design afsluttedes i efteråret 2012, omfattede udvikling og konstruktion/design i 3D af Crestwing L60/B20 full-scale koncept. Parterne kunne herefter opstarte forprojekteringen, som med afbrydelser har forløbet frem til foråret 2014. Waveenergyfyn har efterfølgende udarbejdet Cost analysen på basis af det i 2013 videreudviklede COE Calculation Tool for Wave Energy Converters.

1. Sammenfatning

Engineeringen omfatter pre-design oplæg fra Waveenergyfyn og fælles forprojektering og design afsluttet med udarbejdelse af Cost analyse.

Afreporteringen her skulle gerne give et tilstrækkelig dokumentation af forprojekteringen, som naturligvis ikke kan medtage alle facetter, der er blevet fastlagt under engineeringen. Cost analysens hovedresultater vises i en form, som skulle give mulighed for vurdering af såvel konceptet samt konsekvenserne ved enkle af kostanalyse værktøjets variabler. For at give mulighed for en mere detaljeret indsigt i slutresultatet henvises der til medindsendte bilag.

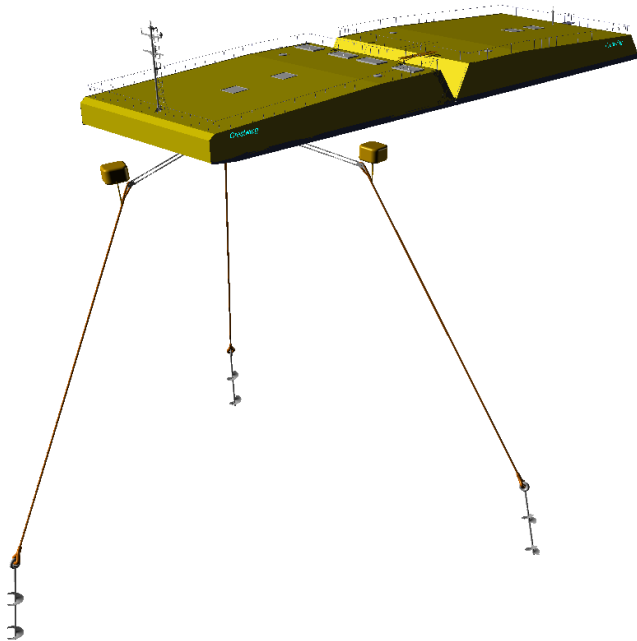
Rapporten er delt mellem engineering i afsnittene 3, 4, 5, 6 og Costanalysen i afsnit 7 som jo er afhængig af engineeringen.

1.1 Engineering af Crestwing prototypen

Waveenergyfyn's pre-design omfattede et udgangsdesign i 3D af konstruktion, udrustning og installationer herunder PTO systemer og forankring.

ShipCon har, på baggrund af Waveenergyfyn's pre-design, udarbejdet arrangements-, stål-, udrustningstegninger samt stabilitets beregninger på et niveau, som er tilstrækkelig som beslutningsgrundlag for iværksættelse af den afsluttende detail projektering.

Engineeringen er omfattende hvorfor vi i rapporten har fokuseret på hovedområderne "Engineering af Crestwing prototypens hovedkonstruktion", "Crestwing prototypens dæks arrangement", "Crestwing prototypens Power take off" og "Crestwing prototypens forankring".

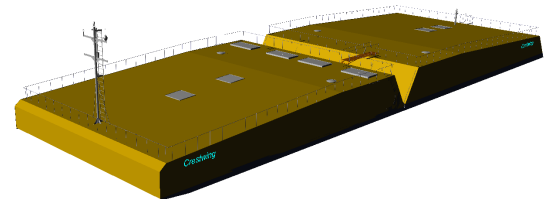


Crestwing prototypen

Hovedkonstruktionen

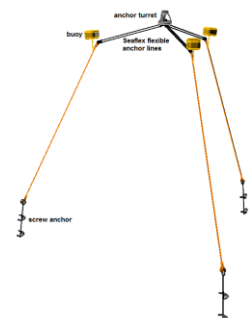
Crestwings grundstruktur er enkel, bestående af to flade sammenhængslede pontoner. Konstruktionen kan generelt opdeles i tre hoveddele bestående af skrog, hængsels led og skørt. Projekteringen af skørt og skrog er at betragte som et traditionel skibsdesign hvorimod det integrerede hængsel er nyt i forhold til sektoren. Overvejelserne over materialer under forprojektet er, ud fra økonomiske og tekniske faktorer, endt op med stål som det foretrukne for prototypen.

Anlægget har en længde på 60 m en bredde på 20 m med en største højde fra bundlinjen på 3,5 m. Dens tørvægt er 300 ton med en usikkerhed på ca. 5 % afhængig af de indlagte forstærkninger Ved prissætning af hovedkonstruktion er der anvendt en tør vægt på 315 ton.



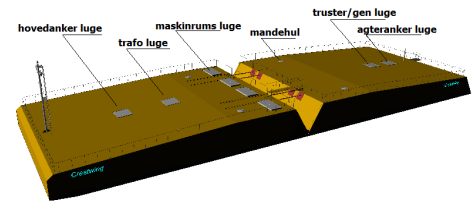
Forankringssystemet

Forankringssystemet er baseret på den svenske udviklede Seaflex teknologi som er et anerkendt miljøskånsomt system. Seaflex teknologien er udviklet i 1970'erne og har et stort erfarings grundlag baseret på et trecifret antal af forankringer. Forankringen anholder til, et i anlægget, indbygget ankertårn som tillader weathervaning og muliggør aktiv krøjning. Anlægget får en svingnings radius på overfladen af havet på ca. 10 % af anlæggets længde. Derudover bliver kabeltilslutningen, som er fastgjort til det ene ankertov, væsentlig forenklet. Beskrivelsen er begrænset af hensyn til systemets patentering.



Dæks arrangement

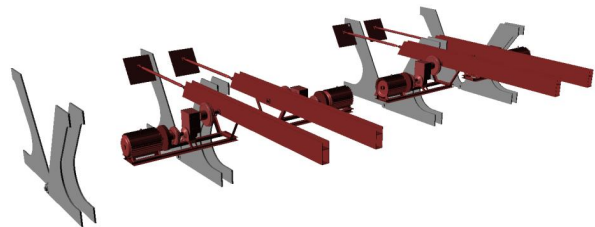
Dæksarrangementet omfatter disponering af luger, døre, mandehuller, klys/pullerter, båd landing og lanterne/antenne arrangement.



Power take off systemet

Den samlede PTO bestyknings er dimensioneret ud fra en Nordsø placering af Crestwing fuldskala med hoveddimensionerne L 60 B 20. Der installeres 4 stk. 100 kW PTO systemer. Den installerede effekt på 400 kW er dimensioneret således, at udfald af en enkel enhed ikke har nævneværdig indflydelse på el produktionen.

Det samlede PTO system er opbygget af hovedkomponenterne "mekanisk PTO", "inverter", "el/styre tavle", "power tavler", "dumpload" med diesel generator/batterier som backup. PTO systemet er opbygget som stand-alone system som via inverteren producerer el i en given kvalitet til et offentligt eller lokalt elnet. Styring, regulering og frakobling af systemet varetages under drift via internettet. Beskrivelsen er begrænset af hensyn til systemets patentering



1.2 Cost of Energy analyse på basis af COE beregnings ark

"COE Calculation Tool for Wave Energy Converters" er anvendt for udarbejdelse af Costanalysen af WECén Crestwing. COE beregningsværktøjet kan baseres på enten power matrix eller standard søtilstande. Anvendelse af power matrix versionen har, efter vores vurdering, vist for optimistiske COE værdier hvorfor nærværende Costanalyse baseres på standard søtilstande.

Forprojekteringen af en Crestwing L60/B20 fuldskala koncept med en installeret effekt på 400 kW, designet for udlægning i Nordsøen, udgør basis for budgetteringen. Budgettet for Crestwing L80/B30 fuldskala konceptet for udlægning i Nordsøen/EMEC baserer sig på Waveenergyfyn's pre-design og kan ikke tillægges samme validitet som basisbudgettet over Crestwing L60/B20. Budgettet for Crestwing L80/B30 er medtaget for perspektivering af Crestwing konceptet.

Basis budget Crestwing L60 B20

Der er hjemtaget overslag og tilbud fra Danske virksomheder på hovedkonstruktionen, drivtoget for PTO system, el-entreprise samt montage og udrustning. Øvrige komponenter mv. er fortrinsvis baseret på europæiske og/eller nordamerikanske leverandører.

Budgetlægningen har resulteret i et basisbudget på 21 mio kr. for et Dansk produceret L60/B20 fuldskala koncept. Kalkule niveauet er "efter" prototype og omfatter ikke udviklings omkostninger som normalt må henføres til prototype stadiet.

Basisbudgettet suppleres med to budget overslag dels et overslag baseret på internationalt prisleje og dels et overslag hvor kun hovedkonstruktionen tager udgangspunkt i internationalt prisleje.

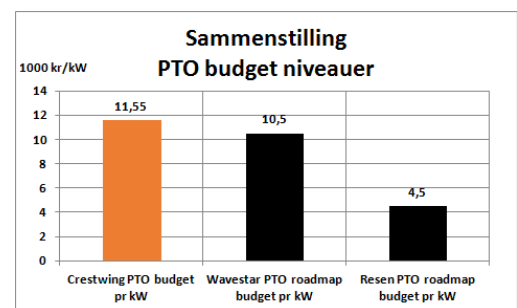
Basis budget hoved konstruktion

Der er hjemtaget fem overslag over budget hovedkonstruktion leveret ved kaj for udrustning og montage forud for udlægning af anlæg. Budget overslagene som viser en ret stor spredning fra 23 kr/ton stål ved østeuropæisk produktion til det dobbelte ved det højeste bud på et ren dansk produceret anlæg. På grundlag af overslagene har vi, med indlagt sikkerhed for forstærkninger og hængsel, fastholdt et højt budget niveau på 38.000 DKK pr. ton stål for et Dansk produceret Crestwing koncept. COE kalkulations værktøjets pris pr. ton stål er ansat til 25.500 DKK.

Basis budget PTO system

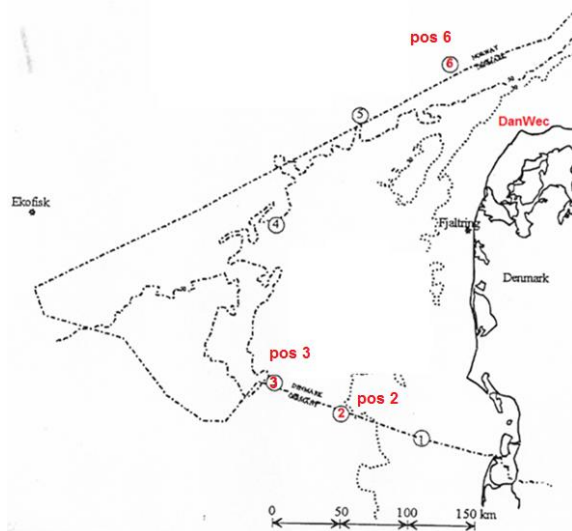
Der er hjemtaget et tilbud/overslag over budget drivtog og sammenbygning af PTO system fra vor hidtidige partner omkring udvikling af PTO systemet. Tilbud på delkomponenter herunder generator, kobling, inverter, power tavler, PLC tavle for styring og data, PLC/PC software mv. er fortrinsvis baseret på europæiske og/eller nordamerikanske leverandører.

COE kalkulationsværktøjets pris pr installeret kW på 37.500 DKK er betydeligt over budget niveauet pr installeret kW på 11.550 DKK. Coe værktøjets prisansættelse er generel og er naturligvis ikke målrettet Crestwings PTO system. Under Roadmap samarbejdet er der ansat pris pr installeret kW på henholdsvis Resens LOPF koncept og Wavestar konceptet. Wavestar og Crestwing ligger her på samme pris niveau på omkring 11.000 DKK/kW hvorimod Resen er nede på omkring 5.000 DKK/kW.



Costanalyse

Costanalyse over Crestwing L 60/B 20 prototypen gennemføres for Nordsø positionerne 2 og 3 samt over Crestwing L 80/B 30 for EMEC site pos 3 og EMEC site pos 5 ud for Orkney. Nordsø position 6 er ikke medtaget i COE kalkulations værktøjet og derfor ikke medtaget i nærværende Cost analyse.



Nordsø positionerne 2, 3 og 6



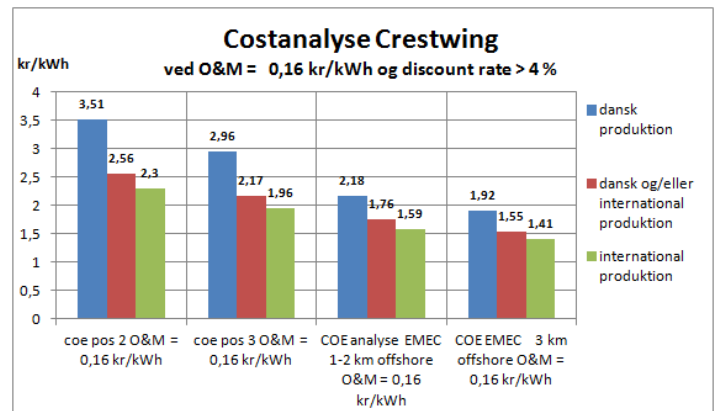
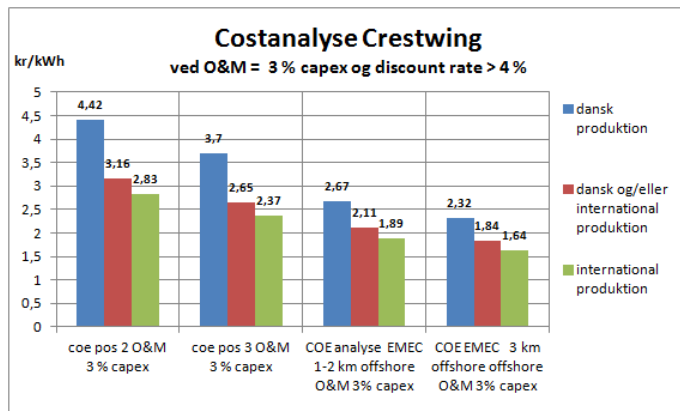
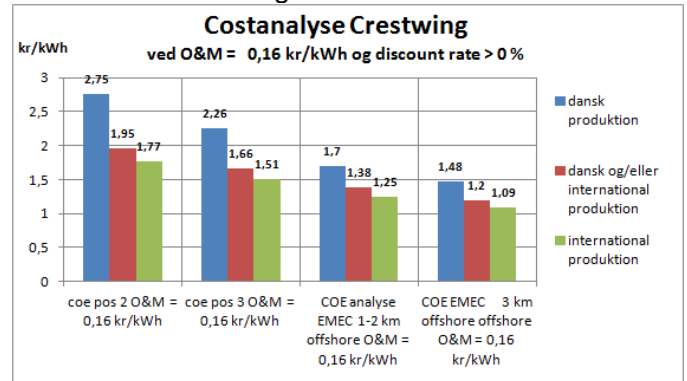
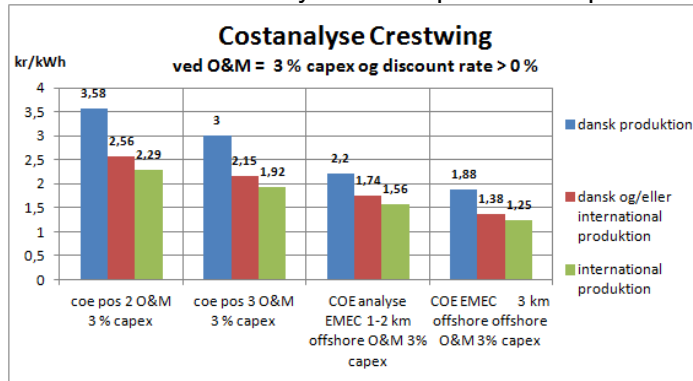
EMEC siten ud for Orkney

Costanalysens hoved resultater

Hver af de fire analyser omfatter tre budget niveauer:

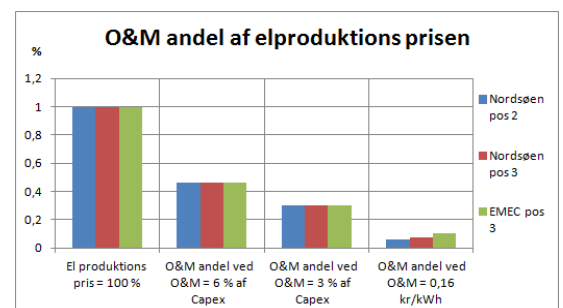
1. Cost analyse ved fortrinsvis dansk produktion (basis budgettet)
2. Cost analyse hvor hovedkonstruktion baseres på international pris niveau.
3. Cost analyse baseret på international pris niveau.

For hver af de fire analyser vises produktionsprisen for discount rate > 0 % og discount rate > 4 %



Analyse over O&M som funktion af Capex contra Elproduktionen

I forbindelse med Costanalyse over successiv budgettet behandlede Waveenergyfyn O&M problematikken, hvilket er medtaget i nedenstående opstillinger. Som det fremgår, er O&M procentiske andel, baseret på Capex, ikke synlig påvirket af elproduktionen. O&M som direkte knyttet til el produktionen giver en stigende procentisk andel med stigende el produktion.



2. Konklusion

Det er naturligt at konklusion relaterer til formålet for projektet ” Grov engineering og Cost of Energy analyse”, som er estimering og beregning af konceptets økonomiske status i fuld skala. Konklusionen omfatter Waveenergyfyn’s vurdering af i hvilken grad projektet har eftervist Crestwing konceptet teknisk og økonomisk.

Engineeringen

Gennem grov engineeringen er konceptet blevet optimeret både teknisk og produktionsteknisk. Hele konceptet foreligger i 3D(Rhino) og detail engineering pågår nu i Autodesk/inventor. Waveenergyfyn’s pre-design var i nogen grad rettet mod udseendet, hvilket er blevet tilpasset af produktionstekniske hensyn.

Hovedkonstruktionen er fastlagt på et niveau som overvejende forventes fastholdt under detail engineeringen. Konstruktionen er, udover at foreligge i 3D, dokumenteret gennem udarbejdelse af Generalarrangement, Profil & Plan, Lanterne og Antenne arrangement og Outline specifikation.

Det relativt lange projektforsløb har muliggjort at der parallelt med engineeringen er foretaget udvikling og dokumentation af konceptets nøgle problematikker.

Et mekanisk PTO systemet er blevet udviklet og bygget i skalaen 1:4 af fuldskala. Det udviklede system er opbygget af standard komponenter i skala 1:4. Systemet er testet i egen testbænk fra efteråret 2012 til juli 2013 omfattede funktionstest, crashtest og test af effektivitet fra absorberet energi til grid.

Waveenergyfyn har i samarbejde med ” SEAFLEX ENERGY SYSTEMS AB ” udviklet triple forankrings princippet som sigter mod at skåne miljøet samtidig med at reducere muligheden for løsrivelse. Forankringssystemet er testet og testes fortsat offshore i skala 1:5.

Hængsels systemet er løst mere konventionel end forventet, men indeholder detaljer, der skal afklares under detail engineeringen.

Afrapportering tager hensyn til beskyttelse af Waveenergyfyn’s teknologi blandt andet gennem begrænsning af beskrivelser omkring forankringssystemet, PTO systemet og specielt effekt elektronik/kontrol system.

Konceptet er gennem grov engineeringen bragt frem til et niveau hvor der ikke forventes væsentlige ændringer under detail engineeringen. Der vil fortsat være fokus på nøgle problematikkerne samt omfanget af forstærkninger.

Costanalysen

Costanalysen er fortrinsvis baseret på basis budgettet på et dansk produceret Nordsø fuld skala prototype ekskl. udviklingsomkostninger (kaldt ”efter” prototype i rapporten). Der er herudover udarbejdet parallelle budgetter ved henholdsvis et international pris niveau og en international/dansk pris niveau hvor hovedkonstruktionen produceres i Østeuropa. Costanalysen baserer sig ikke på de besparelser, gennem produktudvikling, der kan forventes fremadrettet.

Costanalyse værktøjets oplæg til at drift og vedligehold(O&M) udgør 6 % af kapital omkostningerne(CAPEX) hvilket imidlertid medfører at O&M’s indflydelse på rentabiliteten er af samme størrelsesorden som alle øvrige omkostninger tilsammen. Costanalysen har vist, at denne indflydelse er relativt uafhængig af energiproduktionen hvilket, alt andet lige, ikke kan forventes i praksis.

Costanalysen anvender to parametre for beregning af O&M dels O&M = 3 % af CAPEX og dels O&M = 0,16 kr. pr. produceret kWh. Vi anser O&M på 3 % af CAPEX som acceptabel i en periode,

men at vi på længere sigt må ned på et leje, som modsvarer vindsektoren. Vores langsigtede bud på O&M, ved udlægning i parker, er som forannævnt 0,16 kr. pr. produceret kWh.

Costanalysen opererer med henholdsvis en discount rate på 0 % og 4 %. Discount rate på 0 % relaterer til prototype stadiet hvor en acceptabel forrentning opnås i kraft af blandt andet offentlig støtte. Discount rate på 4 % må anses som en tilstrækkelig indledende rate for kommerciel udbygning.

Costanalysen ved udlægning af Crestwing L60 B20 i Nordsøen

Feed-in tariff ved udlægning af en "Dansk" produceret anlæg på Nordsø positioner.

Da der tale om et budget på prototype niveau (ekskl. udviklings omkostninger) vil tariffen blive reduceret i takt med udvikling af konceptet. Crestwing konceptet er velegnet for serieproduktion, en faktor der også vil kunne slå igennem ved international produktion.

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff udlagt på Nordsø position-2 på 4,42 Kr/kWh og en Feed-in tariff på Nordsø position-3 på 3,70 Kr/kWh.

Feed-in tariff ved udlægning af en "Dansk og/eller international" produceret anlæg udlagt på Nordsø positioner.

Da der tale om et budget på prototype niveau (ekskl. udviklingsomkostninger) vil tariffen her også blive reduceret i takt med udvikling af konceptet. Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff på Nordsø position-2 på 3,16 Kr/kWh og en Feed-in tariff på Nordsø position-3 på 2,65 Kr/kWh.

Feed-in tariff ved udlægning af en "international" produceret anlæg på Nordsø positioner.

Da der tale om et budget på prototype niveau (ekskl. udviklings omkostninger) vil tariffen her også blive reduceret i takt med udvikling af konceptet. Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff på Nordsø position-2 på 2,83 Kr/kWh og en Feed-in tariff på Nordsø position-3 på 2,37 Kr/kWh.

Strategien for den fremtidige produktion af Crestwing konceptet er, ud fra de økonomiske realiteter, "Dansk og/eller international" hvor hovedkonstruktionen produceres i Østeuropa og udrustes og samles i Danmark.

Partnerskabets strategi for udvikling af Bølgekraft foreslår en samlet Feed-in tariff i perioden 2015 – 2020 på 4,5 kr. pr produceret kWh. Med en Feed-in tariff i perioden på 4,5 kr. pr produceret kWh vil "Dansk og/eller international" producerede Crestwing anlæg, udlagt på Nordsø position-2 (Mean Pwave på 12 kW/m), være kommerciel attraktive.

Costanalysen ved udlægning af Crestwing L80 B30 på EMEC site

Med udgangspunkt i UK Cost niveau med en Feed-in tariff på 2,75 kr. pr produceret kWh kan der, uafhængig af produktionssted, opnås en discount rate på over 4 %. Da der tale om et budget på prototype niveau (ekskl. udviklingsomkostninger) vil tariffen blive reduceret i takt med udvikling af konceptet.

Feed-in tariff ved udlægning af en "Dansk" produceret anlæg på EMEC positioner.

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff udlagt på EMEC 1-2 km offshore på 2,67 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 2,32 Kr/kWh.

Feed-in tariff ved udlægning af en " dansk og/eller international" produceret anlæg på EMEC positioner.

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff udlagt på EMEC 1-2 km offshore på 2,11 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 1,84 Kr/kWh.

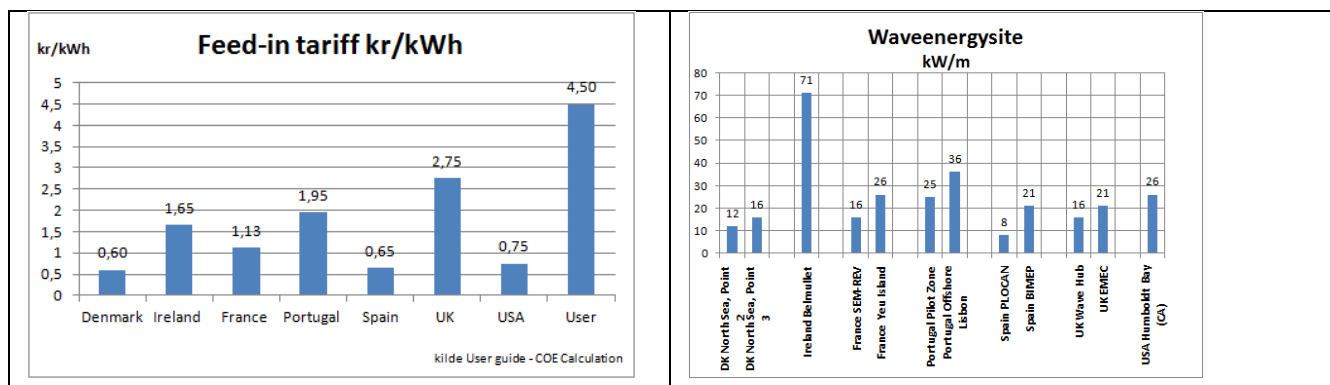
Feed-in tariff ved udlægning af en "international" produceret anlæg på EMEC positioner. Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff udlagt på EMEC 1-2 km offshore på 1,89 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 1,64 Kr/kWh.

Perspektivering ud fra Costanalysen

Costanalysen viser, at med de gældende Danske Feed-in tariff er der ikke baggrund for en kommerciel udbygning på Nordsøen inden for de nærmeste år. Dette svarer til hvad der er formuleret i "Partnerskabets strategi for udvikling af Bølgekraft".

Udlægning på EMEC sites 1 -3 km offshore giver, med de her gældende Feed-in tariff, grundlag for en kommerciel udbygning med Crestwing L80 B30.

Danmark har den laveste Feed-in tariff tæt fulgt af Spanien og USA. Portugal, Irland og UK har de højeste Feed-in tariff samtidig med besiddelse af de bedste bølger miljøer. Hvis Danmark fortsat skal være med i feltet, må den nuværende udviklingsindsats suppleres med en vis udbygning i Nordsøen.

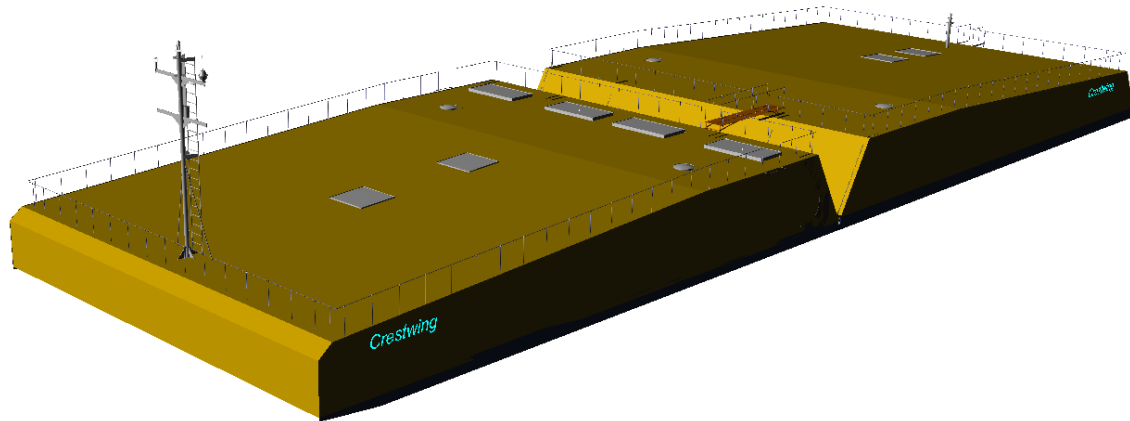


3. Engineering af Crestwing prototypen

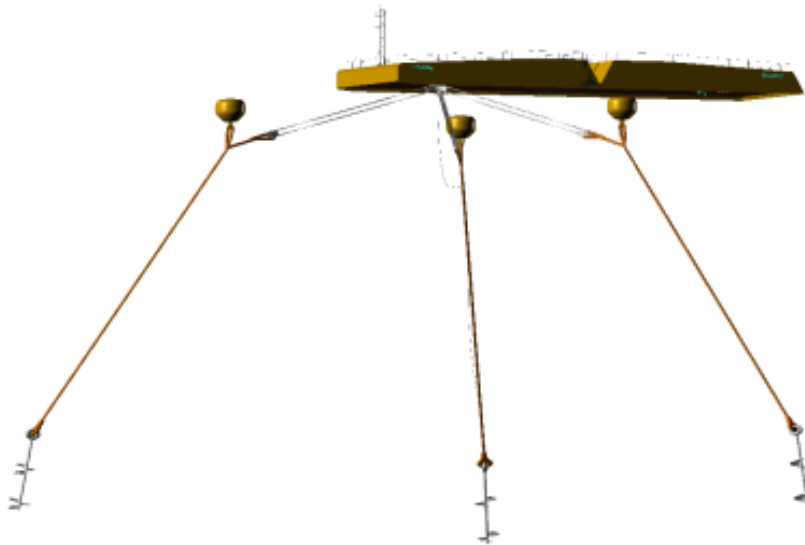
Forprojekteringen forstås af et team bestående af Waveenergyfyn Nyborg, Hesselbæk Consult Sinddal og Shipcon Frederikshavn. Projektteamet indgår i det overordnede projekteringsteam på

Waveenergyfyns Frederikshavns kontor under Crestwing ApS som fremadrettet vil forestå detailprojekteringen.

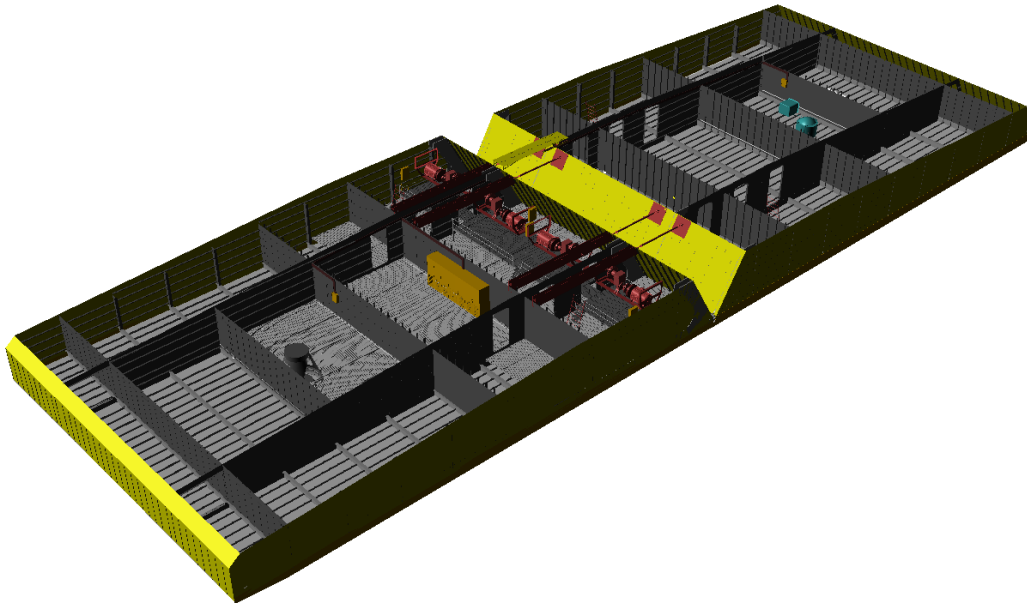
Beskrivelse af engineeringen omhandler fortrinsvis prototypens hovedkonstruktion, prototypens Power take-off og prototypens Forankring. Der er foretaget en afgrænsning af beskrivelsen af kommercielle hensyn og for pågående og kommende patentering. Der henvises i øvrigt til de fremsendte bilag.



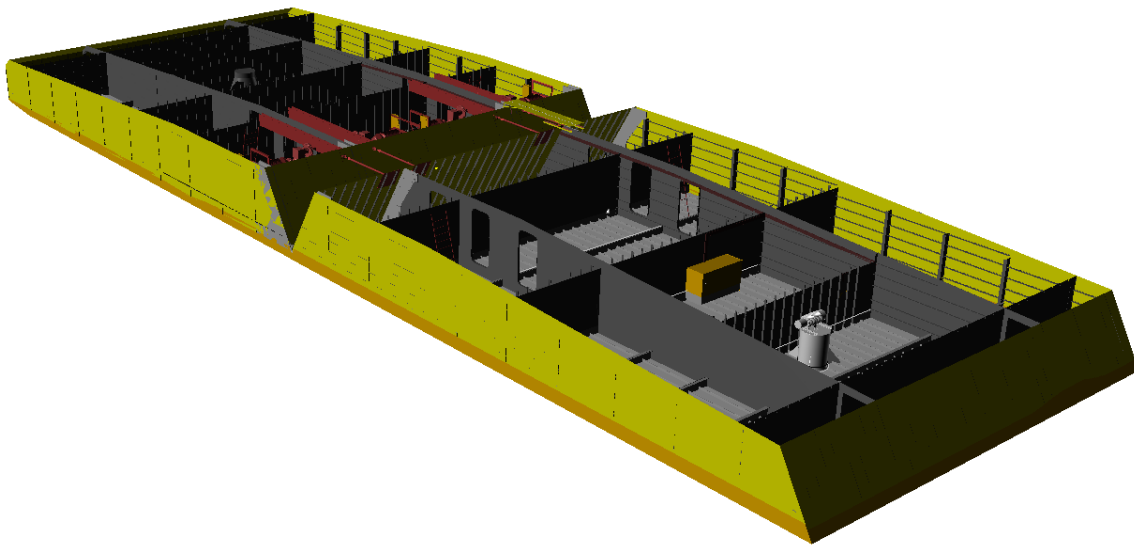
Crestwing



Crestwing opankret



Crestwings hovedkomponenter set fra BB for



Crestwings hovedkomponenter set fra BB agter

3.1 Beskrivelse af Crestwing prototypens hovedkonstruktion

Crestwings grundstruktur

Crestwings grundstruktur er enkel, bestående af to flade sammenhængslede pontoner. Konstruktionen kan generelt opdeles i tre hoveddele bestående af skroget, hængselsled og skørt. Projekteringen af skørt og skrog er at betragte som traditionel skibsdesign, hvorimod det integrerede hængsel er ny i forhold til sektoren.

Anlæggets effektivitet er uafhængig af anlæggets egenvægt, hvilket giver en stor handlefrihed hvad angår materialevalg. Overvejelserne under forprojektet er, ud fra økonomiske og tekniske faktorer, endt op med stål som det foretrukne for prototypen. På længere sigt ses composite som ønskværdig alternativ.

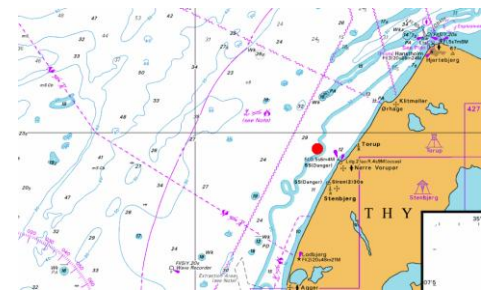
Prototypens hoveddimensioner er fastlagt ud fra de afviklede test på DHI og AAU og af den af DHI udarbejdede scatter diagram over Vorupør siten syd for Hanstholm som modsvarer DanWec siten.

Hovedkonstruktionen er forprojekteret ud fra de på DHI gennemførte test af belastning og materiale-spændinger samt de under DHI testen gennemførte RAO.

Crestwings hoveddimensioner

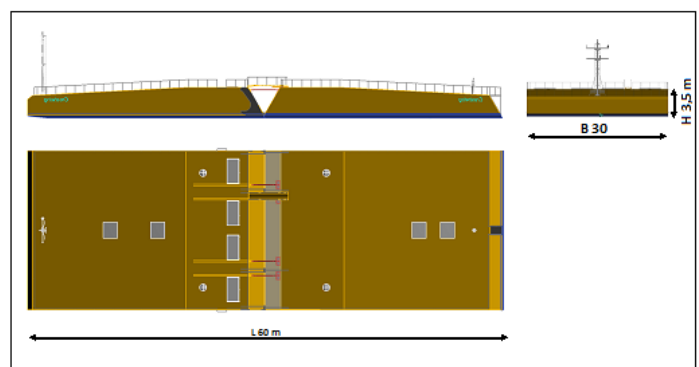
Crestwing har sin højeste effektivitet hvor anlægslængde og bølgelængde er af samme størrelsesorden hvorfor anlægslængden afhænger af bølgelængden på udlægningsstedet(site). Anlægsbredden kan varieres ud fra design, konstruktion og optimering af produktion on site.

Dimensionerne for prototypen udlagt ud for Hanstholm på DanWec's site på en 25 – 30 meters dybde er baseret på DHI Metocean data for Crestwing WEC prototype for udlægning 4,6 km ud for Vorupør. Bølgemiljøet på DanWec har samme middeffekt og vanddybde som Vorupør placeringen. DanWec site angiver middeffekter i fra 6 kW/m til 15 kW/m.



Prototypens bestemmes, som nævnt, af bølgemiljøet og er beregnet ud fra datamaterialet fra de afholdte testforløb på AAU og DHI i perioden 2009 og 2011. Energiproduktionen ændres ikke markant inden for en variation af anlægslængder på +/- 20 %. En anlægslængde på 60 m ligger her i den øvre del med henblik på, at anlægget vil kunne flyttes til placeringer med en højere middeffekt. Med en levetid på op mod 30 år kan dette være væsentligt for opnåelse af en konkurrencedygtig produktion efter test perioden.

Prototypens bredde på 20 m er 33 % af anlægslængden, hvilken er en forøgelse i forhold til længde/breddeforholdene under de indledende test forløb på 25 %. Under beslutningen af forøgelsen af længde/ breddeforholdene, er der bl.a. set på DEXA anlægget som i samarbejde med AAU var ansat til en længde bredde forhold på 40 %.



Prototypens højde bestemmes ud fra de kræfter der skal håndteres i konstruktionen og ud fra optimering af slaglængde/kraft forholdet på PTO systemets trykstang. Anlægshøjden i center regionen på 3,5 m er udlagt ud fra ovenstående forhold samt ud fra design.

Uddrag af Outline specifikation: Hoved dimensioner

Hoveddimensioner:

- længde 60,00 m
- bredde 20,00 m
- dybde mld. til dæk 3,50 m
- max. design dybgang mld. 0.35 m
- scantling dybgang= 0,50 m.

Tonnage:

Selvom anlægget bygges som to pontoner, som derefter kobles sammen, skal tonnagen være et udtryk for samlet volumen af de to dele. Dvs. at sammenkoblingen skal anses for at være permanent.

Foreløbig tonnage: GT = ca. 700 NT = ca. 212

Myndighed og Klasse

Crestwing konceptet afviger fra andre WECér ved i praksis at være en skibskonstruktion. I forbindelse med en fremtidig klassifikation ønskes anlægget fortrinsvis klasseret som sådan.

Uddrag af Outline specifikation: Myndighed og Klasse

Bølgeenergianlægget med tilhørende maskineri og udrustning bygges og udrustes, således at den opfylder:

- Søfartsstyrelsens bestemmelser for ubemandet pram, Bek. nr. 9186 af d. 2/4-2003
- DNV's regler for skibe under 100 m i længden.

Ved dimensionering betragtes fartøjet som bestående af to pontoner á 30 m.

IMO kriterier for intakt stabilitet: "International Code on Intact Stability 2008"

Anlægget skal ikke kontrolleres for læk stabilitet.

Endelig forankringsplacering skal være iht. gældende regler fra Farvands Direktoratet.

Bølgeenergi anlægget klasses ikke.

Stabilitet

Generelt set er et skibs stabilitet udtryk for skibets evne til at vedligeholde en opret stilling, eller til at genvinde den oprette stilling efter en krængning.

For så vidt angår det intakte anlægssødygtighed er det alene nok at undersøge stabilitetsforholdene i tværskibsretning, dvs. over for rulning og krængning.

Tværskibsstabilitet afhænger af to punkters indbyrdes placering, fællestyngdepunktet

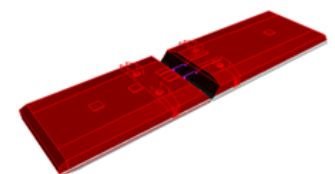
for anlæg og last (G) og skibets tværskibs metacenter (M), der alene er bestemt af dybgang og form. Med en marginal dybgang, ingen last ud over egenvægten og med en bredde/ højde forhold på 6 til 1 er fællestyngdepunktet (G) og bådens tværskibs metacenter (M) stort set sammenfaldende. Prototypen skal op i en krængning på over firs grader før der etableres en negativ stabilitet. Resultaterne fra testforløbet på DHI viste en høj stabilitet hos anlægget med en max krængning på +/- 1,5 grader under drift.

General arrangement

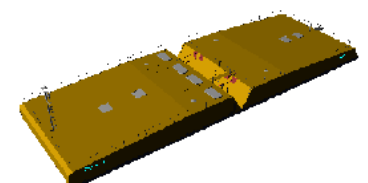
General arrangementet definerer disponeringen af pladser til alle nødvendige funktioner og udstyr samt placering og adgangs forhold.

Waveenergyfyn's pre-design omfattede et udgangsdesign i 3D af konstruktion, udrustning og installationer herunder PTO systemer og forankring.

Pre-designét er udgangspunkt for ShipCon's udarbejdelse af generalarrangement. Udarbejdelsen af generalarrangement er sket i et tæt samarbejde, hvor design mv. er afpasset efter produktionsmæssige hensyn med henblik på en økonomisk optimering af konstruktionen.



Waveenergyfyns 3D pre-design oplæg



Waveenergyfyns 3D design efter forprojekt

Som det fremgår er det ydre design blevet mere firkantet end oplægget i pre-designet. Designet er blevet produktionsvenlig, hvilket har betydning for produktionsprisen, samtidig er der etableret fuld lofthøjde i hele maskinrummets bredde.

ShipCon har, på baggrund af Waveenergyfyn's pre-design, udarbejdet arrangements-, stål-, udrustningstegninger samt stabilitets beregninger på et niveau som er tilstrækkelig som beslutningsgrundlag for iværksættelse af den afsluttende detail projektering. Konstruktionsgrundlaget omfattende "Outline-specifikation er anvendt til indhentning af tilbud og overslag på prototypen.

Uddrag af Outline specifikation: General arrangementet

Udbudsmaterialet omfatter ståltegningerne Profile & Plan¹ og General arrangement²
 Materiale dimensioner på disse tegninger er efter klassens regler med tillæg af rederiets krav.
 Tegningerne er ikke klassegodkendte.

Alt stålmateriale skal være Mild Steel, Grade "A"

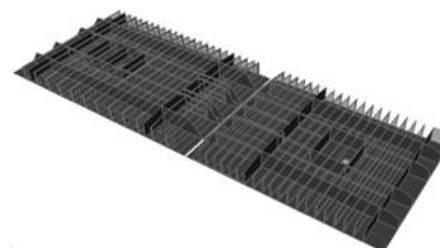
Stålvægtberegningen er udført på grundlag af disse tegninger. Stålvægtberegning er værftets ansvar.

Profile & Plan³

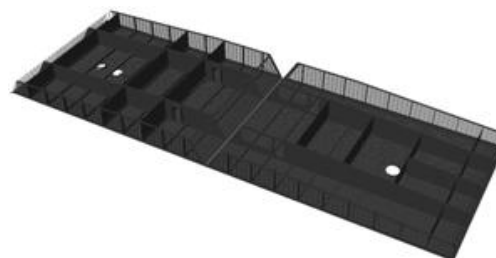
Pre-designét fra Waveenergyfyn er udgangspunkt for ShipCon's udarbejdelse af Profile & Plan. Udarbejdelsen af Profile & Plan er sket i et tæt samarbejde hvor skot, spanter, hul plan mv. er afpasset efter produktionsmæssige hensyn med henblik på en økonomisk optimering af konstruktionen.

Som det fremgår af hosstående 3D tegninger er der i forhold til pre-designet foretaget ændringer af skot opdelingen inden for de givne ydre rammer. Engineeringen tager udgangspunkt NV standarder og krav, der planlægges dog ikke en formel certificering af prototypen.

Som det fremgår er spanteafstanden øget i forhold til oplægget i pre-designet. De langsgående skot er rykket ind samtidig med at antallet af tværgående skot er øget. Der er indsat søjler i centerlinien mellem dæk og bundklædning for understøtning. Hulplan over bundklædning omfatter bla gennemføringer for ankertårn front ponton, gennemføringer for truster og nødanker i agter ponton.



Waveenergyfyns 3D pre-design oplæg



Waveenergyfyns 3D design efter forprojekt

Disponering af Profile & Plan

Der etableres i alt syv funktions rum fordelt på bundklædnings arealets ca. 1200 m²:

¹ Se Appendiks 2

² Se Appendiks 1

³ Se Appendiks 2

For ponton

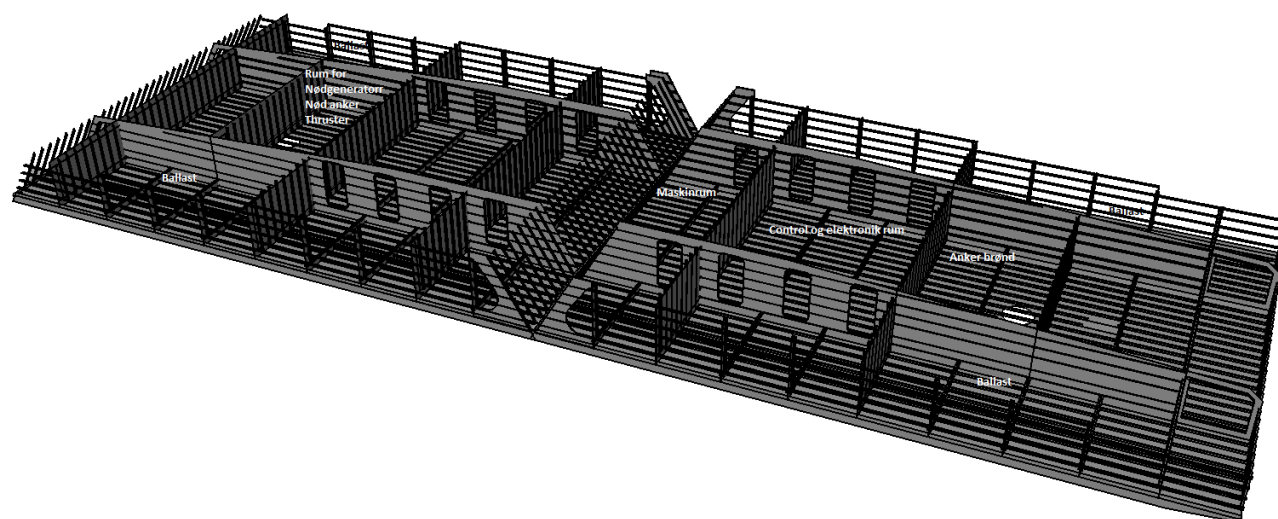
• Maskinrum	20 m tværskibs og 6 m langskibs	120 m ²
• Kontrol/inverter-trafo rum	10 m tværskibs og 9 m langskibs	90 m ²
• Kontrol/kommunikation/inverter-trafo rum	10 m tværskibs og 9 m langskibs	90 m ²
• Ankrings rum	10 m tværskibs og 6 m langskibs	60 m ²
• Lager/værksted	10 m tværskibs og 6 m langskibs	90 m ²

Funktions rummenes samlede areal på ca. 450 m² er udrustet med riste gulv udlagt over spant niveau (0,5 m over bundklædning).

Agter ponton

• Diesel gen rum	10 m tværskibs og 6 m langskibs	60 m ²
• Truster rum	10 m tværskibs og 6 m langskibs	60 m ²
• Agter anker rum	10 m tværskibs og 6 m langskibs	60 m ²

Funktions rummenes samlede areal på ca. 120 m² er udrustet med riste gulv i Truster/ Diesel gen rum (60 m²) udlagt over spant niveau (0,5 m over bundklædning).



Disponering Profile & Plan

Overfladebehandling jf. skibsstandard

Hosstående specifikation er udarbejdet i forbindelse med hjemtagelse af overslag og skal som sådan ikke tages som en endelig specifikation. I forbindelse med vores skala 1:5 offshore anlæg opnår vi for tiden erfaringer med begroning under anlægget. Der var forventet mindre begroning under anlægget grundet undertrykket som er et led i anlæggets funktion. Der er ikke nævneværdig begroning i området fra midt forreste ponton til midt agter ponton. Uden for dette område er der tale om normal begroning.

Uddrag af Outline specifikation: Isolering og Maling

Ingen af rummene i prammen skal isoleres.

Tilbud på maling omfattende antifouling indhentes fra underleverandør, og det valgte system indsættes som en del af denne specifikation.

Undervands skroget beskyttes mod galvanisk tæring med zink- eller aluminiums anoder. Antal anoder bestemmes ud fra valgt malingsystem, og baseres på 5 års doknings interval.

Specifikation for sandblæsning og maling

Hull outside			
Sandblasting to class SA 2.5	m ²		2870
Underwater part 5x	m ²		1300
Topside part 4x	m ²		380
Deck 5x	m ²		1190
Hull inside			
Mechanical cleaning ST 3	m ²		5960
Painting inside 2x	m ²		5960
Underwater part			
Sigma Prime 200	150 mic	m ²	1300
Sigma Prime 200	150 mic	m ²	1300
Sigma Cover 525	75 mic	m ²	1300
Sigma Eco Fleet	80 mic	m ²	1300
Sigma Eco Fleet	80 mic	m ²	1300

Topside part			
Sigma Prime 200	60 mic	m ²	380
Sigma Prime 200	150 mic	m ²	380
Sigma Cover 456	100 mic	m ²	380
Sigma Dur 520	60 mic	m ²	380

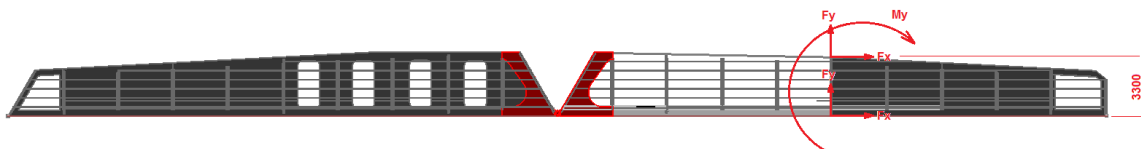
Deck			
Sigma Prime 200	60 mic	m ²	1190
Sigma Prime 200	150 mic	m ²	1190
Sigma Cover 456	75 mic	m ²	1190
Sigma Dur 520	60 mic	m ²	1190
Sigma Dur 520	60 mic	m ²	1190

Compartments under deck			
Sigma Cover 456	120 mic	m ²	5960
Sigma Dur 520	60 mic	m ²	5960

Moment og kræfter i hovedkonstruktion

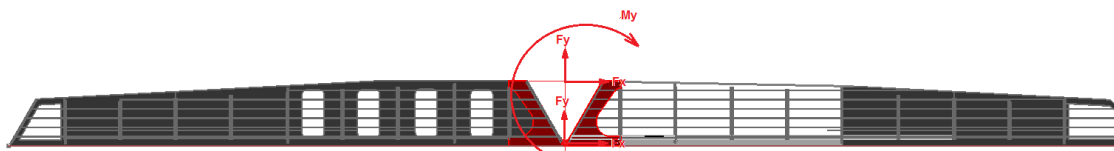
Moment og kræfter over midtskibs sektion

Crestwing består principiel af to sammenhængslede pramme og dimensioneres principiel sådan. Den enkelte ponton kan, ud over forstærkninger omkring hængsel og PTO, dimensioneres ud fra de traditionelle belastninger og specifikationer for skibsdesign. Under testforløbene på DHI, testedes der for kræfterne midtskibs, med de forbehold der ligger i en opskalering af kræfter, gav mulighed for beregning af tværmomentet midtskibs.



Moment og kræfter over hængsels sektion

Reduktion af momentet, medfører en tilsvarende reduktion af kræfterne på hængselsleddet. Basis kræfterne i hængselsleddet, ved ubelastet PTO system, initieres af pontonernes vægt og bevægelse. Den samlede belastning på hængselsleddet udgøres af "basis kræfterne" og kræfter initieret af belastningen fra PTO systemet.



Reduktion af hængselbelastning under skrogdesign

Anlægshøjden midskibs omkring hængselsleddet har indflydelse på kræfterne der overføres til pontonerne. Max højden midskibs er under forprojektet øget fra 2,5 . til 3,5 m hvilket reducerer kræfterne ved max momentet (M_y) med ca. 30 %.

Udover at reducere kræfterne i skrog og hængsel har forøgelsen af Max højden midskibs væsentlig indflydelse for dimensioneringen af PTO systemet hvor kravet til udvekslingen i tandhjuls gear, lejer etc. tilsvarende reduceres med 30 %. (PTO systemet behandles senere under udrustning)

Reduktion af hængselbelastning under PTO design

Reduktion af kræfter initieret af belastningen fra PTO systemet reguleres dels af den installerede generatoreffekt og dels gennem udkobling af systemet. Skridpunktet for PTO systemets elektromagnetiske koblinger sikrer, at hængselsbelastningen holder sig inden for de udlagte design kriterier.

Uddrag af Outline specifikation: Profile & Plan

Konstruktionen opdeles i en for sektion og en agter sektion, (pontoner).

Samling af de to sektioner i spt. 0 (hængsels leddet), for sektion har positive spante numre, agter sektion har negative numre hvor Spt. 50 betegnes som "for" og Spt. -50 betegnes som agter. Spante afstanden er overalt 600 mm.

Koordinat system: origo er x: spt. 0, y – Centerlinie, z- ok. bundklædning (BL)

L-skod 4,8 m fra CL SB og BB

Center afsnit fra agter til for:

Ballast tank, aft mooring room, Thruster room, void, aft engine room/ forward engine room, Trafo room, forw. mooring room, void og ballast.

L-skod er ikke vandtæt ved: Ballast tank – void – aft engine room – forward engine room – void – ballast.

Øvrige rum er at betegne som void spaces.

Sideklædning for "for sektion" føres som uafstivet skørt ca. 450 mm under bundklædning.

Sideklædning for "agter sektion" føres til bundklædning, uafstivet skørt påsættes sideklædning med overlap på 150 mm og sluttet ca. 450 mm under bundklædning.

Dækket har ca. 1 m. negativ spring mod for og agter.

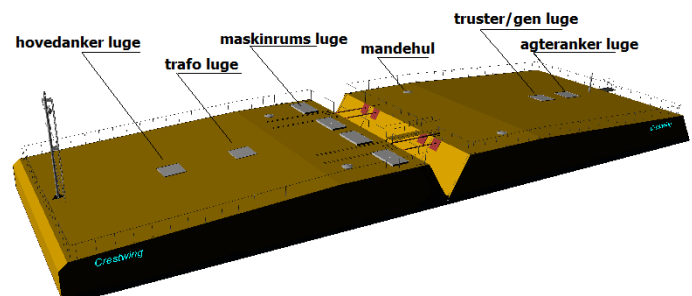
Der er ingen bjælkebugt i dækket.

Skroget dimensioneres for nedlastning til 0,5 m mld. dybgang.

Dækket dimensioneres for søbelastning iht. DNV krav. 4 Crestwing prototypens dæks arrangement

Disponering af Luger, døre og mandehuller

Der er disponeret med 2 mandehuller for adkomst til maskinrum samt 2 mandehuller for adkomst til agter ponton. De fire maskinrums luger place-ret over de 4 PTO systemer dimensioneres for gennemgang af PTOéns hovedkomponenter. Der etableres 2 luger på forreste ponton for gennemgang af ankertårn, trafo/inverter samt 2 luger agter ponton for gennemgang af nødgenerator/truster og agter nød anker.



Uddrag af Outline specifikation: Mandehuller og -dæksler

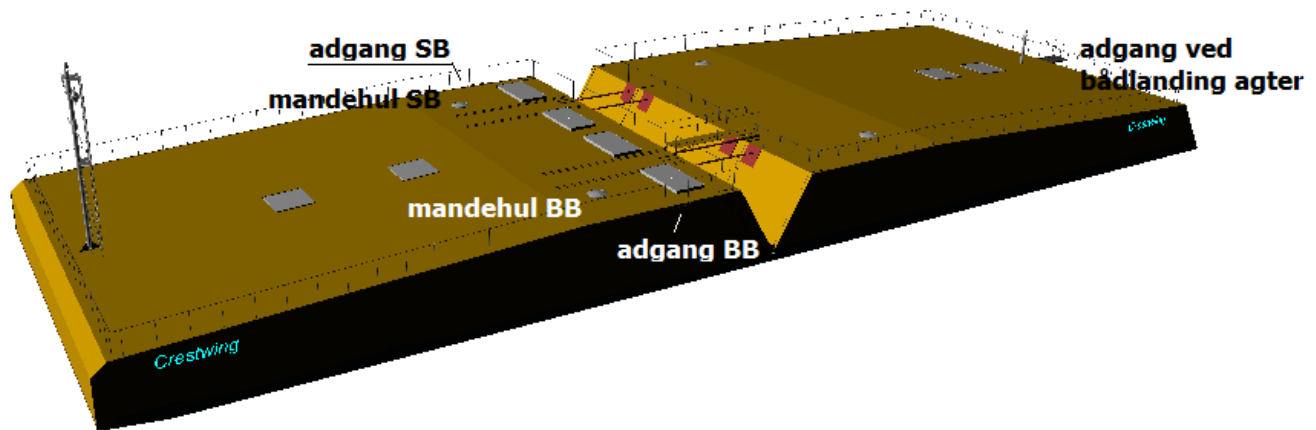
Mandehuller og -dæksler udføres efter DVS og planlægges som lette og manuel håndterbare. Alle mandehulsdæksler udføres flush. Alle gennemgangshuller afrundes ved slibning. Trapper af maskinrumstypen iht. DVS udføres ved alle nedgangs luger. Trapperne skal være let demonterbare, og uden bagplade. Ved alle mandehuller monteres lodret lejder under. Lodrette lejdere udføres af fladjernsvanger med firkanttrin på højkant. Der skal anbringes gribestænger indvendigt ved alle adkomsthuller.

Klys/Pullerter

Der arrangeres to slæbepullerter i begge ender med tilhørende klys

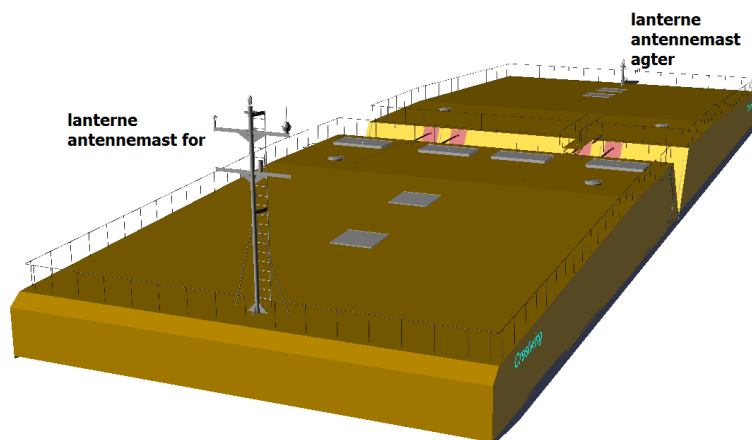
Båd landing

Der er etableret mulighed for adgang offshore til anlægget i SB og BB ud for maskinrum samt mulighed for adgang på bagkant af agter ponton. Endeligt er der sikret adkomst til dækket ved placering af søgelænder langs rælingen samt etablering af fleksibel gangbro mellem pontoner.



Lanterne og Antenne arrangement

Hængslede alu. Master monteres i begge ender af anlægget for montering af markerings lys og antenner.



NAVIGATION LIGHTS:							
ITEM NO.	LANTERN DESCRIPTION	NUMBER	COLOUR	SECTOR	RANGE	FABRICATION	NOTES/REMARKS
1	FORWARD ANCHOR LIGHT	1	WHITE	360°	5 NAUT. MILES	BTI FA-249 LED MARINE LANTERN	
2	AFT ANCHOR LIGHT	1	WHITE	360°	5 NAUT. MILES	BTI FA-249 LED MARINE LANTERN	

FLOOD/DECK LIGHTS:						
ITEM NO.	LANTERN DESCRIPTION	NUMBER	COLOUR	RANGE	FABRICATION	NOTES/REMARKS
-	-	-	WHITE			
-	-	-	WHITE			

DAYLIGHT SIGNAL AND SOUND SIGNAL:						
ITEM NO.	LANTERN DESCRIPTION	NUMBER	COLOUR	RANGE	FABRICATION	NOTES/REMARKS
7	ø600 BALL	1	BLACK			
8	FOG SIGNAL	1		2 NAUT. MILES	(BTI) LIEX-710/23 ZONE 1 FOG SIGNAL	

ANTENNAS:					
ITEM NO.	LANTERN DESCRIPTION	NUMBER	FABRICATION	SUPPLIER	NOTES/REMARKS
9	AIS TRANSPONDER	1	(BTI) IALA-126		
10	Ultrasonic wind sensor	1	WA-P292		

Uddrag af Outline specifikation: Lanterne

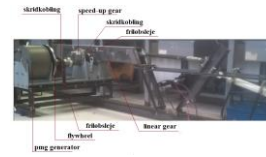
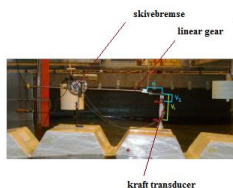
Både dag og nat signaler skal særskilt fastlægges i samråd med Søfartsstyrelsen. Som minimum skal prammen markeres med rundt lysende hvid lys i begge ender.

3.2 Beskrivelse af Crestwing prototypens Power take off

Beskrivelsen er begrænset af hensyn til PTO systemets patentering.

PTO systemets udviklings forløb

Udviklingen af Waveenergyfyn's mekaniske power take-off system har stået på siden de første officielle test af Crestwing i 2008 -2009 på AAU hen over DHI testforløbet i 2010 – 2011.



PTO version 1 AAU 2008-2009
Trinvis - load vægt lod

PTO version 2 DHI 2010-2011
- load hysteresebremse

PTO version 3 Fladstrand
2012-2013 - load pmg genera-
tor

Waveenergyfyn har, baseret på eksisterende invertere og PM generatorer, udviklet og bygget en komplet power transmissions linje samt styring og regulerings opsætning hvor der, i realtid, kan måles over alle power transformations trin. Power take-off systemet er løbende blevet testet under de tidligere udviklingsforløb, sluttende med onshore test af det endelige system i perioden nov. 2012 til juli 2013. De frem til juli 2013 afviklede onshore test indikerede, at den samlede effektivitet af PTO systemet fra absorber til el-net var over 80 %, hvilket er mere end forventet, især under hensyntagen til skalaén. Generator og inverter effektivitet i en fuld skala enhed er højere end i lille skala. Beregning på en fuld skala PTO-system indikerer en effektivitet på 90 % niveau.

Crestwings Power Take-off er en ren mekanisk maskine, som er sammensat af følgende komponenter: Lineær gearet omsætter den lineære bevægelse fra anlæggets vippebevægelse til en cirkulær bevægelse, hvilket er forudsætningen for drift af en konventionel generator. Hovedkomponenterne i opbygning af gearet består af trykstangen med led øjer i begge ender og kassette med lejret tandstand samt indbygget tværstillet tandhjul. På lineær gearets sekundære side overføres drejnings momentet til et speed-up gear som øger omdrejningerne. Fra speed-up gearets udtags aksel overføres rotationen til flywheel og generator.



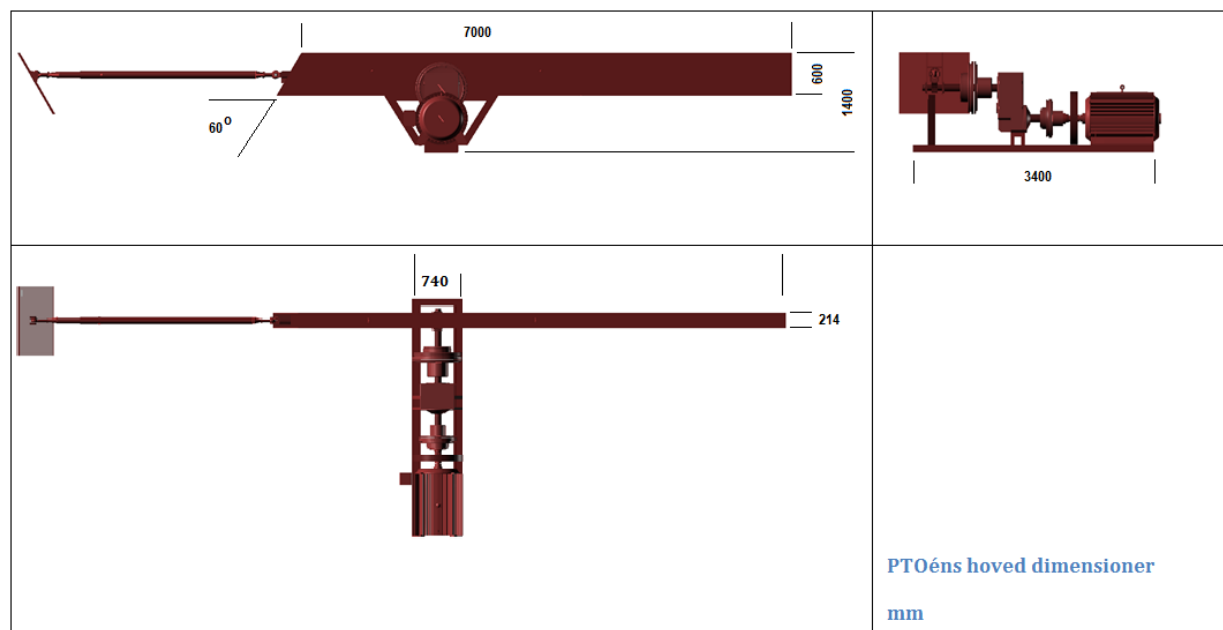
PTO systemets opbygning og funktion

Det samlede PTO system er opbygget af hovedkomponenterne ” mekanisk PTO”, ”inverter”, ”el/styre tavle”, ”power tavler”, ”dumpload” med diesel generator/batterier for forsynings backup.

PTO systemet er opbygget som stand –alone system som via inverteren producerer el i en given kvalitet til et offentlig eller lokal elnet. Styring, regulering og frakobling af systemet varetages under drift via internettet.

PTO systemet, udviklet og testet i skala 1:3,5, er udgangspunkt for design i fuldskala.

PTOéns hoved dimensioner

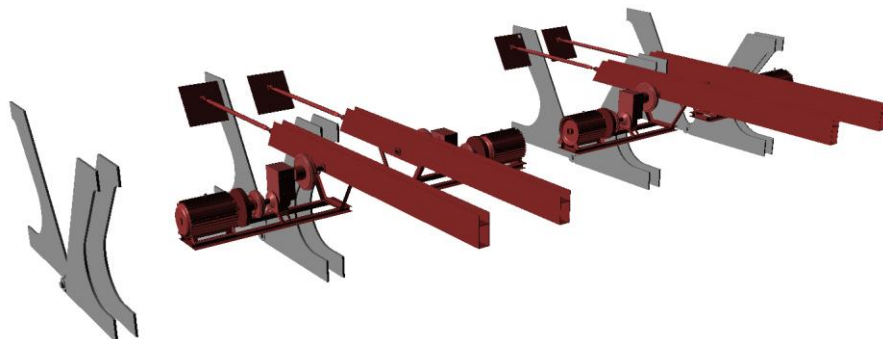


PTOéns indbygning

Den samlede PTO bestyknig er dimensioneret ud fra en Nordsø placering af Crestwing fuld skala med hoved dimensionerne L 60 B 20. Der installeres 4 stk. 100 kW PTO systemer. Den installerede

effekt på 400 kW er dimensioneret således at udfald af en enkel enhed ikke har nævneværdig indflydelse på el produktionen.

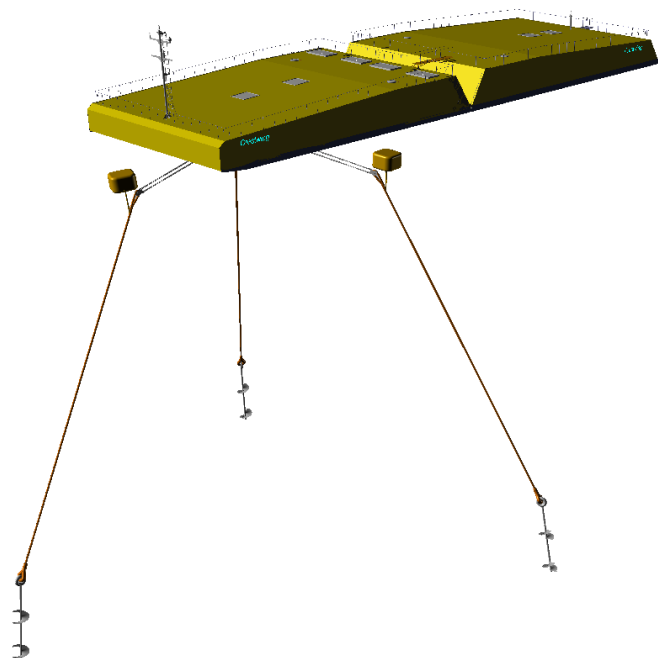
Som det fremgår centrerer PTOérne parvis omkring de to midterste hængsels forstærkninger, det lineare gear fastgøres i forstærkningsstrukturen i overliggende dæksplade. PTO frame fastgøres i overliggende struktur.



PTO indbygning og skrog forstærkning

3.3 Beskrivelse af Crestwing prototypens Forankring

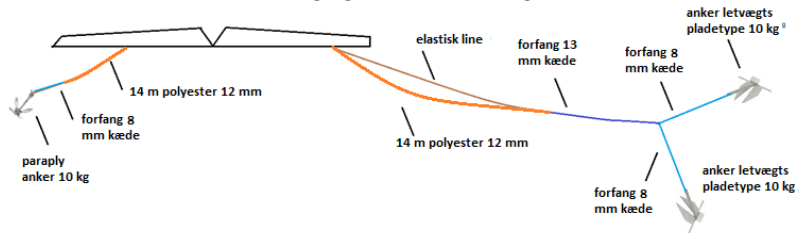
Beskrivelsen er principiel af hensyn til forankrings systemets patentering.



Udvikling af forankrings system

On-shore test af fleksibel forankring 2011

Testforløbene på DHI havde dokumenteret at der skulle anvendes en betydelig mere slæk forankring end den en ren kædeforankring kunne sikre. Vi udviklede derfor en elastisk hovedforankring fra kædearrangementet og frem til anlægget som modsvarede forankrings karakteristikken fra DHI og AAU forløbene. Hovedforankring bestod af et elastisk tov dimensioneret til at modstå hele træk-ket i forankringen indenfor en, ud fra DHI forløbet, kendt langsgående bevægelse. Det elastiske tov udgjorde forankringen under drift, men var yderligere sikret af et stærkt syntetisk tov som kunne tage over under ekstreme forhold.

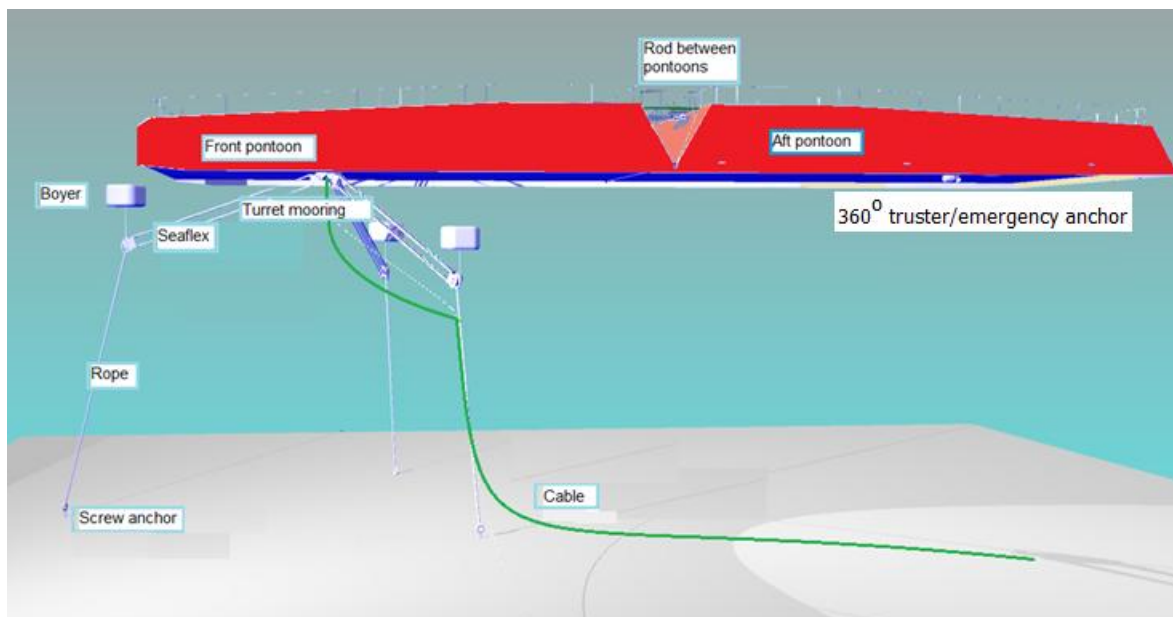


Fladstrandanlægget bestod testen for behavior and survival under ekstreme konditioner svarende til stærk storm i efteråret 2011. Forankringssystemet var tilstrækkelig overdimensioneret til at modstå bølgemiljøet, som var kraftigere en forventet.

Forankringssystemet indfriele kravene for sikring af survival hvorimod dets behavior, set i forhold til areal forbrug samt kabling, ikke var tilfredsstillende. Den anvendte kædeforankring påvirker havbundsmiljøet, hvilket især har betydning ved en større udbygning af bølgeenergifarme.

Udvikling, konstruktion og design af trepunkts forankring

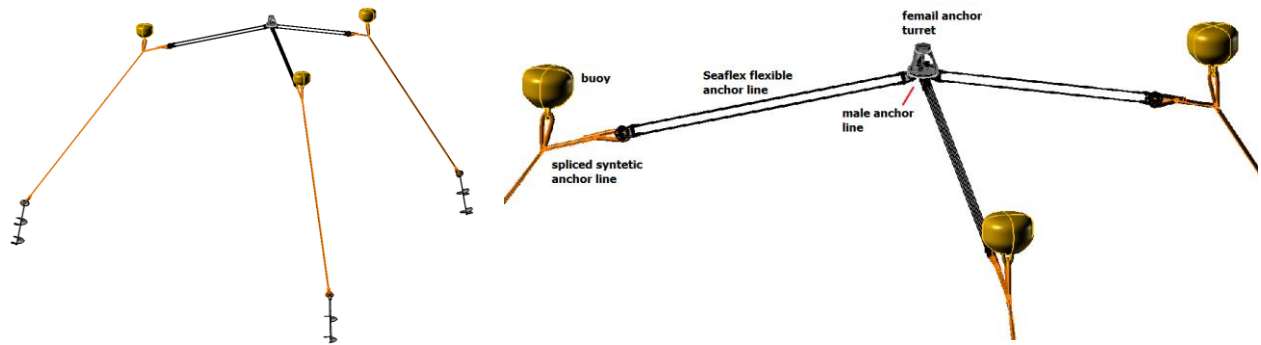
Waveenergyfyn har i samarbejde med "SEAFLEX ENERGY SYSTEMS AB" udviklet triple forankringsprincippet som sigter mod at skåne miljøet samtidig med at reducere muligheden for løsrivelse.



Forankringssystemet er baseret på den svensk udviklede Seaflex teknologi som er et anerkendt miljøskånsomt system. Seaflex teknologien er udviklet I 1970'erne og har et stort erfarings grundlag. Forankringen anghugger til et i anlægget indbygget ankertårn, som tillader weathervaning og muliggør aktiv krøjning. Tre forankrings liner, 120° forskudt, fører ned til skrueankre (pæle, blokke etc.). De

enkle liner deles i en på ankertårnet fastgjort Seaflex system, og en syntetisk tov fra Seaflex systemet ned til ankringspunktet. Hver af de tre forankrings liner er dimensioneret for at kunne holde til forankringstrækket svarende til dimensioneringen ved brug af en enkel ankerline.

Med den nye forankring bliver havbunden stort set ikke påvirket når forankringen er på plads, selve forankringslinen rører ikke havbunden. Anlægget får en svingnings radius (omkring forankringspunktet) på overfladen af havet på ca. 10 % af anlæggets længde. Derudover bliver kabeltilslutningen, fastgjort til det ene ankertov, væsentlig forenklet.



Beskrivelse af Crestwing prototypens Havarikontrolplan

Specielt for prototyper er det væsentlig, at der forligger en haverikontrolplan allerede under konstruktionsfasen. Kontrolplan oplægget for Crestwing prototypen ser på situationen før og efter løsrivelse:

før løsrivelse:

- AIS transponder - giver blandt andet løbende information om anlæggets position og bevægelse til omgivende kommercielle fartøjer, kysttjeneste og reder. Fungerer som alarm ved løsrivelse samtidig med at udgøre et vigtigt værktøj i forbindelse ved redning/bjergning.
- Trepunktsforankringssystemet - hvor løsrivelse kræver brud på bærende ankringsline hvor anlægget efterfølgende falder tilbage på de to resterende ankerliner. De to resterende ankerliner, begge dimensioneret for max forankringstræk, skal også udsættes for brud før der bliver tale om løsrivelse.
- Foranstaltninger omkring kabelbrud ved løsrivelse kræver - forudbestemt brud område, fiksering til bund i passende afstand, sikring af elinstallation og PTO system under kortslutning.

efter løsrivelse

- Crestwing er udstyret med agter forankring som udløses ved løsrivelse henholdsvis kan udløses af reder.
- Crestwing er udstyret med 360° el dreven truster propeller monteret sammen med anlæggets dieselgenerator. I samvirke med AIS transponder søges anlægget holdt på siden henholdsvis udøves kontrol af afdrifts retning.

Ovennævnte oplæg til foranstaltninger planlægges for prototypen og angiver ikke situationen for efterfølgende anlæg.

4 Costanalyse Crestwing prototype

"COE Calculation Tool for Wave Energy Converters" er anvendt for udarbejdelse af Costanalysen af WECén Crestwing.

COE beregningsværktøjet kan baseres på enten power matrix eller standard søtilstande. Anvendelse af power matrix versionen har vist for optimistiske COE værdier hvorfor nærværende Costanalyse baseres på standard søtilstande.

Generelle forudsætninger for Cost analyse

Forprojekteringen af en Crestwing L60/B20 fuldskala koncept med en installeret effekt på 400 kW, designet for udlægning i Nordsøen, udgør basis for budgetteringen. Budgettet for Crestwing L80/B30 fuldskala konceptet for udlægning i Nordsøen/EMEC baserer sig på Waveenergyfyn's pre-design og kan ikke tillægges samme validitet som basis budgettet over Crestwing L60/B20. Budgettet for Crestwing L80/B30 er medtaget for perspektivering af Crestwing konceptet.

Omkostninger forudsat i COE værktøjet

Følgende forudsatte omkostninger forudsat i COE værktøjet er anvendt uden ændringer:

- Engineering and management 400 DKKx1000
- Planning and consenting 200 DKKx1000
- Contingencies 10%
- Site lease, warranty and insurance 2% CAPEX
- Tilbagebetalingstid 20 år

Følgende forudsatte omkostninger forudsat i COE værktøjet er anvendt med følgende ændringer:

- Operation & Maintenance er ansat til 6% af CAPEX i COE værktøjet hvilket kan være acceptabel på prototype niveau. Vore analyser viser at O&M omkostninger på dette niveau næsten modsvarer samtlige andre projekt omkostninger. Det er i det hele taget diskutabelt at anvende Capex som parameter for O&M hvilket bør tages op indenfor partnerskabet. Costanalysen er gennemført med O&M svarende til 3 % af CAPEX og med O&M omkostninger på 0,16 kr. produceret kWh som vi har ansat som langsigtet niveau.
- Pre-assembly and transport er på 600 DKKx1000 for Crestwing L60/B20 og 750 DKKx1000 for Crestwing L80/B3.
- Installation on site er på 300 DKKx1000 for Crestwing L60/B20 og Crestwing L80/B30.

Anvendt absorber effektivitet

Der tages udgangspunkt i De under AAU testforløbet afviklede Power Produktions test. Herved sikrer overensstemmelse mellem Costanalyse værktøjets standard søtilstande og de anvendte absorber virkningsgrader. Power Produktions testen kan ses i sin helhed i AAU rapporten "The Crest Wing Wave Energy Device – 2nd phase testing" under afsnit 4.5.

Wave State	Pwave [kW/m]	Prob [%]	Prob*Pwave [kW/m]	Length scale 1:30, width x length: 18 x 71 m		
				Eff. [-]	Energy prod. [kW/m]	Pgen [kW/m]
1	2.4	46.8	1.12	0.431	0.48	1.03
2	12.0	22.6	2.71	0.684	1.85	8.19
3	32.3	10.8	3.49	0.376	1.31	12.14
4	67.0	5.1	3.42	0.274	0.94	18.37
5	119.7	2.4	2.87	0.178	0.51	21.28
Yearly average [kW/m]			13.61	5.09		
Overall eff. [-]				0.374		
Yearly prod. pr. Crest WingWEC [GWh/y]				0.80		
Max. Pgen [MW]				0.38		
Load factor [-]				0.24		

Table 3: Crest Wing performance based on model test results, assuming a length scale of 1:30 and no limitations on the installed generator capacity.

Wave State 1

Eff. 0,431

Wave State 2

Eff. 0,684

Wave State 3

Eff. 0,376

Wave State 4

Eff. 0,274

Wave State 5

Eff. 0,178

Anvendt PTO effektivitet

Crestwings Power Take-off er baseret på et mekanisk drivtøj hvor effekttabet finder sted i lejer, tætninger og tandhjul. Power Take-off er sammenlignelig med vindkraftens PTO systemer som, i full-

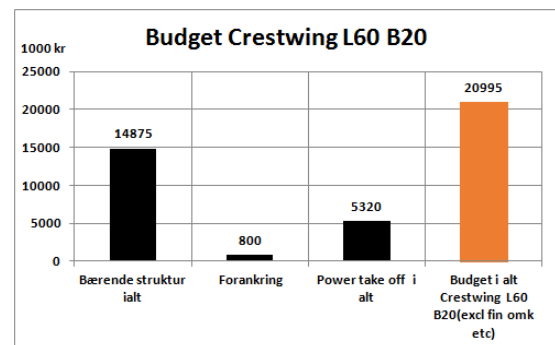
scale, er karakteriseret ved virkningsgrader fra vind til net på over 90 %. Testbænk test i 2013 af Crestwings PTO system bekræftede en virkningsgrad i full-scale på 90 % hvilket forventes at være en realitet efter prototypen.

Basis budget Crestwing L60 B20

Forprojekteringen af en Crestwing L60/B20 fuldskala koncept med en installeret effekt på 400 kW, designet for udlægning i Nordsøen, udgør basis budgettet. Der er hjemtaget overslag fra Danske virksomheder på hovedkonstruktionen, drivtoget for PTO system, el-entreprise samt montage og udrustning. Der er herudover hjemhentet et overslag over et østeuropæisk produceret hovedkonstruktion. Øvrige komponenter mv. er fortrinsvis baseret på europæiske og/eller nordamerikanske leverandører.

Kalkule niveauet er "efter" prototype og omfatter ikke udviklings omkostninger som normalt må henføres til prototype stadiet.

Koordinering af udvikling og produktion er væsentlig for opbygning af knowhow i den indledende fase hvilket er baggrunden for vægtningen af Dansk produktion. Dansk produktion på sigt, af Crestwing konceptet, kræver at man nærmer sig et internationalt prisleje.

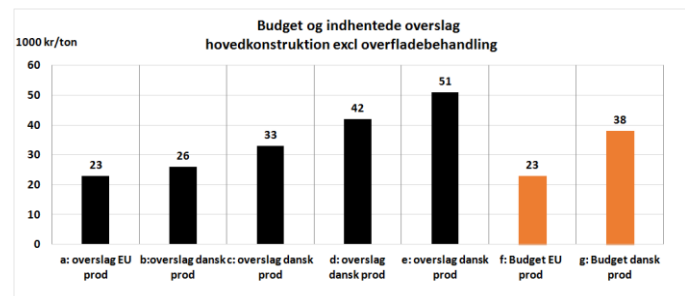
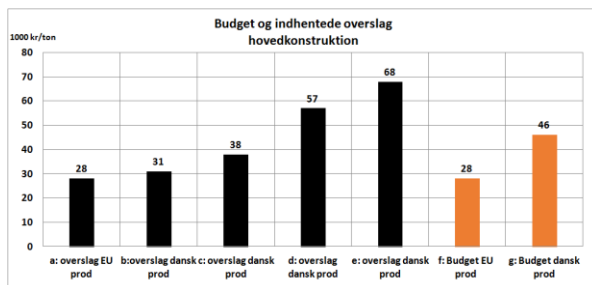


Budget Crestwing L60 B20 Dansk produktion

Basis budgettet suppleres med to budget overslag dels et overslag baseret på internationalt og dels et overslag hvor kun hovedkonstruktionen tager udgangspunkt i internationalt prisleje. Alene østeuropæisk produktion af hovedkonstruktionen reducerer budgettet betydeligt.

Basis budget hoved konstruktion

Hovedkonstruktionen udgør over to tredjedele af det samlede budget. Der er hjemtaget fem overslag over budget hovedkonstruktionen leveret ved kaj for udrustning og montage forud for udlægning af anlæg. Pris niveauet pr ton stål for overslagene er vist nedenfor ved henholdsvis total entreprise og total entreprise fratrukket overfladebehandling. Overslagene er listet som a:overslag EU produktion og dansk produktion fra b: til e:



Budget overslag hovedkonstruktion kr/ton.

Budget overslag hovedkonstruktion ekskl. overfl.beh. kr/ton.

Specielt overslag d: og e: skiller sig ud med en høj pris niveau, der har imidlertid været lidt for meget sammenfald i priser på rå konstruktion og overflade behandling. Vi har været inde og analysere og korrigere de to overslag hvilket dog, på grund af indlagt sikkerhed på forstærkninger og hængsel, har resulteret i en fortsat høj budget på 46.000 DKK pr. ton stål for et Dansk produceret Crestwing

koncept. COE kalkulations værktøjets pris pr. ton stål er ansat til 25.500 DKK er næppe, inden for en rimelig tidshorisont, opnåelig for Dansk producerede anlæg.

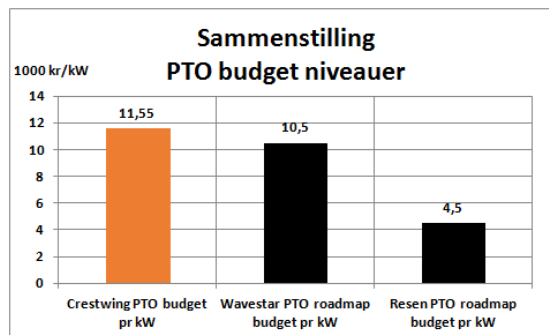
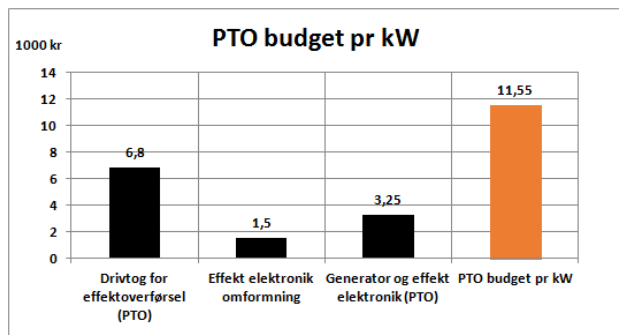
Basis budget PTO system

PTO systemet udgør ca. en fjerdedel af det samlede budget.

Der er hjemtaget et tilbud/overslag fra vor hidtidige partner under udvikling af PTO systemet over budget drivtog og sammenbygning af PTO system.

Tilbud på delkomponenter herunder generator, kobling, inverter, power tavler, PLC tavle for styring og data, PLC/PC software mv.

Budget niveauet pr installeret kW på 11.550 DKK er relativt højt blandt andet på grund af fastholdelse af at drivtog og sammenbygning af system, indledende ikke sendes i udbud. Delkomponenterne er fortrinsvis baseret på europæiske/nordamerikanske tilbud hvilket giver et relativt højt budget niveau. Hjemtagne tilbud uden for dette område indikerer et potentielt lavere prisniveau.



PTO systemets basis budget

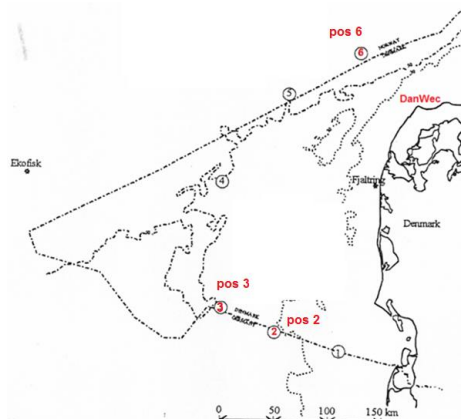
PTO systemets basis budget sat i forhold til sektoren

COE kalkulations værktøjets pris pr installeret kW på 37.500 DKK er betydeligt over budget niveauet pr installeret kW på 11.550 DKK. COE værktøjets prisansættelse er generel og er naturligvis ikke målrettet Crestwings PTO system. Under Road-map samarbejdet er der ansat pris pr installeret kW på henholdsvis Resens LOPF koncept og Wavestar konceptet. Wavestar og Crestwing ligger her på samme pris niveau på omkring 11.000 DKK/kW hvorimod Resen er nede på omkring 5.000 DKK/kW.

Costanalyse

Costanalyse over Crestwing L 60/B 20 prototypen gennemføres for Nordsø positionerne 2 og 3. Costanalyse over Crestwing L 80/B 30 for EMEC site pos 3 og EMEC site pos 5 ud for Orkney. (Der er anvendt Standard Sea states fra COE værktøjet a 2013 dog for EMEC site pos 5 anvendes Standard Sea states fra COE værktøjet a 2012 som vi formoder placeret her)

Nordsø position 6 er ikke medtaget i COE kalkulations værktøjet og derfor ikke medtaget i nærværende Cost analyse.



Nordsø positionerne 2, 3 og 6



EMEC siden ud for Orkney

Hver af de fire analyser omfatter tre budget niveauer:

1. Cost analyse ved fortrinsvis Dansk produktion (basis budgettet)
2. Cost analyse hvor hovedkonstruktion baseres på international pris niveau.
3. Cost analyse baseret på international pris niveau.

For hver af de fire analyser vises produktionsprisen for discount rate > 0 % og discount rate > 4 %

Costanalysens hoved resultater

Cost niveau ved Dansk producerede anlæg

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff Nordsø pos 2 på 4,42 Kr/kWh, Nordsø pos 3 på 3,70 Kr/kWh, EMEC 1-2 km offshore på 2,67 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 2,32 Kr/kWh.

Som ventet kræves der en høj Feed-in tariff for udlægning af en Dansk produceret anlæg på Nordsø positioner. Da der tale om et budget på prototype niveau(ekskl. udviklings omkostninger) vil tariffen blive reduceret i takt med udvikling af konceptet. Crestwing konceptet er velegnet for serieproduktion en faktor der også vil kunne slå igennem ved international produktion.

Med gældende Feed-in tariff på EMEC'siten på 2,75 kr/kWh opnås der umiddelbart en forrentning på over 4 %.

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 0,16 kr/kWh kræver en Feed-in tariff Nordsø pos 2 på 3,51 Kr/kWh, Nordsø pos 3 på 2,96 Kr/kWh, EMEC 1-2 km offshore på 2,18 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 1,92 Kr/kWh.

En kraftig reduktion af tariffen men med et endnu ikke opnåelig omkostnings niveau.

Cost niveau ved dansk og/eller international producerede anlæg

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff Nordsø pos 2 på 3,16 Kr/kWh, Nordsø pos 3 på 2,65 Kr/kWh, EMEC 1-2 km offshore på 2,11 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 1,84 Kr/kWh.

Der kræves fortsat en høj Feed-in tariff for udlægning af en Dansk produceret anlæg på Nordsø positioner. Da der også her er tale om et budget på prototype niveau(ekskl. udviklings omkostninger) vil tariffen blive reduceret i takt med udvikling af konceptet.

Med gældende Feed-in tariff på EMEC'siten på 2,75 kr/kWh opnås der umiddelbart en forrentning på betydelig over 4 %.

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 0,16 kr/kWh kræver en Feed-in tariff Nordsø pos 2 på 2,56 Kr/kWh, Nordsø pos 3 på 2,17 Kr/kWh, EMEC 1-2 km offshore på 1,76 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore offshore O&M på 1,55 Kr/kWh.

En kraftig reduktion af tariffen men med et endnu ikke opnåelig omkostnings niveau.

Cost niveau ved international producerede anlæg

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 3 % af CAPEX kræver en Feed-in tariff Nordsø pos 2 på 2,83 Kr/kWh, Nordsø pos 3 på 2,37 Kr/kWh, EMEC 1-2 km offshore på 1,89 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 1,64 Kr/kWh.

Der kræves fortsat en høj Feed-in tariff for udlægning af en Dansk produceret anlæg på Nordsø positioner. Da der også her er tale om et budget på prototype niveau(ekskl. udviklings omkostninger) vil tariffen blive reduceret i takt med udvikling af konceptet.

Med gældende Feed-in tariff på EMEC'siten på 2,75 kr/kWh opnås der umiddelbart en forrentning på over 8 %.

Opnåelse af en discount rate på 4 % ved O&M på 0,16 kr/kWh kræver en Feed-in tariff Nordsø pos 2 på 2,3 Kr/kWh, Nordsø pos 3 på 1,96 Kr/kWh, EMEC 1-2 km offshore på 1,59 Kr/kWh og EMEC 3 km offshore O&M på 1,41 Kr/kWh.

En kraftig reduktion af tariffen men med et endnu ikke opnåelig omkostnings niveau.

Costanalyse over Crestwing

coe pos 2 O&M 3 % capex	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe pos 2 ved dansk produktion	3,58	4,42
coe pos 2 ved dansk og/eller international produktion	2,56	3,16
coe pos 2 ved international produktion	2,29	2,83

coe pos 2 O&M = 0,16 kr/kWh	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe pos 2 ved dansk produktion	2,75	3,51
coe pos 2 ved dansk og/eller international produktion	1,95	2,56
coe pos 2 ved international produktion	1,77	2,3

coe pos 3 O&M 3 % capex	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe pos 3 ved dansk produktion	3,00	3,70
coe pos 3 ved dansk og/eller international produktion	2,15	2,65
coe pos 3 ved international produktion	1,92	2,37

coe pos 3 O&M = 0,16 kr/kWh	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe pos 3 ved dansk produktion	2,26	2,96
coe pos 3 ved dansk og/eller international produktion	1,66	2,17
coe pos 3 ved international produktion	1,51	1,96

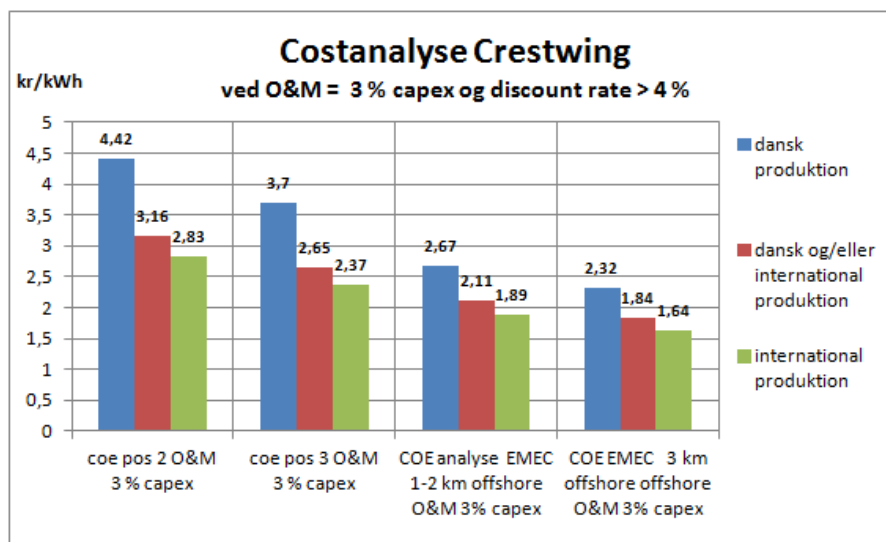
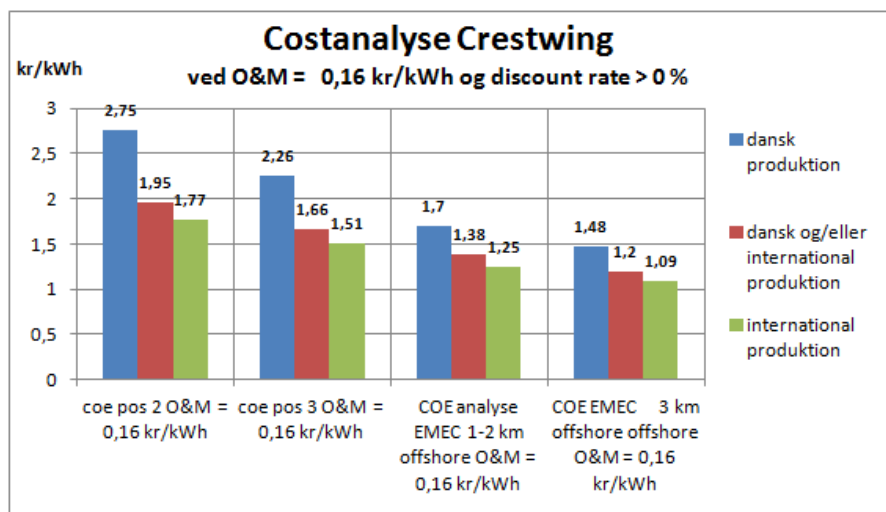
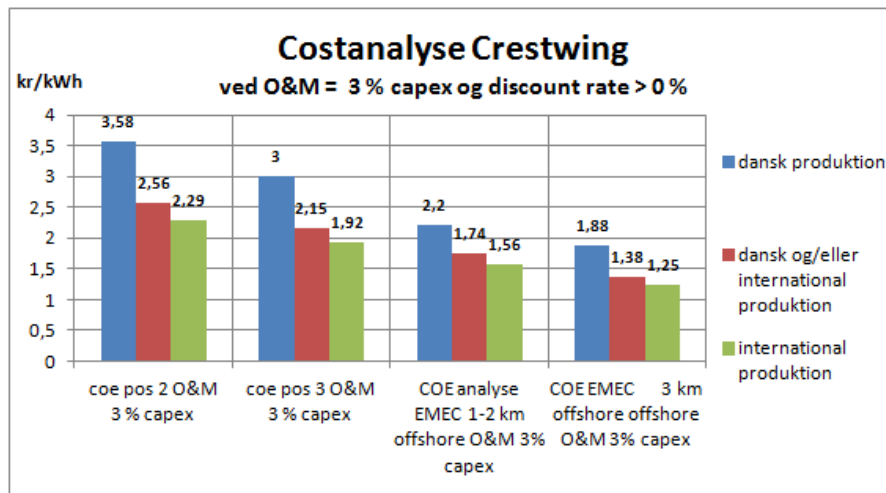
COE analyse EMEC 1-2 km offshore O&M 3% capex	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe EMEC ved dansk produktion	2,20	2,67
coe EMEC ved dansk og/eller international produktion	1,74	2,11
coe EMEC ved international produktion	1,56	1,89

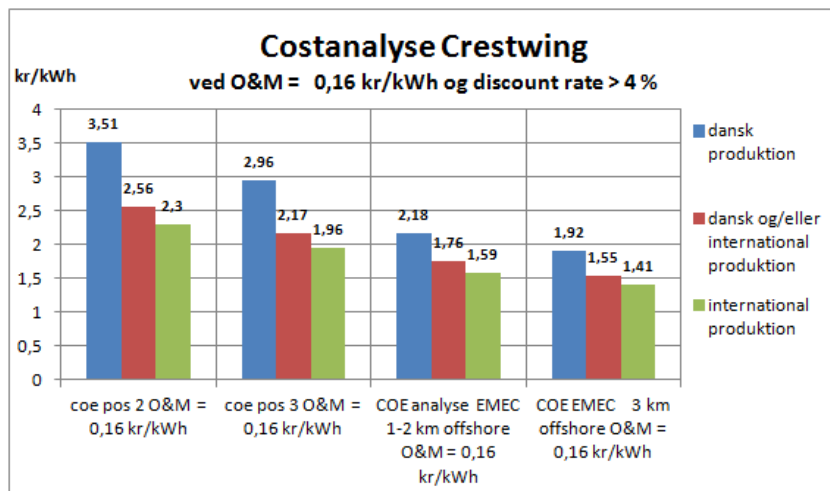
COE analyse EMEC 1-2 km offshore O&M = 0,16 kr/kWh	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe EMEC ved dansk produktion	1,7	2,18
coe EMEC ved dansk og/eller international produktion	1,38	1,76
coe EMEC ved international produktion	1,25	1,59

COE EMEC 3 km offshore offshore O&M 3% capex	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe EMEC ved dansk produktion	1,88	2,32
coe EMEC ved dansk og/eller international produktion	1,49	1,84
coe EMEC ved international produktion	1,33	1,64

COE EMEC 3 km offshore offshore O&M = 0,16 kr/kWh	Kr/kWh	Kr/kWh
	discount rate > 0	discount rate > 4 %
coe EMEC ved dansk produktion	1,48	1,92
coe EMEC ved dansk og/eller international produktion	1,20	1,55
coe EMEC ved international produktion	1,09	1,41

Costanalyse diagrammer Crestwing





Analyse over O&M som funktion af Capex contra Elproduktionen

I forbindelse med Costanalyse over successiv budgettet behandlede Waveenergyfyn O&M problematikken hvilket er medtaget i nedenstående opstillinger. Som det fremgår, er O&M procentiske andel, baseret på Capex, ikke synlig påvirket af elproduktionen. O&M som direkte knyttet til el produktionen giver en stigende procentisk andel med stigende el produktion.

Nordsøen pos 2

Ved O&M = 6 % af Capex er el produktions prisen 4,74 kr./kWh hvoraf O&M udgør 2,18 kr./kWh svarende til 46 %.

Ved O&M = 3 % af Capex udgør O&M 30 %.

Ved det langsigtede O&M = 0,16 kr/kWh udgør O&M 6 %.

Nordsøen pos 3

Ved O&M = 6 % af Capex er el produktions prisen 3,97 kr./kWh hvoraf O&M udgør 1,83 kr./kWh svarende til 46 %.

Ved O&M = 3 % af Capex udgør O&M 30 %.

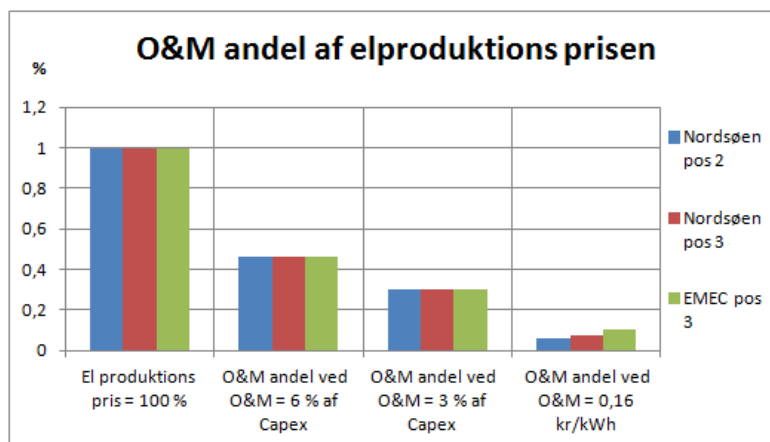
Ved det langsigtede O&M = 0,16 kr/kWh udgør O&M 7 %.

EMEC pos 3

Ved O&M = 6 % af Capex er el produktions prisen 2,74 kr./kWh hvoraf O&M udgør 1,26 kr./kWh svarende til 46 %.

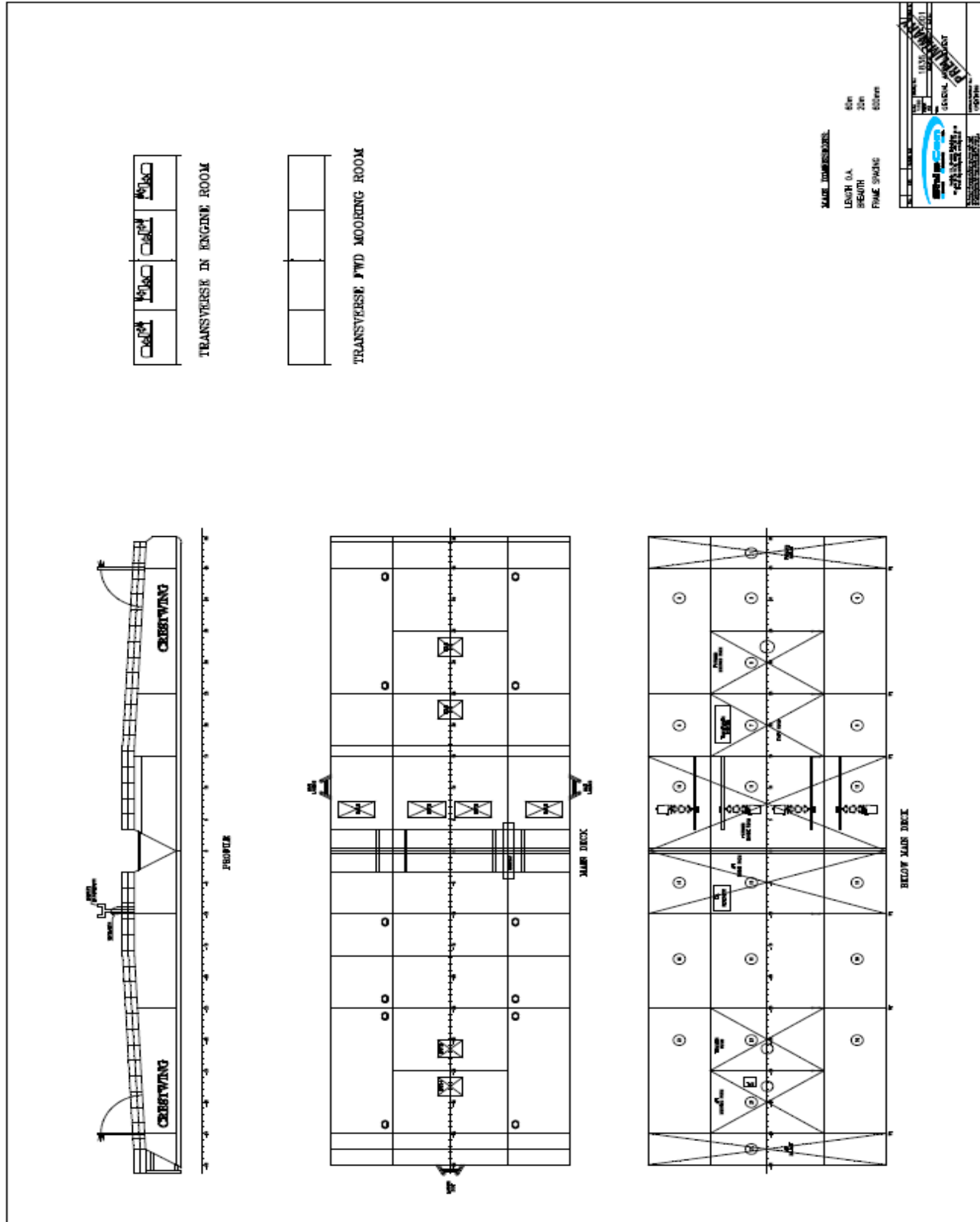
Ved O&M = 3 % af Capex udgør O&M 30 %.

Ved det langsigtede O&M = 0,16 kr/kWh udgør O&M 10 %.

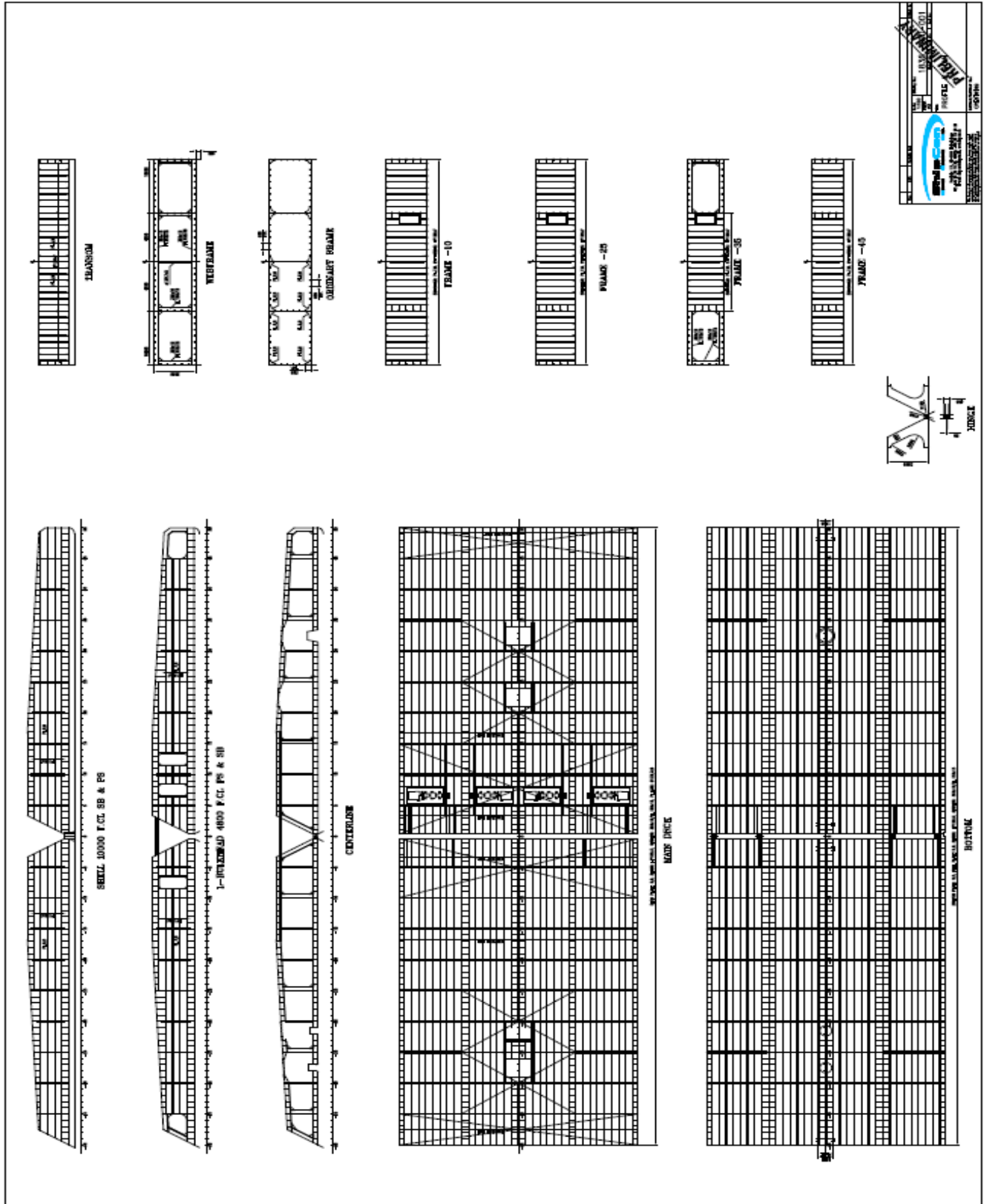


Appendiks

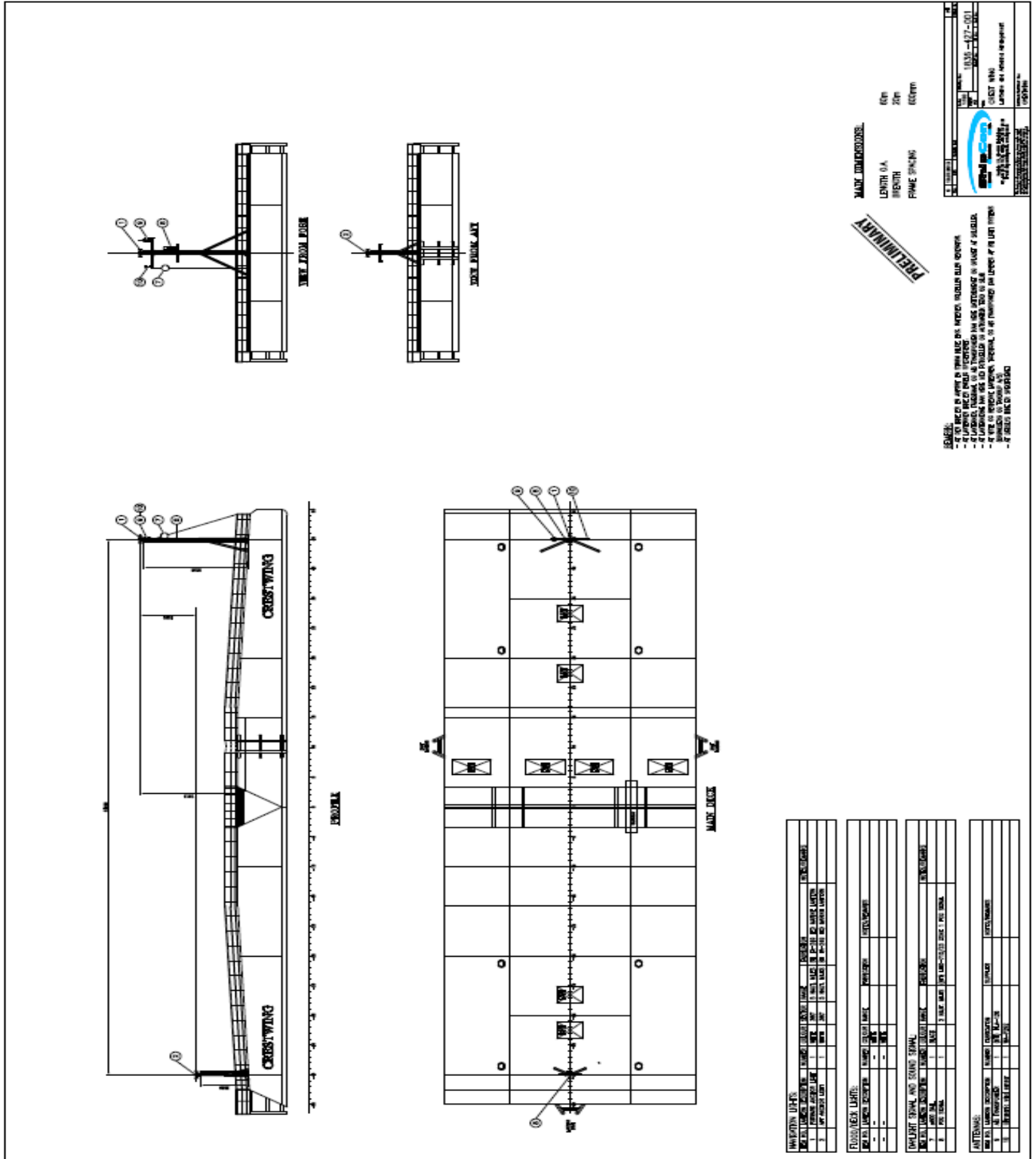
Appendiks 1. General arrangement



Appendiks 2. Profile & Plan



Appendiks 3. Dæks arrangement



MATERIALS LIST:		QUANTITY		REMARKS	
NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	UNIT	REMARKS
1	STEEL PLATE	SQ. MET.			
2	STEEL BEAM	MT			
3	STEEL COLUMN	MT			

FRAMING LISTS:		QUANTITY		REMARKS	
NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	UNIT	REMARKS
1	STEEL BEAM	MT			
2	STEEL COLUMN	MT			

DRAWING SYMBOLS AND SYMBOLS:		QUANTITY		REMARKS	
NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	UNIT	REMARKS
1	STEEL BEAM	MT			
2	STEEL COLUMN	MT			

ATTACHMENTS:		QUANTITY		REMARKS	
NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	UNIT	REMARKS
1	STEEL BEAM	MT			
2	STEEL COLUMN	MT			

PRELIMINARY

MADE DIMENSIONS:
 LENGTH O.A. 60m
 BREADTH 20m
 FRAME SPACING 6000mm

REVISIONS:

NO.	DATE	DESCRIPTION
1	2015-11-10	ISSUE FOR CONSTRUCTION

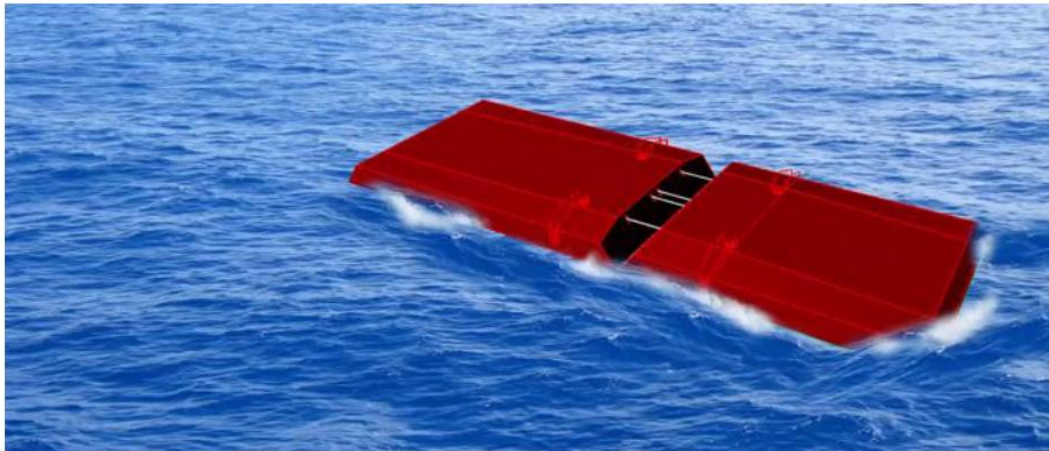
PROJECT NAME: *Wave Energy Fyn*
Wave Energy Fyn
 Danish Wave Energy Center

Appendiks 4. Outline specifikation

Outline – specifikation vedlagt fremsendt til Energinet.dk som fortrolig bilag

CRESTWING BØLGE ENERGI ANLÆG

Outline - SPECIFIKATION



Date: 17-03-2014

Project: 1836

File: 1836-Outline.spec

Revision: 1, d. 9/4-2014

Author: Erik Bøgh Pedersen


ShipCon
CONSULTING CONSTRUCTION CONTROL
DK-9900 Frederikshavn - Postboks 111 - Havnepladsen 12
Telf.: 96 20 70 80 - Fax: 96 20 70 81
E-mail: shipcon@shipcon.dk - Web: www.shipcon.dk